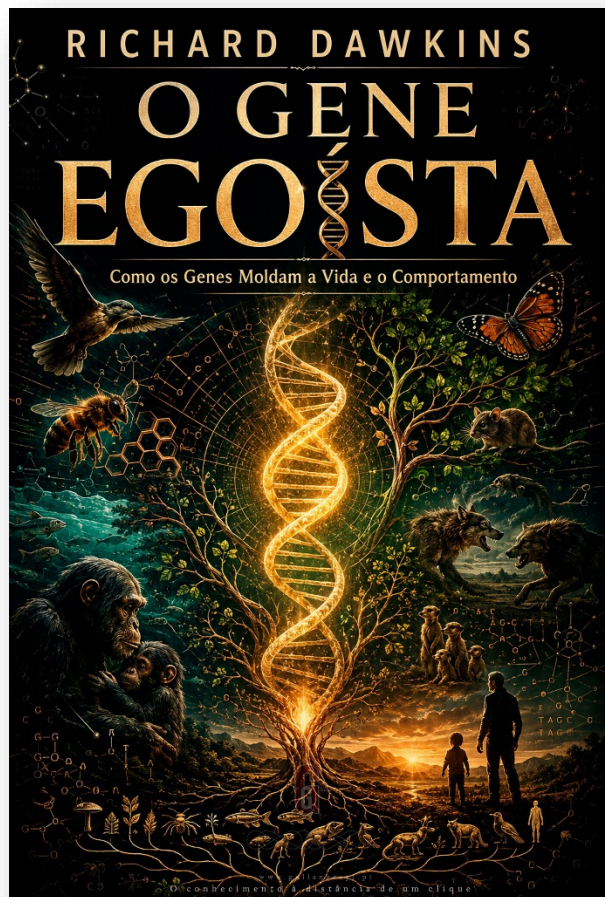


O GENE EGOÍSTA

Como os Genes Moldam a Vida e o Comportamento



Autor: Richard Dawkins

Edição e Preparação Digital: Gullan Grey!

Edição original: The Selfish Gene, 1976.

Edição portuguesa concluída em 09-08-2025



Livroteca Gullan Grey!

Sinopse

Em O Gene Egoísta, Richard Dawkins conduz o leitor ao centro invisível da evolução e desloca radicalmente o olhar: os grandes protagonistas da história da vida não são as espécies, nem os organismos, nem sequer os indivíduos, mas os genes — replicadores antigos, persistentes, capazes de atravessar gerações usando corpos como veículos temporários de sobrevivência. A vida deixa de parecer uma sucessão de criaturas isoladas e passa a revelar-se como uma longa estratégia molecular, onde cada organismo é uma máquina provisória construída para transportar informação genética através do tempo.

A força do livro está em mostrar que o chamado “egoísmo” do gene não significa egoísmo moral. Significa apenas que a seleção natural favorece aquilo que consegue replicar-se com maior eficácia. A partir dessa chave, Dawkins reinterpreta o altruísmo, a cooperação, a agressão, o parentesco, o conflito entre gerações, a batalha dos sexos e as estratégias sociais dos animais. O que parecia generosidade pura ou sacrifício inexplicável passa a ser visto como uma coreografia evolutiva mais profunda, onde organismos, famílias, grupos e comportamentos são atravessados por interesses genéticos invisíveis.

Mas O Gene Egoísta não reduz a vida a frieza mecânica. Pelo contrário: torna-a mais estranha, mais vertiginosa e mais intelectualmente luminosa. Os genes aparecem como “espirais imortais”, viajantes de longuíssimo curso, enquanto os corpos são alianças momentâneas, máquinas de sobrevivência, experiências biológicas lançadas no mundo. E, no ponto mais famoso da obra, Dawkins alarga a lógica da replicação à cultura, introduzindo o conceito de meme: ideias, crenças, melodias, símbolos e hábitos que se propagam de mente em mente como novos replicadores.

O Gene Egoísta é uma daquelas obras que mudam a posição do leitor dentro da própria vida. Depois dele, a natureza já não parece apenas bela ou cruel: parece estratégica, profunda, impessoal e prodigiosamente inventiva. Um livro provocador, elegante e explosivo, que obriga a repensar o que somos — não como centro da criação, mas como uma das formas extraordinárias através das quais a vida aprendeu a continuar.

Esta tradução foi depurada segundo o princípio:
“Afinar o Instrumento sem Alterar a Melodia”
com apoio de Inteligência Artificial enquanto sistema de amplificação,
organização e clarificação cognitiva.
O objetivo não foi apenas traduzir, mas tornar o texto mais claro, coerente,
imersivo e diretamente experienciável, sem alterar a sua essência.

Gullan Greyl

*Não se trata de saber mais,
mas de ver melhor*

Índice

Introdução à Edição do 30º Aniversário	1
Prefácio à Segunda Edição.....	10
Introdução à Primeira Edição	14
Prefácio à Primeira Edição.....	16
CAPÍTULO 1.....	19
Por Que Somos o Que Somos?	19
CAPÍTULO 2.....	37
Os Replicadores	37
CAPÍTULO 3.....	51
Espirais Imortais	51
CAPÍTULO 4.....	93
A Máquina Génica	93
CAPÍTULO 5.....	126
AGRESSÃO — Estabilidade e a Máquina Egoísta	126
CAPÍTULO 6.....	162
GENESMANSHIP - A Arte Estratégica dos Genes.....	162
CAPÍTULO 7	197
Planeamento Familiar.....	197
CAPÍTULO 8.....	220
Batalha entre Gerações	220
CAPÍTULO 9.....	247
Batalha dos Sexos	247
CAPÍTULO 10.....	288
Coças-Me as Costas, Eu Montar-Te-Ei.....	288
CAPÍTULO 11.....	325
MEMES - Os Novos Replicadores.....	325
CAPÍTULO 12.....	345
Os Bonzinhos Acabam Primeiro	345
CAPÍTULO 13.....	397
O Alcance Longínquo do Gene	397
Epílogo da Edição do 40º Aniversário.....	452
Bibliografia.....	462
Extratos de Resenhas	478
Notas.....	492

O GENE EGOÍSTA

*Como os Genes Moldam a Vida
e o Comportamento*

Richard Dawkins

Introdução à Edição do 30º Aniversário

É esclarecedor — até algo desconcertante — perceber que vivi quase metade da minha vida com *O Gene Egoísta* — para o bem e para o mal. Ao longo dos anos, à medida que cada um dos meus sete livros seguintes ia sendo publicado, os editores enviavam-me em digressão para os promover. As plateias recebiam a nova obra — fosse ela qual fosse — com um entusiasmo gratificante, aplaudiam com cortesia e faziam perguntas inteligentes. Depois, formavam fila para comprar e pedir-me que autografasse... *O Gene Egoísta*. É um pouco de exagero, admito. Alguns compram de facto o novo livro e, no que respeita aos restantes, a minha mulher consola-me argumentando que quem descobre um autor pela primeira vez tenderá naturalmente a começar pelo seu primeiro livro: tendo lido *O Gene Egoísta*, não acabarão por percorrer o caminho até à mais recente — e, para o seu pai babado, favorita criação?

Incomodar-me-ia mais se pudesse afirmar que *O Gene Egoísta* se tornara gravemente ultrapassado e superado. Infelizmente (do ponto de vista de quem desejaria isso), não posso. Os pormenores mudaram, os exemplos factuais multiplicaram-se prodigiosamente. Mas, com uma exceção que discutirei dentro de momentos, há muito pouco no livro que me apresse hoje a retratar ou pelo qual me sinta na obrigação de pedir desculpa. Arthur Cain, falecido Professor de Zoologia em Liverpool e um dos meus tutores mais inspiradores em Oxford nos anos sessenta, descreveu *O Gene Egoísta* em 1976 como «o livro de um homem jovem». Estava a citar deliberadamente um comentário sobre *Language, Truth and Logic* de A.J. Ayer. Senti-me lisonjeado com a comparação, embora soubesse que Ayer havia renegado grande parte do seu primeiro livro e dificilmente poderia ignorar a sugestiva implicação de Cain de que, a seu tempo, eu deveria fazer o mesmo.

Comecemos então por algumas reflexões tardias sobre o título. Em 1975, por mediação do meu amigo Desmond Morris, mostrei o manuscrito inacabado a Tom Maschler, decano dos editores londrinos, e discutimo-lo no seu gabinete na Jonathan Cape. Gostou do livro, mas não do título. «Egoísta», disse ele, era uma palavra “negativa”. Por que não chamar-lhe *O Gene Imortal*? Imortal era uma palavra “positiva”, a imortalidade da informação genética era um tema central do livro, e gene imortal tinha quase a mesma ressonância intrigante que gene egoísta (nenhum de nós, creio, notou a semelhança com *O Gigante Egoísta*, de Oscar Wilde).

Hoje penso que Maschler pode ter tido razão. Muitos críticos — sobretudo os mais vociferantes, versados em filosofia, como vim a descobrir — preferem ler um livro apenas pelo título. Sem dúvida que isso pode funcionar para *As Aventuras do Coelho Benjamin* ou *O Declínio e Queda do Império Romano*, mas reconheço que *O Gene Egoísta*, isoladamente, sem a longa nota de rodapé que é o próprio livro, poderá dar uma ideia redutora do seu conteúdo. Nos dias de hoje, um editor norte-americano teria, em qualquer caso, insistido na inclusão de um subtítulo.

A melhor forma de explicar o título é situar corretamente a ênfase. Se enfatizarmos “egoísta”, pensaremos que o livro trata do egoísmo, quando, na verdade, dedica até mais atenção ao altruísmo. A palavra do título que deve ser realçada é *gene*, e passo a explicar porquê. Um dos debates centrais no seio do darwinismo diz respeito à unidade que é efetivamente alvo da seleção: que tipo de entidade é aquela que sobrevive — ou deixa de sobreviver — como consequência da seleção natural? Essa unidade tornar-se-á, mais ou menos por definição, “egoísta”. O altruísmo poderá muito bem ser favorecido a outros níveis. Será que a seleção natural opera entre espécies? Se assim for, poderíamos esperar que os organismos individuais se comportassem de forma altruísta “pelo bem da espécie”. Poderiam limitar as suas taxas de natalidade para evitar a sobrepopulação, ou moderar os seus hábitos de caça para conservar os recursos de presas da espécie no futuro. Foi este tipo de equívocos, amplamente disseminados, sobre o darwinismo que me levou, inicialmente, a escrever o livro.

Ou será que a seleção natural — como aqui defendo — atua entre genes? Nesse caso, não nos deveria surpreender que os organismos individuais se comportem de forma altruísta “pelo bem dos genes”, por exemplo alimentando e protegendo parentes que, provavelmente, partilham cópias dos mesmos genes. Esse altruísmo entre parentes é apenas uma das formas pelas quais o egoísmo genético se pode traduzir em altruísmo individual. Este livro explica como isso acontece, juntamente com a reciprocidade — o outro principal gerador de altruísmo, segundo a teoria darwiniana. Se algum dia reescrevesse o livro, como convertido tardio ao “princípio do handicap (Desvantagem sinalizadora)” de Zahavi/Grafen (ver notas 1 a 5 do Capítulo 11), daria também algum espaço à ideia de Amotz Zahavi de que a dádiva altruísta poderá constituir um sinal de dominância ao estilo Potlatch: “Vê como sou superior a ti — posso dar-me ao luxo de te oferecer algo!”

Permitam-me que repita e desenvolva a justificação para a palavra “egoísta” no título. A pergunta crítica é: qual o nível da hierarquia da vida que se revela inevitavelmente “egoísta”, aquele sobre o qual a seleção natural atua? A Espécie Egoísta? O Grupo Egoísta? O Organismo Egoísta? O Ecossistema Egoísta? Todos estes níveis poderiam, de algum modo, ser defendidos, e têm sido assumidos sem grande espírito crítico por diversos autores — mas todos estão errados. Dado que a mensagem darwiniana pode ser concisamente encapsulada como O Algo Egoísta, esse algo, por razões sólidas e bem fundamentadas neste livro, é o gene. Independentemente de aceitar ou não o argumento no final, essa é a explicação para o título.

Espero que isto esclareça os mal-entendidos mais sérios. No entanto, reconheço, com o benefício da retrospectiva, certas falhas da minha parte precisamente sobre esse mesmo tema. Encontram-se sobretudo no Capítulo 1, e estão bem representadas pela frase: “Tentemos ensinar a generosidade e o altruísmo porque nascemos egoístas.” Não há nada de errado em ensinar a generosidade e o altruísmo, mas “nascemos egoístas” é uma formulação enganadora. Como explicação parcial, só em 1978 comecei a pensar com clareza sobre a distinção entre “veículos” (geralmente os organismos) e os “replicadores” que transportam dentro de si (na prática, os genes: toda esta questão é explicada no Capítulo 13, acrescentado na segunda edição). Por favor, apaguem mentalmente essa frase desastrada — e outras semelhantes — e substituam-na por algo na linha deste parágrafo.

Dadas as armadilhas inerentes a esse tipo de erro, percebo perfeitamente como o título pode ter sido mal interpretado — e é também por isso que talvez devesse ter optado por *O Gene Imortal*. O Veículo Altruísta teria sido outra hipótese. Talvez demasiado enigmática, mas, em todo o caso, a aparente disputa entre o gene e o organismo como unidades rivais da seleção natural (uma disputa que preocupou Ernst Mayr até ao fim da vida) encontra-se resolvida. Existem dois tipos de unidades da seleção natural, e não há conflito entre elas. O gene é a unidade no sentido de replicador. O organismo é a unidade no sentido de veículo. Ambos são importantes. Nenhum deve ser desvalorizado. Representam dois tipos de unidade completamente distintos — e estaremos irremediavelmente confundidos se não reconhecermos essa distinção.

Outra boa alternativa a O Gene Egoísta teria sido O Gene Cooperante. Pode soar paradoxalmente oposta, mas uma parte central do livro defende uma forma de cooperação entre genes movidos pelo próprio interesse. Isto não significa, de modo algum, que grupos de

genes prosperem à custa dos seus membros, ou à custa de outros grupos. Antes, cada gene é encarado como perseguindo a sua própria agenda de interesse próprio, num pano de fundo constituído pelos outros genes do *pool genético* (isto é, o conjunto de todos os genes presentes numa população) — o conjunto de candidatos ao embaralhamento sexual dentro de uma espécie. Esses outros genes fazem parte do ambiente no qual cada gene sobrevive, da mesma forma que o clima, os predadores e as presas, a vegetação circundante e as bactérias do solo fazem também parte do ambiente.

Do ponto de vista de cada gene, os genes de fundo são aqueles com os quais partilha corpos na sua jornada ao longo das gerações. A curto prazo, isso significa os outros membros do genoma. A longo prazo, significa os outros genes do pool genético da espécie. A seleção natural assegura, assim, que coligações de genes mutuamente compatíveis — o que é quase o mesmo que dizer cooperantes — sejam favorecidas quando estão na presença uns dos outros. Esta evolução do gene cooperante não infringe, em momento algum, o princípio fundamental do gene egoísta. O Capítulo 5 desenvolve esta ideia, recorrendo à analogia de uma equipa de remo, e o Capítulo 13 aprofunda-a ainda mais.

Ora, dado que a seleção natural, ao favorecer genes egoístas, tende também a favorecer a cooperação entre genes, é necessário reconhecer que há certos genes que não seguem essa regra, e que atuam contra os interesses do restante genoma. Alguns autores chamaram-lhes genes foras da lei, outros genes ultraegoístas, e outros ainda, simplesmente, genes egoístas — confundindo a subtil diferença entre estes e os genes que cooperam em cartéis de interesse próprio. Exemplos de genes ultraegoístas são os genes de desvio meiótico descritos nas páginas 406–12 (da primeira edição de 1976), e o ADN parasita, originalmente abordado nas páginas 56–57 (da primeira edição de 1976) e posteriormente desenvolvido por vários autores sob a designação mediática de ADN egoísta. A descoberta de exemplos novos e cada vez mais bizarros de genes ultraegoístas tem-se tornado uma característica dos anos que se seguiram à publicação original deste livro*.

O *Gene Egoísta* foi alvo de críticas por recorrer à personificação antropomórfica, e isso também exige uma explicação — se não mesmo um pedido de desculpas. Emprego dois

* Austin Burt e Robert Trivers (2006), *Genes in Conflict: the biology of selfish genetic elements* (Harvard University Press) chegou tarde demais para ser incluído na primeira impressão desta edição. Sem dúvida, tornar-se-á a obra de referência definitiva sobre este importante tema.

níveis de personificação: o dos genes e o dos organismos. A personificação dos genes não deveria, na verdade, constituir qualquer problema, pois ninguém no seu perfeito juízo acredita que moléculas de ADN possuem personalidades conscientes, e nenhum leitor sensato imputaria tal delírio ao autor. Tive, uma vez, a honra de ouvir o grande biólogo molecular Jacques Monod a falar sobre criatividade na ciência. Já não recordo as suas palavras exatas, mas disse, aproximadamente, que, ao tentar resolver um problema químico, se perguntava: “O que faria eu se fosse um eletrão?” Peter Atkins, no seu maravilhoso livro *Creation Revisited*, recorre a uma personificação semelhante ao considerar a refração de um feixe de luz ao penetrar num meio de maior índice refrativo, o que o faz abrandar. O feixe comporta-se como se procurasse minimizar o tempo necessário para atingir um ponto final. Atkins imagina-o como um nadador-salvador numa praia, a correr para resgatar um banhista em aflição. Deverá dirigir-se diretamente ao nadador em perigo? Não, porque corre mais depressa do que nada e faria bem em maximizar a proporção do percurso feito em terra firme. Deverá então correr até um ponto da praia diretamente em frente ao alvo, minimizando assim o tempo a nadar? Melhor, mas ainda não ideal. O cálculo (se tivesse tempo para o fazer) revelaria ao salvador um ângulo intermédio ótimo, que proporcionaria a melhor combinação entre corrida rápida e natação, inevitavelmente mais lenta. Atkins conclui:

Esse é exatamente o comportamento da luz ao entrar num meio mais denso. Mas como é que a luz sabe, aparentemente de antemão, qual é o caminho mais curto? E, de qualquer modo, por que razão haveria de se importar?

Desenvolve depois estas questões numa exposição fascinante, inspirada na teoria quântica.

A personificação deste tipo não é apenas um recurso didático curioso. Pode também ajudar um cientista profissional a chegar à resposta correta, mesmo perante fortes tentações de erro. Tal é o caso dos cálculos darwinianos sobre altruísmo e egoísmo, cooperação e rancor. É muito fácil chegar à conclusão errada. Personificar genes — quando feito com o devido cuidado e prudência — revela-se, muitas vezes, o caminho mais direto para salvar um teórico darwiniano a afogar-se na confusão. Ao tentar manter essa prudência, fui encorajado pelo magistral precedente de W. D. Hamilton, um dos quatro heróis nomeados no livro. Num artigo de 1972 (o ano em que comecei a escrever *O Gene Egoísta*), Hamilton escreveu:

Um gene está a ser favorecido pela seleção natural se o conjunto das suas réplicas constituir uma fração crescente do total do pool genético. Vamos

ocupar-nos de genes que, supostamente, influenciam o comportamento social dos seus portadores, por isso tentemos tornar o argumento mais vívido, atribuindo temporariamente aos genes inteligência e um certo grau de liberdade de escolha. Imaginemos que um gene está a considerar o problema de aumentar o número das suas réplicas, e imaginemos que pode escolher entre...

É precisamente com esse espírito que grande parte de *O Gene Egoísta* deve ser lida.

A personificação de um organismo pode ser mais problemática. Isto porque os organismos, ao contrário dos genes, possuem cérebros e, portanto, podem de facto ter motivações egoístas ou altruístas, num sentido subjetivo que reconheceríamos. Um livro intitulado *O Leão Egoísta* poderia efetivamente induzir em erro — de uma forma que *O Gene Egoísta* não deveria. Do mesmo modo que nos podemos imaginar na posição de um feixe de luz, a escolher inteligentemente o percurso ótimo através de uma sucessão de lentes e prismas, ou de um gene imaginário a escolher o melhor trajeto através das gerações, também se pode postular uma leoa individual a calcular uma estratégia comportamental ótima para garantir a sobrevivência futura, a longo prazo, dos seus genes. A primeira grande contribuição de Hamilton para a biologia foi a matemática precisa que um verdadeiro indivíduo darwiniano — como uma leoa — teria, em termos práticos, de empregar ao tomar decisões destinadas a maximizar a sobrevivência dos seus genes a longo prazo. Neste livro, utilizei equivalentes verbais informais desses cálculos — em ambos os níveis.

Na página 168 (da primeira edição de 1976), passamos rapidamente de um nível ao outro:

Considerámos as condições em que poderia realmente compensar a uma mãe deixar morrer o mais fraco da ninhada. Intuitivamente, poderíamos supor que o mais fraco deveria continuar a lutar até ao fim, mas a teoria não prevê necessariamente isso. Assim que o pequeno se torna tão fraco e reduzido que a sua esperança de vida baixa ao ponto de o benefício para si, resultante do investimento parental, ser inferior a metade do benefício que esse mesmo investimento poderia conferir aos restantes bebés, então o pequeno deveria morrer com graciosidade e de forma voluntária. É dessa forma que mais poderá beneficiar os seus genes.

Tudo isto é introspeção ao nível do indivíduo. A suposição não é que o pequeno escolha o que lhe dá prazer ou o que lhe “sabe bem”. Antes, assume-se que, num mundo darwiniano, os indivíduos fazem um cálculo como se estivessem a avaliar o que seria melhor para os seus

genes. Esse parágrafo em particular torna este ponto explícito ao fazer uma transição rápida para a personificação ao nível genético:

Ou seja, um gene que transmita a instrução: “Corpo, se fores significativamente mais pequeno do que os teus irmãos, desiste da luta e morre”, pode ser bem-sucedido no pool genético, porque tem 50% de probabilidade de estar presente no corpo de cada irmão ou irmã poupado, e as suas hipóteses de sobreviver no corpo do pequeno são, de qualquer forma, muito reduzidas.

E o parágrafo volta de imediato ao pequeno introspetivo:

Deve existir um ponto sem retorno na vida de um pequeno. Antes de atingir esse ponto, deverá continuar a lutar. Assim que o alcançar, deverá desistir — e, preferencialmente, deixar-se comer pelos irmãos ou pelos próprios pais.

Acredito sinceramente que estes dois níveis de personificação não são confusos quando lidos no seu devido contexto e na totalidade. Os dois níveis de cálculo como se conduzem exatamente à mesma conclusão, se forem bem aplicados — e isso é, de facto, o critério para avaliar a sua correção. Por isso, não penso que a personificação seja algo que desfaria se voltasse a escrever o livro hoje.

Desescrever um livro é uma coisa. Deslê-lo é outra. Que dizer, então, do seguinte testemunho de um leitor na Austrália?

Fascinante, mas por vezes gostava de poder deslê-lo... A um certo nível, consigo partilhar o sentido de maravilhamento que Dawkins claramente sente perante o funcionamento de processos tão complexos... Mas, ao mesmo tempo, culpo em grande parte *O Gene Egoísta* por uma série de crises depressivas que sofri durante mais de uma década... Nunca tendo tido uma visão espiritual bem definida da vida, mas procurando algo mais profundo — tentando acreditar, sem nunca conseguir plenamente —, senti que este livro destruiu quase por completo as ideias vagas que tinha nesse sentido, impedindo-as de alguma vez ganharem forma. Isto desencadeou uma crise pessoal bastante séria há alguns anos.

Já antes relatei reações semelhantes por parte de outros leitores:

Um editor estrangeiro do meu primeiro livro confessou que não conseguiu dormir durante três noites depois de o ler, tão perturbado ficou com aquilo que

interpretou como uma mensagem fria e sombria. Outros perguntaram-me como consigo sequer levantar-me da cama de manhã. Um professor de um país distante escreveu-me num tom de censura para contar que uma aluna sua veio ter com ele em lágrimas, depois de ler esse mesmo livro, pois convencera-se de que a vida era vazia e sem propósito. Aconselhou-a a não mostrar o livro a nenhum dos seus amigos, com receio de os contaminar com o mesmo pessimismo niilista (Desafiando o Arco-Íris).

Se algo é verdadeiro, nenhum desejo piedoso ou pensamento consolador o pode desfazer. Essa é a primeira coisa que se deve dizer. Mas a segunda é quase tão importante. Tal como escrevi mais adiante:

É bem possível que o destino último do cosmos seja destituído de qualquer propósito — mas, afinal, algum de nós deposita as suas esperanças de vida no destino último do cosmos? Claro que não; não, se estivermos mentalmente sãos. As nossas vidas são regidas por todo o tipo de ambições e perceções humanas mais próximas e calorosas. Acusar a ciência de privar a vida do calor que a torna digna de ser vivida é tão absurdamente equivocado, tão diametralmente oposto ao que sinto — e ao que sentem a maioria dos cientistas —, que quase me vejo levado ao desespero de que injustamente me acusam.

Uma tendência semelhante para “matar o mensageiro” manifesta-se noutras críticas, por parte de quem discorda das alegadas implicações sociais, políticas ou económicas de *O Gene Egoísta*. Pouco depois de Margaret Thatcher vencer a sua primeira eleição, em 1979, o meu amigo Steven Rose escreveu o seguinte na *New Scientist*:

Não estou a insinuar que a Saatchi & Saatchi contratou uma equipa de sociobiólogos para redigir os discursos da Sra. Thatcher, nem sequer que certos catedráticos de Oxford e Sussex começam a rejubilar com esta expressão prática das simples verdades da “genética egoísta” que tanto se esforçaram por transmitir. A coincidência entre teoria da moda e eventos políticos é mais confusa do que isso. Acredito, no entanto, que quando for escrita a história da viragem à direita no final dos anos 70 — do “lei e ordem” ao monetarismo, passando pelo (mais contraditório) ataque ao estatismo —, então essa mudança de paradigma científico, mesmo que se trate apenas da passagem dos modelos de seleção de grupo para os de seleção de parentesco na teoria da evolução, acabará por ser vista como parte da maré que levou os Thatcheristas e a sua

visão de uma natureza humana competitiva, xenófoba e fixada no século XIX até ao poder.

O “douto de Sussex” era o saudoso John Maynard Smith, admirado tanto por Steven Rose como por mim, e respondeu de forma característica numa carta publicada na *New Scientist*:

O que deveríamos ter feito? Falsificar as equações?

Uma das mensagens centrais de *O Gene Egoísta* (reforçada no ensaio que dá título a Um Capelão do Diabo) é a de que não devemos derivar os nossos valores do darwinismo, a não ser com um sinal negativo. O nosso cérebro evoluiu até ao ponto em que somos capazes de nos rebelar contra os nossos genes egoístas. O simples facto de usarmos contraceptivos é prova evidente dessa capacidade. O mesmo princípio pode — e deve — aplicar-se em larga escala.

Ao contrário da segunda edição, de 1989, esta edição comemorativa não acrescenta material novo, com exceção desta Introdução e de alguns excertos de críticas selecionadas pela minha editora — e incansável defensora — de sempre, Latha Menon. Ninguém além de Latha poderia ter assumido o lugar de Michael Rodgers, extraordinário editor K-selected, cuja inabalável fé neste livro foi o propulsor da trajetória da sua primeira edição.

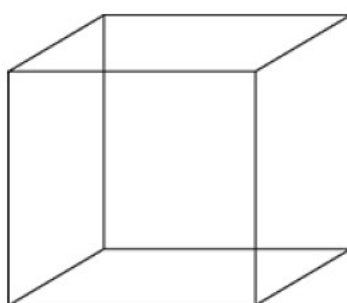
Esta edição inclui, no entanto — e isso é para mim motivo de especial alegria — a reposição do Prefácio original de Robert Trivers. Já mencionei Bill Hamilton como um dos quatro heróis intelectuais deste livro. Bob Trivers é outro. As suas ideias dominam vastas partes dos Capítulos 9, 10 e 12, e a totalidade do Capítulo 8. O seu Prefácio não é apenas uma introdução elegantemente elaborada: de forma invulgar, Trivers escolheu esse espaço para anunciar ao mundo uma ideia nova e brilhante — a sua teoria da evolução do autoengano. Estou-lhe profundamente grato por ter concedido permissão para que o seu Prefácio original embelezasse esta edição comemorativa.

RICHARD DAWKINS
Oxford, Outubro 2005

Prefácio à Segunda Edição

Nos doze anos desde a publicação de *O Gene Egoísta*, a sua mensagem central tornou-se ortodoxia de manual. Isto é paradoxal, mas não da forma mais óbvia. Não se trata de um daqueles livros que foram repudiados como revolucionários aquando da publicação, mas que, ao longo do tempo, foram conquistando adeptos até se tornarem tão ortodoxos que agora nos perguntamos qual era, afinal, o motivo da polémica. Muito pelo contrário. Desde o início, as críticas foram gratificantemente favoráveis e o livro não foi, inicialmente, visto como controverso. A sua reputação de obra polémica levou anos a desenvolver-se, até que, hoje, é amplamente considerado um trabalho de radicalismo extremo. Mas, ao longo desses mesmos anos em que cresceu a fama de extremismo da obra, o seu conteúdo foi parecendo cada vez menos extremo, cada vez mais parte da moeda corrente.

A teoria do gene egoísta é a teoria de Darwin, expressa de uma forma que Darwin não escolheu, mas cuja adequação, gostaria eu de pensar, ele teria reconhecido e celebrado de imediato. Trata-se, de facto, de um desdobramento lógico do neodarwinismo ortodoxo, apresentado sob a forma de uma imagem nova. Em vez de se centrar no organismo individual, adota-se uma perspetiva do mundo vista pelos olhos do gene. É uma forma diferente de ver, não uma teoria diferente. Nas páginas introdutórias de *O Fenótipo Alargado*, expliquei isto recorrendo à metáfora do cubo de Necker.



Este é um padrão bidimensional de tinta sobre papel, mas é percecionado como um cubo transparente tridimensional. Se olharmos para ele durante alguns segundos, parecerá mudar de orientação. Continuando a olhar, ele inverter-se-á de novo, regressando à configuração original. Ambos os cubos são igualmente compatíveis com os dados bidimensionais que chegam à retina, pelo que o cérebro alterna livremente entre eles. Nenhum deles é mais correto do que o outro. O meu argumento era que existem duas formas de olhar para a seleção

natural: pela perspectiva do gene e pela do indivíduo. Se devidamente compreendidas, são equivalentes — duas visões da mesma verdade. Podemos alternar de uma para a outra e continuaremos, ainda assim, dentro do mesmo neodarwinismo.

Hoje penso que essa metáfora foi demasiado cautelosa. Em vez de propor uma nova teoria ou descobrir um novo facto, muitas vezes a contribuição mais importante que um cientista pode dar é a descoberta de uma nova forma de ver teorias ou factos antigos. O modelo do cubo de Necker é enganador porque sugere que as duas formas de ver são igualmente válidas. Sem dúvida, a metáfora acerta em parte: os "ângulos", ao contrário das teorias, não podem ser avaliados por via experimental; não podemos recorrer aos nossos critérios habituais de verificação ou falsificação. Mas uma mudança de visão pode, no seu melhor, alcançar algo mais elevado do que uma teoria. Pode inaugurar todo um novo clima de pensamento, no qual muitas teorias excitantes e testáveis são geradas, e factos até então inimagináveis são desvelados. A metáfora do cubo de Necker falha completamente nesse aspeto. Capta a ideia de uma mudança de perspectiva, mas não faz justiça ao seu valor. O que está em causa não é uma simples alternância entre visões equivalentes, mas, em casos extremos, uma verdadeira transfiguração.

Apresso-me a negar tal estatuto para as minhas modestas contribuições. No entanto, é por este tipo de razão que prefiro não traçar uma separação nítida entre a ciência e a sua "popularização". Expôr ideias que até então surgiram apenas na literatura técnica é uma arte difícil. Requer voltas de linguagem engenhosas e metáforas reveladoras. Se se levar suficientemente longe a novidade na linguagem e nas metáforas, pode-se chegar a uma nova forma de ver. E uma nova forma de ver, como acabo de argumentar, pode, por si só, constituir uma contribuição original para a ciência. O próprio Einstein não era um mau divulgador, e suspeito frequentemente que as suas metáforas vívidas fizeram mais do que apenas ajudar os outros: não terão também alimentado o seu génio criativo?

A perspectiva darwinista centrada no gene está implícita nos escritos de R. A. Fisher e dos outros grandes pioneiros do neodarwinismo nos anos trinta, mas foi tornada explícita por W. D. Hamilton e G. C. Williams nos anos sessenta. Para mim, a sua intuição tinha uma qualidade visionária. Mas achei as suas expressões demasiado lacónicas, não suficientemente assertivas. Estava convencido de que uma versão amplificada e desenvolvida dessa ideia poderia fazer com que tudo na vida fizesse sentido — no coração, tanto quanto no cérebro. Quis escrever um livro que exaltasse a visão evolucionista centrada no gene. Deveria

concentrar os seus exemplos no comportamento social, para ajudar a corrigir o selecionismo de grupo inconsciente que então permeava o darwinismo popular. Comecei o livro em 1972, quando cortes de energia causados por conflitos laborais interromperam a minha investigação laboratorial. Infelizmente (sob certo ponto de vista), os apagões terminaram após apenas dois capítulos, e arqueei o projeto até ter um período sabático em 1975. Entretanto, a teoria tinha sido estendida, nomeadamente por John Maynard Smith e Robert Trivers. Hoje vejo que foi um daqueles períodos misteriosos em que novas ideias pairam no ar. Escrevi *O Gene Egoísta* num estado que se assemelhava a um fervor de entusiasmo.

Quando a Oxford University Press me abordou para uma segunda edição, insistiram que uma revisão convencional, abrangente, página a página, seria inadequada. Há livros que, desde a sua conceção, estão claramente destinados a múltiplas edições, e *O Gene Egoísta* não era um deles. A primeira edição emprestava um certo espírito juvenil à época em que foi escrita. Havia no ar um sopro de revolução, uma centelha do júbilo matinal de Wordsworth. Seria uma pena alterar uma criança desses tempos, engordá-la com novos factos ou enrugá-la com complicações e advertências. Assim, o texto original deveria permanecer, com todas as suas verrugas, pronomes sexistas e afins. As notas finais cobririam correções, respostas e desenvolvimentos. E haveria capítulos inteiramente novos, sobre temas cuja novidade, no seu próprio tempo, prolongasse o espírito daquela alvorada revolucionária. O resultado foram os Capítulos 12 e 13. Para estes, inspirei-me nos dois livros da área que mais me entusiasmarem nos anos intermédios: *The Evolution of Cooperation*, de Robert Axelrod, por parecer oferecer alguma esperança para o nosso futuro; e o meu próprio *O Fenótipo Alargado*, porque para mim dominou esses anos e porque — valha isso o que valer — é provavelmente a melhor coisa que alguma vez escreverei.

O título “*Os bonzinhos acabam em primeiro*” (*Nice guys finish first*) foi retirado do documentário da série Horizon da BBC que apresentei em 1985. Tratava-se de um documentário de cinquenta minutos sobre abordagens baseadas na teoria dos jogos aplicadas à evolução da cooperação, produzido por Jeremy Taylor. A realização deste filme — e de outro, *O Relojoeiro Cego*, com o mesmo produtor — fez-me ganhar uma nova admiração pela sua profissão. No seu melhor, os produtores do Horizon (alguns dos seus programas podem ser vistos na América, muitas vezes reembalados sob o nome Nova) transformam-se em verdadeiros especialistas académicos sobre o tema abordado. O Capítulo

12 deve mais do que apenas o seu título à experiência de trabalhar de perto com Jeremy Taylor e a equipa do Horizon, e fico-lhes grato por isso.

Recentemente, tomei conhecimento de um facto desagradável: há cientistas influentes que têm por hábito colocar os seus nomes em publicações cuja elaboração não tiveram qualquer participação. Aparentemente, alguns cientistas séniores reclamam coautoria de um artigo quando tudo o que contribuíram foi espaço de bancada, financiamento e uma leitura editorial do manuscrito. Que eu saiba, reputações científicas inteiras podem ter sido construídas sobre o trabalho de estudantes e colegas! Não sei o que pode ser feito para combater esta desonestidade. Talvez os editores de revistas científicas devessem exigir testemunhos assinados sobre o que cada autor efetivamente contribuiu. Mas isto é apenas um parêntesis. A razão pela qual trago este assunto aqui é para estabelecer um contraste. Helena Cronin fez tanto para melhorar cada linha — cada palavra — que deveria, não fosse a sua recusa intransigente, ser mencionada como coautora de todas as partes novas deste livro. Estou-lhe profundamente grato, e lamento que o meu agradecimento tenha de se limitar a isto. Agradeço também a Mark Ridley, Marian Dawkins e Alan Grafen pelos conselhos e críticas construtivas sobre secções específicas. Thomas Webster, Hilary McGlynn e outros da Oxford University Press toleraram com boa disposição os meus caprichos e procrastinações.

RICHARD DAWKINS
1989

Introdução à Primeira Edição

O chimpanzé e o ser humano partilham cerca de 99,5% da sua história evolutiva, e, no entanto, a maioria dos pensadores humanos considera o chimpanzé uma aberração malformada e irrelevante, ao passo que se veem a si próprios como degraus rumo ao Divino. Para um evolucionista, tal conceção é inadmissível. Não existe qualquer base objetiva que permita elevar uma espécie acima de outra. Chimpanzé e humano, lagarto e fungo — todos evoluímos ao longo de cerca de três mil milhões de anos por meio de um processo conhecido como seleção natural. Dentro de cada espécie, alguns indivíduos deixam mais descendência sobrevivente do que outros, fazendo com que os traços hereditários (genes) dos mais bem-sucedidos na reprodução se tornem mais numerosos na geração seguinte. Isto é a seleção natural: a reprodução diferencial não aleatória dos genes. Foi a seleção natural que nos moldou, e é a seleção natural que devemos compreender se quisermos entender verdadeiramente quem somos.

Apesar de a teoria da evolução por seleção natural de Darwin ser central para o estudo do comportamento social (especialmente quando combinada com a genética de Mendel), a mesma tem sido amplamente negligenciada. Verdadeiras indústrias floresceram nas ciências sociais dedicadas à construção de uma visão do mundo social e psicológico pré-Darwiniana e pré-Mendeliana. Mesmo dentro da biologia, o descaso e a má interpretação da teoria Darwiniana têm sido surpreendentes. Quaisquer que sejam as razões para este estranho desenvolvimento, há indícios de que está a chegar ao fim. A grandiosa obra de Darwin e Mendel foi desenvolvida por um número crescente de investigadores, destacando-se entre eles R. A. Fisher, W. D. Hamilton, G. C. Williams e J. Maynard Smith. Agora, pela primeira vez, este importante corpo de teoria social baseado na seleção natural é apresentado de forma acessível e clara por Richard Dawkins.

Um a um, Dawkins aborda os principais temas do novo pensamento em teoria social: os conceitos de comportamento altruísta e egoísta, a definição genética do interesse próprio, a evolução do comportamento agressivo, a teoria do parentesco (incluindo as relações entre pais e filhos e a evolução dos insetos sociais), a teoria da proporção entre sexos, o altruísmo recíproco, o engano, e a seleção natural das diferenças sexuais. Com a confiança de quem domina a teoria subjacente, Dawkins expõe este novo trabalho com uma clareza e um estilo

admiráveis. Culto na área da biologia, proporciona ao leitor um vislumbre da sua rica e fascinante literatura. Sempre que discorda de trabalhos publicados (como quando critica uma falácia da minha autoria), fá-lo com rara precisão. Dawkins preocupa-se igualmente em tornar explícita a lógica dos seus argumentos, permitindo ao leitor, ao aplicar essa lógica, expandir os raciocínios apresentados (e até confrontar o próprio Dawkins). Esses argumentos desdobram-se em múltiplas direções. Por exemplo, se (como Dawkins defende) o engano é um elemento fundamental na comunicação animal, então deve existir uma forte pressão seletiva para detetar a mentira, o que, por sua vez, poderá favorecer um certo grau de autoengano, ocultando certos factos e motivações da consciência, de modo a não trair — através dos subtis sinais do autoconhecimento — o embuste que está a ser praticado. Assim, a visão convencional segundo a qual a seleção natural favorece sistemas nervosos que produzem representações cada vez mais fiéis do mundo deve ser considerada uma visão ingénua da evolução mental.

Os avanços recentes na teoria social têm sido suficientemente significativos para terem já gerado uma vaga, ainda que modesta, de atividade contrarrevolucionária. Tem-se alegado, por exemplo, que esse progresso seria, na verdade, parte de uma conspiração cíclica destinada a travar o avanço social, fazendo com que esse avanço pareça geneticamente impossível. Ideias débeis semelhantes têm sido encadeadas de forma a criar a impressão de que a teoria social Darwiniana tem implicações políticas reacionárias. Nada poderia estar mais longe da verdade. A igualdade genética entre os sexos foi, pela primeira vez, claramente estabelecida por Fisher e Hamilton. A teoria, bem como os dados quantitativos provenientes do estudo dos insetos sociais, demonstram que não existe qualquer tendência intrínseca para que os pais dominem os filhos (ou vice-versa). E os conceitos de investimento parental e de escolha feminina oferecem uma base objetiva e imparcial para observar as diferenças entre os sexos — um avanço considerável em relação às tentativas populares de fundamentar os direitos e poderes das mulheres num pântano biológico desprovido de função. Em suma, a teoria social Darwiniana dá-nos um vislumbre de uma simetria e lógica subjacentes às relações sociais que, quando mais plenamente compreendidas por nós, deverão revitalizar a nossa compreensão política e fornecer o suporte intelectual para uma ciência e medicina da psicologia. Neste processo, deverá também proporcionar-nos uma compreensão mais profunda das múltiplas raízes do nosso sofrimento.

Prefácio à Primeira Edição

Este livro deve ser lido quase como se se tratasse de ficção científica. Foi concebido para apelar à imaginação. Mas não é ficção científica: é ciência. Cliché ou não, “mais estranho do que a ficção” exprime exatamente o que sinto em relação à verdade. Somos máquinas de sobrevivência — veículos-robô programados cegamente para preservar as moléculas egoístas conhecidas como genes. Esta é uma verdade que ainda hoje me enche de assombro. Apesar de a conhecer há anos, nunca chego a habituar-me por completo a ela. Uma das minhas esperanças é conseguir provocar esse mesmo assombro nos outros.

Três leitores imaginários espreitaram por cima do meu ombro enquanto escrevia, e é a eles que agora dedico o livro. Em primeiro lugar, o leitor geral, o leigo. Para ele, evitei quase totalmente o jargão técnico, e sempre que tive de recorrer a termos especializados, procurei defini-los. Agora pergunto-me por que não censuramos também a maior parte do nosso jargão nas revistas académicas. Parti do princípio de que o leigo não possui conhecimentos específicos, mas nunca presumi que fosse estúpido. Qualquer um pode popularizar a ciência se a simplificar em excesso. Esforcei-me arduamente por tornar acessíveis algumas ideias subtis e complexas, utilizando uma linguagem não-matemática, sem lhes perder a essência. Não sei até que ponto terei sido bem-sucedido nesse intento, nem até que ponto atingi outra das minhas ambições: tentar tornar o livro tão cativante e envolvente quanto o seu tema merece. Sempre senti que a biologia deveria ser tão emocionante como um romance policial, pois um romance policial é precisamente o que a biologia é. Não ousa esperar que tenha conseguido transmitir mais do que uma pequeníssima parte da emoção que este campo do saber tem para oferecer.

O meu segundo leitor imaginário foi o especialista. Tem sido um crítico severo, inspirando profundamente o ar diante de algumas das minhas analogias e figuras de estilo. As suas expressões favoritas são “com exceção de”, “mas por outro lado” e “ugh”. Escutei-o com atenção, e até reescrevi por completo um capítulo exclusivamente a pensar nele, mas, no final, tive de contar a história à minha maneira. O especialista continuará, ainda assim, a não estar plenamente satisfeito com a forma como exponho as ideias. No entanto, a minha maior esperança é que até ele encontre aqui algo de novo; talvez uma nova forma de olhar para ideias já familiares; talvez até o estímulo para criar ideias próprias. Se esta aspiração for

demasiado elevada, que me seja ao menos permitido esperar que o livro o entretenha numa viagem de comboio.

O terceiro leitor que tive em mente foi o estudante, aquele que está a fazer a transição de leigo para especialista. Se ainda não decidiu em que área deseja tornar-se especialista, espero incentivá-lo a lançar um novo olhar sobre a minha própria área, a zoologia. Existe uma razão melhor para estudar zoologia do que a sua possível “utilidade” ou o simples apreço pelos animais. Essa razão é que nós, os animais, somos as peças de maquinaria mais complexas e perfeitamente concebidas de todo o universo conhecido. Dito desta forma, torna-se difícil compreender por que é que alguém se dedicaria a estudar outra coisa! Para o estudante que já escolheu a zoologia, espero que o meu livro tenha algum valor educativo. Ele terá de trabalhar sobre os artigos originais e os livros técnicos que servem de base ao meu tratamento do tema. Se achar as fontes originais difíceis de digerir, talvez a minha interpretação não-matemática possa ajudar, como introdução ou complemento.

É evidente que há perigos em tentar agradar a três tipos diferentes de leitor. Só posso dizer que estive plenamente consciente desses riscos, mas pareceram-me largamente superados pelas vantagens de tentar este equilíbrio.

Sou etólogo, e este é um livro sobre comportamento animal. A minha dívida para com a tradição etológica em que fui formado será evidente. Em particular, Niko Tinbergen não tem noção da profundidade da sua influência sobre mim durante os doze anos em que trabalhei sob a sua orientação em Oxford. A expressão “máquina de sobrevivência”, embora não seja da sua autoria, bem poderia ser. Contudo, a etologia tem sido recentemente revigorada por uma vaga de ideias novas oriundas de fontes que, tradicionalmente, não se associavam à etologia. Este livro baseia-se, em larga medida, nessas novas ideias. Os seus autores são devidamente reconhecidos nos lugares apropriados do texto; as figuras dominantes são G. C. Williams, J. Maynard Smith, W. D. Hamilton e R. L. Trivers.

Diversas pessoas sugeriram títulos para o livro, sugestões essas que usei, com gratidão, como títulos de capítulos: “Bobinas Imortais”, John Krebs; “A Máquina Genética”, Desmond Morris; “Genesmanship” (Genialidade Genética), Tim Clutton-Brock e Jean Dawkins (independentemente, e com desculpas a Stephen Potter).

Leitores imaginários podem servir de alvos para nobres esperanças e aspirações, mas são de utilidade prática inferior à dos leitores e críticos reais. Tenho um vício por revisões, e

Marian Dawkins foi sujeita a incontáveis rascunhos e reescritas de cada página. O seu vasto conhecimento da literatura biológica e a sua compreensão das questões teóricas, aliados ao seu constante encorajamento e apoio moral, foram essenciais para mim. John Krebs também leu o livro inteiro em versão preliminar. Sabe mais sobre o tema do que eu e foi generoso e incansável nos seus conselhos e sugestões. Glenys Thomson e Walter Bodmer criticaram, com amabilidade, mas firmeza, o modo como tratei os tópicos genéticos. Temo que a minha revisão ainda não os satisfaça plenamente, mas espero que a considerem uma melhoria. Estou profundamente grato pelo tempo e paciência que me dedicaram. John Dawkins demonstrou um olho infalível para formulações ambíguas e fez excelentes sugestões construtivas de reformulação. Não poderia ter desejado um leigo inteligente mais adequado do que Maxwell Stamp. A sua percepção ao detetar uma falha de estilo generalizada no primeiro rascunho contribuiu significativamente para a versão final.

Outros que criticaram construtivamente capítulos específicos, ou que deram conselhos especializados, foram John Maynard Smith, Desmond Morris, Tom Maschler, Nick Blurton Jones, Sarah Kettlewell, Nick Humphrey, Tim Clutton-Brock, Louise Johnson, Christopher Graham, Geoff Parker e Robert Trivers. Pat Searle e Stephanie Verhoeven não só datilografaram com destreza, como também me animaram por parecer fazê-lo com prazer. Finalmente, desejo agradecer a Michael Rodgers, da Oxford University Press, que, para além de ter criticado utilmente o manuscrito, trabalhou muito para além do que seria exigível, cuidando de todos os aspetos da produção deste livro.

RICHARD DAWKINS
1976

CAPÍTULO 1

Por Que Somos o Que Somos?

A vida inteligente num planeta atinge a maturidade quando, pela primeira vez, compreende a razão da sua própria existência. Se criaturas superiores oriundas do espaço alguma vez visitarem a Terra, a primeira pergunta que farão, a fim de avaliarem o nível da nossa civilização, será: «Já descobriram a evolução?» Durante mais de três mil milhões de anos, os organismos vivos existiram na Terra sem jamais saberem porquê, até que a verdade finalmente se revelou a um deles. Chamava-se Charles Darwin. É certo que outros já haviam pressentido partes da verdade, mas foi Darwin quem, pela primeira vez, articulou uma explicação coerente e plausível sobre o motivo da nossa existência. Graças a ele, podemos hoje dar uma resposta sensata à criança curiosa cuja pergunta serve de título a este capítulo. Já não temos de recorrer à superstição perante as grandes questões: Existe algum sentido para a vida? Para que servimos? O que é o homem? Ao colocar esta última pergunta, o eminente zoólogo G. G. Simpson afirmou o seguinte:

O que pretendo sublinhar agora é que todas as tentativas de responder a essa pergunta antes de 1859 são inúteis e que será melhor ignorá-las por completo.¹

Hoje, a teoria da evolução é tão pouco passível de dúvida como a teoria de que a Terra gira em torno do Sol, mas as implicações completas da revolução darwiniana estão ainda longe de ser plenamente reconhecidas. A zoologia continua a ser uma disciplina minoritária nas universidades, e mesmo os que optam por estudá-la fazem-no, muitas vezes, sem compreender a sua profunda relevância filosófica. A filosofia e as chamadas humanidades ainda são ensinadas quase como se Darwin nunca tivesse existido. Sem dúvida que isso mudará com o tempo. De qualquer forma, este livro não pretende ser uma defesa geral do darwinismo. O que se propõe é explorar as consequências da teoria da evolução em relação a uma questão particular. O meu objetivo é examinar a biologia do egoísmo e do altruísmo.

Para além do seu interesse académico, a importância humana deste tema é evidente. Toca todos os aspetos da nossa vida social — amar e odiar, combater e cooperar, dar e roubar, a ganância e a generosidade. Estas são afirmações que também poderiam ter sido feitas a propósito de *Sobre Agressão*, de Lorenz, *O Contrato Social*, de Ardrey, e *Love and Hate*, de Eibl-Eibesfeldt. O problema com esses livros é que os seus autores erraram total e absolutamente. Erraram porque compreenderam mal o funcionamento da evolução. Partiram do pressuposto equivocado de que o elemento determinante na evolução é o bem da espécie (ou do grupo), em vez do bem do indivíduo (ou do gene). É irónico que Ashley Montagu critique Lorenz como um "*descendente direto dos pensadores do século XIX da natureza 'vermelha de dentes e garras'...*". Pelo que entendo da visão de Lorenz sobre a evolução, ele estaria muito mais alinhado com Montagu ao rejeitar as implicações da célebre

expressão de Tennyson. Ao contrário de ambos, considero que “a natureza, vermelha de dentes e garras”, resume de forma admirável a nossa compreensão moderna da seleção natural.

Antes de iniciar a minha argumentação propriamente dita, quero esclarecer brevemente que tipo de argumento estou a apresentar — e que tipo de argumento não estou a apresentar. Se nos dissessem que um homem viveu uma vida longa e próspera no submundo dos gangsters de Chicago, estaríamos em posição de fazer algumas suposições sobre o tipo de pessoa que ele era. Poderíamos esperar que possuísse características como dureza, rapidez no gatilho e capacidade de atrair amigos leais. Estas deduções não seriam infalíveis, mas podemos inferir certos traços de carácter de uma pessoa se soubermos algo sobre as condições em que sobreviveu e prosperou. O argumento deste livro é que nós, tal como todos os outros animais, somos máquinas criadas pelos nossos genes. Tal como os gangsters bem-sucedidos de Chicago, os nossos genes sobreviveram — em alguns casos, durante milhões de anos — num mundo altamente competitivo. Isso dá-nos o direito de esperar certas qualidades nos nossos genes. Sustentarei que uma qualidade predominante a esperar num gene bem-sucedido é o egoísmo implacável. Esse egoísmo genético manifestar-se-á, em geral, sob a forma de comportamentos egoístas nos indivíduos. Contudo, como veremos, existem circunstâncias especiais em que um gene pode alcançar os seus próprios objetivos egoístas fomentando uma forma limitada de altruísmo ao nível dos animais individuais. As palavras “especiais” e “limitada” são cruciais nesta última frase. Por muito que desejássemos acreditar no contrário, o amor universal e o bem-estar da espécie como um todo são

conceitos que, simplesmente, não fazem sentido em termos evolutivos.

Isto leva-me ao primeiro ponto que quero esclarecer quanto ao que este livro não é. Não estou a defender uma moral baseada na evolução.² Estou a descrever como as coisas evoluíram. Não estou a dizer como é que nós, humanos, devemos comportar-nos moralmente. Sublinho este ponto porque sei que corro o risco de ser mal interpretado por aquelas pessoas — demasiado numerosas — que não conseguem distinguir uma afirmação sobre o que é do mundo de uma defesa do que deveria ser. Pessoalmente, creio que uma sociedade humana fundada exclusivamente na lei do egoísmo implacável dos genes seria um lugar muito desagradável para se viver. Mas, infelizmente, por muito que possamos lamentar uma coisa, isso não a torna menos verdadeira. Este livro destina-se sobretudo a ser interessante, mas se quiserem dele extrair uma lição moral, então leiam-no como um aviso. Fiquem advertidos de que, se desejam — como eu desejo — construir uma sociedade em que os indivíduos cooperem de forma generosa e altruísta em prol de um bem comum, não poderão contar com grande ajuda da natureza biológica. Procuremos ensinar a generosidade e o altruísmo, porque nascemos egoístas. Procuremos compreender os desígnios dos nossos genes egoístas, porque assim talvez possamos, pelo menos, contrariá-los — algo a que nenhuma outra espécie jamais aspirou.

Como corolário destas considerações sobre o ensino, é um erro — aliás, um erro muito comum — supor que os traços geneticamente herdados são, por definição, fixos e imutáveis. Os

nossos genes podem instruir-nos a ser egoístas, mas isso não significa que estejamos condenados a obedecer-lhes durante toda a vida. Pode simplesmente ser mais difícil aprender o altruísmo do que seria se estivéssemos geneticamente programados para sermos altruístas. Entre os animais, o ser humano é único na medida em que é profundamente moldado pela cultura — por influências aprendidas e transmitidas. Alguns dirão que a cultura é tão importante que os genes, sejam eles egoístas ou não, são praticamente irrelevantes para a compreensão da natureza humana. Outros discordarão. Tudo depende da posição que se adota no debate entre natureza e educação (nature vs nurture) como determinantes dos atributos humanos. E isto leva-me à segunda coisa que este livro não é: não é uma defesa de uma posição ou de outra no debate natureza/educação. Naturalmente tenho a minha opinião sobre o assunto, mas não a exprimirei, salvo na medida em que esteja implícita na visão da cultura que apresentarei no último capítulo. Mesmo que os genes venham a revelar-se totalmente irrelevantes para a determinação do comportamento humano moderno, mesmo que sejamos realmente únicos entre os animais nesse aspeto, continua a ser, no mínimo, interessante investigar a regra de que tão recentemente nos tornámos exceção. E se a nossa espécie não for tão excecional quanto gostaríamos de pensar, então é ainda mais importante estudarmos essa regra.

A terceira coisa que este livro não é, é um relato descritivo do comportamento detalhado do homem ou de qualquer outra espécie animal em particular. Utilizarei pormenores factuais apenas como exemplos ilustrativos. Não direi: “Se observarmos o

comportamento dos babuínos, veremos que é egoísta; logo, é provável que o comportamento humano também o seja.” A lógica do meu argumento dos “gangsters de Chicago” é bastante diferente. É esta: os humanos e os babuínos evoluíram por seleção natural. Se analisarmos o modo como a seleção natural funciona, parece seguir-se que qualquer coisa que tenha evoluído por seleção natural deverá ser egoísta. Portanto, devemos esperar que, ao observarmos o comportamento de babuínos, humanos e de todas as outras criaturas vivas, o encontremos como sendo egoísta. Se verificarmos que essa expectativa está errada, se observarmos que o comportamento humano é verdadeiramente altruísta, então estaremos perante algo intrigante, algo que requer explicação.

Antes de prosseguir, é necessária uma definição. Uma entidade, como um babuíno, é dita ser altruísta se se comportar de forma a aumentar o bem-estar de outra entidade semelhante, à custa do seu próprio. O comportamento egoísta tem exatamente o efeito oposto. Por “bem-estar” entende-se “probabilidades de sobrevivência”, mesmo que o efeito sobre as perspectivas reais de vida ou morte seja tão pequeno que pareça insignificante. Uma das consequências surpreendentes da versão moderna da teoria Darwinista é que influências aparentemente triviais e diminutas na probabilidade de sobrevivência podem ter um impacto importante na evolução. Isto deve-se ao imenso tempo disponível para que tais influências se façam sentir.

É importante compreender que as definições acima de altruísmo e egoísmo são comportamentais, e não subjetivas. Não me ocupo aqui da psicologia das motivações. Não irei debater se as pessoas

que se comportam altruisticamente o fazem “realmente” por motivos egoístas secretos ou subscientes. Talvez sim, talvez não, e talvez nunca o possamos saber, mas, em todo o caso, não é disso que trata este livro. A minha definição prende-se apenas com o efeito de um ato em reduzir ou aumentar as probabilidades de sobrevivência do presumível altruísta e as probabilidades de sobrevivência do presumível beneficiário.

Demonstrar os efeitos do comportamento nas perspetivas de sobrevivência a longo prazo é um assunto extremamente complexo. Na prática, ao aplicarmos a definição ao comportamento real, devemos qualificá-la com a palavra “aparentemente”. Um ato aparentemente altruísta é aquele que parece, à superfície, tender a tornar o altruísta mais suscetível (mesmo que ligeiramente) à morte, e o beneficiário mais propenso à sobrevivência. Muitas vezes, uma análise mais cuidada revela que atos de aparente altruísmo são, na verdade, egoísmo disfarçado. Mais uma vez, não quero dizer que as motivações subjacentes sejam secretamente egoístas, mas sim que os efeitos reais do ato sobre as perspetivas de sobrevivência são o inverso do que se supunha inicialmente.

Vou apresentar alguns exemplos de comportamentos aparentemente egoístas e aparentemente altruístas. É difícil suprimir os hábitos subjetivos de pensamento quando lidamos com a nossa própria espécie, por isso escolherei exemplos de outros animais. Começemos por alguns exemplos diversos de comportamento egoísta por parte de animais individuais.

As gaivotas-de-cabeça-preta nidificam em grandes colônias, com os ninhos situados apenas a alguns pés de distância uns dos outros. Quando os pintainhos eclodem, são pequenos, indefesos e fáceis de engolir. É bastante comum que uma gaivota espere até que o vizinho se vire de costas — talvez enquanto se ausenta para pescar — e então se lance sobre um dos pintainhos do vizinho e o engula inteiro. Assim, obtém uma refeição nutritiva sem o trabalho de apanhar um peixe e sem ter de deixar o seu próprio ninho desprotegido.

Mais conhecido é o macabro canibalismo das fêmeas de louva-a-deus. Os louva-a-deus são grandes insetos carnívoros. Normalmente alimentam-se de insetos mais pequenos, como moscas, mas atacarão quase tudo o que se mova. Durante o acasalamento, o macho aproxima-se cautelosamente da fêmea, monta-a e copula. Se a fêmea tiver oportunidade, comerá o macho, começando por lhe arrancar a cabeça à dentada — quer enquanto ele se aproxima, quer imediatamente após a monta, ou ainda depois de se separarem. Poderia parecer mais sensato que ela esperasse até o ato sexual estar concluído antes de o devorar. No entanto, a perda da cabeça não parece perturbar o restante corpo do macho na sua atividade sexual. Na verdade, dado que a cabeça do inseto alberga certos centros nervosos inibitórios, é possível que a fêmea até melhore o desempenho sexual do macho ao comer-lhe a cabeça.³ Se assim for, trata-se de um benefício adicional. O benefício principal é que obtém uma boa refeição.

A palavra “egoísta” poderá parecer um eufemismo para casos tão extremos como o canibalismo, embora estes se enquadrem

perfeitamente na nossa definição. Talvez seja mais fácil sentirmos empatia com o comportamento covarde relatado dos pinguins-imperadores na Antártida. Já foram observados de pé à beira da água, hesitantes antes de mergulharem, devido ao perigo de serem devorados por focas. Se ao menos um deles mergulhasse, os outros saberiam se havia ou não uma foca nas proximidades. Naturalmente, ninguém quer ser a cobaia, por isso esperam, e por vezes até tentam empurrar-se uns aos outros para a água.

Mais vulgarmente, o comportamento egoísta pode simplesmente consistir na recusa em partilhar um recurso valioso, como alimento, território ou parceiros sexuais. Passemos agora a alguns exemplos de comportamento aparentemente altruísta.

O comportamento de ferroar das abelhas operárias é uma defesa muito eficaz contra os ladrões de mel. Mas as abelhas que ferroam são combatentes kamikaze. No ato de ferroar, os órgãos internos vitais são geralmente arrancados do corpo, e a abelha morre pouco depois. A sua missão suicida pode ter salvo as reservas alimentares vitais da colmeia, mas ela própria não estará presente para colher os benefícios. De acordo com a nossa definição, isto constitui um ato comportamental altruísta. Recordemos que não estamos a falar de motivações conscientes. Estas podem ou não estar presentes, tanto neste caso como nos exemplos de egoísmo, mas são irrelevantes para a nossa definição.

Dar a vida pelos amigos é, obviamente, um ato altruísta, mas também o é correr um pequeno risco por eles. Muitas aves pequenas, quando veem um predador voador, como um falcão,

emitem um característico “chamamento de alarme”, ao qual todo o bando responde com a ação evasiva apropriada. Existe evidência indireta de que a ave que emite o alarme se coloca em perigo especial, pois atrai particularmente sobre si a atenção do predador. Trata-se apenas de um risco adicional ligeiro, mas que, à primeira vista, pelo menos, parece qualificar-se como um ato altruísta segundo a nossa definição.

Os atos de altruísmo animal mais comuns e evidentes são realizados pelos progenitores, especialmente pelas mães, em relação aos seus filhos. Podem incubá-los, quer em ninhos quer no próprio corpo, alimentá-los a grande custo para si mesmas e correr grandes riscos para os proteger de predadores. Para dar apenas um exemplo concreto, muitas aves que nidificam no solo realizam o chamado “comportamento de distração” quando se aproxima um predador como uma raposa. A ave progenitora afasta-se do ninho a coxear, com uma asa estendida como se estivesse partida. O predador, sentindo uma presa fácil, é atraído para longe do ninho que contém os filhotes. Finalmente, a ave progenitora abandona a sua simulação e levanta voo mesmo a tempo de escapar às mandíbulas da raposa. Provavelmente salvou a vida das suas crias, mas com algum risco para si própria.

Não estou a tentar provar um ponto com a narração destas histórias. Exemplos escolhidos não constituem, por si sós, prova séria para qualquer generalização digna desse nome. Estas histórias servem apenas para ilustrar o que entendo por comportamento altruísta e egoísta ao nível dos indivíduos. Este livro mostrará como, tanto o egoísmo como o altruísmo individual, se explicam pela lei

fundamental a que chamo egoísmo genético. Mas primeiro terei de abordar uma explicação errônea do altruísmo, por ser amplamente conhecida e até ensinada em muitas escolas.

Esta explicação baseia-se no equívoco que já referi anteriormente: a ideia de que os seres vivos evoluem para fazer coisas “pelo bem da espécie” ou “pelo bem do grupo”. É fácil perceber como surgiu esta ideia na biologia. Grande parte da vida de um animal é dedicada à reprodução, e a maioria dos atos de autossacrifício altruísta observados na natureza são realizados pelos progenitores em relação às suas crias. “Perpetuação da espécie” é um eufemismo comum para reprodução, e é inegavelmente uma consequência desta. Basta um ligeiro exagero lógico para se deduzir que a “função” da reprodução é “perpetuar a espécie”. A partir daqui, é apenas mais um pequeno e errôneo passo até concluir que os animais, em geral, se comportarão de forma a favorecer a perpetuação da espécie. O altruísmo para com os outros membros da espécie parece seguir-se naturalmente.

Este raciocínio pode ser formulado em termos vagamente darwinianos. A evolução funciona por seleção natural, e a seleção natural implica a sobrevivência diferencial dos “mais aptos”. Mas estamos a falar dos indivíduos mais aptos, das raças mais aptas, das espécies mais aptas, ou de quê? Para alguns propósitos, isto pode não ser de grande importância, mas quando falamos de altruísmo, é manifestamente crucial. Se forem as espécies a competir naquilo a que Darwin chamou a luta pela existência, então o indivíduo parece ser melhor entendido como um peão no jogo, a ser sacrificado sempre que o interesse superior da espécie assim o

exija. Para dizer de forma um pouco mais respeitável: um grupo — como uma espécie ou uma população dentro de uma espécie — cujos membros individuais estejam dispostos a sacrificar-se pelo bem-estar do grupo, poderá ter menos probabilidade de se extinguir do que um grupo rival cujos membros coloquem os seus interesses egoístas em primeiro lugar. Assim, o mundo tornar-se-ia povoado sobretudo por grupos compostos por indivíduos autossacrificiais. Esta é a teoria da “seleção de grupo”, durante muito tempo assumida como verdadeira por biólogos não familiarizados com os detalhes da teoria da evolução, trazida à luz num famoso livro de V. C. Wynne-Edwards, e popularizada por Robert Ardrey em *O Contrato Social*. A alternativa ortodoxa é normalmente designada por “seleção individual”, embora eu, pessoalmente, prefira falar em seleção genética.

A resposta rápida do “selecionista individual” ao argumento acabado de expor poderia ser algo como isto: mesmo no grupo de altruístas, haverá quase de certeza uma minoria dissidente que se recusa a fazer qualquer sacrifício. Se houver apenas um rebelde egoísta, disposto a explorar o altruísmo dos restantes, então esse, por definição, terá mais probabilidades do que os outros de sobreviver e ter filhos. Cada um desses filhos tenderá a herdar os seus traços egoístas. Após várias gerações de seleção natural, o “grupo altruísta” será invadido por indivíduos egoístas e tornar-se-á indistinguível do grupo egoísta. Mesmo que concedamos a existência inicial, ainda que improvável, de grupos puramente altruístas sem quaisquer rebeldes, é muito difícil ver o que poderia impedir que indivíduos egoístas migrem de grupos vizinhos e,

através de cruzamentos, contaminem a pureza desses grupos altruístas.

O selecionista individual admitiria que os grupos, de facto, se extinguem, e que a extinção ou não de um grupo pode ser influenciada pelo comportamento dos indivíduos que o compõem. Poderia até admitir que, se os indivíduos de um grupo tivessem o dom da previsão, veriam que, a longo prazo, o seu próprio interesse estaria em conter a sua ganância egoísta, para evitar a destruição do grupo como um todo. Quantas vezes isto não terá sido dito, nos últimos anos, ao povo trabalhador da Grã-Bretanha? Mas a extinção de grupos é um processo lento quando comparado com a dinâmica rápida e implacável da competição individual. Mesmo enquanto o grupo caminha lenta e inexoravelmente rumo à decadência, os indivíduos egoístas prosperam, a curto prazo, à custa dos altruístas. Os cidadãos britânicos podem ou não ser dotados de previsão, mas a evolução é cega ao futuro.

Embora a teoria da seleção de grupo conte hoje com pouco apoio entre os biólogos profissionais que compreendem a evolução, continua a ter um enorme apelo intuitivo. Gerações sucessivas de estudantes de zoologia ficam surpreendidas, ao sair do ensino secundário, ao descobrirem que esta não é a perspetiva ortodoxa. E não se lhes pode atribuir grande culpa por isso, pois no *Guia do Professor de Biologia Nuffield*, escrito para professores de biologia do nível avançado no Reino Unido, encontramos o seguinte: “*Nos animais superiores, o comportamento pode assumir a forma de suicídio individual para garantir a sobrevivência da espécie.*” O autor anónimo deste guia está deliciosamente alheio ao facto de ter

afirmado algo controverso. Neste aspeto, encontra-se em ilustre companhia: Konrad Lorenz, no seu livro *Sobre a Agressão*, fala das funções “preservadoras da espécie” do comportamento agressivo, sendo uma dessas funções a de assegurar que apenas os indivíduos mais aptos sejam autorizados a reproduzir-se. Esta é uma pérola de raciocínio circular, mas o ponto que pretendo destacar é que a ideia da seleção de grupo está tão profundamente enraizada que Lorenz, tal como o autor do *Guia Nuffield*, aparentemente não se aperceberam de que as suas afirmações contrariam a teoria darwiniana ortodoxa.

Ouvi recentemente um exemplo encantador do mesmo tipo de pensamento, num excelente programa televisivo da BBC sobre aranhas australianas. A “especialista” do programa observou que a grande maioria das aranhinhas acabava por servir de presa a outras espécies, e depois disse: *“Talvez este seja o verdadeiro propósito da sua existência, já que apenas algumas precisam de sobreviver para que a espécie se mantenha!”*

Robert Ardrey, em *O Contrato Social*, utilizou a teoria da seleção de grupo para explicar toda a ordem social em geral. Vê claramente o homem como uma espécie que se desviou do caminho da retidão animal. Ao menos Ardrey fez o seu trabalho de casa. A sua decisão de discordar da teoria ortodoxa foi consciente, e por isso merece crédito.

Talvez uma das razões para o grande apelo da teoria da seleção de grupo seja o facto de estar profundamente em sintonia com os ideais morais e políticos que a maioria de nós partilha. Podemos,

com frequência, comportar-nos de forma egoísta enquanto indivíduos, mas, nos nossos momentos mais idealistas, honramos e admiramos aqueles que colocam o bem-estar dos outros em primeiro lugar. Contudo, ficamos um pouco confusos quanto ao quão amplamente queremos interpretar a palavra "outros". Muitas vezes, o altruísmo dentro de um grupo anda de mãos dadas com o egoísmo entre grupos. Esta é uma das bases do sindicalismo. Noutro nível, a nação é uma grande beneficiária do nosso autossacrifício altruísta, sendo que se espera que jovens morram como indivíduos pela maior glória do seu país como um todo. Além disso, são incentivados a matar outros indivíduos sobre os quais nada sabem, exceto que pertencem a uma nação diferente. (Curiosamente, os apelos em tempo de paz para que os indivíduos façam pequenos sacrifícios na taxa a que aumentam o seu nível de vida parecem ser menos eficazes do que os apelos em tempo de guerra para que se disponham a dar a vida.)

Recentemente, tem havido uma reação contra o racismo e o patriotismo, e uma tendência para substituir a espécie humana inteira como objeto do nosso sentimento de solidariedade. Este alargamento humanista do alvo do nosso altruísmo tem uma interessante consequência, que parece, mais uma vez, reforçar a ideia do "bem da espécie" na evolução. Os politicamente liberais, que são normalmente os mais convictos porta-vozes da ética da espécie, são hoje em dia muitas vezes os que mais desprezam aqueles que foram um pouco mais longe no alargamento do seu altruísmo, incluindo outras espécies. Se eu disser que estou mais interessado em impedir o abate de grandes baleias do que em

melhorar as condições de habitação para as pessoas, é provável que choque alguns dos meus amigos.

O sentimento de que os membros da nossa própria espécie merecem consideração moral especial, em comparação com os membros de outras espécies, é antigo e profundo. Matar pessoas fora do contexto de guerra é o crime mais gravemente considerado entre os ordinariamente cometidos. A única coisa mais fortemente proibida pela nossa cultura é comer pessoas (mesmo que já estejam mortas). Contudo, desfrutamos de comer membros de outras espécies. Muitos de nós recuamos perante a execução judicial até mesmo dos mais horríveis criminosos humanos, enquanto aceitamos com leveza o abate, sem julgamento, de animais nocivos relativamente inofensivos. De facto, matamos membros de outras espécies inofensivas como forma de recreação e entretenimento. Um feto humano, sem mais sentimento humano do que uma ameba, goza de uma reverência e proteção legal muito superiores às concedidas a um chimpanzé adulto. No entanto, o chimpanzé sente e pensa e — segundo evidência experimental recente — pode até ser capaz de aprender uma forma de linguagem humana. O feto pertence à nossa espécie, e recebe imediatamente privilégios e direitos especiais por causa disso. Se a ética do “especismo”, para usar o termo de Richard Ryder, pode ser sustentada logicamente com mais solidez do que o “racismo”, não sei. O que sei é que ela não tem qualquer base adequada na biologia evolutiva.

A confusão da ética humana quanto ao nível em que o altruísmo é desejável — família, nação, raça, espécie ou todos os seres vivos — é espelhada por uma confusão paralela na biologia, sobre o nível

em que o altruísmo pode ser esperado segundo a teoria da evolução. Mesmo o selecionista de grupo não se surpreenderia ao ver membros de grupos rivais a serem hostis entre si: desta forma, como sindicalistas ou soldados, favorecem o seu próprio grupo na luta por recursos limitados. Mas então vale a pena perguntar como o selecionista de grupo decide qual é o nível importante. Se a seleção ocorre entre grupos dentro de uma espécie, e entre espécies, por que não haveria de ocorrer também entre agrupamentos maiores? As espécies agrupam-se em géneros, os géneros em ordens, e as ordens em classes. Leões e antílopes são ambos membros da classe *Mammalia* (*Mamíferos*), tal como nós. Não deveríamos então esperar que os leões se abstivessem de matar antílopes, “pelo bem dos mamíferos”? Seguramente, deveriam caçar aves ou répteis em vez disso, para evitar a extinção da classe. Mas então, e a necessidade de perpetuar todo o filo dos vertebrados?

Não adianta muito eu argumentar por *reductio ad absurdum* (*redução ao absurdo*) e apontar as dificuldades da teoria da seleção de grupo, se a existência aparente de altruísmo individual ainda precisa de ser explicada. Ardrey chega a afirmar que a seleção de grupo é a única explicação possível para comportamentos como o *stotting* (*comportamento de salto vertical associado à sinalização de alerta*) nas gazelas de Thomson. Este salto vigoroso e conspícuo perante um predador é análogo aos chamados de alarme das aves, na medida em que parece avisar os companheiros do perigo ao mesmo tempo que atrai a atenção do predador para o próprio animal que salta. Temos a responsabilidade de explicar os *stottings*

das *Tommies* (*gazelas-de-Thomson*) e todos os fenómenos semelhantes, e isso é algo que abordarei em capítulos posteriores.

Antes disso, devo apresentar os argumentos que sustentam a minha convicção de que a melhor forma de encarar a evolução é em termos de seleção a ocorrer ao nível mais baixo de todos. Nesta convicção sou profundamente influenciado pelo excelente livro de G. C. Williams, *Adaptação e Seleção Natural*. A ideia central que irei desenvolver foi prenunciada por A. Weismann, antes da Era do conceito de gene, no virar do século — a sua doutrina da “*continuidade do plasma germinativo*”. Irei defender que a unidade fundamental de seleção, e por conseguinte, de interesse próprio, não é a espécie, nem o grupo, nem sequer, estritamente falando, o indivíduo. É o gene, a unidade da hereditariedade.⁴ Para alguns biólogos, isto poderá soar inicialmente como uma visão extrema. Espero que, ao compreenderem em que sentido a proponho, concordem que, em substância, ela é ortodoxa, mesmo que se exprima de modo pouco habitual. O argumento levará algum tempo a desenvolver, e temos de começar pelo início, com a própria origem da vida.

CAPÍTULO 2

Os Replicadores

No princípio havia a simplicidade. Já é suficientemente difícil explicar como surgiu até um universo simples. Presumo que seja consensual que seria ainda mais difícil explicar o aparecimento súbito, totalmente armado, de uma ordem complexa — a vida, ou um ser capaz de criar vida. A teoria da evolução por seleção natural de Darwin é satisfatória porque nos mostra um modo pelo qual a simplicidade pode transformar-se em complexidade, como átomos desordenados se podem agrupar em padrões cada vez mais complexos, até acabarem por fabricar seres humanos. Darwin oferece uma solução, a única viável que foi até agora sugerida, para o profundo problema da nossa existência. Procurarei explicar esta grande teoria de um modo mais geral do que é habitual, começando pelo tempo anterior ao início da própria evolução.

A “sobrevivência do mais apto” de Darwin é, na verdade, um caso especial de uma lei mais geral: a sobrevivência do estável. O universo é povoado por coisas estáveis. Uma coisa estável é um conjunto de átomos suficientemente permanente ou comum para merecer um nome. Pode tratar-se de uma coleção única de átomos, como o Matterhorn, que perdura o tempo suficiente para justificar uma designação. Ou pode ser uma classe de entidades, como as

gotas de chuva, que surgem a uma taxa suficientemente elevada para merecerem um nome coletivo, mesmo que cada uma delas tenha vida curta.

As coisas que vemos à nossa volta, e que consideramos necessitadas de explicação — rochas, galáxias, ondas do mar — são todas, em maior ou menor grau, padrões estáveis de átomos. As bolhas de sabão tendem a ser esféricas porque essa é uma configuração estável para películas finas cheias de gás. Numa nave espacial, a água também se mantém estável sob a forma de glóbulos esféricos, mas na Terra, onde há gravidade, a superfície estável da água parada é plana e horizontal. Os cristais de sal tendem a formar cubos porque essa é uma forma estável de empacotar os iões de sódio e cloreto. No Sol, os átomos mais simples de todos, os átomos de hidrogénio, estão a fundir-se para formar átomos de hélio, porque nas condições ali existentes a configuração do hélio é mais estável. Outros átomos ainda mais complexos têm vindo a formar-se em estrelas por todo o universo, desde pouco depois do “big bang”, que, segundo a teoria dominante, deu início ao universo. Foi aí, originalmente, que se formaram os elementos presentes no nosso mundo.

Por vezes, quando os átomos se encontram, ligam-se através de reações químicas para formar moléculas, que podem ser mais ou menos estáveis. Tais moléculas podem ser muito grandes. Um cristal como o diamante pode ser considerado uma única molécula — proverbialmente estável, neste caso — mas também muito simples, dado que a sua estrutura atómica interna se repete indefinidamente. Nos organismos vivos modernos existem outras

moléculas de grande dimensão que são altamente complexas, e essa complexidade manifesta-se em vários níveis. A hemoglobina do nosso sangue é uma molécula proteica típica. É construída a partir de cadeias de moléculas mais pequenas — os aminoácidos — cada uma contendo algumas dezenas de átomos dispostos segundo um padrão preciso. Na molécula de hemoglobina há 574 moléculas de aminoácidos. Estas estão organizadas em quatro cadeias, que se entrelaçam formando uma estrutura globular tridimensional de complexidade desconcertante. Um modelo da molécula de hemoglobina assemelha-se a um denso arbusto de espinhos. Mas, ao contrário de um verdadeiro arbusto de espinhos, não se trata de um padrão aproximado e aleatório, mas sim de uma estrutura definida e invariável, repetida de forma idêntica, sem um ramo ou uma torção fora do lugar, mais de seis mil biliões de biliões de vezes num corpo humano médio. A forma precisa, semelhante a um arbusto de espinhos, de uma molécula proteica como a hemoglobina é estável no sentido em que duas cadeias com a mesma sequência de aminoácidos tenderão, como duas molas, a assumir exatamente o mesmo padrão tridimensional enrolado. Arbustos de hemoglobina estão a formar-se no seu corpo, assumindo a sua forma “preferida”, à razão de cerca de quatrocentos biliões de biliões por segundo, sendo outros destruídos à mesma taxa.

A hemoglobina é uma molécula moderna, utilizada aqui para ilustrar o princípio de que os átomos tendem a organizar-se em padrões estáveis. O ponto relevante neste contexto é que, antes do surgimento da vida na Terra, uma forma rudimentar de evolução molecular pode ter ocorrido por meio de processos ordinários da

física e da química. Não há necessidade de invocar projeto, propósito ou direccionalidade. Se um grupo de átomos, na presença de energia, se organiza num padrão estável, tenderá a permanecer assim. A forma mais primitiva de seleção natural foi simplesmente uma seleção de formas estáveis e uma rejeição das instáveis. Não há mistério nisto. Tinha de acontecer, por definição.

Claro que, a partir daqui, não se segue que se possa explicar a existência de entidades tão complexas como o ser humano com base apenas nestes mesmos princípios. Não basta juntar o número certo de átomos e agitá-los com alguma energia externa até que, por acaso, caiam na configuração correta — e daí surja Adão! Pode ser que se consiga formar assim uma molécula com algumas dezenas de átomos, mas um ser humano é composto por mais de mil biliões de biliões de biliões de átomos. Para tentar fabricar um homem, seria necessário trabalhar com o seu agitador bioquímico durante um período de tempo tão longo que toda a idade do universo pareceria um piscar de olhos — e, mesmo assim, não teria sucesso. É aqui que a teoria de Darwin, na sua forma mais geral, vem em nosso auxílio. A teoria de Darwin assume o papel a partir do ponto onde termina a história da lenta construção de moléculas.

O relato sobre a origem da vida que irei apresentar é, necessariamente, especulativo; por definição, ninguém estava presente para testemunhar o que aconteceu. Existem várias teorias concorrentes, mas todas partilham certos elementos em comum. A explicação simplificada que vou oferecer provavelmente não estará muito longe da verdade.¹

Não sabemos quais eram as matérias-primas químicas abundantes na Terra antes do surgimento da vida, mas entre as possibilidades plausíveis estão a água, o dióxido de carbono, o metano e o amoníaco — todos compostos simples, conhecidos por estarem presentes em pelo menos alguns dos outros planetas do nosso sistema solar. Os químicos tentaram imitar as condições químicas da Terra primitiva. Colocaram essas substâncias simples num frasco e forneceram uma fonte de energia, como luz ultravioleta ou faíscas elétricas — uma simulação artificial de relâmpagos primordiais. Após algumas semanas deste processo, costuma encontrar-se algo interessante dentro do frasco: uma sopa acastanhada fraca contendo um grande número de moléculas mais complexas do que as que foram inicialmente introduzidas. Em particular, encontraram-se aminoácidos — os blocos de construção das proteínas, uma das duas grandes classes de moléculas biológicas. Antes de estes experimentos terem sido realizados, os aminoácidos que ocorrem naturalmente seriam considerados um sinal diagnóstico da presença de vida. Se tivessem sido detetados, por exemplo, em Marte, a existência de vida nesse planeta pareceria quase certa. Agora, porém, a sua presença pode apenas indicar a existência de alguns gases simples na atmosfera e de alguns vulcões, luz solar ou trovoadas. Mais recentemente, simulações laboratoriais das condições químicas da Terra antes do aparecimento da vida produziram substâncias orgânicas chamadas purinas e pirimidinas. Estes são os blocos de construção da própria molécula genética — o ADN.

Processos análogos a estes devem ter dado origem à chamada “sopa primordial”, que biólogos e químicos acreditam ter constituído

os mares há cerca de três a quatro mil milhões de anos. As substâncias orgânicas tornaram-se localmente concentradas, talvez numa crosta em secagem junto às margens, ou em minúsculas gotículas suspensas. Sob a ação adicional de uma fonte de energia, como a luz ultravioleta do Sol, combinaram-se em moléculas maiores. Hoje em dia, moléculas orgânicas de grande dimensão não durariam tempo suficiente para serem notadas: seriam rapidamente absorvidas e decompostas por bactérias ou outros seres vivos. Mas as bactérias e os restantes seres vivos são recém-chegados, e naqueles tempos as grandes moléculas orgânicas podiam vaguear livremente na sopa em espessamento.

A certa altura, uma molécula particularmente notável foi formada por acaso. Chamá-la-emos o replicador. Pode não ter sido necessariamente a maior ou a mais complexa das moléculas existentes, mas possuía a extraordinária propriedade de ser capaz de criar cópias de si própria. Isto pode parecer um acidente extremamente improvável. E era. Era extremamente improvável. Na escala da vida humana, coisas tão improváveis podem ser tratadas, para todos os efeitos práticos, como impossíveis. É por isso que nunca ganhará um grande prémio no totobola. Mas, nas nossas estimativas humanas sobre o que é ou não provável, não estamos habituados a lidar com centenas de milhões de anos. Se preenchesse boletins de totobola todas as semanas durante cem milhões de anos, muito provavelmente ganharia vários jackpots.

Na verdade, uma molécula que faz cópias de si própria não é tão difícil de imaginar quanto parece à primeira vista — e só precisava de surgir uma única vez. Pense no replicador como um molde ou

matriz. Imagine-o como uma molécula grande, composta por uma cadeia complexa de vários tipos de moléculas-bloco de construção. Os pequenos blocos de construção estavam abundantemente disponíveis na sopa que rodeava o replicador. Suponha agora que cada bloco de construção tem afinidade com o seu próprio tipo. Sempre que um bloco de construção proveniente da sopa se aproximasse de uma parte do replicador com a qual tivesse afinidade, tenderia a ligar-se ali. Os blocos de construção que se fixassem desta forma ficariam automaticamente dispostos numa sequência que imitava a do próprio replicador. É fácil, então, imaginar que se ligariam entre si para formar uma cadeia estável, tal como acontecera na formação do replicador original. Este processo poderia continuar por acumulação progressiva, camada após camada. É assim que os cristais se formam. Por outro lado, as duas cadeias poderiam separar-se, caso em que teríamos dois replicadores, cada um capaz de produzir novas cópias.

Uma possibilidade mais complexa é que cada bloco de construção tenha afinidade não com o seu próprio tipo, mas reciprocamente com um outro tipo específico. Nesse caso, o replicador funcionaria como molde, não para uma cópia idêntica, mas para uma espécie de “negativo”, que por sua vez recriaria uma cópia exata do positivo original. Para os nossos propósitos, não importa se o processo de replicação original era positivo-negativo ou positivo-positivo, embora valha a pena notar que os equivalentes modernos do primeiro replicador — as moléculas de ADN — utilizam replicação positivo-negativo. O que importa é que, de repente, surgiu no mundo um novo tipo de “estabilidade”. Antes disso, é provável que nenhum tipo particular de molécula complexa fosse muito

abundante na sopa, porque cada uma dependia da sorte de os blocos de construção se organizarem numa configuração estável. Assim que o replicador nasceu, deve ter espalhado rapidamente as suas cópias pelos mares, até que os pequenos blocos de construção se tornaram um recurso escasso, e as moléculas maiores passaram a formar-se cada vez mais raramente.

Assim, parece que chegámos a uma vasta população de réplicas idênticas. Mas agora devemos referir uma propriedade importante de qualquer processo de cópia: não é perfeito. Erros acontecem. Espero que não haja gralhas neste livro, mas se olhar com atenção talvez encontre uma ou duas. Provavelmente não distorcerão seriamente o significado das frases, pois serão erros de “primeira geração”. Mas imagine os tempos anteriores à imprensa, quando livros como os Evangelhos eram copiados à mão. Todos os escribas, por mais cuidadosos que fossem, estavam inevitavelmente sujeitos a cometer alguns erros — e alguns não resistiam a uma certa “melhoria” voluntária. Se todos copiassem a partir de um único original, o significado não seria muito deturpado. Mas, se as cópias fossem feitas a partir de outras cópias — que, por sua vez, provinham de outras — os erros começariam a acumular-se e a tornar-se sérios. Tendemos a considerar a cópia errática como algo negativo, e no caso de documentos humanos é difícil encontrar exemplos em que os erros possam ser descritos como melhorias. Suponho que os estudiosos da *Septuaginta* possam, pelo menos, ser considerados como tendo dado início a algo grandioso quando traduziram erroneamente a palavra hebraica para “jovem mulher” por uma palavra grega que significava “virgem”, dando origem à profecia: “Eis que uma virgem conceberá e dará à luz um filho...”²

Seja como for, como veremos, a cópia errática nos replicadores biológicos pode, em certo sentido real, dar origem a melhorias, e foi essencial para a evolução progressiva da vida que alguns erros fossem cometidos. Não sabemos com que grau de precisão as moléculas replicadoras originais faziam as suas cópias. As suas descendentes modernas — as moléculas de ADN — são espantosamente fiéis, mesmo quando comparadas com os processos de cópia humana mais fiáveis, mas mesmo elas cometem ocasionalmente erros, e são, em última análise, esses erros que tornam a evolução possível. Provavelmente os replicadores originais eram muito mais erráticos, mas, em todo o caso, podemos estar certos de que erros foram cometidos — e que esses erros se acumularam.

À medida que as cópias erradas iam sendo feitas e propagadas, a sopa primordial encheu-se, não de réplicas idênticas, mas de várias variedades de moléculas replicadoras, todas “descendentes” do mesmo ancestral. Algumas variedades teriam sido mais numerosas do que outras? Quase de certeza que sim. Algumas variedades seriam inerentemente mais estáveis do que outras. Certas moléculas, uma vez formadas, seriam menos propensas do que outras a desintegrar-se. Estes tipos tornar-se-iam relativamente numerosos na sopa, não apenas como consequência lógica direta da sua “longevidade”, mas também porque disporiam de mais tempo para produzir cópias de si mesmas. Os replicadores de grande longevidade tenderiam, portanto, a tornar-se mais numerosos e, sendo tudo o resto igual, teria havido uma “tendência evolutiva” para uma maior longevidade na população de moléculas.

Mas provavelmente nem tudo o resto era igual, e outra propriedade de uma variedade de replicador que deve ter tido ainda mais importância na sua propagação pela população foi a velocidade de replicação, ou “fecundidade”. Se as moléculas replicadoras do tipo A fizerem cópias de si mesmas, em média, uma vez por semana, enquanto as do tipo B se replicarem uma vez por hora, não é difícil perceber que, em breve, as moléculas do tipo A serão largamente superadas em número, mesmo que “vivam” muito mais tempo do que as moléculas B. É provável, portanto, que tenha havido uma “tendência evolutiva” para uma maior “fecundidade” das moléculas na sopa.

Uma terceira característica das moléculas replicadoras que teria sido positivamente selecionada é a precisão da replicação. Se as moléculas dos tipos X e Y durarem o mesmo tempo e se replicarem à mesma taxa, mas X cometer, em média, um erro a cada dez replicações, enquanto Y cometer um erro apenas a cada cem, Y tornar-se-á obviamente mais numerosa. O contingente X na população não perde apenas os “filhos” errantes, mas também todos os seus descendentes, reais ou potenciais.

Se já souber alguma coisa sobre evolução, poderá encontrar algo de ligeiramente paradoxal neste último ponto. Podemos conciliar a ideia de que os erros de cópia são um pré-requisito essencial para que a evolução ocorra com a afirmação de que a seleção natural favorece uma elevada fidelidade na cópia? A resposta é que, embora a evolução possa parecer, num sentido vago, uma “coisa boa” — especialmente porque somos produto dela —, na verdade nada deseja evoluir. A evolução é algo que acontece,

inevitavelmente, apesar de todos os esforços dos replicadores (e, hoje em dia, dos genes) para impedir que tal aconteça. Jacques Monod expressou bem este ponto na sua palestra Herbert Spencer, depois de observar ironicamente: “Outro aspeto curioso da teoria da evolução é que toda a gente pensa que a compreende!”

Voltando à sopa primordial, esta deve ter-se tornado povoada por variedades estáveis de moléculas; estáveis no sentido de que os próprios exemplares duravam bastante tempo, ou replicavam rapidamente, ou replicavam com precisão. Tendências evolutivas para estes três tipos de estabilidade ocorreram no sentido de que, se tivéssemos retirado amostras da sopa em dois momentos diferentes, a amostra mais recente conteria uma proporção maior de variedades com alta longevidade, fecundidade ou fidelidade de cópia. Isto é, essencialmente, o que um biólogo entende por evolução quando fala de organismos vivos, e o mecanismo é o mesmo — a seleção natural.

Deveríamos então chamar às moléculas replicadoras originais “vivas”? Quem se importa? Eu poderia dizer-lhe que “Darwin foi o maior homem que já viveu”, e você poderia responder “Não, foi Newton”, mas espero que não prolongássemos a discussão. O importante é que nenhuma conclusão significativa seria afetada, fosse qual fosse a nossa escolha. Os factos da vida e das conquistas de Newton e Darwin permanecem inalterados, independentemente de os rotularmos como “grandes” ou não. De modo semelhante, a história das moléculas replicadoras provavelmente ocorreu mais ou menos como a estou a contar, independentemente de as chamarmos “vivas”. O sofrimento humano tem sido causado porque

muitos de nós não conseguem perceber que as palavras são apenas ferramentas para o nosso uso, e que a mera presença de uma palavra como “viva” no dicionário não significa que ela tenha de se referir necessariamente a algo concreto no mundo real. Quer chamemos “vivas” às primeiras replicadoras, quer não, elas foram os ancestrais da vida; foram os nossos fundadores.

O próximo elo importante no argumento, que o próprio Darwin realçou (embora falasse de animais e plantas, não de moléculas), é a competição. A sopa primordial não podia suportar um número infinito de moléculas replicadoras. Por um lado, o tamanho da Terra é finito, mas outros fatores limitantes também devem ter sido importantes. Na nossa ideia do replicador a agir como molde ou padrão, supusemos que ele estava imerso numa sopa rica em pequenas moléculas construtoras necessárias para fazer cópias. Mas, quando as replicadoras se tornaram numerosas, as moléculas construtoras começaram a ser consumidas a tal ritmo que se tornaram um recurso escasso e precioso. Diferentes variedades ou estirpes de replicadores deviam competir por elas. Já considerámos os fatores que aumentariam o número das variedades favorecidas. Agora percebemos que as variedades menos favorecidas se tornariam menos numerosas devido à competição, e, em última análise, muitas das suas linhagens teriam desaparecido. Houve uma luta pela existência entre as variedades de replicadores. Elas não tinham consciência dessa luta nem se preocupavam com ela; a disputa desenrolava-se sem qualquer ressentimento, de facto sem sentimentos de qualquer tipo. Mas havia luta, no sentido em que qualquer erro de cópia que resultasse numa nova maior estabilidade, ou numa forma de reduzir a estabilidade dos rivais,

era automaticamente preservado e multiplicado. O processo de melhoria era cumulativo. As formas de aumentar a estabilidade própria e de diminuir a dos rivais tornaram-se mais elaboradas e eficientes. Algumas podem mesmo ter “descoberto” como desintegrar moléculas rivais quimicamente, usando depois os blocos libertados para fabricar as suas próprias cópias. Estes protocarnívoros obtinham alimento e eliminavam a concorrência simultaneamente. Outros replicadores talvez descobriram como se proteger, quer quimicamente, quer construindo à volta de si uma parede física de proteína. Pode ter sido assim que surgiram as primeiras células vivas. As replicadoras passaram a não existir apenas, mas a construir para si próprias contentores, veículos para a sua existência contínua. As replicadoras que sobreviveram foram as que construíram máquinas de sobrevivência para nelas viver. As primeiras máquinas de sobrevivência consistiam provavelmente apenas numa capa protetora. Mas sobreviver foi ficando cada vez mais difícil à medida que surgiam rivais com máquinas mais eficazes. As máquinas de sobrevivência tornaram-se maiores e mais complexas, e o processo foi cumulativo e progressivo.

Haveria algum fim para o aperfeiçoamento gradual das técnicas e artifícios usados pelas replicadoras para assegurar a sua continuidade no mundo? Haveria muito tempo para isso. Que estranhos motores de autopreservação os milénios trariam? Quatro mil milhões de anos depois, qual seria o destino dos antigos replicadores? Eles não morreram, pois são mestres na arte da sobrevivência. Mas não os procure livres no mar; abandonaram essa liberdade há muito. Agora vivem em vastas colónias, seguros dentro de gigantescos e lentos robôs³, isolados do mundo exterior,

comunicando com ele por rotas tortuosas e indiretas, manipulando-o à distância. Estão em si e em mim; criaram-nos, corpo e mente; e a sua preservação é a razão última da nossa existência. Percorreram um longo caminho, esses replicadores. Agora são chamados genes, e nós somos as suas máquinas de sobrevivência.

CAPÍTULO 3

Espírais Imortais

Somos máquinas de sobrevivência, mas “nós” não significa apenas pessoas. Engloba todos os animais, plantas, bactérias e vírus. O número total de máquinas de sobrevivência na Terra é extremamente difícil de contabilizar, e mesmo o número total de espécies é desconhecido. Considerando apenas os insetos, estima-se que existam cerca de três milhões de espécies vivas, e o número de insetos individuais poderá atingir um milhão de milhões de milhões.

Diferentes tipos de máquinas de sobrevivência parecem muito variados exteriormente e nos seus órgãos internos. Um polvo não se assemelha em nada a um rato, e ambos são bastante diferentes de um carvalho. Contudo, na sua química fundamental são bastante uniformes e, em particular, os replicadores que transportam, os genes, são essencialmente o mesmo tipo de molécula em todos nós — desde bactérias a elefantes. Somos todos máquinas de sobrevivência para o mesmo tipo de replicador — moléculas chamadas ADN — mas existem muitas formas diferentes de ganhar a vida no mundo, e os replicadores construíram uma vasta gama de máquinas para as explorar. Um macaco é uma máquina que preserva genes nas árvores, um peixe é uma máquina que preserva genes na água; existe até um pequeno verme que preserva genes

em bases de copos de cerveja alemã. O ADN atua de formas misteriosas.

Por simplicidade, dei a entender que os genes modernos, feitos de ADN, são muito semelhantes aos primeiros replicadores na sopa primordial. Para o argumento em questão, isso não tem importância, mas poderá não ser verdade. Os replicadores originais podem ter sido um tipo de molécula semelhante ao ADN, ou podem ter sido totalmente diferentes. Neste último caso, poder-se-á dizer que as suas máquinas de sobrevivência foram tomadas mais tarde pelo ADN. Se assim for, os replicadores originais foram completamente destruídos, pois não resta qualquer vestígio deles nas modernas máquinas de sobrevivência. Neste sentido, A. G. Cairns-Smith fez a sugestiva proposta de que os nossos antepassados, os primeiros replicadores, podem não ter sido moléculas orgânicas, mas cristais inorgânicos — minerais, pequenos fragmentos de argila. Usurpador ou não, o ADN está hoje indiscutivelmente no comando, a menos que, como sugiro timidamente no Capítulo 11, uma nova tomada de poder esteja agora apenas a começar.

Uma molécula de ADN é uma longa cadeia de blocos de construção, pequenas moléculas chamadas nucleótidos. Tal como as proteínas são cadeias de aminoácidos, também as moléculas de ADN são cadeias de nucleótidos. Uma molécula de ADN é demasiado pequena para ser vista, mas a sua forma exata foi engenhosamente determinada por meios indiretos. Consiste num par de cadeias de nucleótidos entrelaçadas numa espiral elegante: a “dupla hélice”; a “espiral imortal”. Os blocos de construção dos nucleótidos existem

apenas em quatro variedades, cujos nomes podem ser abreviados para A, T, C e G. Estas são as mesmas em todos os animais e plantas. O que difere é a ordem pela qual estão encadeadas. Um bloco G proveniente de um homem é idêntico em todos os aspetos a um bloco G proveniente de um caracol. Mas a sequência de blocos num homem não é apenas diferente da de um caracol. É também diferente — embora menos — da sequência em qualquer outro homem (exceto no caso especial de gémeos verdadeiros).

O nosso ADN vive dentro dos nossos corpos. Não está concentrado numa parte específica, mas distribuído por entre as células. Um corpo humano médio é composto por cerca de mil milhões de milhões de células e, com algumas exceções que podemos ignorar, cada uma dessas células contém uma cópia completa do ADN desse corpo. Este ADN pode ser considerado como um conjunto de instruções para construir um corpo, escrito no alfabeto A, T, C, G dos nucleótidos. É como se, em cada sala de um edifício gigantesco, existisse uma estante com os planos do arquiteto para o edifício inteiro. A “estante” numa célula é chamada núcleo. Os planos do arquiteto perfazem 46 volumes no homem — o número varia noutras espécies. Esses “volumes” são chamados cromossomas. São visíveis ao microscópio como longos filamentos, e os genes estão alinhados ao longo deles em sequência. Não é fácil, de facto pode nem sequer ser significativo, determinar onde termina um gene e começa o próximo. Felizmente, como este capítulo demonstrará, isso não tem importância para os nossos propósitos.

Utilizarei a metáfora dos planos do arquiteto, misturando livremente a linguagem da metáfora com a linguagem do fenómeno real. “Volume” será usado de forma intercambiável com cromossoma. “Página” será provisoriamente usado de forma intercambiável com gene, embora a divisão entre genes seja menos nítida do que entre as páginas de um livro. Esta metáfora levar-nos-á bastante longe. Quando ela se revelar insuficiente, introduzirei outras metáforas. Importa dizer, claro, que não há nenhum “arquiteto”. As instruções do ADN foram reunidas por seleção natural.

As moléculas de ADN fazem duas coisas importantes. Em primeiro lugar, replicam-se, ou seja, fazem cópias de si mesmas. Isto tem acontecido ininterruptamente desde o início da vida, e as moléculas de ADN são agora extremamente eficazes nisso. Enquanto adulto, você é composto por mil milhões de milhões de células, mas, quando foi concebido, era apenas uma única célula, dotada de uma cópia-mestra dos planos do arquiteto. Esta célula dividiu-se em duas, e cada uma recebeu a sua própria cópia dos planos. Divisões sucessivas elevaram o número de células para 4, 8, 16, 32, e assim por diante até aos milhares de milhões. Em cada divisão, os planos de ADN foram copiados com uma fidelidade quase perfeita.

Uma coisa é falarmos da duplicação do ADN. Mas, se o ADN é realmente um conjunto de planos para construir um corpo, como é que esses planos são postos em prática? Como são traduzidos na estrutura do corpo? Isto leva-nos à segunda coisa importante que o ADN faz. Supervisiona indiretamente a produção de um tipo

diferente de molécula — a proteína. A hemoglobina mencionada no capítulo anterior é apenas um exemplo da enorme variedade de moléculas proteicas. A mensagem codificada do ADN, escrita no alfabeto de quatro letras dos nucleótidos, é traduzida de forma simples e mecânica para outro alfabeto. Este é o alfabeto dos aminoácidos, que “soletra” as moléculas proteicas.

Produzir proteínas pode parecer muito distante da construção de um corpo, mas é o primeiro passo nessa direção. As proteínas não apenas constituem grande parte da estrutura física do corpo; também exercem um controlo sensível sobre todos os processos químicos dentro da célula, ativando-os e desativando-os em momentos e locais precisos. A forma como isso conduz, eventualmente, ao desenvolvimento de um bebé é uma história que levará décadas, talvez séculos, para os embriologistas desvendarem. Mas é um facto que isso acontece. Os genes controlam indiretamente a construção dos corpos, e essa influência é unidirecional: características adquiridas não são herdadas. Por mais conhecimento e sabedoria que acumule durante a vida, nada disso será transmitido geneticamente aos seus filhos. Cada nova geração começa do zero. Um corpo é a forma dos genes se preservarem a si mesmos inalterados.

A importância evolutiva do facto de os genes controlarem o desenvolvimento embrionário é a seguinte: significa que os genes são, pelo menos em parte, responsáveis pela sua própria sobrevivência futura, porque a sua sobrevivência depende da eficácia dos corpos onde habitam e que ajudaram a construir. Em tempos, a seleção natural consistia na sobrevivência diferencial de

replicadores a flutuar livremente na sopa primordial. Agora, a seleção natural favorece os replicadores que são bons a construir máquinas de sobrevivência, genes que dominam a arte de controlar o desenvolvimento embrionário. Nisto, os replicadores não são mais conscientes ou intencionais do que alguma vez foram. Os mesmos processos automáticos de seleção entre moléculas rivais, com base na sua longevidade, fecundidade e fidelidade de cópia, continuam a decorrer de forma tão cega e inevitável como nos tempos remotos. Os genes não têm previsão. Não fazem planos para o futuro. Os genes simplesmente são, alguns mais do que outros, e isso é tudo. Mas as qualidades que determinam a longevidade e fecundidade de um gene já não são tão simples como eram. Nem por sombras.

Nos últimos anos — nos últimos seiscentos milhões, aproximadamente — os replicadores alcançaram notáveis triunfos tecnológicos no fabrico de máquinas de sobrevivência, como o músculo, o coração e o olho (este último evoluiu várias vezes de forma independente). Antes disso, alteraram radicalmente características fundamentais da sua forma de vida enquanto replicadores, mudanças essas que devemos compreender para podermos prosseguir com o argumento.

A primeira coisa a entender acerca de um replicador moderno é que ele é altamente gregário. Uma máquina de sobrevivência é um veículo que contém não apenas um gene, mas muitos milhares. A construção de um corpo é uma tarefa cooperativa de tal complexidade que é quase impossível dissociar a contribuição de um gene da de outro.¹ Um gene específico terá muitos efeitos diferentes sobre diversas partes do corpo. Uma dada parte do corpo

será influenciada por muitos genes, e o efeito de qualquer gene depende da sua interação com muitos outros. Alguns genes atuam como genes mestres, controlando o funcionamento de grupos inteiros de outros genes. Usando a analogia, qualquer página dos planos faz referência a muitas partes diferentes do edifício; e cada página só faz sentido tendo em conta as referências cruzadas a numerosas outras páginas.

Esta intrincada interdependência entre genes poderá levá-lo a questionar por que usamos, afinal, a palavra “gene”. Por que não usar um substantivo coletivo como “complexo genético”? A resposta é que, para muitos efeitos, essa seria de facto uma boa ideia. Mas se olharmos sob outra perspectiva, também faz sentido pensar no complexo genético como sendo dividido em replicadores discretos — genes. Isto deve-se ao fenómeno da reprodução sexual. A reprodução sexual tem como efeito a mistura e reorganização dos genes. Isto significa que qualquer corpo individual é apenas um veículo temporário para uma combinação efémera de genes. A combinação de genes que constitui qualquer indivíduo pode ser de curta duração, mas os genes em si são potencialmente muito duradouros. As suas trajetórias cruzam-se e descruzam-se constantemente ao longo das gerações. Um gene pode ser visto como uma unidade que sobrevive através de um grande número de corpos individuais sucessivos. Este é o argumento central que será desenvolvido neste capítulo. É um argumento com o qual alguns dos meus colegas mais respeitados teimosamente se recusam a concordar, por isso peço-lhe desculpa se parecer que insisto demasiado no assunto! Primeiro, devo explicar brevemente os factos sobre o sexo.

Disse que os planos para construir um corpo humano estão distribuídos por 46 volumes. Na verdade, isso foi uma simplificação. A realidade é um tanto bizarra. Os 46 cromossomas consistem em 23 pares de cromossomas. Podemos dizer que, arquivados no núcleo de cada célula, há dois conjuntos alternativos de 23 volumes de planos. Chamemos-lhes Volume 1a e Volume 1b, Volume 2a e Volume 2b, etc., até ao Volume 23a e 23b. Claro que os números usados aqui para volumes e, mais adiante, páginas, são totalmente arbitrários.

Recebemos cada cromossoma intacto de um dos nossos dois progenitores, onde ele foi reunido nos testículos ou nos ovários. Os Volumes 1a, 2a, 3a, ... vieram, digamos, do pai. Os Volumes 1b, 2b, 3b, ... vieram da mãe. Na prática é muito difícil, mas em teoria poderíamos observar os 46 cromossomas de qualquer célula nossa ao microscópio e identificar os 23 que vieram do pai e os 23 que vieram da mãe.

Os cromossomas emparelhados não passam a vida fisicamente em contato um com o outro, nem sequer próximos. Em que sentido, então, estão “em par”? No sentido em que cada volume vindo originalmente do pai pode ser considerado, página por página, como uma alternativa direta a um volume correspondente vindo originalmente da mãe. Por exemplo, a Página 6 do Volume 13a e a Página 6 do Volume 13b podem ambas ser “sobre” a cor dos olhos; talvez uma diga “azul” e a outra diga “castanho”.

Por vezes, as duas páginas alternativas são idênticas, mas noutros casos, como no exemplo da cor dos olhos, diferem. Se

fazem “recomendações” contraditórias, o que faz o corpo? A resposta varia. Por vezes, uma das instruções prevalece sobre a outra. No exemplo dado, a pessoa teria olhos castanhos: as instruções para olhos azuis seriam ignoradas durante a construção do corpo, embora possam ainda assim ser transmitidas às gerações futuras. Um gene que é ignorado desta forma chama-se recessivo. O oposto de um gene recessivo é um gene dominante. O gene para olhos castanhos é dominante em relação ao gene para olhos azuis. Uma pessoa só terá olhos azuis se ambas as cópias da página relevante forem unânimes na recomendação de olhos azuis. Mais frequentemente, quando dois genes alternativos não são idênticos, o resultado é algum tipo de compromisso — o corpo é construído segundo um plano intermédio, ou algo completamente distinto.

Quando dois genes, como o do olho castanho e o do olho azul, competem pelo mesmo lugar num cromossoma, diz-se que são *alelos* um do outro. Para os nossos propósitos, *a palavra alelo é sinónima de rival*. Imagine os volumes dos planos do arquiteto como dossiês de folhas soltas, cujas páginas podem ser destacadas e trocadas. Cada Volume 13 tem de ter uma Página 6, mas existem várias versões possíveis dessa Página 6 que podem ser inseridas entre a Página 5 e a Página 7. Uma versão diz “olhos azuis”, outra diz “olhos castanhos”; podem ainda existir outras versões na população geral que codificam cores como o verde. Talvez haja meia dúzia de alelos alternativos espalhados pela população no lugar da Página 6 do 13.^o cromossoma. Cada pessoa só possui dois cromossomas do Volume 13. Portanto, pode ter no máximo dois alelos na posição da Página 6. Pode ter duas cópias do mesmo alelo,

como no caso dos olhos azuis, ou pode ter dois alelos diferentes escolhidos entre os vários disponíveis na população.

Claro que não pode, literalmente, escolher os seus genes a partir de um “catálogo” disponível na população. Em qualquer momento, todos os genes estão encerrados dentro de máquinas de sobrevivência individuais. Os nossos genes são-nos atribuídos no momento da concepção, e não há nada que possamos fazer quanto a isso. No entanto, num certo sentido, a longo prazo, os genes da população em geral podem ser considerados como um conjunto — a chamada piscina genética. Esta expressão é, de facto, um termo técnico usado pelos geneticistas. A piscina genética é uma abstração útil porque o sexo mistura os genes, ainda que de forma organizada. Em particular, algo semelhante ao destacamento e intercâmbio de páginas ou conjuntos de páginas dos dossiês de folhas soltas realmente acontece, como veremos adiante.

Descrevi a divisão normal de uma célula em duas novas células, cada uma recebendo uma cópia completa dos 46 cromossomas. Esta divisão normal das células chama-se *mitose*. Mas existe outro tipo de divisão celular chamado *meiose*. Este ocorre apenas na produção das células sexuais: os espermatozoides ou os óvulos. Os espermatozoides e os óvulos são únicos entre as nossas células por conterem apenas 23 cromossomas, em vez de 46. Este é, naturalmente, exatamente metade de 46 — conveniente quando se fundem na fertilização sexual para formar um novo indivíduo! A *meiose* é um tipo especial de divisão celular, que ocorre apenas nos testículos e nos ovários, onde uma célula com os 46 cromossomas

completos se divide para formar células sexuais com o conjunto simples de 23.

Um espermatozoide, com os seus 23 cromossomas, é produzido por *meiose* a partir de uma célula comum de 46 cromossomas no testículo. Quais os 23 cromossomas que entram em cada espermatozoide? É evidentemente importante que um espermatozoide não receba 23 cromossomas ao acaso: não deve, por exemplo, acabar com duas cópias do Volume 13 e nenhuma do Volume 17. Seria teoricamente possível que um indivíduo transmitisse a um espermatozoide cromossomas que vieram, digamos, exclusivamente da sua mãe: ou seja, os Volumes 1b, 2b, 3b, ... 23b. Nesse caso improvável, uma criança concebida por esse espermatozoide herdaria metade dos seus genes da avó paterna e nenhum do avô paterno. Mas este tipo de distribuição grosseira, por cromossoma inteiro, não acontece. A verdade é mais complexa. Lembre-se de que os volumes (cromossomas) são como dossiês de folhas soltas. O que acontece é que, durante a produção do espermatozoide, páginas individuais — ou blocos de várias páginas — são destacadas e trocadas com os blocos correspondentes do volume alternativo. Assim, um espermatozoide poderá construir o seu Volume 1 com as primeiras 65 páginas do Volume 1a e da página 66 até ao fim do Volume 1b. Os outros 22 volumes seriam montados de forma semelhante. Portanto, cada espermatozoide produzido por um indivíduo é único, mesmo que todos tenham sido formados a partir do mesmo conjunto de 46 cromossomas. Os óvulos são formados de forma semelhante nos ovários e também são todos únicos.

A mecânica real desta mistura está relativamente bem compreendida. Durante a produção de um espermatozoide (ou de um óvulo), fragmentos de cada cromossoma paterno destacam-se fisicamente e trocam de lugar com fragmentos exatamente correspondentes do cromossoma materno. (Lembre-se de que estamos a falar de cromossomas que vieram originalmente dos pais do indivíduo que está a produzir o espermatozoide — ou seja, dos avós paternos da criança que será eventualmente concebida.) O processo de troca de fragmentos de cromossoma chama-se *recombinação genética*. É extremamente importante para todo o argumento deste livro. Significa que, se pegasse num microscópio e observasse os cromossomas de um dos seus próprios espermatozoides (ou de um óvulo, se for mulher), seria inútil tentar identificar cromossomas que vieram do seu pai e cromossomas que vieram da sua mãe. (Isto contrasta fortemente com o caso das células somáticas — ver página 31*.) Cada cromossoma de um espermatozoide seria um mosaico, uma colagem de genes maternos e paternos.

A metáfora da página para o gene começa a desmoronar-se aqui. Num fichário de folhas soltas, pode inserir-se, remover-se ou trocar-se uma página inteira, mas não uma fração de página. Ora, o complexo génico é apenas uma longa sequência de letras nucleotídicas, não estando dividido em páginas discretas de forma óbvia. É certo que há símbolos especiais para FIM DA MENSAGEM DE CADEIA PROTEICA e INÍCIO DA MENSAGEM DE CADEIA

* Referência à página da edição original de 1976

PROTEICA, escritos no mesmo alfabeto de quatro letras que constitui as mensagens proteicas propriamente ditas. Entre estes dois sinais de pontuação encontram-se as instruções codificadas para a produção de uma proteína. Se quisermos, podemos definir um gene como uma sequência de letras nucleotídicas compreendida entre um símbolo de INÍCIO e um de FIM, e que codifica uma cadeia proteica. O termo cistrão foi usado para designar uma unidade definida deste modo, e há quem utilize o termo gene como sinónimo de cistrão. Mas a permutação genética (ou crossing-over) não respeita os limites entre cistrões. As divisões podem ocorrer dentro dos próprios cistrões, bem como entre eles. Seria como se os planos do arquiteto estivessem escritos, não em páginas separadas, mas em 46 rolos de fita telegráfica. Os cistrões não têm comprimento fixo. A única forma de saber onde termina um cistrão e começa o seguinte seria ler os símbolos na fita, procurando os sinais de FIM DE MENSAGEM e INÍCIO DE MENSAGEM. A *permutação genética* corresponderia a pegar fitas materna e paterna equivalentes, cortando e trocando segmentos correspondentes, independentemente do que nelas está escrito.

No título deste livro, a palavra gene não designa um único cistrão, mas algo mais subtil. A minha definição pode não agradar a todos, mas não existe uma definição universalmente aceite de gene. Mesmo que existisse, nada há de sagrado nas definições. Podemos definir uma palavra da forma que quisermos, para nossos próprios fins, desde que o façamos de forma clara e inequívoca. A definição que desejo usar vem de G. C. Williams.² Gene é definido como qualquer porção de material cromossómico que potencialmente perdure por gerações suficientes para servir como

unidade de seleção natural. Nos termos do capítulo anterior, um gene é um replicador com elevada fidelidade de cópia. Fidelidade de cópia é outra forma de dizer longevidade-na-forma-de-cópias, e resumirei isso simplesmente a longevidade. Esta definição requer alguma justificação.

Seja qual for a definição, um gene tem de ser uma porção de um cromossoma. A questão é: que porção — quanta fita telegráfica? Imaginemos qualquer sequência de letras codificadas adjacentes na fita. Chamemos a essa sequência uma unidade genética. Pode tratar-se de uma sequência de apenas dez letras no interior de um cistrão; pode ser uma sequência de oito cistrões; pode começar e terminar a meio de cistrões. Sobrepor-se-á a outras unidades genéticas. Incluirá unidades mais pequenas e fará parte de unidades maiores. Independentemente de quão longa ou curta seja, para os fins do presente argumento, é isto que chamaremos unidade genética. É apenas um segmento de cromossoma, não fisicamente diferenciado do restante cromossoma de modo algum.

E agora vem o ponto importante. Quanto mais curta for a unidade genética, mais provável é que viva por mais gerações. Em particular, menos provável é que seja dividida por uma dada permutação genética. Suponhamos que um cromossoma inteiro tem, em média, uma permutação por cada vez que se forma um espermatozoide ou óvulo por meiose, e que esta permutação pode ocorrer em qualquer ponto do seu comprimento. Se considerarmos uma unidade genética muito grande, digamos metade do comprimento do cromossoma, há uma probabilidade de 50 por cento de que essa unidade seja dividida em cada meiose. Se a

unidade genética que consideramos tiver apenas 1 por cento do comprimento do cromossoma, podemos assumir que tem apenas 1 por cento de probabilidade de ser dividida numa dada divisão meiótica. Isso significa que essa unidade poderá esperar sobreviver por um grande número de gerações nos descendentes do indivíduo. Um único cistrão é provavelmente muito inferior a 1 por cento do comprimento de um cromossoma. Mesmo um grupo de vários cistrões vizinhos pode esperar viver muitas gerações antes de ser desfeito por *permutação genética*.

A esperança média de vida de uma unidade genética pode ser convenientemente expressa em gerações, o que, por sua vez, pode ser traduzido em anos. Se tomarmos um cromossoma inteiro como nossa presumível unidade genética, a sua história de vida dura apenas uma geração. Suponhamos que é o seu cromossoma número 8a, herdado do seu pai. Foi criado dentro de um dos testículos do seu pai, pouco antes da sua concepção. Nunca existira antes em toda a história do mundo. Foi criado pelo processo de recombinação meiótica, formado pela união de pedaços de cromossoma da sua avó paterna e do seu avô paterno. Foi colocado dentro de um espermatozoide em particular, e era único. Esse espermatozoide era um entre vários milhões, uma vasta armada de minúsculas embarcações, e juntos navegaram até à sua mãe. Esse espermatozoide em particular (a menos que seja gémeo não idêntico) foi o único da flotilha que encontrou porto num dos óvulos da sua mãe — é por isso que você existe. A unidade genética que estamos a considerar, o seu cromossoma 8a, iniciou o processo de replicação juntamente com o resto do seu material genético. Agora existe, em forma duplicada, por todo o seu corpo. Mas, quando

chegar a ter filhos, esse cromossoma será destruído aquando da formação de óvulos (ou espermatozoides). Fragmentos dele serão trocados com fragmentos do seu cromossoma materno número 8b. Em cada célula sexual surgirá um novo cromossoma número 8, talvez “melhor” do que o antigo, talvez “pior”, mas, salvo uma coincidência altamente improvável, definitivamente diferente, definitivamente único. A esperança de vida de um cromossoma é de uma geração.

E quanto à longevidade de uma unidade genética menor, digamos 1/100 do comprimento do seu cromossoma 8a? Esta unidade também veio do seu pai, mas muito provavelmente não foi originalmente montada nele. Seguindo o raciocínio anterior, há 99% de probabilidade de que ele a tenha recebido intacta de um dos seus dois progenitores. Suponhamos que foi da mãe dele, a sua avó paterna. Novamente, há 99% de chance de que ela a tenha herdado intacta de um dos seus pais. Eventualmente, se recuarmos suficientemente na ancestralidade de uma pequena unidade genética, chegaremos ao seu criador original. Em algum momento, essa unidade deve ter sido criada pela primeira vez dentro de um testículo ou ovário de um dos seus antepassados.

Deixe-me repetir o sentido bastante especial com que uso a palavra “criar”. As subunidades menores que compõem a unidade genética que estamos a considerar podem muito bem ter existido há muito tempo. A nossa unidade genética foi criada num momento particular apenas no sentido de que a disposição específica dessas subunidades, pela qual ela é definida, não existia antes desse momento. O momento da criação pode ter ocorrido bastante

recentemente, digamos num dos seus avós. Mas se considerarmos uma unidade genética muito pequena, ela pode ter sido montada pela primeira vez num antepassado muito mais distante, talvez num antepassado pré-humano semelhante a um macaco. Além disso, uma pequena unidade genética dentro de si pode continuar a existir no futuro, passando intacta por uma longa linha dos seus descendentes.

Lembre também que os descendentes de um indivíduo não constituem uma linha única, mas uma linha ramificada. Qualquer que tenha sido o seu ancestral que “criou” um determinado segmento curto do seu cromossoma 8a, ele ou ela muito provavelmente tem muitos outros descendentes além de si. Uma das suas unidades genéticas pode também estar presente no seu primo em segundo grau. Pode estar presente em mim, no Primeiro-Ministro e no seu cão, pois todos partilhamos antepassados se recuarmos suficientemente. Também é possível que a mesma pequena unidade tenha sido montada várias vezes independentemente, por acaso: se a unidade é pequena, a coincidência não é tão improvável. Mas mesmo um parente próximo é improvável que partilhe consigo um cromossoma inteiro. Quanto menor for uma unidade genética, mais provável é que outro indivíduo a partilhe — mais provável é que esteja representada muitas vezes no mundo, na forma de cópias.

O encontro fortuito, através da permutação genética, de subunidades previamente existentes é a forma habitual de se formar uma nova unidade genética. Outra forma — de grande importância evolutiva, embora rara — chama-se mutação pontual.

Uma mutação pontual é um erro correspondente a uma única letra mal impressa num livro. É rara, mas fica claro que quanto maior a unidade genética, maior a probabilidade de sofrer uma alteração por mutação em qualquer ponto ao longo do seu comprimento.

Outro tipo raro de erro ou mutação com consequências importantes a longo prazo chama-se inversão. Um pedaço de cromossoma separa-se nas duas extremidades, vira-se de cabeça para baixo e volta a fixar-se na posição invertida. Em termos da analogia anterior, isto obrigaria a uma reenumeração das páginas. Por vezes, porções de cromossomas não se limitam a inverter, mas tornam-se fixadas numa parte completamente diferente do cromossoma, ou até juntam-se a outro cromossoma. Isto corresponde à transferência de um maço de páginas de um volume para outro. A importância deste tipo de erro é que, embora normalmente desastroso, pode ocasionalmente conduzir à ligação estreita de pedaços de material genético que funcionam bem juntos. Talvez dois cistrões que tenham um efeito benéfico apenas quando estão ambos presentes — complementando-se ou reforçando-se de alguma forma — sejam aproximados por meio da inversão. Então, a seleção natural pode tender a favorecer a nova “unidade genética” assim formada, e esta espalhar-se-á pela população futura. É possível que complexos génicos tenham sido, ao longo dos anos, extensivamente rearranjados ou “editados” deste modo.

Um dos exemplos mais interessantes deste fenómeno diz respeito ao mimetismo. Algumas borboletas têm sabor desagradável. Geralmente são coloridas de forma vibrante e

distintiva, e os pássaros aprendem a evitá-las pelas suas marcas “de aviso”. Agora, outras espécies de borboletas que não têm sabor desagradável aproveitam-se disso. Imitam as borboletas desagradáveis. Nascem a parecer-se com elas em cor e forma (mas não em sabor). Enganam frequentemente naturalistas humanos e também enganam os pássaros. Um pássaro que tenha provado uma borboleta realmente desagradável tende a evitar todas as borboletas que se parecem com ela. Isto inclui as imitadoras, e por isso os genes do mimetismo são favorecidos pela seleção natural. É assim que o mimetismo evolui.

Existem muitas espécies diferentes de borboletas “desagradáveis” e elas não se parecem todas. Um imitador não pode parecer todas: tem de se comprometer com uma espécie desagradável em particular. Em geral, qualquer espécie de imitador é especialista em imitar uma espécie desagradável específica. Mas há espécies de imitadores que fazem algo muito estranho. Alguns indivíduos da espécie imitam uma espécie desagradável; outros indivíduos imitam outra. Qualquer indivíduo que fosse intermediário ou que tentasse imitar ambas seria rapidamente comido; mas tais intermediários não nascem. Assim como um indivíduo é definitivamente macho ou definitivamente fêmea, um indivíduo borboleta imita uma espécie desagradável ou a outra. Uma borboleta pode imitar a espécie A enquanto o seu irmão imita a espécie B.

Parece que um único gene determina se um indivíduo irá mimetizar a espécie A ou a espécie B. Mas como pode um único gene determinar todos os múltiplos aspetos do mimetismo — cor,

forma, padrão de manchas, ritmo de voo? A resposta é que um gene, no sentido de um cistrão, provavelmente não consegue. Mas, graças à “edição” inconsciente e automática produzida por inversões e outras reorganizações acidentais do material genético, um grande conjunto de genes anteriormente separados reuniu-se num grupo de ligação apertada num cromossoma. Todo o conjunto comporta-se como um único gene — de facto, pela nossa definição, é agora um único gene — e tem um “alelo” que é, na verdade, outro conjunto. Um dos conjuntos contém os cistrões responsáveis por mimetizar a espécie A; o outro, os responsáveis por mimetizar a espécie B. Cada conjunto é tão raramente separado por permutação genética que um indivíduo intermédio nunca é observado na natureza, embora, muito ocasionalmente, apareçam se forem criadas grandes quantidades de borboletas em laboratório.

Estou a usar a palavra gene para designar uma unidade genética suficientemente pequena para perdurar ao longo de muitas gerações e ser distribuída sob a forma de muitas cópias. Esta não é uma definição rígida, absoluta, mas uma definição gradual, como as palavras “grande” ou “velho”. Quanto mais provável for que um segmento de cromossoma seja separado por permutação genética, ou alterado por mutações de vários tipos, menos qualifica como gene no sentido em que estou a usar o termo. Um cistrão, presumivelmente, qualifica-se, mas também unidades maiores. Uma dúzia de cistrões pode estar tão próxima no cromossoma que, para os nossos propósitos, constituem uma única unidade genética de longa duração. O conjunto responsável pelo mimetismo nas borboletas é um bom exemplo. À medida que os cistrões deixam um corpo e entram noutro, ao embarcarem num espermatozoide

ou óvulo para a viagem rumo à geração seguinte, é provável que encontrem no pequeno navio os vizinhos próximos da viagem anterior — velhos companheiros de bordo com quem navegaram na longa odisseia desde os corpos de ancestrais distantes. Cistrões vizinhos no mesmo cromossoma formam uma trupe coesa de viajantes que raramente falha o embarque na mesma embarcação quando chega a hora da meiose.

Rigorosamente, este livro não se deveria chamar *O Gene Egoísta*, mas sim *O grande pedaço ligeiramente egoísta de cromossoma e o pedacinho ainda mais egoísta de cromossoma*. No mínimo, não seria um título apelativo, e por isso, definindo um gene como um pequeno segmento de cromossoma que pode, potencialmente, durar muitas gerações, dou ao livro o nome de *O Gene Egoísta*.

Chegámos agora de volta ao ponto onde terminámos o Capítulo 1. Aí vimos que o egoísmo é de esperar em qualquer entidade que mereça o título de unidade básica de seleção natural. Vimos que algumas pessoas consideram a espécie como unidade de seleção natural, outras o grupo ou população dentro da espécie, e outras ainda o indivíduo. Eu disse que preferia considerar o gene como a unidade fundamental da seleção natural e, por isso, a unidade fundamental do interesse próprio. O que fiz agora foi definir o gene de modo a que não possa deixar de ter razão!

A seleção natural, na sua forma mais geral, significa a sobrevivência diferencial de entidades. Algumas vivem e outras morrem, mas, para que essa morte seletiva tenha qualquer impacto no mundo, uma condição adicional tem de ser cumprida. Cada

entidade tem de existir sob a forma de muitas cópias, e pelo menos algumas dessas entidades devem ser, potencialmente, capazes de sobreviver — na forma de cópias — durante um período significativo de tempo evolutivo. Pequenas unidades genéticas possuem estas propriedades; indivíduos, grupos e espécies não. Foi a grande conquista de Gregor Mendel mostrar que as unidades hereditárias podem, na prática, ser tratadas como partículas indivisíveis e independentes. Hoje sabemos que isto é um pouco simplista. Mesmo um cistrão é, ocasionalmente, divisível, e quaisquer dois genes no mesmo cromossoma não são totalmente independentes. O que fiz foi definir um gene como uma unidade que, em alto grau, se aproxima do ideal de indivisibilidade particular. Um gene não é indivisível, mas raramente é dividido. Está ou definitivamente presente ou definitivamente ausente no corpo de um dado indivíduo. Um gene viaja intacto do avô ao neto, passando diretamente pela geração intermédia sem se fundir com outros genes. Se os genes se misturassem continuamente entre si, a seleção natural, tal como a entendemos hoje, seria impossível. Curiosamente, isto foi demonstrado ainda em vida de Darwin, e causou-lhe grande preocupação, pois na altura assumia-se que a hereditariedade era um processo de mistura. A descoberta de Mendel já tinha sido publicada e podia ter salvado Darwin, mas, infelizmente, ele nunca teve conhecimento dela: ninguém parece tê-la lido até anos depois da morte de Darwin e de Mendel. Talvez Mendel não se tenha apercebido da importância das suas conclusões; caso contrário, talvez tivesse escrito a Darwin.

Outro aspeto da particularidade do gene é que ele não envelhece; não é mais provável morrer quando tem um milhão de

anos do que quando tem apenas cem. Salta de corpo em corpo ao longo das gerações, manipulando corpo após corpo à sua maneira e para os seus próprios fins, abandonando uma sucessão de corpos mortais antes que estes afundem na senilidade e na morte.

Os genes são os imortais, ou melhor, são definidos como entidades genéticas que quase merecem esse título. Nós, as máquinas de sobrevivência individuais no mundo, podemos esperar viver mais algumas décadas. Mas os genes no mundo têm uma expectativa de vida que deve ser medida não em décadas, mas em milhares e milhões de anos.

Nas espécies com reprodução sexual, o indivíduo é uma unidade genética demasiado grande e demasiado temporária para qualificar como unidade significativa de seleção natural.³ O grupo de indivíduos é uma unidade ainda maior. Geneticamente falando, indivíduos e grupos são como nuvens no céu ou tempestades de areia no deserto. São agregações temporárias ou federações. Não são estáveis ao longo do tempo evolutivo. As populações podem durar bastante tempo, mas estão constantemente a misturar-se com outras populações e assim perdem a sua identidade. Estão também sujeitas a alterações evolutivas internas. Uma população não é uma entidade suficientemente discreta para ser uma unidade de seleção natural, nem suficientemente estável e unitária para ser “selecionada” em detrimento de outra população. Um corpo individual parece suficientemente discreto enquanto dura, mas, infelizmente, quanto tempo é isso? Cada indivíduo é único. Não se pode obter evolução selecionando entre entidades das quais só há uma cópia! A reprodução sexual não é replicação. Tal como uma

população é contaminada por outras populações, também a descendência de um indivíduo é contaminada pela do seu parceiro sexual. Os seus filhos são apenas metade de si, os seus netos apenas um quarto. Em poucas gerações, o máximo que se pode esperar é um grande número de descendentes, cada um dos quais carrega apenas uma pequena parte de si — alguns genes — mesmo que alguns também mantenham o seu apelido.

Os indivíduos não são coisas estáveis, são efémeros. Também os cromossomas são baralhados até à extinção, como mãos de cartas logo após serem distribuídas. Mas as cartas em si sobrevivem à mistura. As cartas são os genes. Os genes não são destruídos pela permutação genética; apenas mudam de parceiro e continuam em frente. Naturalmente que continuam em frente. É esse o seu propósito. Eles são os replicadores e nós somos as suas máquinas de sobrevivência. Quando cumprimos a nossa função, somos descartados. Mas os genes são habitantes do tempo geológico: os genes são para sempre.

Os genes, como os diamantes, são para sempre — mas não da mesma maneira que os diamantes. É um cristal individual de diamante que perdura, como um padrão inalterado de átomos. As moléculas de ADN não têm esse tipo de permanência. A vida de qualquer molécula física de ADN é bastante curta — talvez de meses, certamente não mais do que uma vida. Mas uma molécula de ADN pode teoricamente sobreviver, na forma de cópias de si mesma, durante cem milhões de anos. Além disso, tal como os replicadores antigos da sopa primordial, cópias de um dado gene podem estar espalhadas por todo o mundo. A diferença é que as

versões modernas estão todas arrumadas ordenadamente dentro dos corpos das máquinas de sobrevivência.

O que estou a fazer é a enfatizar a potencial quase-imortalidade de um gene, na forma de cópias, como sua propriedade definidora. Definir um gene como um único cistrão é útil para certos fins, mas para os propósitos da teoria da evolução essa definição precisa de ser alargada. A extensão desse alargamento é determinada pelo objetivo da definição. Queremos encontrar a unidade prática da seleção natural. Para isso, começamos por identificar as propriedades que uma unidade de seleção natural bem-sucedida deve ter. Nos termos do capítulo anterior, estas são: longevidade, fecundidade e fidelidade de cópia. Definimos então um “gene” como a maior entidade que, pelo menos potencialmente, possui essas propriedades. O gene é um replicador de longa duração, existente sob a forma de muitas cópias duplicadas. Não é infinitamente duradouro. Nem mesmo um diamante é literalmente eterno, e até um cistrão pode ser cortado ao meio por permutação genética. O gene é definido como um pedaço de cromossoma suficientemente curto para durar, potencialmente, o tempo necessário para funcionar como uma unidade significativa de seleção natural.

Exatamente quanto tempo é “tempo suficiente”? Não há uma resposta rígida e definitiva. Dependerá da intensidade da “pressão” de seleção natural. Ou seja, de quão mais provável é que uma unidade genética “má” morra em comparação com o seu alelo “bom”. Trata-se de um detalhe quantitativo que varia de caso para caso. A maior unidade prática da seleção natural — o gene — será

normalmente encontrada algures na escala entre o cistrão e o cromossoma.

É a sua potencial imortalidade que faz do gene um bom candidato a unidade básica da seleção natural. Mas chegou o momento de sublinhar a palavra “potencial”. Um gene pode viver um milhão de anos, mas muitos genes novos não sobrevivem sequer à primeira geração. Os poucos que conseguem sobreviver devem-no, em parte, à sorte, mas principalmente ao facto de terem o que é necessário — ou seja, são bons a fabricar máquinas de sobrevivência. Têm um efeito no desenvolvimento embrionário de cada corpo sucessivo onde se encontram, de tal forma que esse corpo tem ligeiramente mais probabilidades de viver e reproduzir-se do que teria sob a influência do gene rival ou alelo. Por exemplo, um gene “bom” pode garantir a sua sobrevivência por tender a dotar os corpos sucessivos em que se insere com pernas longas, que ajudam esses corpos a escapar aos predadores. Este é um exemplo particular, não um universal. Pernas longas, afinal, nem sempre são uma vantagem. Para uma toupeira seriam um obstáculo. Em vez de nos perdermos em pormenores, poderemos pensar em qualidades universais que esperaríamos encontrar em todos os genes “bons” (isto é, de longa duração)? Inversamente, quais são as propriedades que assinalam de imediato um gene como “mau”, de vida curta? Pode haver várias propriedades universais desse tipo, mas há uma particularmente relevante para este livro: ao nível do gene, o altruísmo deve ser mau e o egoísmo bom. Isto decorre inexoravelmente das nossas definições de altruísmo e egoísmo. Os genes competem diretamente com os seus alelos pela sobrevivência, já que os alelos no conjunto génico são

rivais pelo seu lugar nos cromossomas das gerações futuras. Qualquer gene que atue de forma a aumentar as suas próprias hipóteses de sobrevivência no conjunto génico, à custa dos seus alelos, tenderá, por definição — tautologicamente — a sobreviver. O gene é a unidade básica do egoísmo.

A principal mensagem deste capítulo foi agora afirmada. Mas omiti algumas complicações e pressupostos escondidos. A primeira complicação já foi brevemente mencionada. Por muito independentes e livres que os genes possam ser na sua jornada pelas gerações, estão longe de ser agentes livres e independentes no controlo do desenvolvimento embrionário. Colaboram e interagem de forma intrincadamente complexa, tanto entre si como com o ambiente externo. Expressões como “gene para pernas longas” ou “gene para comportamento altruísta” são figuras de estilo convenientes, mas é importante compreender o que significam. Não existe nenhum gene que, por si só, construa uma perna, seja ela longa ou curta. A construção de uma perna é um empreendimento cooperativo multigénico. As influências do ambiente externo também são indispensáveis: afinal, as pernas são feitas de comida! Mas pode muito bem existir um único gene que, todas as outras coisas sendo iguais, tende a tornar as pernas mais longas do que seriam sob a influência do alelo desse gene.

Como analogia, pensemos na influência de um fertilizante, digamos nitrato, no crescimento do trigo. Toda a gente sabe que as plantas de trigo crescem mais na presença de nitrato do que na sua ausência. Mas ninguém seria tão tolo ao ponto de afirmar que o nitrato, por si só, pode produzir uma planta de trigo. Semente, solo,

sol, água e vários minerais são obviamente também necessários. Mas, se todos estes outros fatores forem mantidos constantes — e mesmo que variem dentro de certos limites — a adição de nitrato fará com que as plantas de trigo cresçam mais. Assim sucede com os genes individuais no desenvolvimento de um embrião. O desenvolvimento embrionário é controlado por uma teia interligada de relações tão complexa que mais vale nem contemplá-la. Nenhum fator, genético ou ambiental, pode ser considerado como a única “causa” de qualquer parte de um bebê. Todas as partes de um bebê têm um número quase infinito de causas antecedentes. Mas uma diferença entre um bebê e outro, por exemplo uma diferença no comprimento das pernas, pode facilmente ser rastreada até uma ou poucas diferenças antecedentes simples, quer no ambiente quer nos genes. São essas diferenças que contam na luta competitiva pela sobrevivência; e são as diferenças controladas geneticamente que importam na evolução.

No que diz respeito a um gene, os seus alelos são os seus rivais mortais, mas os outros genes são apenas parte do seu ambiente — comparáveis à temperatura, à comida, aos predadores ou aos companheiros. O efeito do gene depende do seu ambiente, e isso inclui outros genes. Por vezes, um gene tem um certo efeito na presença de um determinado outro gene, e um efeito completamente diferente na presença de outro conjunto de genes companheiros. Todo o conjunto de genes num corpo constitui uma espécie de clima ou fundo genético, que modifica e influencia os efeitos de qualquer gene particular.

Mas agora parece surgir um paradoxo. Se construir um bebê é uma tarefa cooperativa tão intrincada, e se cada gene precisa de vários milhares de outros genes para concluir a sua tarefa, como conciliar isto com a imagem que apresentei de genes indivisíveis, saltando como camurças imortais de corpo em corpo ao longo das Eras: os agentes livres, desenleados e autointeressados da vida? Terá sido tudo um disparate? De modo nenhum. Talvez me tenha deixado entusiasmar um pouco nos trechos mais floridos, mas não falei disparates, e não há qualquer paradoxo real. Podemos explicar isto com outra analogia.

Um remador sozinho não pode vencer a regata entre Oxford e Cambridge. Precisa de oito colegas. Cada um é um especialista que se senta sempre numa parte específica do barco — proa, popa, timoneiro, etc. Remar o barco é uma tarefa cooperativa, mas alguns homens são, mesmo assim, melhores nisso do que outros. Suponhamos que um treinador tem de escolher a tripulação ideal a partir de um grupo de candidatos, alguns especializados na proa, outros como timoneiros, e assim por diante. Suponha-se que faz a sua seleção do seguinte modo: todos os dias, forma três novas tripulações experimentais, baralhando aleatoriamente os candidatos para cada posição, e põe as três equipas a competir entre si. Após algumas semanas, começa a notar-se que o barco vencedor tende frequentemente a conter os mesmos homens. Estes são assinalados como bons remadores. Outros indivíduos parecem estar consistentemente nas tripulações mais lentas, e acabam por ser rejeitados. Mas mesmo um remador excelente poderá, por vezes, integrar uma tripulação lenta, quer por causa da inferioridade dos colegas, quer por mero azar — digamos, um vento

forte contra. É apenas em média que os melhores homens tendem a estar no barco vencedor.

Os remadores são genes. Os rivais por cada lugar no barco são alelos potencialmente capazes de ocupar a mesma posição ao longo do cromossoma. Remar depressa corresponde a construir um corpo que seja bem-sucedido na sobrevivência. O vento é o ambiente externo. O conjunto de candidatos alternativos é o conjunto génico. No que respeita à sobrevivência de qualquer corpo, todos os seus genes estão no mesmo barco. Muitos bons genes acabam em má companhia e encontram-se a partilhar um corpo com um gene letal, que mata o corpo ainda na infância. O bom gene é então destruído juntamente com os restantes. Mas isso é apenas um corpo, e réplicas do mesmo bom gene continuam a viver noutros corpos que não têm o gene letal. Muitos exemplares de bons genes são arrastados para o fundo por estarem acidentalmente associados a maus genes, e muitos perecem por outras formas de má sorte — por exemplo, quando o corpo é atingido por um raio. Mas, por definição, a sorte, boa ou má, atua ao acaso, e um gene que esteja consistentemente do lado perdedor não é azarado: é um mau gene.

Uma das qualidades de um bom remador é o espírito de equipa, a capacidade de se adaptar e cooperar com o resto da tripulação. Isto pode ser tão importante como músculos fortes. Como vimos no caso das borboletas, a seleção natural pode, inconscientemente, “editar” um complexo génico por meio de inversões e outros movimentos grosseiros de segmentos cromossómicos, reunindo, assim, genes que cooperam bem entre si em grupos ligados fisicamente. Mas há também um sentido em que genes que não

estão fisicamente ligados entre si podem ser selecionados pela sua compatibilidade mútua. Um gene que coopere bem com a maioria dos outros genes que provavelmente encontrará em corpos sucessivos — isto é, os genes presentes no resto do conjunto génico — tenderá a ter vantagem.

Por exemplo, vários atributos são desejáveis no corpo de um carnívoro eficiente: entre eles, dentes cortantes e afiados, o tipo certo de intestino para digerir carne, e muitos outros fatores. Um herbívoro eficiente, por outro lado, precisa de dentes achatados e trituradores, e de um intestino muito mais longo, com uma química digestiva diferente. Num conjunto génico herbívoro, qualquer novo gene que dote os seus portadores de dentes cortantes, próprios de um carnívoro, não será muito bem-sucedido. Não porque comer carne seja, universalmente, uma má ideia, mas porque não se pode comer carne de forma eficiente sem também se possuir o tipo certo de intestino e todos os outros atributos de um modo de vida carnívoro. Genes para dentes carnívoros afiados não são genes maus em si. São apenas maus genes num conjunto génico dominado por qualidades herbívoras.

Esta é uma ideia subtil e complexa. É complexa porque o “ambiente” de um gene consiste largamente em outros genes, cada um dos quais está igualmente a ser selecionado pela sua capacidade de cooperar com o seu ambiente — que consiste noutros genes. Existe uma analogia suficientemente robusta para lidar com este ponto subtil, mas não provém da experiência quotidiana. Trata-se da analogia com a teoria dos jogos humana, que será introduzida no Capítulo 5, no contexto de confrontos agressivos entre animais

individuais. Por isso, adio a discussão mais aprofundada deste ponto até ao final desse capítulo, e regresso à mensagem central deste. A mensagem é que a unidade básica da seleção natural é melhor entendida não como a espécie, nem a população, nem sequer o indivíduo, mas como uma pequena unidade de material genético que é conveniente designar por gene. A pedra angular do argumento, apresentada anteriormente, foi o pressuposto de que os genes são potencialmente imortais, enquanto os corpos e todas as outras unidades superiores são temporários. Este pressuposto assenta em dois factos: o facto da reprodução sexual com permutação genética, e o facto da mortalidade individual. Estes factos são inegavelmente verdadeiros. Mas isso não nos impede de perguntar por que razão são verdadeiros. Por que razão praticamos nós, e a maioria das outras máquinas de sobrevivência, a reprodução sexual? Por que razão se cruzam os nossos cromossomas? E por que não vivemos para sempre?

A questão do porquê de morrermos de velhice é complexa, e os detalhes estão para além do âmbito deste livro. Para além de razões específicas, foram propostas algumas explicações mais gerais. Por exemplo, uma teoria sustenta que a senilidade representa uma acumulação de erros de cópia prejudiciais e de outros tipos de danos genéticos que ocorrem ao longo da vida do indivíduo. Outra teoria, devida a Sir Peter Medawar, é um bom exemplo de pensamento evolutivo em termos de seleção génica.⁴ Medawar começa por rejeitar argumentos tradicionais como: “Os indivíduos idosos morrem como um ato de altruísmo para com o resto da espécie, porque se continuassem por perto quando já estivessem demasiado decrépitos para se reproduzirem, estorvariam o mundo

sem qualquer utilidade.” Como Medawar salienta, este é um argumento circular, pois assume aquilo que pretende demonstrar, nomeadamente que os animais idosos estão demasiado decrepitos para se reproduzirem. É também um tipo de explicação ingénua baseada na seleção de grupo ou seleção da espécie, embora essa parte pudesse ser reformulada de forma mais respeitável. A própria teoria de Medawar possui uma lógica admirável. Podemos construir o raciocínio da seguinte forma.

Já nos perguntámos quais são os atributos mais gerais de um “bom” gene, e concluímos que o “egoísmo” era um deles. Mas outra qualidade geral que os genes bem-sucedidos terão é a tendência para adiar a morte das suas máquinas de sobrevivência pelo menos até depois da reprodução. Sem dúvida, alguns dos seus primos ou tios-avôs morreram na infância, mas nenhum dos seus antepassados morreu jovem. Os antepassados simplesmente não morrem jovens!

Um gene que faz os seus portadores morrer é chamado gene letal. Um gene semi-letal tem algum efeito debilitante, tal que aumenta a probabilidade de morte por outras causas. Qualquer gene exerce o seu efeito máximo nos corpos numa determinada fase da vida, e os letais e semi-letais não são exceção. A maioria dos genes exerce a sua influência durante a vida fetal, outros durante a infância, outros na juventude adulta, outros na meia-idade, e outros ainda na velhice. (Reflete que uma lagarta e a borboleta em que se transforma têm exatamente o mesmo conjunto de genes.) Obviamente, os genes letais tenderão a ser eliminados do reservatório génico. Mas, com igual evidência, um gene letal de

manifestação tardia será mais estável no reservatório génico do que um gene letal de manifestação precoce. Um gene que seja letal num corpo envelhecido pode ainda assim ter sucesso no reservatório génico, desde que o seu efeito letal não se manifeste antes de o corpo ter tido tempo de se reproduzir pelo menos uma vez. Por exemplo, um gene que fizesse corpos idosos desenvolver cancro poderia ser transmitido a inúmeros descendentes, porque os indivíduos se reproduziriam antes de desenvolverem cancro. Por outro lado, um gene que fizesse jovens adultos desenvolverem cancro não seria transmitido a muitos descendentes, e um gene que provocasse cancro fatal em crianças pequenas não seria transmitido a descendência nenhuma. De acordo com esta teoria, então, a decadência senil é simplesmente um subproduto da acumulação, no reservatório génico, de genes letais e semi-letais de ação tardia, os quais conseguiram escapar à malha da seleção natural precisamente porque atuam tarde.

O aspeto que o próprio Medawar enfatiza é que a seleção favorecerá genes que tenham o efeito de adiar a ação de outros genes letais, e também favorecerá genes que apressam a ação de bons genes. É possível que uma grande parte da evolução consista em alterações geneticamente controladas no momento de ativação dos genes.

É importante notar que esta teoria não necessita de pressupostos prévios sobre a reprodução ocorrer apenas em certas idades. Tomando como hipótese inicial que todos os indivíduos teriam igual probabilidade de ter filhos em qualquer idade, a teoria de Medawar rapidamente preveria a acumulação no reservatório génico de

genes deletérios de ação tardia, e a tendência para uma menor reprodução na velhice surgiria como consequência secundária.

Como nota lateral, uma das virtudes desta teoria é que nos conduz a especulações bastante interessantes. Por exemplo, dela decorre que, se quiséssemos aumentar a longevidade humana, haveria duas formas gerais de o fazer. Em primeiro lugar, poderíamos proibir a reprodução antes de uma certa idade, digamos, os quarenta anos. Após alguns séculos desta prática, o limite mínimo de idade seria elevado para cinquenta, e assim sucessivamente. É concebível que a longevidade humana pudesse ser estendida até vários séculos por este meio. Não consigo imaginar que alguém queira, com seriedade, instituir tal política.

Em segundo lugar, poderíamos tentar “enganar” os genes, fazendo-os acreditar que o corpo em que residem é mais jovem do que realmente é. Na prática, isto significaria identificar alterações no ambiente químico interno de um corpo que ocorrem durante o envelhecimento. Qualquer uma dessas alterações pode ser um “sinal” que “ativa” genes letais de ação tardia. Ao simular as propriedades químicas superficiais de um corpo jovem, poderia tornar-se possível evitar a ativação desses genes deletérios tardios. O ponto interessante é que os sinais químicos da velhice não precisam, em nenhum sentido habitual, de ser deletérios por si próprios. Por exemplo, suponhamos que acontece ser verdade que uma substância S está mais concentrada nos corpos dos indivíduos idosos do que nos jovens. S, em si mesma, pode ser perfeitamente inofensiva, talvez uma substância da alimentação que se acumula no corpo ao longo do tempo. Mas automaticamente, qualquer gene

que por acaso exercesse um efeito deletério na presença de S, mas que de outro modo tivesse um efeito benéfico, seria positivamente selecionado no reservatório génico, e, na prática, seria um gene “para” morrer de velhice. A cura seria simplesmente eliminar S do corpo.

O que há de revolucionário nesta ideia é que S é apenas um “rótulo” da velhice. Qualquer médico que notasse que concentrações elevadas de S tendiam a conduzir à morte provavelmente pensaria em S como um tipo de veneno, e esforçar-se-ia por encontrar uma ligação causal direta entre S e o mau funcionamento do organismo. Mas, no caso do nosso exemplo hipotético, talvez estivesse a perder tempo!

Também poderia haver uma substância Y, um “rótulo” da juventude no sentido de que estaria mais concentrada em corpos jovens do que em velhos. Mais uma vez, genes poderiam ser selecionados que teriam bons efeitos na presença de Y, mas que seriam deletérios na sua ausência. Mesmo sem saber o que são S ou Y — poderiam ser muitas substâncias — podemos fazer a previsão geral de que, quanto mais se conseguir simular ou imitar as propriedades de um corpo jovem num corpo velho, por mais superficiais que essas propriedades pareçam, mais tempo esse corpo velho deverá viver.

Devo enfatizar que estas são apenas especulações baseadas na teoria de Medawar. Embora exista um sentido em que a teoria de Medawar logicamente tenha de conter alguma verdade, isso não significa necessariamente que seja a explicação correta para

qualquer exemplo prático de decadência senil. O que importa, para os fins atuais, é que a perspectiva da seleção génica na evolução não encontra dificuldade em explicar a tendência dos indivíduos para morrerem quando envelhecem. A suposição da mortalidade individual, que esteve no cerne do nosso argumento neste capítulo, é justificável no quadro da teoria.

A outra suposição que abordei superficialmente, a da existência de reprodução sexual e recombinação cromossômica, é mais difícil de justificar. A recombinação nem sempre precisa de ocorrer. As moscas-da-fruta machos não a realizam. Existe um gene que tem o efeito de suprimir a recombinação também nas fêmeas. Se criássemos uma população de moscas onde este gene fosse universal, o cromossoma no “reservatório cromossômico” tornar-se-ia a unidade básica indivisível da seleção natural. De facto, se seguirmos a nossa definição até à sua conclusão lógica, um cromossoma inteiro teria de ser considerado como um “gene”.

Depois há alternativas ao sexo. As fêmeas dos afídeos (pulgões) podem dar à luz descendência fêmea, viva e sem pai, cada uma contendo todos os genes da mãe. (A propósito, um embrião no “útero” da mãe pode conter ainda um embrião mais pequeno no seu próprio útero. Assim, uma fêmea de afídeo pode dar à luz uma filha e uma neta em simultâneo, sendo ambas geneticamente equivalentes a gémeas idênticas da própria mãe.) Muitas plantas propagam-se vegetativamente, através de rebentos. Neste caso, poderíamos preferir falar em crescimento em vez de reprodução; mas, se pensarmos bem, há muito pouca diferença entre crescimento e reprodução assexuada, já que ambos ocorrem por

simples divisão celular mitótica. Às vezes, as plantas produzidas por reprodução vegetativa separam-se da “mãe”. Noutros casos, como nas olmeiras, os rebentos continuam ligados. De facto, um bosque inteiro de olmeiros pode ser considerado como um único indivíduo.

Portanto, a pergunta é: se os afídeos e as olmeiras não o fazem, por que razão o resto de nós vai tão longe para misturar os nossos genes com os de outra pessoa antes de fazer um bebé? Parece uma maneira estranha de proceder. Por que terá surgido o sexo, essa bizarra perversão da replicação direta, em primeiro lugar? Qual é a utilidade do sexo?⁵

Esta é uma questão extremamente difícil para os evolucionistas responderem. A maioria das tentativas sérias de a explicar envolve raciocínio matemático sofisticado. Francamente, vou evitá-la, exceto para dizer uma coisa. É que, pelo menos parte da dificuldade que os teóricos têm em explicar a evolução do sexo resulta do facto de pensarem habitualmente no indivíduo como tentando maximizar o número de genes seus que sobrevivem. Nesses termos, o sexo parece paradoxal, porque é uma forma “ineficiente” de um indivíduo propagar os seus genes: cada filho possui apenas 50% dos genes do indivíduo, sendo os restantes 50% fornecidos pelo parceiro sexual. Se apenas, como um afídeo, ela pudesse gerar filhos que fossem réplicas exatas de si mesma, passaria 100% dos seus genes para a geração seguinte, em cada filho. Este paradoxo aparente levou alguns teóricos a abraçar o selecionismo de grupo, já que é relativamente fácil imaginar vantagens a nível de grupo para o sexo. Como W. F. Bodmer resumiu sucintamente, o sexo “facilita a

acumulação, num único indivíduo, de mutações vantajosas que surgiram separadamente em diferentes indivíduos”.

Mas o paradoxo parece menos paradoxal se seguirmos o argumento deste livro, e tratarmos o indivíduo como uma máquina de sobrevivência construída por uma confederação temporária de genes de longa duração. A “eficiência” do ponto de vista do indivíduo torna-se então irrelevante. A sexualidade versus a assexualidade será considerada como uma característica sob o controlo de um único gene, tal como olhos azuis versus olhos castanhos. Um gene “para” a sexualidade manipula todos os outros genes para os seus próprios fins egoístas. O mesmo faz um gene para a recombinação. Existem até genes — chamados mutadores — que manipulam as taxas de erro de cópia de outros genes. Por definição, um erro de cópia é prejudicial ao gene que foi mal copiado. Mas se esse erro for vantajoso para o gene mutador egoísta que o induz, então o mutador pode propagar-se no reservatório génico. Do mesmo modo, se a recombinação beneficia um gene que promove a recombinação, isso basta como explicação para a existência da recombinação. E se a reprodução sexual, em oposição à assexual, beneficia um gene para a reprodução sexual, isso basta como explicação para a existência da reprodução sexual. Se tal beneficia ou não todos os outros genes de um indivíduo, é relativamente irrelevante. Visto do ponto de vista do gene egoísta, o sexo já não é tão bizarro.

Isto aproxima-se perigosamente de um argumento circular, dado que a existência de sexualidade é uma pré-condição para toda a cadeia de raciocínio que leva à consideração do gene como unidade

de seleção. Acredito que existem formas de escapar a essa circularidade, mas este livro não é o lugar para explorar a questão. O sexo existe. Isso é verdade. É consequência do sexo e da recombinação cromossômica que a pequena unidade genética ou gene possa ser considerada como o mais próximo que temos de um agente fundamental e independente da evolução.

O sexo não é o único paradoxo aparente que se torna menos intrigante quando aprendemos a pensar em termos de genes egoístas. Por exemplo, parece que a quantidade de ADN nos organismos é superior à estritamente necessária para os construir: uma grande fração do ADN nunca é traduzida em proteínas. Do ponto de vista do organismo individual, isto parece paradoxal. Se o “objetivo” do ADN é supervisionar a construção de corpos, é surpreendente encontrar uma grande quantidade de ADN que não faz tal coisa. Os biólogos estão a esforçar-se por descobrir que utilidade terá este ADN aparentemente excedentário. Mas do ponto de vista dos próprios genes egoístas, não há paradoxo nenhum. O verdadeiro “objetivo” do ADN é sobreviver, nada mais, nada menos. A explicação mais simples para o ADN excedentário é supor que se trata de um parasita, ou na melhor das hipóteses um passageiro inofensivo, mas inútil, a aproveitar boleia nas máquinas de sobrevivência criadas pelos outros segmentos de ADN.⁶

Algumas pessoas opõem-se ao que veem como uma visão excessivamente centrada no gene da evolução. Afinal, argumentam, são os indivíduos inteiros com todos os seus genes que realmente vivem ou morrem. Espero ter dito o suficiente neste capítulo para mostrar que, na verdade, não há aqui qualquer

desacordo. Tal como são barcos inteiros que ganham ou perdem corridas, são efetivamente os indivíduos que vivem ou morrem, e a manifestação imediata da seleção natural dá-se quase sempre ao nível do indivíduo. Mas as consequências a longo prazo da morte não aleatória e do sucesso reprodutivo dos indivíduos manifestam-se sob a forma de alterações nas frequências génicas do reservatório génico. Com reservas, o reservatório génico desempenha o mesmo papel para os replicadores modernos que a sopa primordial desempenhou para os originais. O sexo e a recombinação cromossómica têm o efeito de preservar a liquidez do equivalente moderno da sopa. Por causa do sexo e da recombinação, o reservatório génico mantém-se bem agitado, e os genes, parcialmente baralhados. A evolução é o processo pelo qual alguns genes se tornam mais numerosos e outros menos numerosos no reservatório génico. É bom ganharmos o hábito, sempre que tentarmos explicar a evolução de uma determinada característica, como o comportamento altruísta, de nos perguntarmos simplesmente: que efeito terá esta característica nas frequências génicas do reservatório génico? Por vezes, a linguagem dos genes torna-se um pouco maçadora, e, por brevidade e vivacidade, recorreremos à metáfora. Mas manteremos sempre um olhar cético sobre as nossas metáforas, para garantir que podem ser traduzidas de volta para a linguagem dos genes, se necessário.

No que ao gene diz respeito, o reservatório génico é apenas o novo tipo de sopa onde faz pela vida. A única diferença é que, atualmente, vive cooperando com grupos sucessivos de companheiros extraídos do reservatório génico para construir uma máquina de sobrevivência mortal atrás de outra. São essas

máquinas de sobrevivência, e o sentido em que se pode dizer que os genes controlam o seu comportamento, que abordaremos no próximo capítulo.

CAPÍTULO 4

A Máquina Génica

As máquinas de sobrevivência começaram por ser recipientes passivos para os genes, fornecendo pouco mais do que paredes que os protegiam da guerra química dos seus rivais e das devastações de bombardeamentos moleculares acidentais. Nos primeiros tempos, “alimentavam-se” de moléculas orgânicas livremente disponíveis na sopa primordial. Essa vida fácil chegou ao fim quando os alimentos orgânicos na sopa, que tinham sido lentamente acumulados sob a influência energética de séculos de luz solar, se esgotaram. Um ramo importante das máquinas de sobrevivência, hoje chamado plantas, começou a usar diretamente a luz solar para construir moléculas complexas a partir de outras mais simples, reencenando, a uma velocidade muito superior, os processos sintéticos da sopa original. Outro ramo, hoje conhecido como animais, “descobriu” como explorar os trabalhos químicos das plantas, comendo-as ou comendo outros animais. Ambos os ramos principais das máquinas de sobrevivência evoluíram truques cada vez mais engenhosos para aumentar a sua eficiência nas respetivas formas de vida, e novas formas de vida iam sendo continuamente abertas. Evoluíram sub-ramos e sub-sub-ramos, cada um deles a destacar-se numa forma especializada de ganhar a vida: no mar, em terra, no ar, debaixo do solo, nas árvores, dentro de outros corpos vivos. Esta subdivisão

deu origem à imensa diversidade de animais e plantas que tanto nos impressiona atualmente.

Tanto os animais como as plantas evoluíram para corpos com muitas células, sendo cópias completas de todos os genes distribuídas a cada célula. Não sabemos quando, porquê, ou quantas vezes de forma independente isto aconteceu. Algumas pessoas usam a metáfora de uma colónia, descrevendo o corpo como uma colónia de células. Eu prefiro pensar no corpo como uma colónia de genes, e na célula como uma unidade de trabalho conveniente para as indústrias químicas dos genes.

Colónias de genes podem ser, mas no seu comportamento, os corpos adquiriram inegavelmente uma individualidade própria. Um animal move-se como um todo coordenado, como uma unidade. Subjetivamente, sinto-me como uma unidade, não como uma colónia. Isto é expetável. A seleção favoreceu genes que cooperam com outros. Na feroz competição por recursos escassos, na luta implacável para comer outras máquinas de sobrevivência e evitar ser comido, deve ter havido uma vantagem na coordenação central, em vez da anarquia dentro do corpo comunitário. Hoje em dia, a intricada coevolução mútua dos genes avançou a tal ponto que a natureza comunitária de uma máquina de sobrevivência individual é praticamente irreconhecível. Na verdade, muitos biólogos não a reconhecem e discordarão de mim.

Felizmente, para aquilo a que os jornalistas chamariam a “credibilidade” do resto deste livro, esse desacordo é em grande parte académico. Tal como não é conveniente falar de quanta e

partículas fundamentais ao discutir o funcionamento de um automóvel, também é frequentemente aborrecido e desnecessário estar constantemente a arrastar os genes para a conversa ao discutir o comportamento das máquinas de sobrevivência. Na prática, é geralmente conveniente, como aproximação, considerar o corpo individual como um agente que 'tenta' aumentar o número dos seus genes nas gerações futuras. Usarei a linguagem da conveniência. A menos que se diga o contrário, "comportamento altruísta" e "comportamento egoísta" significarão comportamento dirigido por um corpo animal a outro.

Este capítulo trata do comportamento — o truque do movimento rápido que foi largamente explorado pelo ramo animal das máquinas de sobrevivência. Os animais tornaram-se veículos ativos e empreendedores dos genes: máquinas génicas. A característica do comportamento, tal como os biólogos usam o termo, é que é rápido. As plantas movem-se, mas muito lentamente. Quando vistas em filme altamente acelerado, as plantas trepadeiras parecem animais ativos. Mas a maioria dos movimentos das plantas é, na realidade, crescimento irreversível. Os animais, por outro lado, evoluíram formas de se mover centenas de milhares de vezes mais depressa. Além disso, os movimentos que fazem são reversíveis e repetíveis um número indefinido de vezes.

O mecanismo que os animais evoluíram para alcançar movimento rápido foi o músculo. Os músculos são motores que, como o motor a vapor e o motor de combustão interna, utilizam energia armazenada em combustível químico para gerar movimento mecânico. A diferença é que a força mecânica imediata

de um músculo é gerada sob a forma de tensão, em vez de pressão de gás, como no caso dos motores a vapor e de combustão interna. Mas os músculos são semelhantes aos motores no sentido em que frequentemente exercem a sua força sobre cordas e alavancas com articulações. Em nós, as alavancas são conhecidas como ossos, as cordas como tendões, e as articulações como juntas. Sabe-se bastante sobre os modos moleculares exatos como os músculos funcionam, mas acho mais interessante a questão de como as *contrações musculares são temporizadas*.

Já observou alguma vez uma máquina artificial de certa complexidade, como uma máquina de tricotar ou de costura, um tear, uma fábrica de engarrafamento automática ou uma enfardadeira de feno? A força motriz vem de algum lugar, de um motor elétrico, por exemplo, ou de um trator. Mas muito mais intrigante é o intrincado sincronismo das operações. Válvulas abrem e fecham na ordem certa, dedos metálicos atam habilmente um nó à volta de um fardo de feno, e depois, no momento exato, uma lâmina dispara e corta o cordel. Em muitas máquinas artificiais, o tempo é regulado por essa brilhante invenção que é a *came*. Esta traduz um simples movimento rotativo num padrão rítmico complexo de operações, através de uma roda excêntrica ou especialmente moldada. O princípio da caixa de música é semelhante. Outras máquinas, como o órgão a vapor e a pianola, utilizam rolos de papel ou cartões com furos dispostos num padrão. Recentemente, há uma tendência para substituir esses temporizadores mecânicos simples por temporizadores eletrónicos. Os computadores digitais são exemplos de dispositivos eletrónicos grandes e versáteis que podem ser usados para gerar padrões

complexos de movimentos cronometrados. O componente básico de uma máquina eletrónica moderna como um computador é o semicondutor, cuja forma familiar é o transistor.

As máquinas de sobrevivência parecem ter ignorado por completo a came e o cartão perfurado. O aparelho que usam para temporizar os seus movimentos tem mais em comum com um computador eletrónico, embora seja fundamentalmente diferente no seu funcionamento. A unidade básica dos computadores biológicos, a célula nervosa ou neurónio, não se assemelha de todo a um transistor no seu funcionamento interno. Certamente, o código com que os neurónios comunicam entre si parece-se um pouco com os códigos de pulsos dos computadores digitais, mas o neurónio individual é uma unidade de processamento de dados muito mais sofisticada do que o transistor. Em vez de apenas três ligações com outros componentes, um único neurónio pode ter dezenas de milhares. O neurónio é mais lento do que o transistor, mas avançou muito mais na direção da miniaturização, uma tendência que tem dominado a indústria eletrónica nas últimas duas décadas. Isto torna-se evidente com o facto de existirem cerca de dez mil milhões de neurónios no cérebro humano: num crânio só se poderiam encaixar algumas centenas de transístores.

As plantas não necessitam do neurónio, porque obtêm o seu sustento sem se moverem, mas este encontra-se na grande maioria dos grupos animais. Pode ter sido “descoberto” cedo na evolução dos animais e herdado por todos os grupos, ou pode ter sido redescoberto várias vezes, de forma independente.

Os neurónios são, basicamente, apenas células, com núcleo e cromossomas como as outras. Mas as suas paredes celulares estão prolongadas em projeções longas, finas e semelhantes a fios. Frequentemente, um neurónio tem um “fio” particularmente longo chamado axónio. Embora a largura de um axónio seja microscópica, o seu comprimento pode ser de vários metros: há axónios únicos que percorrem todo o pescoço de uma girafa. Os axónios estão geralmente agrupados em grossos cabos com várias hastes, chamados nervos. Estes ligam uma parte do corpo a outra, transportando mensagens, de forma semelhante aos cabos telefónicos principais. Outros neurónios têm axónios curtos e estão confinados a concentrações densas de tecido nervoso chamadas gânglios ou, quando muito grandes, cérebros. Os cérebros podem ser considerados análogos, em termos de função, aos computadores.¹ São análogos no sentido em que ambos os tipos de máquinas geram padrões complexos de saída após análise de padrões complexos de entrada e consulta de informação armazenada.

A principal forma como os cérebros contribuem para o sucesso das máquinas de sobrevivência é através do controlo e coordenação das contrações musculares. Para isso, precisam de cabos que conduzam aos músculos, e estes chamam-se nervos motores. Mas isto só conduz à preservação eficiente dos genes se o tempo das contrações musculares tiver alguma relação com o tempo dos acontecimentos no mundo exterior. É importante contrair os músculos da mandíbula apenas quando as mandíbulas contêm algo que valha a pena morder, e contrair os músculos das pernas em padrões de corrida apenas quando há algo que valha a pena

perseguir ou do qual fugir. Por esta razão, a seleção natural favoreceu animais que se equiparam com órgãos sensoriais — dispositivos que traduzem padrões de eventos físicos do mundo exterior no código de pulsos dos neurónios. O cérebro está ligado aos órgãos sensoriais — olhos, ouvidos, papilas gustativas, etc. — por meio de cabos chamados nervos sensoriais. O funcionamento dos sistemas sensoriais é particularmente desconcertante, porque consegue realizar feitos de reconhecimento de padrões muito mais sofisticados do que as melhores e mais caras máquinas humanas; se não fosse assim, todas as dactilógrafas já teriam sido substituídas por máquinas de reconhecimento de fala ou de leitura de caligrafia. As dactilógrafas humanas ainda serão necessárias por muitas décadas.

Pode ter havido uma época em que os órgãos sensoriais comunicavam mais ou menos diretamente com os músculos; de facto, as anémonas-do-mar não estão longe desse estado atualmente, pois é eficiente para o seu modo de vida. Mas, para alcançar relações mais complexas e indiretas entre o tempo dos eventos no mundo exterior e o tempo das contrações musculares, foi necessário algum tipo de cérebro como intermediário. Um avanço notável foi a “invenção” evolutiva da memória. Através deste dispositivo, o tempo das contrações musculares podia ser influenciado não só por eventos do passado imediato, mas também por eventos do passado distante. A memória, ou arquivo, é também uma parte essencial de um computador digital. As memórias dos computadores são mais fiáveis do que as humanas, mas têm menor capacidade e são enormemente menos sofisticadas nas suas técnicas de recuperação de informação.

Uma das propriedades mais impressionantes do comportamento das máquinas de sobrevivência é a sua aparente intencionalidade. Com isto, não me refiro apenas ao facto de parecerem bem calibradas para ajudar os genes do animal a sobreviver, embora isso, claro, seja verdade. Refiro-me a uma analogia mais próxima com o comportamento intencional humano. Quando observamos um animal à “procura” de comida, ou de um parceiro, ou de uma cria perdida, dificilmente conseguimos evitar atribuir-lhe alguns dos sentimentos subjetivos que nós próprios experimentamos quando procuramos algo. Estes podem incluir o “desejo” de um determinado objeto, uma “imagem mental” do objeto desejado, um “objetivo” ou “fim em vista”. Cada um de nós sabe, pela evidência da própria introspeção, que, pelo menos numa máquina de sobrevivência moderna, essa intencionalidade evoluiu até adquirir a propriedade a que chamamos “consciência”. Não sou filósofo ao ponto de discutir o que isso significa, mas felizmente isso não importa para os nossos propósitos atuais, porque é fácil falar de máquinas que se comportam como se fossem motivadas por um propósito, deixando em aberto a questão de saber se são ou não conscientes. Estas máquinas são, fundamentalmente, muito simples, e os princípios do comportamento intencional inconsciente são banais na ciência da engenharia. O exemplo clássico é o regulador a vapor de Watt.

O princípio fundamental envolvido chama-se retroalimentação negativa, da qual existem várias formas. Em geral, o que acontece é o seguinte: a “máquina com propósito” — a máquina ou coisa que se comporta como se tivesse um propósito consciente — está equipada com algum tipo de dispositivo de medição que mede a

discrepância entre o estado atual das coisas e o estado “desejado”. Está construída de forma tal que, quanto maior for essa discrepância, mais intensamente a máquina trabalha. Deste modo, a máquina tenderá automaticamente a reduzir a discrepância — é por isso que se chama retroalimentação negativa — e poderá até imobilizar-se se atingir o estado “desejado”. O regulador de Watt consiste num par de esferas que giram à volta de um motor a vapor. Cada esfera está na extremidade de um braço articulado. Quanto mais rapidamente giram as esferas, mais a força centrífuga empurra os braços para uma posição horizontal, tendência esta contrariada pela força da gravidade. Os braços estão ligados à válvula de vapor que alimenta o motor, de tal forma que o vapor tende a ser cortado quando os braços se aproximam da posição horizontal. Assim, se o motor estiver a girar demasiado rápido, parte do vapor será cortado e o motor abrandará. Se abrandar demasiado, mais vapor será automaticamente fornecido pela válvula, acelerando-o novamente. Estas máquinas com propósito costumam oscilar devido a ultrapassagens e atrasos temporais, e cabe ao engenheiro construir dispositivos suplementares que reduzam essas oscilações.

O estado “desejado” do regulador de Watt é uma determinada velocidade de rotação. Obviamente, o regulador não deseja essa velocidade de forma consciente. O “objetivo” de uma máquina é simplesmente definido como o estado ao qual tende a regressar. As modernas máquinas com propósito utilizam extensões dos princípios básicos, como a retroalimentação negativa, para alcançar comportamentos muito mais complexos e “biológicos”. Os mísseis teleguiados, por exemplo, parecem procurar ativamente o seu alvo

e, quando o têm ao alcance, parecem persegui-lo, tendo em conta as suas manobras evasivas e, por vezes, até “prevendo” ou “antecipando” essas manobras. Os detalhes de como isso é feito não merecem aqui ser tratados. Envolvem retroalimentação negativa de vários tipos, “alimentação antecipada” e outros princípios bem compreendidos pelos engenheiros, e hoje sabe-se que estão amplamente envolvidos no funcionamento dos corpos vivos. Não há necessidade de postular nada que se aproxime remotamente da consciência, mesmo que um leigo, ao observar este comportamento aparentemente deliberado e intencional, ache difícil acreditar que o míssil não está sob o controlo direto de um piloto humano.

É um erro comum pensar que, pelo facto de uma máquina como um míssil teleguiado ter sido originalmente concebida e construída por um homem consciente, ela deve estar realmente sob controlo imediato de um homem consciente. Uma variante deste erro é: “os computadores não jogam realmente xadrez, porque só podem fazer o que um operador humano lhes diz para fazer.” É importante compreendermos por que é que isto é falacioso, pois afeta a nossa compreensão do modo como se pode dizer que os genes “controlam” o comportamento. O xadrez por computador é um bom exemplo para clarificar este ponto, por isso irei abordá-lo brevemente.

Os computadores ainda não jogam xadrez tão bem como os grandes mestres humanos, mas atingiram o nível de um bom amador. Mais rigorosamente, dever-se-ia dizer que os programas atingiram esse nível, pois um programa de xadrez não se importa

com que computador físico executa as suas capacidades. Então, qual é o papel do programador humano? Antes de mais, ele não está a manipular o computador de momento a momento, como um marionetista a puxar os cordelinhos. Isso seria pura batota. Ele escreve o programa, insere-o no computador, e a partir daí o computador está por sua conta: não há mais intervenção humana, exceto o adversário a introduzir os seus lances. Será que o programador antecipa todas as possíveis posições de xadrez e fornece ao computador uma longa lista de bons lances, um para cada eventualidade? Certamente que não, porque o número de posições possíveis no xadrez é tão vasto que o mundo acabaria antes de a lista estar completa. Pela mesma razão, o computador não pode ser programado para “ensaiar mentalmente” todos os lances possíveis e respetivas consequências até encontrar uma estratégia vencedora. Há mais jogos de xadrez possíveis do que átomos na galáxia. Eis porque essas soluções triviais são inúteis para o problema de programar um computador para jogar xadrez. Trata-se, na verdade, de um problema extremamente difícil, e não é surpreendente que os melhores programas ainda não tenham alcançado o nível de um grande mestre.

O papel do programador é, de facto, mais parecido com o de um pai a ensinar o filho a jogar xadrez. Ele ensina ao computador os lances básicos do jogo, não separadamente para cada posição inicial possível, mas através de regras expressas de forma mais económica. Não diz literalmente, em inglês corrente, “as bispos movem-se na diagonal”, mas sim algo matematicamente equivalente, como, embora mais conciso: “as novas coordenadas do bispo são obtidas a partir das antigas, adicionando a mesma

constante, embora não necessariamente com o mesmo sinal, a ambas as coordenadas x e y anteriores.” Depois pode programar alguns “conselhos”, escritos na mesma linguagem matemática ou lógica, mas equivalentes, em termos humanos, a dicas como “não deixes o teu rei desprotegido”, ou truques úteis como “garfo” com o cavalo. Os detalhes são fascinantes, mas levar-nos-iam demasiado longe. O ponto importante é este: quando está realmente a jogar, o computador está por sua conta e não pode esperar ajuda do seu mestre. Tudo o que o programador pode fazer é prepará-lo da melhor maneira possível, com um equilíbrio adequado entre listas de conhecimento específico e orientações sobre estratégias e técnicas.

Os genes também controlam o comportamento das suas máquinas de sobrevivência, não diretamente, com os dedos nas cordinhas, mas de forma indireta, como o programador do computador. Tudo o que podem fazer é prepará-la de antemão; depois disso, a máquina de sobrevivência está por sua conta, e os genes apenas podem permanecer passivamente no seu interior. Por que é que são tão passivos? Por que não tomam as rédeas e assumem o controlo de momento a momento? A resposta é que não podem, por causa dos problemas de atraso temporal. Isto é melhor ilustrado com outra analogia, retirada da ficção científica. A *for(de) Andromeda*, de Fred Hoyle e John Elliot, é uma história emocionante e, como toda a boa ficção científica, possui alguns pontos científicos interessantes subjacentes. Curiosamente, o livro parece omitir uma menção explícita ao mais importante desses pontos. Cabe à imaginação do leitor. Espero que os autores não se importem que eu o explicito aqui.

Existe uma civilização a 200 anos-luz de distância, na constelação de Andrómeda.² Querem disseminar a sua cultura por mundos distantes. Qual a melhor forma de o fazer? A viagem direta está fora de questão. A velocidade da luz impõe um limite teórico à rapidez com que se pode viajar no universo, e considerações mecânicas impõem um limite muito inferior na prática. Além disso, pode não haver assim tantos mundos que valham a pena visitar, e como saber em que direção ir? A rádio é uma forma melhor de comunicar com o resto do universo, pois, se tiverem potência suficiente para emitir os sinais em todas as direções, em vez de os direcionar num único feixe, podem alcançar um número muito grande de mundos (um número que aumenta com o quadrado da distância percorrida pelo sinal). As ondas de rádio viajam à velocidade da luz, o que significa que o sinal leva 200 anos a chegar à Terra vindo de Andrómeda. O problema com esta distância é que nunca se poderá manter uma conversa. Mesmo descontando o facto de que cada mensagem sucessiva da Terra seria transmitida por pessoas separadas por doze gerações, seria um completo desperdício tentar conversar a essas distâncias.

Este problema surgirá em breve para nós: as ondas de rádio demoram cerca de quatro minutos a viajar entre a Terra e Marte. Não há dúvida de que os astronautas terão de abandonar o hábito de conversar em frases curtas alternadas, e terão de utilizar monólogos longos, mais semelhantes a cartas do que a conversas. Como outro exemplo, Roger Payne salientou que a acústica dos oceanos possui certas propriedades peculiares, que fazem com que o “canto” extremamente alto de algumas baleias possa, teoricamente, ser ouvido em todo o mundo, desde que as baleias

nadem a uma certa profundidade. Não se sabe se realmente comunicam entre si a grandes distâncias, mas, se o fizerem, devem estar numa situação muito semelhante à de um astronauta em Marte. A velocidade do som na água é tal que a canção demoraria quase duas horas a atravessar o Atlântico e a obter uma resposta. Sugiro isto como explicação para o facto de algumas baleias emitirem um solilóquio contínuo, sem se repetirem, durante oito minutos completos. Depois voltam ao início do canto e repetem-no várias vezes, com cada ciclo completo a durar cerca de oito minutos.

Os andromedanos da história fizeram o mesmo. Como não havia sentido em esperar por uma resposta, compilaram tudo o que queriam dizer numa única mensagem gigantesca e ininterrupta, que transmitiam repetidamente para o espaço, com um ciclo de vários meses. A sua mensagem era, no entanto, muito diferente da das baleias. Consistia em instruções codificadas para a construção e programação de um computador gigante. Naturalmente, as instruções não estavam em nenhuma língua humana, mas qualquer código pode ser decifrado por um criptógrafo experiente, sobretudo se os criadores do código o conceberam para ser facilmente decifrado. Captada pelo radiotelescópio de Jodrell Bank, a mensagem foi eventualmente decifrada, o computador construído, e o programa executado. Os resultados foram quase desastrosos para a humanidade, pois as intenções dos andromedanos não eram universalmente altruístas, e o computador estava já a caminho de se tornar ditador do mundo antes que o herói o destruísse com um machado.

Do nosso ponto de vista, a questão interessante é saber em que sentido se pode dizer que os andromedanos estavam a manipular os acontecimentos na Terra. Eles não tinham controlo direto sobre o que o computador fazia momento a momento; de facto, não tinham sequer forma de saber que o computador fora construído, pois a informação levaria 200 anos a regressar até eles. As decisões e ações do computador eram inteiramente suas. Nem sequer podia consultar os seus criadores para obter instruções políticas gerais. Todas as suas instruções tinham de estar embutidas de antemão, por causa da barreira intransponível dos 200 anos. Em princípio, devia ter sido programado de forma muito semelhante a um computador de xadrez, mas com maior flexibilidade e capacidade de absorver informação local. Isto porque o programa tinha de ser concebido para funcionar não apenas na Terra, mas em qualquer mundo com uma tecnologia avançada — qualquer de um conjunto de mundos cujas condições específicas os andromedanos não podiam conhecer.

Tal como os andromedanos precisavam de um computador na Terra para tomar decisões quotidianas por eles, os nossos genes precisam de construir um cérebro. Mas os genes não são apenas os andromedanos que enviaram as instruções codificadas; são também as próprias instruções. A razão pela qual não podem manipular diretamente os nossos cordelinhos de marioneta é a mesma: atrasos temporais. Os genes atuam controlando a síntese de proteínas. Esta é uma forma poderosa de manipular o mundo, mas é lenta. São necessários meses a puxar, pacientemente, os cordelinhos das proteínas para construir um embrião. O comportamento, por outro lado, tem como ponto essencial a

rapidez. Atua numa escala temporal não de meses, mas de segundos e frações de segundo. Algo acontece no mundo — uma coruja passa a voar, um farfalhar na erva alta denuncia uma presa — e em milésimos de segundo os sistemas nervosos entram em ação, os músculos disparam, e a vida de alguém é salva — ou perdida. Os genes não têm tempos de reação assim. Tal como os andromedanos, os genes só podem fazer o melhor que conseguem antecipadamente, construindo para si próprios um computador executivo rápido, e programando-o previamente com regras e "conselhos" para lidar com o maior número possível de eventualidades que possam "antecipar". Mas a vida, tal como o jogo de xadrez, oferece demasiadas eventualidades possíveis para que todas possam ser antecipadas. Como o programador de xadrez, os genes têm de "instruir" as suas máquinas de sobrevivência, não com especificidades, mas com estratégias gerais e truques do ofício da vida.³

Como J. Z. Young salientou, os genes têm de desempenhar uma tarefa análoga à previsão. Quando uma máquina de sobrevivência embrionária está a ser construída, os perigos e problemas da sua vida encontram-se no futuro. Quem poderá dizer que carnívoros espreitam por detrás de que arbustos, ou que presas velozes ziguezaguearão no seu caminho? Nenhum profeta humano, nem qualquer gene. Mas podem ser feitas algumas previsões gerais. Os genes de um urso polar podem prever com segurança que o futuro da sua máquina de sobrevivência por nascer será frio. Eles não pensam nisso como uma profecia, não pensam de todo: apenas constroem uma espessa camada de pelo, porque é isso que sempre fizeram nos corpos anteriores, e é por isso que ainda existem na

reserva genética. Também preveem que o solo será coberto de neve, e a sua previsão toma a forma de tornar o pêlo branco e, assim, camuflado. Se o clima do Ártico mudasse tão rapidamente que o pequeno urso nascesse num deserto tropical, as previsões dos genes estariam erradas — e pagariam o preço. O jovem urso morreria — e eles, dentro dele.

A previsão num mundo complexo é um negócio incerto. Cada decisão que uma máquina de sobrevivência toma é uma aposta, e é tarefa dos genes programar os cérebros de modo a que, em média, tomem decisões que compensem. A moeda usada no casino da evolução é a sobrevivência — estritamente, a sobrevivência dos genes — mas, para muitos propósitos, a sobrevivência individual é uma aproximação razoável. Se for até ao poço beber, aumenta o risco de ser comido por predadores que se escondem à espreita nas fontes de água. Se não for, morrerá de sede. Há riscos em qualquer direção, e tem de tomar a decisão que maximize as hipóteses de sobrevivência a longo prazo dos seus genes. Talvez a melhor política seja adiar a ida até ter muita sede, e então beber uma grande quantidade de uma só vez. Assim, reduz o número de visitas ao poço, mas fica muito tempo de cabeça baixa quando finalmente bebe. Em alternativa, a melhor aposta poderá ser beber pouco e frequentemente, dando rápidos goles de água enquanto passa a correr pelo poço. Qual a melhor estratégia depende de múltiplos fatores complexos, incluindo os hábitos de caça dos predadores — que, por sua vez, evoluíram para serem o mais eficientes possível do ponto de vista deles. É necessário fazer algum tipo de cálculo de probabilidades. Mas, claro, não precisamos de imaginar os animais a fazer esses cálculos de forma consciente. Basta acreditarmos que

os indivíduos cujos genes constroem cérebros de tal forma que tendem a apostar corretamente são, como resultado direto, mais propensos a sobreviver — e, portanto, a propagar esses mesmos genes.

Podemos levar a metáfora do jogo um pouco mais longe. Um jogador tem de considerar três quantidades principais: a aposta, as probabilidades e o prêmio. Se o prêmio for muito elevado, o jogador estará disposto a arriscar uma grande aposta. Um jogador que arrisca tudo numa só jogada tem muito a ganhar. Também tem muito a perder, mas, em média, os jogadores de apostas altas não estão nem melhor nem pior do que os jogadores mais cautelosos que jogam por prêmios baixos com apostas reduzidas. Uma comparação análoga é a que se estabelece entre investidores especulativos e investidores conservadores no mercado de ações. Em certos aspetos, o mercado de ações é uma analogia melhor do que um casino, pois os casinos são deliberadamente viciados a favor da banca (o que significa, estritamente, que os jogadores de apostas altas acabarão, em média, mais pobres do que os de apostas baixas; e estes, por sua vez, mais pobres do que os que não jogam de todo. Mas isso deve-se a uma razão que não é relevante para a nossa discussão). Ignorando este aspeto, tanto o jogo de apostas altas como o de apostas baixas parecem razoáveis. Existirão animais que jogam alto, e outros que jogam com mais cautela? No Capítulo 9 veremos que é muitas vezes possível representar os machos como jogadores de alto risco e grandes apostas, e as fêmeas como investidoras conservadoras — especialmente em espécies poligâmicas nas quais os machos competem pelas fêmeas. Naturalistas que leiam este livro talvez

consigam identificar espécies que possam ser descritas como jogadoras de alto risco e outras que adotam uma estratégia mais prudente. Retomarei agora o tema mais geral de como os genes fazem “previsões” sobre o futuro.

Uma forma que os genes têm de resolver o problema de fazer previsões em ambientes imprevisíveis é incorporar uma capacidade de aprendizagem. Aqui, o programa pode assumir a forma das seguintes instruções à máquina de sobrevivência: “Eis uma lista de coisas definidas como recompensadoras: sabor doce na boca, orgasmo, temperatura amena, criança sorridente. E eis uma lista de coisas desagradáveis: vários tipos de dor, náusea, estômago vazio, criança a gritar. Se acontecer fazeres algo que seja seguido por uma das coisas desagradáveis, não o voltes a fazer. Mas, por outro lado, repete tudo o que for seguido por uma das coisas agradáveis.” A vantagem deste tipo de programação é que reduz bastante o número de regras detalhadas que têm de ser incorporadas no programa original; e é também capaz de lidar com alterações no ambiente que não poderiam ter sido previstas em detalhe. Por outro lado, ainda assim certas previsões têm de ser feitas. No nosso exemplo, os genes estão a prever que o sabor doce na boca e o orgasmo serão “bons” — no sentido em que comer açúcar e copular são comportamentos provavelmente benéficos para a sobrevivência genética. As possibilidades da sacarina e da masturbação não são antecipadas neste exemplo; nem os perigos de consumir açúcar em excesso num ambiente onde este existe em abundância artificial.

Estratégias de aprendizagem foram utilizadas em alguns programas de computador para jogar xadrez. Estes programas melhoram à medida que jogam contra adversários humanos ou contra outros computadores. Embora estejam equipados com um repertório de regras e táticas, também têm incorporada uma pequena tendência aleatória no seu processo de decisão. Registam decisões anteriores, e sempre que ganham uma partida aumentam ligeiramente o peso atribuído às táticas que precederam a vitória — tornando-se, assim, um pouco mais propensos a escolher essas mesmas táticas na próxima vez.

Um dos métodos mais interessantes de previsão do futuro é a simulação. Se um general quiser saber se determinado plano militar será melhor do que as alternativas, enfrenta um problema de previsão. Há variáveis desconhecidas no clima, na moral das suas tropas e nas possíveis contraestratégias do inimigo. Uma forma de descobrir se o plano é bom é experimentá-lo — mas é indesejável testar todas as propostas sonhadas deste modo, nem que seja porque o número de jovens dispostos a morrer “pela pátria” é limitado, e o número de planos possíveis é muito vasto. É preferível experimentar os planos com simulações em vez de os testar em situações fatais. Isso pode assumir a forma de exercícios em grande escala, com o “País do Norte” a combater o “País do Sul” com munições de treino, mas mesmo isso consome tempo e recursos. Com menos desperdício, podem jogar-se jogos de guerra, com soldadinhos de estanho e pequenos tanques de brincar a serem movidos num grande mapa.

Recentemente, os computadores passaram a ocupar um papel central na função de simulação, não apenas na estratégia militar, mas em todas as áreas onde a previsão do futuro é necessária: economia, ecologia, sociologia e muitas outras. A técnica funciona assim: um modelo de algum aspeto do mundo é construído no computador. Isso não significa que, se destapássemos a tampa, encontraríamos uma miniatura com a forma do objeto simulado. Num computador de xadrez, não existe uma “imagem mental” reconhecível como um tabuleiro com cavalos e peões. O tabuleiro e a posição atual são representados por listas de números codificados eletronicamente. Para nós, um mapa é um modelo em miniatura de uma parte do mundo, comprimido em duas dimensões. Num computador, um mapa pode ser representado por uma lista de localidades, cada uma com dois números — latitude e longitude. Mas não importa como o computador representa o mundo na sua “mente”, desde que o represente de forma a poder operar sobre ele, manipulá-lo, fazer experiências e relatar os resultados aos operadores humanos em termos compreensíveis. Através da técnica da simulação, batalhas podem ser ganhas ou perdidas, aviões simulados voam ou caem, políticas económicas levam à prosperidade ou à ruína. Em todos os casos, todo o processo decorre dentro do computador numa fração minúscula do tempo que levaria na realidade. Claro que há bons e maus modelos do mundo — e mesmo os bons são apenas aproximações. Nenhuma simulação pode prever exatamente o que acontecerá na realidade, mas uma boa simulação é imensamente preferível à tentativa e erro às cegas. A simulação poderia chamar-se tentativa e erro vicária — um termo infelizmente já há muito apropriado pelos psicólogos de ratos.

Se a simulação é uma ideia tão boa, poderíamos esperar que as máquinas de sobrevivência a tivessem descoberto primeiro. Afinal, elas inventaram muitas das outras técnicas da engenharia humana muito antes de nós aparecermos em cena: a lente de focagem e o refletor parabólico, a análise de frequência de ondas sonoras, o controlo servoassistido, o sonar, o armazenamento intermédio de informação recebida, e inúmeros outros com nomes extensos, cujos detalhes pouco importam. E quanto à simulação? Bem, quando você próprio tem uma decisão difícil a tomar, envolvendo variáveis desconhecidas no futuro, recorre a uma forma de simulação. Imagina o que aconteceria se fizesse cada uma das opções disponíveis. Monta um modelo na sua cabeça, não de tudo o que existe no mundo, mas do conjunto restrito de entidades que considera relevantes. Pode vê-las de forma vívida com o olho da mente, ou pode ver e manipular abstrações estilizadas dessas entidades. Em qualquer dos casos, é improvável que exista, algures no cérebro, um modelo espacial real dos eventos que está a imaginar. Mas, tal como num computador, os detalhes sobre como o cérebro representa o seu modelo do mundo são menos importantes do que o facto de ser capaz de o utilizar para prever eventos possíveis. Máquinas de sobrevivência que conseguem simular o futuro estão um passo à frente das que apenas conseguem aprender por tentativa e erro explícitas. O problema da tentativa explícita é que consome tempo e energia. O problema do erro explícito é que muitas vezes é fatal. A simulação é simultaneamente mais segura e mais rápida.

A evolução da capacidade de simular parece ter culminado na consciência subjetiva. Por que é que isto aconteceu é, para mim, o

mistério mais profundo que a biologia moderna enfrenta. Não há razão para supor que computadores eletrônicos sejam conscientes quando simulam, embora tenhamos de admitir que, no futuro, possam vir a sê-lo. Talvez a consciência surja quando a simulação do mundo pelo cérebro se torna tão completa que tem de incluir um modelo de si própria.⁴ Obviamente, os membros e o corpo de uma máquina de sobrevivência devem constituir uma parte importante do seu mundo simulado; presumivelmente, pela mesma razão, a própria simulação pode ser considerada parte do mundo a simular. Outro nome possível para isto seria “autoconsciência”, mas não considero esta uma explicação totalmente satisfatória para a evolução da consciência, e isso deve-se apenas em parte ao facto de envolver uma regressão infinita — se há um modelo do modelo, porque não um modelo do modelo do modelo...?

Quaisquer que sejam os problemas filosóficos colocados pela consciência, para os propósitos desta narrativa pode pensar-se nela como a culminação de uma tendência evolutiva rumo à emancipação das máquinas de sobrevivência enquanto tomadoras de decisões executivas, face aos seus senhores últimos, os genes. Os cérebros não só estão encarregues da gestão quotidiana dos assuntos da máquina de sobrevivência, como também adquiriram a capacidade de prever o futuro e agir em conformidade. Têm até o poder de se rebelar contra os ditames dos genes, por exemplo recusando-se a ter tantos filhos quantos os que seriam biologicamente possíveis. Mas, neste aspeto, o ser humano é um caso muito especial, como veremos.

O que tem tudo isto a ver com altruísmo e egoísmo? Estou a tentar construir a ideia de que o comportamento animal, altruísta ou egoísta, está sob controlo genético apenas de forma indireta, mas ainda assim muito poderosa. Ao ditarem o modo como as máquinas de sobrevivência e os seus sistemas nervosos são construídos, os genes exercem um poder último sobre o comportamento. Mas as decisões de momento-a-momento sobre o que fazer a seguir são tomadas pelo sistema nervoso. Os genes são os decisores de política geral; os cérebros são os executores. Mas à medida que os cérebros se tornaram mais desenvolvidos, foram assumindo cada vez mais decisões de política efetiva, utilizando truques como o aprendizado e a simulação. A conclusão lógica desta tendência, ainda não atingida por espécie alguma, seria que os genes dessem à máquina de sobrevivência uma única instrução de política geral: faz o que achares melhor para nos manter vivos.

As analogias com computadores e com a tomada de decisões humanas são úteis até certo ponto. Mas agora temos de voltar à realidade e lembrar que a evolução ocorre, de facto, passo a passo, através da sobrevivência diferencial de genes no reservatório genético. Portanto, para que um padrão de comportamento — altruísta ou egoísta — evolua, é necessário que um gene 'para' esse comportamento sobreviva no reservatório genético com mais sucesso do que um gene rival ou alelo 'para' um comportamento diferente. Um gene para comportamento altruísta significa qualquer gene que influencie o desenvolvimento dos sistemas nervosos de tal forma que os torne propensos a comportarem-se de maneira altruísta.⁵ Existe alguma evidência experimental para a herança genética de comportamentos altruístas? Não, mas isso dificilmente

é surpreendente, dado que pouco trabalho tem sido feito sobre a genética de qualquer comportamento. Em vez disso, deixem-me contar-vos um estudo sobre um padrão comportamental que não é, à partida, obviamente altruísta, mas que é suficientemente complexo para ser interessante. Serve de modelo para ilustrar como o comportamento altruísta poderia ser herdado.

As abelhas melíferas sofrem de uma doença infecciosa chamada loque americana. Esta ataca as larvas nas suas células. Entre as raças domésticas utilizadas pelos apicultores, algumas são mais vulneráveis à loque do que outras, e verifica-se que a diferença entre raças é, pelo menos nalguns casos, comportamental. Existem raças ditas higiénicas que rapidamente travam epidemias ao localizar as larvas infetadas, removê-las das células e expulsá-las da colmeia. As raças suscetíveis são-no porque não praticam esse infanticídio higiénico. O comportamento envolvido na higiene é, de facto, bastante complexo. As operárias têm de localizar a célula de cada larva doente, remover a tampa de cera da célula, puxar a larva para fora, arrastá-la até à entrada da colmeia e deitá-la no lixo.

Fazer experiências genéticas com abelhas é algo complicado por várias razões. As abelhas operárias, por norma, não se reproduzem, pelo que é necessário cruzar uma rainha de uma raça com um zangão (= macho) de outra, e depois observar o comportamento das operárias filhas. Foi isso que fez W. C. Rothenbuhler. Constatou que todas as colmeias híbridas de primeira geração eram não-higiénicas: o comportamento do progenitor higiénico parecia ter-se perdido, embora, como viria a verificar-se, os genes higiénicos ainda lá estavam, mas eram recessivos, como os genes humanos

para olhos azuis. Quando Rothenbuhler fez retrocruzamentos entre híbridas de primeira geração e uma raça higiênica pura (novamente, utilizando rainhas e zangões), obteve um resultado belíssimo. As colmeias-filhas dividiram-se em três grupos. Um grupo apresentou comportamento higiênico perfeito, um segundo não apresentou comportamento higiênico algum, e o terceiro foi a meio caminho. Este último grupo destapava as células de cera com larvas doentes, mas não seguia até ao fim nem as expulsava. Rothenbuhler suspeitou que pudessem existir dois genes separados: um gene para destapar, e um gene para expulsar. As raças higiênicas normais possuíam ambos os genes; as raças suscetíveis possuíam os alelos rivais de ambos. Os híbridos que só iam até meio presumivelmente possuíam o gene para destapar (em dose dupla), mas não o gene para expulsar. Rothenbuhler conjecturou que o seu grupo experimental de abelhas aparentemente não-higiênicas pudesse ocultar um subgrupo possuidor do gene de expulsão, mas incapaz de o manifestar por lhes faltar o gene de destapar. Confirmou esta hipótese de forma elegantíssima, removendo ele próprio as tampas. Com efeito, metade das abelhas aparentemente não-higiênicas exibiram, então, um comportamento de expulsão perfeitamente normal.⁶

Esta história ilustra vários pontos importantes que abordámos no capítulo anterior. Mostra que pode ser perfeitamente legítimo falar de um “gene para o comportamento tal” mesmo que não tenhamos a mais leve ideia sobre a cadeia química de causas embriológicas que leva do gene ao comportamento. Essa cadeia de causas pode até envolver o aprendizado. Por exemplo, pode ser que o gene de destapar exerça o seu efeito conferindo às abelhas um gosto pela

cera infetada. Isso fará com que sintam como gratificante comer as tampas de cera que cobrem as vítimas da doença, e, portanto, tenderão a repetir esse comportamento. Mesmo que seja assim que o gene atue, continua a ser verdadeiramente um gene “para destapar”, desde que, *ceteris paribus* (mantendo-se todas as outras condições constantes), as abelhas que possuem o gene acabem por destapar e as que não o possuem não destapem.

Em segundo lugar, ilustra o facto de que os genes “cooperam” nos seus efeitos sobre o comportamento da máquina de sobrevivência comunitária. O gene de expulsar é inútil sem o gene de destapar, e vice-versa. No entanto, as experiências genéticas demonstram com igual clareza que os dois genes são, em princípio, perfeitamente separáveis na sua jornada através das gerações. Em termos do seu trabalho funcional, podemos considerá-los como uma única unidade cooperativa; mas enquanto genes replicantes, são dois agentes livres e independentes.

Para efeitos argumentativos, será necessário especular sobre genes “para” fazer todo o tipo de coisas improváveis. Se eu falar, por exemplo, de um gene hipotético “para salvar companheiros de afogamento”, e considerar esse conceito inacreditável, lembre-se da história das abelhas higiénicas. Recorde que não estamos a dizer que o gene é a causa única e direta de todas as contrações musculares complexas, integrações sensoriais e até decisões conscientes envolvidas em salvar alguém do afogamento. Não estamos a dizer nada sobre se o aprendizado, a experiência ou influências ambientais entram no desenvolvimento do comportamento. Tudo o que tem de conceder é que é possível que

um único gene, *ceteris paribus* (mantendo-se todas as outras condições constantes), e estando presentes muitos outros genes essenciais e fatores ambientais, possa tornar um corpo mais propenso a salvar alguém do afogamento do que o seu alelo rival. A diferença entre os dois genes pode, no fundo, resumir-se a uma ligeira diferença numa variável quantitativa simples. Os detalhes do processo de desenvolvimento embrionário, por muito interessantes que sejam, são irrelevantes para as considerações evolutivas. Konrad Lorenz expressou bem este ponto.

Os genes são programadores-mestres, e programam pela sua vida. São julgados segundo o sucesso dos seus programas em lidar com todos os perigos que a vida impõe às suas máquinas de sobrevivência, e o juiz é o impiedoso tribunal da sobrevivência. Mais adiante veremos formas pelas quais a sobrevivência dos genes pode ser promovida por comportamentos que aparentam ser altruístas. Mas as primeiras prioridades óbvias de uma máquina de sobrevivência — e do cérebro que toma decisões por ela — são a sobrevivência individual e a reprodução. Todos os genes na “colônia” concordariam com essas prioridades. Os animais, portanto, envidam grandes esforços para encontrar e capturar alimento; evitar ser apanhados e comidos; evitar doenças e acidentes; proteger-se de condições climáticas adversas; encontrar membros do sexo oposto e persuadi-los a acasalar; e conferir aos seus filhos vantagens semelhantes às que gozam eles próprios. Não darei exemplos — se quiser um, basta observar com atenção o próximo animal selvagem que vir. Mas quero mencionar um tipo de comportamento em particular, porque teremos de o referir novamente quando falarmos de altruísmo e egoísmo. Trata-se do

comportamento que pode ser amplamente rotulado de *comunicação*.⁷

Uma máquina de sobrevivência pode ser considerada como tendo comunicado com outra quando influencia o seu comportamento ou o estado do seu sistema nervoso. Esta não é uma definição que eu gostaria de ter de defender por muito tempo, mas é suficientemente boa para os fins presentes. Por influência entendo uma influência causal direta. Os exemplos de comunicação são numerosos: canto em aves, rãs e grilos; abanar da cauda e eriçar do pêlo em cães; “sorriso” em chimpanzés; gestos humanos e linguagem. Um grande número de ações das máquinas de sobrevivência promove indiretamente o bem-estar dos seus genes influenciando o comportamento de outras máquinas de sobrevivência. Os animais empenham-se bastante para tornar esta comunicação eficaz. Os cantos das aves encantam e confundem sucessivas gerações de homens. Já referi o ainda mais elaborado e misterioso canto da baleia-jubarte, com a sua gama prodigiosa, com frequências que abrangem todo o espectro auditivo humano, desde os murmúrios subssónicos até aos guinchos ultrassónicos. Os grilos-toupeira amplificam o seu canto até volumes estentóreos cantando dentro de uma toca que escavam cuidadosamente com a forma de uma trompa exponencial dupla, ou megafone. As abelhas dançam no escuro para dar a outras abelhas informação precisa sobre a direção e a distância da comida, uma proeza comunicativa rivalizada apenas pela própria linguagem humana.

A história tradicional dos etologistas é que os sinais de comunicação evoluem para benefício mútuo tanto do emissor como

do recetor. Por exemplo, pintainhos influenciam o comportamento da mãe ao emitir piados agudos e estridentes quando estão perdidos ou com frio. Isto normalmente tem como efeito imediato chamar a mãe, que conduz o pintainho de volta ao grupo principal. Este comportamento pode dizer-se que evoluiu para benefício mútuo, no sentido em que a seleção natural favoreceu pintainhos que piavam quando estavam perdidos, e também mães que respondiam adequadamente ao piar.

Se quisermos (não é realmente necessário), podemos considerar sinais como o chamado de alerta como tendo um significado, ou como transportando informação: neste caso, “Estou perdido”. O grito de alarme dado por aves pequenas, que mencionei no Capítulo 1, pode ser dito como transmitindo a informação “Há um falcão”. Os animais que recebem esta informação e agem em conformidade são beneficiados. Portanto, pode dizer-se que a informação é verdadeira. Mas será que os animais alguma vez transmitem informação falsa; será que alguma vez mentem?

A noção de um animal mentir é passível de mal-entendidos, por isso devo tentar antecipá-los. Recordo-me de assistir a uma palestra dada por Beatrice e Allen Gardner sobre a sua famosa chimpanzé “falante”, Washoe (ela usa a Língua Gestual Americana, e a sua conquista é de grande interesse potencial para os estudiosos da linguagem). Havia alguns filósofos na assistência e, no debate após a palestra, estavam muito preocupados com a questão de saber se Washoe conseguia mentir. Suspeitava que os Gardner achavam que havia coisas mais interessantes a discutir, e eu concordava com eles. Neste livro estou a usar palavras como

“enganar” e “mentir” num sentido muito mais direto do que esses filósofos. Eles interessavam-se pela intenção consciente de enganar. Eu estou simplesmente a falar de ter um efeito funcionalmente equivalente ao engano. Se uma ave usasse o sinal “Há um falcão” quando não havia nenhum falcão, assustando os seus colegas para que fugissem, deixando-lhe toda a comida, poderíamos dizer que ela mentiu. Não quereríamos dizer que ela teve a intenção consciente e deliberada de enganar. Tudo o que está implícito é que o mentiroso obteve comida à custa das outras aves, e a razão pela qual as outras aves fugiram foi que reagiram ao grito do mentiroso de forma apropriada à presença de um falcão.

Muitos insetos comestíveis, como as borboletas do capítulo anterior, obtêm proteção ao imitar a aparência externa de outros insetos desagradáveis ao paladar ou que picam. Nós próprios muitas vezes somos enganados ao pensar que moscas-zângão às riscas pretas e amarelas são vespas. Algumas moscas que imitam abelhas são ainda mais perfeitas na sua dissimulação. Os predadores também mentem. O peixe-pescador espera pacientemente no fundo do mar, misturando-se com o ambiente. A única parte conspícua é um pedaço de carne em forma de verme, que se agita na ponta de uma “cana de pesca” comprida, que se projeta do topo da cabeça. Quando um peixe pequeno se aproxima, o pescador dança o seu “isco” em frente ao peixinho e atrai-o até à região da sua boca oculta. De repente, abre as mandíbulas e o peixinho é sugado e comido. O pescador está a mentir, explorando a tendência do peixinho para se aproximar de objetos que se movem como vermes. Está a dizer “Aqui está um verme”, e qualquer peixinho que “acredite” na mentira é rapidamente comido.

Algumas máquinas de sobrevivência exploram os desejos sexuais de outras. As orquídeas-abelha induzem abelhões a copular com as suas flores, devido à sua forte semelhança com fêmeas de abelha. O que a orquídea ganha com este engano é a polinização, pois um abelhão enganado por duas orquídeas transportará inadvertidamente pólen de uma para a outra. Os pirilampos (que na verdade são escaravelhos) atraem os seus parceiros através de luzes intermitentes. Cada espécie tem o seu próprio padrão de flashes codificado, o que evita confusão entre espécies e a consequente hibridização prejudicial. Tal como os marinheiros procuram os padrões de luz de faróis específicos, os pirilampos procuram os padrões codificados da sua própria espécie. As fêmeas do género *Photuris* “descobriram” que conseguem atrair machos do género *Photinus* se imitarem o código de flashes de uma fêmea *Photinus*. E assim o fazem, e quando um macho *Photinus* é enganado pela mentira e se aproxima, é sumariamente comido pela fêmea *Photuris*. Sirenes e Lorelei vêm-nos à mente como analogias, mas os habitantes da Cornualha preferirão lembrar-se dos “wreckers” de antigamente, que usavam lanternas para atrair navios contra os rochedos, pilhando depois as cargas que se derramavam dos destroços.

Sempre que evolui um sistema de comunicação, há sempre o risco de que alguém o explore em benefício próprio. Como fomos educados com a visão da evolução centrada no “bem da espécie”, naturalmente pensamos primeiro nos mentirosos e enganadores como pertencendo a espécies diferentes: predadores, presas, parasitas, e assim por diante. No entanto, devemos esperar mentiras e enganos, e a exploração egoísta da comunicação sempre

que os interesses dos genes de diferentes indivíduos divergem. Isto incluirá indivíduos da mesma espécie. Como veremos, devemos até esperar que filhos enganem os pais, maridos enganem as esposas, e irmãos mintam aos irmãos.

Mesmo a crença de que os sinais de comunicação animal evoluíram originalmente para promover o benefício mútuo, e depois passaram a ser explorados por partes mal-intencionadas, é demasiado simples. É bastante plausível que toda a comunicação animal contenha um elemento de engano desde o início, porque todas as interações animais envolvem pelo menos algum conflito de interesses. O próximo capítulo introduz uma forma poderosa de pensar sobre os conflitos de interesse do ponto de vista evolutivo.

CAPÍTULO 5

AGRESSÃO — Estabilidade e a Máquina Egoísta

Este capítulo trata sobretudo do muito mal compreendido tema da agressividade. Continuaremos a tratar o indivíduo como uma máquina egoísta, programada para fazer o que for melhor para os seus genes como um todo. Este é o idioma da conveniência. No final do capítulo, regressamos à linguagem dos genes individuais.

Para uma máquina de sobrevivência, outra máquina de sobrevivência (que não seja seu próprio filho ou um parente próximo) faz parte do seu ambiente, tal como uma rocha, um rio ou um pedaço de alimento. É algo que está no caminho ou algo que pode ser explorado. Distingue-se de uma rocha ou de um rio num aspeto importante: tem tendência a revidar. Isto porque ela própria é também uma máquina que guarda os seus genes imortais em confiança para o futuro, e também não poupará esforços para os preservar. A seleção natural favorece os genes que controlam as suas máquinas de sobrevivência de modo a tirar o melhor proveito do seu ambiente. Isto inclui aproveitar ao máximo outras máquinas de sobrevivência, tanto da mesma espécie como de espécies diferentes.

Em alguns casos, parece que as máquinas de sobrevivência interferem muito pouco nas vidas umas das outras. Por exemplo, toupeiras e melros não se comem, não acasalam entre si, nem competem diretamente por espaço vital. Ainda assim, não devemos considerá-los como completamente isolados. Podem competir por algo, talvez minhocas. Isto não significa que alguma vez se veja uma toupeira e um melro a disputar fisicamente uma minhoca; na verdade, é possível que um melro nunca veja uma toupeira em toda a sua vida. Mas, se se exterminasse a população de toupeiras, o efeito sobre os melros poderia ser dramático — embora não me arrisque a adivinhar quais seriam os detalhes, nem por que caminhos tortuosos e indiretos essa influência se manifestaria.

Máquinas de sobrevivência de espécies diferentes influenciam-se mutuamente de diversas formas. Podem ser predadores ou presas, parasitas ou hospedeiros, competidores por um recurso escasso. Podem ser exploradas de formas específicas, como acontece quando as abelhas são usadas pelas flores como transportadoras de pólen.

As máquinas de sobrevivência da mesma espécie tendem a interferir mais diretamente nas vidas umas das outras. Isto deve-se a vários motivos. Um deles é que metade da população da própria espécie pode ser composta por potenciais parceiros sexuais, e também por potenciais progenitores trabalhadores e exploráveis para os próprios descendentes. Outro motivo é que os membros da mesma espécie, por serem muito semelhantes entre si — máquinas criadas para preservar genes no mesmo tipo de corpo, com o mesmo estilo de vida — são concorrentes diretos por todos os

recursos essenciais à vida. Para um melro, uma toupeira pode ser uma competidora, mas não é uma competidora tão importante como outro melro. Toupeiras e melros podem competir por minhocas, mas melros competem entre si não só por minhocas, mas por tudo o resto. Se forem do mesmo sexo, podem também competir por parceiros de acasalamento. Por razões que veremos, são geralmente os machos que competem entre si pelas fêmeas. Isto significa que um macho pode beneficiar os seus próprios genes se fizer algo prejudicial a outro macho com quem esteja a competir.

A política lógica para uma máquina de sobrevivência poderá, portanto, parecer ser matar os seus rivais e, preferencialmente, comê-los depois. Embora o assassinio e o canibalismo ocorram na natureza, não são tão comuns como uma interpretação ingénua da teoria do gene egoísta poderia prever. De facto, Konrad Lorenz, em *A Agressão*, sublinha a natureza contida e cavalheiresca das lutas entre animais. Para ele, o que há de mais notável nos combates animais é o facto de serem torneios formais, jogados segundo regras semelhantes às do boxe ou da esgrima. Os animais lutam com punhos enluvados e espadas sem ponta. A ameaça e a dissimulação substituem a intenção letal. Os gestos de rendição são reconhecidos pelos vencedores, que então se abstêm de dar o golpe ou a mordida final que a nossa teoria ingénua poderia esperar.

Esta interpretação da agressividade animal como sendo comedida e formal pode ser contestada. Em particular, é certamente errado condenar o pobre *Homo sapiens* como a única espécie que mata os seus semelhantes, o único herdeiro da marca de Caim, e outras acusações melodramáticas do género. O facto de

um naturalista sublinhar a violência ou a contenção da agressividade animal depende em parte dos tipos de animais que está habituado a observar e, em parte, das suas preconcepções evolucionistas — Lorenz é, afinal, um defensor da ideia do “bem da espécie”. Mesmo que tenha sido exagerada, a visão da luta animal como sendo “com luvas de boxe” parece ter alguma base de verdade. Superficialmente, isto parece uma forma de altruísmo. A teoria do gene egoísta tem de enfrentar a difícil tarefa de explicá-la. Por que razão os animais não procuram eliminar rivais da sua espécie a cada oportunidade possível?

A resposta geral a esta questão é que há custos e benefícios associados à agressividade total, e não apenas os custos óbvios em tempo e energia. Suponhamos, por exemplo, que B e C são ambos meus rivais e que encontro B. Pode parecer sensato, do ponto de vista egoísta, tentar matá-lo. Mas esperemos. C também é meu rival, e C também é rival de B. Ao matar B, estou potencialmente a fazer um favor a C, removendo um dos seus rivais. Talvez fosse melhor deixar B viver, pois ele poderia competir ou lutar com C, beneficiando-me indiretamente. A moral deste simples exemplo hipotético é que não há vantagem evidente em tentar eliminar rivais de forma indiscriminada. Num sistema complexo e vasto de rivalidades, remover um rival do cenário não significa necessariamente um benefício: outros rivais podem vir a beneficiar mais da sua morte do que eu próprio. Esta é uma lição difícil que os agentes de controlo de pragas aprenderam na prática. Há uma praga agrícola grave, descobre-se uma boa forma de a exterminar, e fá-lo com entusiasmo — apenas para descobrir que outra praga

beneficia ainda mais do extermínio do que a agricultura humana, e no final fica-se pior do que antes.

Por outro lado, pode parecer sensato eliminar, ou pelo menos combater, certos rivais específicos de forma seletiva. Se B for um elefante-marinho na posse de um grande harém cheio de fêmeas, e se eu, outro elefante-marinho, puder tomar posse do seu harém matando-o, talvez valha a pena tentar fazê-lo. Mas mesmo na agressividade seletiva existem custos e riscos. É do interesse de B lutar, defender a sua valiosa posse. Se eu iniciar a luta, tenho tantas hipóteses de morrer quanto ele. Talvez até mais. Ele detém um recurso valioso — é por isso que eu quero lutar com ele. Mas por que razão o detém? Talvez o tenha conquistado em combate. Provavelmente já derrotou outros desafiantes antes de mim. Provavelmente é um bom lutador. Mesmo que eu vença a luta e ganhe o harém, posso ficar tão ferido no processo que não consiga usufruir dos benefícios. Além disso, lutar consome tempo e energia. Talvez seja melhor conservá-los por agora. Se me concentrar em alimentar-me e evitar confusões durante algum tempo, crescerei e fortalecerei. Lutarei pelo harém no fim, mas talvez tenha melhores hipóteses de vencer mais tarde do que se me atirar de cabeça agora.

Este solilóquio subjetivo serve apenas para apontar que a decisão de lutar ou não lutar deveria, idealmente, ser precedida de um cálculo complexo (ainda que inconsciente) de custos e benefícios. Os benefícios potenciais não estão todos do lado da luta, embora indubitavelmente alguns estejam. De igual modo, durante uma luta, cada decisão tática sobre se escalar ou abrandar o conflito

tem custos e benefícios que poderiam, em princípio, ser analisados. Os etologistas há muito reconhecem isto, ainda que de forma vaga. Mas foi preciso J. Maynard Smith — não propriamente considerado um etologista — para expressar a ideia de forma clara e poderosa. Em colaboração com G. R. Price e G. A. Parker, recorre ao ramo da matemática conhecido como Teoria dos Jogos. As suas ideias elegantes podem ser expressas em palavras, sem símbolos matemáticos — embora isso implique alguma perda de rigor.

O conceito essencial introduzido por Maynard Smith é o de estratégia evolutivamente estável, uma ideia que ele remonta a W. D. Hamilton e R. H. MacArthur. Uma “estratégia” é uma política comportamental pré-programada. Um exemplo de estratégia seria: “Ataca o oponente; se ele fugir, persegue-o; se revidar, foge.” É importante compreender que não se trata de estratégias conscientemente elaboradas pelo indivíduo. Lembremo-nos de que estamos a imaginar o animal como uma máquina de sobrevivência robotizada, com um computador pré-programado a controlar os músculos. Escrever a estratégia em forma de instruções simples em inglês é apenas uma forma conveniente para nós pensarmos sobre ela. Por um mecanismo não especificado, o animal comporta-se como se estivesse a seguir essas instruções.

Uma estratégia evolutivamente estável (EEE), é definida como uma estratégia que, se for adotada pela maioria dos membros de uma população, não pode ser superada por uma estratégia alternativa.¹ Trata-se de uma ideia subtil e importante. Outra forma de a exprimir é dizer que a melhor estratégia para um indivíduo depende do que a maioria da população está a fazer. Dado que o

resto da população é composto por indivíduos, cada um a tentar maximizar o seu próprio sucesso, a única estratégia que persiste será aquela que, uma vez evoluída, não pode ser ultrapassada por qualquer indivíduo desviante. Após uma grande alteração ambiental, pode haver um curto período de instabilidade evolutiva, talvez até com oscilações populacionais. Mas uma vez alcançada uma EEE, ela manter-se-á: a seleção penalizará qualquer desvio em relação a ela.

Para aplicar esta ideia à agressividade, consideremos um dos casos hipotéticos mais simples de Maynard Smith. Suponhamos que existem apenas dois tipos de estratégias de luta numa população de determinada espécie, denominadas falcão e pomba. (Os nomes seguem o uso convencional humano e não têm relação com os comportamentos das aves que lhes dão nome: as pombas são, de facto, aves bastante agressivas.) Qualquer indivíduo da nossa população hipotética é classificado como falcão ou pomba. Os falcões lutam sempre com a máxima força e sem restrições, apenas recuando quando ficam gravemente feridos. As pombas apenas ameaçam de forma digna e cerimonial, nunca magoando ninguém. Se um falcão luta com uma pomba, a pomba foge rapidamente e, assim, não se magoa. Se um falcão luta com outro falcão, continuam a lutar até que um deles fique gravemente ferido ou morra. Se uma pomba encontra outra pomba, ninguém se magoa; continuam a exhibir-se mutuamente durante bastante tempo, até que uma delas se canse ou decida que não vale a pena continuar, recuando então. Para já, assumimos que não há forma de um indivíduo saber, antecipadamente, se um rival é falcão ou pomba.

Apenas o descobre durante o confronto, e não tem memória de lutas passadas com indivíduos específicos que o possa orientar.

Agora, como convenção puramente arbitrária, atribuímos “pontos” aos combatentes. Digamos 50 pontos por vitória, 0 por derrota, -100 por ficar gravemente ferido, -10 por perder tempo numa longa disputa. Estes pontos podem ser pensados como convertíveis diretamente na moeda da sobrevivência genética. Um indivíduo que acumule muitos pontos, ou que tenha um alto pay-off (benefício obtido) médio, é um indivíduo que deixa muitos genes na reserva genética da espécie. Dentro de certos limites, os valores numéricos concretos não são importantes para a análise, mas ajudam-nos a pensar sobre o problema.

O mais importante é que não nos interessa saber se os falcões tendem a vencer as pombas quando lutam com elas. Já sabemos a resposta a isso: os falcões vencem sempre. O que queremos saber é se falcão ou pomba é uma estratégia evolutivamente estável. Se uma delas for uma EEE e a outra não, devemos esperar que aquela que for EEE evolua. É teoricamente possível que existam duas EEEs. Isto seria verdade se, qualquer que fosse a estratégia dominante na população — falcão ou pomba — a melhor estratégia para qualquer indivíduo fosse seguir o mesmo padrão. Nesse caso, a população tenderia a estabilizar no primeiro dos dois estados estáveis a que tivesse chegado. No entanto, como vamos ver a seguir, nenhuma destas duas estratégias — falcão ou pomba — é, de facto, evolutivamente estável por si só, e por isso não devemos esperar que qualquer uma delas evolua isoladamente. Para mostrar isto, temos de calcular os pay-offs (benefícios obtidos) médios.

Suponhamos que temos uma população composta inteiramente por pombas. Sempre que lutam, ninguém se magoa. Os confrontos consistem em longos torneios rituais — confrontos de olhar, talvez — que terminam apenas quando um dos rivais recua. O vencedor recebe 50 pontos por obter o recurso em disputa, mas paga uma penalização de -10 por ter desperdiçado tempo numa prolongada troca de olhares, obtendo assim um total de 40 pontos. O perdedor também é penalizado com -10 pontos por ter perdido tempo. Em média, cada pomba pode esperar ganhar metade dos confrontos e perder a outra metade. Assim, o seu pay-off (benefício obtido) médio por confronto é a média de +40 e -10, ou seja, +15. Portanto, cada pomba numa população só de pombas parece estar a sair-se muito bem.

Mas agora suponhamos que surge um falcão mutante na população. Como é o único falcão existente, todas as suas lutas são contra pombas. Os falcões vencem sempre as pombas, por isso ele obtém +50 pontos em todas as lutas — esse é o seu benefício obtido médio. Ele usufrui de uma vantagem enorme sobre as pombas, cujo benefício obtido médio é apenas +15. Como resultado, os genes de falcão espalhar-se-ão rapidamente pela população. Mas agora, cada falcão já não pode contar que todos os rivais que encontrar sejam pombas. Para dar um exemplo extremo, se o gene de falcão se espalhar de forma tão eficaz que a população passe a ser composta inteiramente por falcões, todas as lutas passam a ser entre falcões. A situação agora é muito diferente. Quando um falcão encontra outro falcão, um deles fica gravemente ferido (-100), enquanto o vencedor ganha +50. Cada falcão, numa população composta só por falcões, pode esperar ganhar metade das lutas e perder a outra

metade. O seu benefício obtido médio por luta é, assim, a média entre +50 e -100, o que dá -25. Agora consideremos uma única pomba numa população de falcões. É certo que perde todas as lutas, mas, por outro lado, nunca se magoa. O seu benefício obtido médio é 0, numa população de falcões, enquanto que o benefício obtido médio de um falcão numa população de falcões é -25. Os genes de pomba tenderão, portanto, a espalhar-se pela população.

Da forma como contei a história, parece que haverá uma oscilação contínua na população. Os genes de falcão alcançarão a ascendência; depois, como consequência da maioria de falcões, os genes de pomba ganharão vantagem e aumentarão em número, até que, mais uma vez, os genes de falcão comecem a prosperar — e assim sucessivamente. No entanto, não tem de haver uma oscilação deste tipo. Existe uma proporção estável de falcões para pombas. Para o sistema de pontos arbitrário que estamos a usar, essa proporção estável — se fizermos os cálculos — revela-se ser $\frac{5}{12}$ de pombas e $\frac{7}{12}$ de falcões. Quando esta proporção estável é atingida, o retorno médio (benefício obtido médio) dos falcões é exatamente igual ao retorno médio das pombas. Portanto, a seleção natural não favorece nenhuma das estratégias em relação à outra. Se o número de falcões na população começasse a subir, de modo a que a proporção deixasse de ser $\frac{7}{12}$, as pombas começariam a obter uma vantagem extra, e a proporção tenderia a regressar ao estado estável. Assim como veremos que a proporção estável entre os sexos é de 50:50, também a proporção estável entre falcões e pombas, neste exemplo hipotético, é de 7:5. Em qualquer dos

casos, mesmo que existam oscilações em torno desse ponto de equilíbrio, não precisam de ser muito grandes.

Superficialmente, isto soa um pouco a seleção de grupo, mas na verdade não tem nada a ver com isso. Parece seleção de grupo porque nos permite pensar numa população como tendo um equilíbrio estável para o qual tende a regressar quando perturbada. Mas o EEE (ou Estratégia Evolutivamente Estável) é um conceito muito mais subtil do que a seleção de grupo. Nada tem a ver com alguns grupos serem mais bem-sucedidos do que outros. Isto pode ser ilustrado de forma clara usando o sistema de pontos arbitrário do nosso exemplo hipotético. O retorno médio para um indivíduo numa população estável composta por $\frac{7}{12}$ de falcões e $\frac{5}{12}$ de pombas é de $6\frac{1}{4}$. Isto é verdade quer o indivíduo seja um falcão, quer seja uma pomba. Ora, $6\frac{1}{4}$ é muito menos do que o retorno médio para uma pomba numa população só de pombas (15). Se todos concordassem em ser pombas, cada indivíduo beneficiaria. Segundo a simples lógica da seleção de grupo, qualquer grupo em que todos os indivíduos acordassem mutuamente em ser pombas seria muito mais bem-sucedido do que um grupo rival que estivesse na proporção EEE. (Na verdade, uma conspiração composta apenas por pombas não é sequer o grupo mais bem-sucedido possível. Num grupo composto por $\frac{1}{6}$ de falcões e $\frac{5}{6}$ de pombas, o retorno médio por confronto é de $16\frac{2}{3}$. Esta seria a conspiração mais bem-sucedida possível, mas, para os fins que nos interessam aqui, podemos ignorá-la. Uma conspiração mais simples, composta apenas por pombas, com um retorno médio de 15 por indivíduo, é já muito melhor para cada indivíduo do que o retorno proporcionado pelo

EEE.) A teoria da seleção de grupo preveria, por isso, uma tendência para evoluir no sentido de uma conspiração só de pombas, uma vez que um *grupo* contendo $\frac{7}{12}$ de falcões seria menos bem-sucedido. Mas o problema com as conspirações, mesmo aquelas que são vantajosas para todos a longo prazo, é que estão sujeitas a abusos. É verdade que todos saem beneficiados num grupo só de pombas, em comparação com um grupo em EEE. Mas, infelizmente, numa conspiração de pombas, um único falcão obtém um lucro tão elevado que nada conseguiria travar a evolução dos falcões. A conspiração está, portanto, condenada a ser quebrada por traição interna. Um EEE é estável, não porque seja particularmente bom para os indivíduos que o integram, mas simplesmente porque é imune à traição vinda de dentro.

É possível que os humanos entrem em pactos ou conspirações que beneficiam cada indivíduo, mesmo que estes não sejam estáveis no sentido de uma EEE (Estratégia Evolutivamente Estável). Mas isso só é possível porque cada indivíduo usa a sua capacidade consciente de previsão, e é capaz de perceber que é do seu próprio interesse a longo prazo obedecer às regras do pacto. Mesmo nos pactos humanos, há um perigo constante de que os indivíduos possam ganhar tanto no curto prazo ao quebrar o pacto, que a tentação de o fazer se torna avassaladora. Talvez o melhor exemplo disto seja a fixação de preços. É do interesse a longo prazo de todos os donos de bombas de gasolina padronizar o preço do combustível a um valor artificialmente elevado. Os acordos de preços, baseados numa estimativa consciente dos melhores interesses a longo prazo, podem sobreviver por períodos bastante longos. De tempos a tempos, no entanto, um indivíduo cede à

tentação de fazer um lucro rápido ao baixar os seus preços. Imediatamente, os seus vizinhos seguem o exemplo, e uma vaga de descida de preços alastra pelo país. Infelizmente para o resto de nós, a previsão consciente dos donos das bombas de gasolina volta a afirmar-se, e eles entram num novo pacto de fixação de preços. Assim, mesmo no homem, uma espécie com o dom da previsão consciente, os pactos ou conspirações baseadas nos interesses a longo prazo balançam constantemente à beira do colapso devido à traição interna. Nos animais selvagens, controlados pelos genes em luta, é ainda mais difícil imaginar formas através das quais estratégias de benefício de grupo ou conspiração possam evoluir. Devemos esperar encontrar estratégias evolutivamente estáveis por toda a parte.

No nosso exemplo hipotético fizemos a suposição simples de que qualquer indivíduo seria ou um falcão ou uma pomba. Terminámos com uma proporção evolutivamente estável de falcões para pombas. Na prática, isto significa que seria atingida uma proporção estável de genes de falcão para genes de pomba no banco genético. O termo técnico genético para este estado é polimorfismo estável. No que diz respeito à matemática, uma EEE exatamente equivalente pode ser alcançada sem polimorfismo, da seguinte forma: se cada indivíduo for capaz de se comportar ora como um falcão, ora como uma pomba em cada confronto particular, pode estabelecer-se uma EEE em que todos os indivíduos têm a mesma probabilidade de se comportar como um falcão — nomeadamente, $\frac{7}{12}$ no nosso exemplo em particular. Na prática, isto significaria que cada indivíduo entra em cada confronto tendo tomado uma decisão aleatória sobre se, nessa ocasião, se comportará como um falcão

ou como uma pomba; aleatória, mas com uma tendência de 7:5 a favor do falcão. É muito importante que as decisões, embora tendenciosas para o falcão, sejam aleatórias no sentido de que o rival não possa prever de forma alguma como o seu oponente se vai comportar em qualquer confronto em particular. Não adianta, por exemplo, jogar como falcão em sete lutas seguidas, depois como pomba em cinco lutas seguidas, e assim por diante. Se qualquer indivíduo adotasse uma sequência tão simples, os seus rivais perceberiam rapidamente e tirariam partido disso. A forma de tirar partido de um estratega com uma sequência simples é jogar como falcão contra ele apenas quando se souber que ele vai jogar como pomba.

A história dos falcões e das pombas é, evidentemente, ingénua e simples. Trata-se de um modelo — algo que não acontece verdadeiramente na natureza, mas que nos ajuda a compreender coisas que de facto acontecem na natureza. Os modelos podem ser muito simples, como este, e ainda assim úteis para compreender um ponto ou captar uma ideia. Modelos simples podem ser desenvolvidos e gradualmente tornarem-se mais complexos. Se tudo correr bem, à medida que se tornam mais complexos, aproximam-se mais do mundo real. Uma forma de começarmos a desenvolver o modelo dos falcões e das pombas é introduzir mais estratégias. Falcão e pomba não são as únicas possibilidades. Uma estratégia mais complexa, que Maynard Smith e Price introduziram, chama-se *Retaliador*.

Um retaliador comporta-se como uma pomba no início de cada luta. Isto é, não ataca de forma selvática e total como o falcão, mas

participa num confronto convencional de intimidação. Contudo, se o seu oponente o atacar, ele retalia. Por outras palavras, um retaliador comporta-se como um falcão quando é atacado por um falcão, e como uma pomba quando encontra uma pomba. Quando encontra outro retaliador, comporta-se como uma pomba. Um retaliador é um *estratega condicional*. O seu comportamento depende do comportamento do oponente.

Outro estratega condicional chama-se Bulha (ou valentão). Um bulha comporta-se como um falcão até que alguém lhe retribua o ataque. Nesse momento, foge imediatamente. Há ainda outro estratega condicional chamado *Sondador-retaliador*. Um sondador-retaliador é basicamente como um retaliador, mas tenta ocasionalmente uma breve escalada experimental do confronto. Persiste neste comportamento ao estilo falcão se o seu oponente não ripostar. Se, pelo contrário, o oponente revidar, volta ao confronto convencional de ameaça, como uma pomba. Se for atacado, retalia tal como um retaliador comum.

Se todas as cinco estratégias mencionadas forem colocadas em confronto num programa de simulação computacional, apenas uma delas, o retaliador, revela ser evolutivamente estável.² O sondador-retaliador é quase estável. A pomba não é estável, pois uma população de pombas seria invadida por falcões e bulhas. O falcão também não é estável, pois uma população de falcões seria invadida por pombas e bulhas. O bulha não é estável, porque uma população de bulhas seria invadida por falcões. Numa população de retaliadores, nenhuma outra estratégia conseguiria invadir, dado que nenhuma faz melhor do que o próprio retaliador. Contudo, a

pomba tem desempenho equivalente numa população de retaliadores. Isto significa que, sendo as restantes condições iguais, o número de pombas poderia aumentar lentamente. Se esse número aumentasse significativamente, os sondadores-retaliadores (e, incidentalmente, os falcões e os bulhas) começariam a ter vantagem, pois saem-se melhor contra pombas do que os retaliadores. O sondador-retaliador, ao contrário do falcão e do bulha, é quase uma EEE, no sentido em que, numa população de sondadores-retaliadores, apenas uma outra estratégia, o retaliador, se sai melhor — e mesmo assim apenas ligeiramente. Podemos, por isso, esperar que uma mistura de retaliadores e sondadores-retaliadores tenda a predominar, talvez até com uma oscilação suave entre os dois, associada a uma oscilação no tamanho de uma pequena minoria de pombas. Mais uma vez, não é necessário pensar em termos de polimorfismo onde cada indivíduo joga sempre uma ou outra estratégia. Cada indivíduo pode adotar uma mistura complexa entre retaliador, sondador-retaliador e pomba.

Esta conclusão teórica não está muito longe do que realmente acontece na maioria dos animais selvagens. Explicámos, de certo modo, o aspeto de "punho enluvado" da agressividade animal. Naturalmente, os detalhes dependem dos números exatos de "pontos" atribuídos por vencer, sofrer ferimentos, desperdiçar tempo, e assim por diante. Nos elefantes-marinhos, o prémio por vencer pode ser o direito quase exclusivo sobre um grande harém de fêmeas. O benefício de vencer deve, portanto, ser considerado muito elevado. Não é de admirar que as lutas sejam violentas e a probabilidade de ferimentos graves também seja elevada. O custo

de perder tempo deverá ser considerado pequeno em comparação com o custo de se ferir e o benefício de vencer. Para uma pequena ave num clima frio, pelo contrário, o custo de perder tempo pode ser crucial. Uma chapim-real, ao alimentar as crias, precisa de capturar uma presa a cada trinta segundos, em média. Cada segundo de luz do dia é precioso. Mesmo o tempo relativamente curto desperdiçado numa luta entre dois falcões deve talvez ser considerado mais sério do que o risco de ferimento para essa ave. Infelizmente, sabemos ainda demasiado pouco para atribuir valores realistas aos custos e benefícios dos diversos desfechos na natureza.³ Devemos ter cuidado para não tirar conclusões baseadas simplesmente na escolha arbitrária dos números. As conclusões gerais que importam são que as EEE tenderão a evoluir, que uma EEE (Estratégia Evolutivamente Estável) não é o mesmo que o ótimo que poderia ser alcançado por uma conspiração de grupo, e que o senso comum pode ser enganador.

Outro tipo de jogo de guerra que Maynard Smith considerou é a guerra de atrito. Pode ser vista como surgindo numa espécie que nunca entra em combate perigoso — talvez uma espécie bem protegida, em que os ferimentos são muito improváveis. Todos os confrontos nesta espécie são resolvidos por posturas convencionais. Um confronto termina sempre quando um dos rivais desiste. Para vencer, basta manter a posição e fitar o adversário até que este se retire. Obviamente, nenhum animal pode dar-se ao luxo de passar um tempo infinito em atitude ameaçadora; há outras coisas importantes a fazer. O recurso pelo qual compete pode ser valioso, mas não infinitamente valioso. Só vale um certo tempo e, tal como

num leilão, cada indivíduo está disposto a "gastar" apenas uma certa quantia. O tempo é a moeda deste leilão entre dois licitantes.

Suponha-se que todos estes indivíduos calculam antecipadamente exatamente quanto tempo acham que determinado recurso — digamos, uma fêmea — vale. Um indivíduo mutante que esteja disposto a aguentar apenas um pouco mais vencerá sempre. Assim, a estratégia de manter um limite fixo de licitação é instável. Mesmo que o valor do recurso possa ser estimado com grande precisão, e todos os indivíduos licitem exatamente o valor correto, a estratégia continua instável. Dois indivíduos a seguir esta estratégia máxima desistiriam exatamente ao mesmo tempo — e nenhum conseguiria o recurso! Nesse caso, valeria mais a pena desistir logo de início do que perder tempo em confrontos. A diferença importante entre a guerra de atrito e um leilão real é que, na guerra de atrito, ambos os concorrentes pagam o preço, mas só um deles obtém o bem. Numa população de licitantes máximos, portanto, a estratégia de desistir de imediato seria bem-sucedida e espalhar-se-ia pela população. Como consequência, algum benefício começaria a recair sobre os indivíduos que não desistissem logo, mas que esperassem alguns segundos antes de desistir. Esta estratégia compensaria quando enfrentasse os que desistem imediatamente e que agora predominam na população. A seleção favoreceria então uma extensão progressiva do tempo de desistência até que este voltasse a aproximar-se do limite máximo permitido pelo verdadeiro valor económico do recurso em disputa.

Mais uma vez, com palavras, induzimo-nos a imaginar uma oscilação numa população. Mais uma vez, a análise matemática mostra que isso não está correto. Existe uma estratégia evolutivamente estável que pode ser expressa por uma fórmula matemática, mas que, em palavras, se resume a isto: cada indivíduo persiste por um tempo imprevisível. Imprevisível em qualquer ocasião concreta, isto é, mas com uma média correspondente ao verdadeiro valor do recurso. Por exemplo, suponhamos que o recurso vale realmente cinco minutos de exibição. Na EEE, qualquer indivíduo poderá prolongar-se por mais de cinco minutos, por menos ou exatamente por cinco minutos. O importante é que o seu oponente não tenha forma de saber quanto tempo ele está disposto a persistir nessa ocasião específica.

É, evidentemente, de importância vital, na guerra de atrito, que os indivíduos não deem qualquer indício de quando irão desistir. Quem quer que traísse, com o mais ligeiro tremor de bigode, que estava a começar a pensar em atirar a toalha ao chão, estaria em desvantagem imediata. Se, por exemplo, o tremor dos bigodes fosse um sinal fiável de que a retirada se seguiria dentro de um minuto, então haveria uma estratégia vencedora muito simples: “Se os bigodes do oponente tremem, espera mais um minuto, independentemente dos teus planos anteriores de desistência. Se os bigodes do oponente ainda não tremem e faltam menos de sessenta segundos para desistires, então desiste imediatamente e não percas mais tempo. Nunca tremas os teus próprios bigodes.” Assim, a seleção natural penalizaria rapidamente o tremor de bigodes e qualquer outro indício análogo de comportamento futuro.

Evoluiria uma expressão imperturbável — uma cara de jogador de póquer.

Por que razão a cara de póquer e não mentiras descaradas? Mais uma vez, porque mentir não é estável. Suponhamos que a maioria dos indivíduos eriçava os pêlos apenas quando realmente tencionava continuar por muito tempo na guerra de atrito. A resposta óbvia evoluiria: os indivíduos desistiriam imediatamente quando o oponente eriçasse os pêlos. Mas então, surgiriam mentirosos. Indivíduos que, mesmo sem intenção de continuar por muito tempo, eriçariam os pêlos em todas as ocasiões, colhendo os benefícios de uma vitória fácil e rápida. Assim, os genes dos mentirosos espalhar-se-iam. Quando os mentirosos se tornassem maioria, a seleção passaria a favorecer indivíduos que chamassem o seu bluff. Por conseguinte, os mentirosos voltariam a diminuir em número. Na guerra de atrito, mentir não é mais evolutivamente estável do que dizer a verdade. A cara de póquer é evolutivamente estável. A rendição, quando finalmente ocorre, será súbita e imprevisível.

Até agora considerámos apenas o que Maynard Smith chama de confrontos simétricos. Isto significa que assumimos que os oponentes são idênticos em todos os aspetos exceto na estratégia de combate. Supõe-se que falcões e pombas são igualmente fortes, igualmente bem equipados com armas e armaduras, e com o mesmo ganho em caso de vitória. Esta é uma suposição conveniente para o modelo, mas não muito realista. Parker e Maynard Smith consideraram então confrontos assimétricos. Por exemplo, se os indivíduos diferem em tamanho e capacidade de

luta, e cada um é capaz de avaliar o tamanho do rival em relação ao seu próprio, será que isso afeta a EEE que emerge? Sem dúvida que sim.

Parece haver três tipos principais de assimetria. A primeira acabámos de ver: os indivíduos podem diferir no tamanho ou no equipamento de luta. Em segundo lugar, podem diferir quanto ao que têm a ganhar com a vitória. Por exemplo, um macho velho, com pouco tempo de vida, pode ter menos a perder ao ser ferido do que um macho jovem, com a maior parte da sua vida reprodutiva pela frente.

Em terceiro lugar, é uma consequência curiosa da teoria que uma assimetria puramente arbitrária e aparentemente irrelevante possa dar origem a uma EEE, desde que possa ser usada para resolver confrontos rapidamente. Por exemplo, será geralmente o caso que um dos oponentes chegue ao local do confronto antes do outro. Chamemo-los, respetivamente, “residente” e “intruso”. Para efeitos de argumentação, estou a assumir que não há qualquer vantagem geral associada a ser residente ou intruso. Como veremos, há razões práticas para que esta suposição possa não ser verdadeira — mas esse não é a questão. A questão é que, mesmo que não haja qualquer razão para supor que os residentes tenham vantagem sobre os intrusos, uma EEE baseada na própria assimetria tenderia a evoluir. Uma analogia simples é a de humanos que resolvem uma disputa rapidamente e sem confusão ao lançar uma moeda ao ar.

A estratégia condicional “Se fores o residente, ataca; se fores o intruso, recua” pode ser uma EEE. Dado que a assimetria é

assumida como arbitrária, a estratégia oposta — “Se fores o residente, recua; se fores o intruso, ataca” — também pode ser estável. Qual das duas EEE é adotada numa determinada população dependerá de qual delas atinge primeiro a maioria. Uma vez que a maioria dos indivíduos está a jogar uma destas estratégias condicionais, os desvios em relação a ela são penalizados. Assim, por definição, trata-se de uma EEE.

Por exemplo, suponhamos que todos os indivíduos estão a jogar “o residente vence, o intruso foge”. Isto significa que ganharão metade das lutas e perderão a outra metade. Nunca serão feridos nem perderão tempo, uma vez que todos os conflitos são resolvidos instantaneamente por convenção arbitrária. Consideremos agora um novo mutante rebelde. Suponhamos que adota uma estratégia pura de falcão, atacando sempre e nunca recuando. Ele vencerá quando o seu oponente for o intruso. Mas, se o oponente for o residente, correrá um risco grave de se ferir. Em média, terá um retorno inferior ao dos indivíduos que seguem as regras arbitrárias da EEE. Um rebelde que tentasse a convenção inversa — “se residente, foge; se intruso, ataca” — sair-se-ia ainda pior. Não só seria frequentemente ferido, como também raramente venceria um confronto. No entanto, suponhamos que, por mero acaso, os indivíduos que seguem esta convenção inversa conseguem tornar-se maioritários. Nesse caso, a sua estratégia tornar-se-ia então a norma estável, e o desvio em relação a ela passaria a ser penalizado. É concebível que, se observássemos uma população durante muitas gerações, víssemos uma sucessão de alternâncias ocasionais entre um estado estável e o outro.

Na vida real, porém, assimetrias verdadeiramente arbitrárias provavelmente não existem. Por exemplo, é provável que os residentes tenham uma vantagem prática sobre os intrusos. Têm melhor conhecimento do terreno local. Um intruso pode estar mais ofegante por ter tido de se deslocar até à área do combate, enquanto o residente já lá se encontrava. Há uma razão mais abstrata pela qual, das duas estratégias estáveis, a de “o residente vence, o intruso recua” é a mais provável na natureza. A estratégia inversa — “o intruso vence, o residente recua” — tem uma tendência inerente para a autodestruição: é o que Maynard Smith chamaria uma estratégia paradoxal. Numa população que siga esta EEE paradoxal, os indivíduos estariam sempre a esforçar-se por nunca serem apanhados como residentes: procurariam constantemente ser o intruso em qualquer confronto. Só o poderiam conseguir com um movimento incessante — e de outro modo inútil! Para além dos custos em tempo e energia que isso acarretaria, esta tendência evolutiva conduziria, por si só, ao desaparecimento da categoria “residente”. Numa população que siga o outro estado estável, “o residente vence, o intruso recua”, a seleção natural favoreceria indivíduos que se esforçassem por ser residentes. Para cada indivíduo, isso significaria manter-se num determinado território, abandoná-lo o menos possível e aparentar “defendê-lo”. Como hoje bem se sabe, tal comportamento é comum na natureza e é conhecido por “defesa territorial”.

A demonstração mais elegante que conheço desta forma de assimetria comportamental foi fornecida pelo grande etólogo Niko Tinbergen, numa experiência de simplicidade engenhosamente característica.⁴ Tinbergen tinha um aquário com dois espinhosos

machos. Cada macho construíra um ninho numa extremidade oposta do aquário e “defendia” o território em redor do seu ninho. Tinbergen colocou cada um dos dois machos dentro de um tubo de ensaio de vidro grande, segurou os dois tubos lado a lado e observou os machos a tentarem lutar um com o outro através do vidro. E agora vem o resultado interessante. Quando Tinbergen deslocava os dois tubos para a proximidade do ninho do macho A, o macho A assumia uma postura de ataque, e o macho B tentava recuar. Mas quando levava os tubos para o território do macho B, a situação invertia-se. Bastava mover os tubos de uma extremidade do aquário para a outra para que Tinbergen determinasse qual dos machos atacava e qual recuava. Ambos os machos estavam claramente a jogar a estratégia condicional simples: “se residente, ataca; se intruso, recua”.

Os biólogos perguntam muitas vezes quais são as “vantagens” biológicas do comportamento territorial. Foram avançadas várias sugestões, algumas das quais serão mencionadas mais adiante. Mas agora podemos ver que talvez a própria pergunta seja supérflua. A “defesa” territorial pode simplesmente ser uma EEE que surge devido à assimetria no tempo de chegada que normalmente caracteriza a relação entre dois indivíduos e um determinado espaço.

Presume-se que o tipo mais importante de assimetria não arbitrária é o da dimensão corporal e da capacidade geral de luta. O tamanho grande não é necessariamente sempre a qualidade mais importante para vencer combates, mas é provavelmente uma delas. Se o mais corpulento dos dois combatentes vencer sempre,

e se cada indivíduo souber com certeza se é maior ou menor que o oponente, só há uma estratégia que faz sentido: “Se o teu oponente é maior do que tu, foge. Escolhe lutas com indivíduos mais pequenos do que tu.” A situação complica-se um pouco se a importância do tamanho for menos evidente. Se o tamanho grande conferir apenas uma vantagem ligeira, a estratégia que acabei de referir continua a ser estável. Mas se o risco de ferimentos for grave, pode também surgir uma segunda “estratégia paradoxal”. Esta seria: “Escolhe lutas com indivíduos maiores do que tu e foge dos mais pequenos”! É evidente por que razão se chama paradoxal. Parece completamente contrária ao senso comum. No entanto, pode ser estável por esta razão: numa população composta inteiramente por estratégias paradoxais, ninguém se fere. Isto porque, em cada confronto, um dos intervenientes — o maior — foge sempre. Um mutante de tamanho médio que adote a estratégia “sensata” de atacar adversários mais pequenos acaba envolvido em lutas seriamente violentas com metade dos oponentes que encontra. Pois, se encontra alguém menor do que ele, ataca; e o mais pequeno resiste ferozmente, porque joga de forma paradoxal. Embora o estratega sensato tenha maior probabilidade de vencer, ainda assim corre um risco considerável de perder e de se ferir gravemente. Como a maioria da população é composta por paradoxais, o estratega sensato tem maior probabilidade de se ferir do que qualquer estratega paradoxal isolado.

Mesmo que uma estratégia paradoxal possa ser estável, é provavelmente apenas de interesse académico. Os lutadores paradoxais só terão um retorno médio superior se forem em

número muito superior ao dos sensatos. É difícil imaginar como tal situação poderia surgir em primeiro lugar. Mesmo que surgisse, a proporção de sensatos em relação aos paradoxais só teria de se deslocar ligeiramente na direção dos sensatos para entrar na “zona de atração” da outra EEE, a sensata. A zona de atração é o conjunto de proporções populacionais em que, neste caso, os estrategas sensatos têm vantagem: uma vez que a população entra nesta zona, será inevitavelmente “puxada” para o ponto estável sensato. Seria emocionante encontrar um exemplo de uma EEE paradoxal na natureza, mas duvido que possamos realmente ter essa esperança. (Falei cedo demais. Após escrever esta última frase, o Professor Maynard Smith chamou-me a atenção para a seguinte descrição do comportamento da aranha social mexicana *Oecobius civitas*, feita por J. W. Burgess: “Se uma aranha for perturbada e forçada a sair do seu refúgio, corre pela rocha e, na ausência de uma fenda desocupada onde se possa esconder, pode procurar refúgio no esconderijo de outra aranha da mesma espécie. Se a outra aranha estiver no local quando o intruso entra, não ataca, mas sai rapidamente e procura um novo refúgio para si própria. Assim, uma vez perturbada a primeira aranha, o processo de deslocação sequencial de teia em teia pode prolongar-se durante vários segundos, levando frequentemente à deslocação da maioria das aranhas da agregação do seu refúgio original para um alheio” — “*Social Spiders*”, *Scientific American*, Março de 1976. Isto é paradoxal no sentido da página 103).⁵

E se os indivíduos retiverem alguma memória do desfecho de confrontos anteriores? Isso depende de a memória ser específica ou geral. Os grilos têm uma memória geral do que aconteceu em lutas

passadas. Um grilo que venceu recentemente várias lutas torna-se mais agressivo. Um grilo que tem perdido repetidamente torna-se mais submisso. Isto foi demonstrado de forma elegante por R. D. Alexander. Ele usou um grilo mecânico para bater em grilos reais. Após esse “tratamento”, os grilos reais tornaram-se mais propensos a perder lutas contra outros grilos reais. Podemos pensar em cada grilo como estando continuamente a atualizar a sua estimativa da própria capacidade de combate, em relação à de um indivíduo médio da população. Se animais como os grilos, que funcionam com uma memória geral de confrontos passados, forem mantidos juntos num grupo fechado durante algum tempo, é provável que se desenvolva uma espécie de hierarquia de dominância.⁶ Um observador pode ordenar os indivíduos. Os de posição inferior tendem a ceder perante os de posição superior. Não é necessário presumir que os indivíduos se reconheçam uns aos outros. O que acontece é que os habituados a vencer tornam-se cada vez mais propensos a vencer, enquanto os habituados a perder se tornam cada vez mais propensos a perder. Mesmo que os primeiros resultados fossem inteiramente aleatórios, os indivíduos tenderiam a organizar-se espontaneamente numa ordem hierárquica. Isto, incidentalmente, tem como efeito a redução gradual do número de lutas sérias no grupo.

Tenho de usar a expressão “espécie de hierarquia de dominância”, porque muitas pessoas reservam o termo hierarquia de dominância para casos em que há reconhecimento individual. Nestes casos, a memória dos combates passados é específica e não geral. Os grilos não reconhecem os outros como indivíduos, mas galinhas e macacos sim. Se for um macaco, um macaco que já o

venceu no passado é provável que o vença de novo. A melhor estratégia para um indivíduo é ser relativamente submisso perante outro que já o tenha vencido antes. Se um grupo de galinhas que nunca se viram for reunido, normalmente ocorre um grande número de lutas. Com o tempo, essas lutas diminuem. Não pela mesma razão que nos grilos, porém. No caso das galinhas, isso acontece porque cada uma “aprende o seu lugar” em relação a cada uma das outras. Isto é, incidentalmente, benéfico para o grupo como um todo. Um indicador disso é o facto de, em grupos estáveis de galinhas — onde lutas intensas são raras — a produção de ovos ser mais elevada do que em grupos onde a composição está sempre a mudar e, conseqüentemente, as lutas são mais frequentes. Os biólogos costumam falar da vantagem biológica ou da “função” das hierarquias de dominância como sendo a redução da agressão aberta no grupo. No entanto, esta é uma formulação errada. Uma hierarquia de dominância, por si só, não pode ser considerada como tendo uma “função” em sentido evolutivo, uma vez que é uma propriedade do grupo, não do indivíduo. Os padrões de comportamento individual que se manifestam sob a forma de hierarquias de dominância quando vistos ao nível do grupo podem, esses sim, ser considerados como tendo funções. Ainda assim, é preferível abandonar por completo a palavra “função” e pensar a questão em termos de EEE em confrontos assimétricos com reconhecimento individual e memória.

Temos estado a considerar confrontos entre membros da mesma espécie. E os confrontos entre espécies diferentes? Como vimos anteriormente, os membros de espécies diferentes são concorrentes menos diretos do que os membros da mesma espécie.

Por esta razão, devemos esperar menos disputas entre eles por recursos — e essa expectativa confirma-se. Por exemplo, os pisco-de-peito-ruivo defendem territórios contra outros pisco-de-peito-ruivo, mas não contra chapins-reais. É possível desenhar um mapa com os territórios de diferentes indivíduos de pisco-de-peito-ruivo numa mata e sobrepor-lhe um mapa dos territórios de chapins-reais. Os territórios das duas espécies sobrepõem-se de forma totalmente indiferenciada. É como se estivessem em planetas distintos.

Mas há outras formas em que os interesses de indivíduos de espécies diferentes entram em conflito de modo muito mais agudo. Por exemplo, um leão quer comer o corpo de uma palanca, mas a palanca tem planos muito diferentes para o seu corpo. Isto normalmente não é classificado como uma competição por recursos, mas, logicamente, é difícil perceber porquê. O recurso em causa é a carne. Os genes do leão “desejam” a carne como alimento para a sua máquina de sobrevivência. Os genes da palanca desejam essa carne como músculo funcional e órgãos da sua própria máquina de sobrevivência. Estes dois usos da carne são mutuamente incompatíveis; por isso há conflito de interesses.

Os membros da própria espécie também são feitos de carne. Por que é que o canibalismo é relativamente raro? Como vimos no caso das gaivotas-de-cabeça-preta, os adultos por vezes comem as crias da sua própria espécie. No entanto, nunca se veem carnívoros adultos a perseguir ativamente outros adultos da sua espécie com o objetivo de os comer. Porquê? Ainda estamos tão habituados a pensar em termos da teoria da “vantagem para a espécie” que

frequentemente nos esquecemos de colocar questões perfeitamente razoáveis como: Por que é que os leões não caçam outros leões? Outra boa pergunta, do tipo das que raramente se colocam, é: Por que é que as palancas fogem dos leões em vez de contra-atacarem?

A razão pela qual os leões não caçam outros leões é que tal não seria uma EEE (Estratégia Evolutivamente Estável) para eles. Uma estratégia canibal seria instável, pelas mesmas razões que tornavam instável a estratégia do falcão, no exemplo anterior. O risco de retaliação seria demasiado elevado. Isso é menos provável em confrontos entre membros de espécies diferentes, o que explica por que razão tantas presas fogem em vez de ripostarem. Provavelmente, isto tem origem no facto de que, em interações entre dois animais de espécies diferentes, há uma assimetria intrínseca maior do que entre membros da mesma espécie. Sempre que há uma forte assimetria num confronto, as EEE tendem a ser estratégias condicionais dependentes dessa assimetria. Estratégias análogas a “se fores mais pequeno, foge; se fores maior, ataca” têm grande probabilidade de evoluir em confrontos entre membros de espécies diferentes, porque há inúmeras assimetrias possíveis. Leões e palancas atingiram uma espécie de estabilidade por via da divergência evolutiva, que acentuou cada vez mais a assimetria original do confronto. Tornaram-se altamente especializados nas artes de, respetivamente, perseguir e fugir. Uma palanca mutante que adotasse uma estratégia de ‘ficar e lutar’ contra leões teria menos sucesso do que outras palancas a desaparecer no horizonte.

Tenho um pressentimento de que um dia olharemos para a invenção do conceito de EEE como um dos maiores avanços da teoria da evolução desde Darwin.⁷ Este conceito aplica-se sempre que encontramos conflitos de interesse — ou seja, quase sempre. Os estudiosos do comportamento animal habituaram-se a falar de algo a que chamam “organização social”. Demasiadas vezes, a organização social de uma espécie é tratada como uma entidade autónoma, com uma “vantagem” biológica própria. Um exemplo que já referi é o da “hierarquia de dominância”. Creio ser possível detetar pressupostos ocultos de seleção de grupo em muitas afirmações que os biólogos fazem sobre organização social. O conceito de EEE, de Maynard Smith, permitir-nos-á, pela primeira vez, ver claramente como um conjunto de entidades egoístas e independentes pode acabar por parecer um todo organizado. Creio que isso será válido não apenas para as organizações sociais dentro de uma espécie, mas também para “ecossistemas” e “comunidades” compostos por múltiplas espécies. A longo prazo, espero que o conceito de EEE revolucione a ciência da ecologia.

Podemos também aplicá-lo a uma questão que foi adiada desde o Capítulo 3, decorrente da analogia dos remadores num barco (representando genes num corpo) que necessitam de um bom espírito de equipa. Os genes não são selecionados por serem “bons” isoladamente, mas por serem bons a funcionar em conjunto com os restantes genes do fundo genético. Um bom gene tem de ser compatível e complementar em relação aos outros genes com os quais partilha, sucessivamente, uma longa linhagem de corpos. Um gene que codifica dentes moedores de plantas é um bom gene num

fundo genético herbívoro, mas um mau gene num fundo genético carnívoro.

É possível imaginar uma combinação compatível de genes a ser selecionada em conjunto como uma unidade. No caso do exemplo da mimetização das borboletas, do Capítulo 3, é precisamente isso que parece ter acontecido. Mas a força do conceito de EEE reside no facto de ele agora nos permitir ver como se pode alcançar o mesmo resultado por via da seleção puramente ao nível do gene independente. Os genes nem sequer precisam de estar ligados no mesmo cromossoma.

A analogia dos remadores não é realmente suficiente para explicar esta ideia. O mais próximo que conseguimos chegar é o seguinte: suponhamos que, numa equipa de remo realmente bem-sucedida, é importante que os remadores coordenem as suas atividades através da fala. Suponhamos ainda que, no grupo de remadores à disposição do treinador, alguns falam apenas inglês e outros apenas alemão. Os ingleses não são sistematicamente melhores ou piores remadores do que os alemães. Mas, dada a importância da comunicação, uma equipa mista tenderá a vencer menos regatas do que uma equipa só de ingleses ou só de alemães.

O treinador não se apercebe disso. Tudo o que faz é embaralhar os seus homens, atribuindo pontos de mérito aos indivíduos das equipas vencedoras e penalizando os das equipas perdedoras. Ora, se o grupo de remadores ao seu dispor for dominado por ingleses, então qualquer alemão que entre numa equipa tenderá a fazê-la perder, por falha de comunicação. Inversamente, se o grupo for

dominado por alemães, um inglês tenderá a fazer qualquer equipa onde se encontre perder. O que surgirá como a melhor equipa possível será um dos dois estados estáveis — ou só de ingleses ou só de alemães, mas nunca mista. Superficialmente, parecerá que o treinador está a seleccionar grupos linguísticos inteiros como unidades. Mas não é isso que ele faz. Está a seleccionar remadores individuais com base na sua aparente capacidade de vencer regatas. Acontece que essa capacidade depende de que outros indivíduos existem no grupo. Os candidatos em minoria são automaticamente penalizados, não por serem maus remadores, mas por serem simplesmente membros da minoria. Do mesmo modo, o facto de os genes serem seleccionados pela sua compatibilidade mútua não significa, necessariamente, que devemos pensar em grupos de genes seleccionados como unidades, como no caso das borboletas. A seleção ao nível do gene único pode produzir a aparência de seleção a um nível superior.

Neste exemplo, a seleção favorece a simples conformidade. Mais interessante ainda é que os genes podem ser seleccionados por se complementarem entre si. Na analogia, suponhamos que a equipa ideal consiste em quatro remadores destros e quatro esquerdinos. Suponhamos novamente que o treinador, alheio a esse facto, selecciona às cegas com base no “mérito”. Ora, se o grupo de candidatos for maioritariamente destro, qualquer esquerdino terá vantagem: é provável que faça qualquer equipa onde entre vencer, e será por isso considerado um bom remador. Inversamente, num grupo maioritariamente esquerdino, um destro teria essa mesma vantagem. Isto é semelhante ao caso do falcão que prospera numa população de pombas, e da pomba que prospera numa população

de falcões. A diferença é que, nesse caso, falávamos de interações entre corpos individuais — máquinas egoístas — ao passo que aqui falamos, por analogia, de interações entre genes dentro dos corpos. A seleção cega do treinador por “bons” remadores conduzirá, no fim, a uma equipa ideal composta por quatro destros e quatro esquerdinos. Parecerá que os selecionou todos em conjunto como uma unidade equilibrada. Acho mais parcimonioso pensar que os selecionou a um nível inferior — o dos candidatos individuais. O estado evolutivamente estável (o termo “estratégia” é aqui enganador) de quatro destros e quatro esquerdinos surgirá simplesmente como consequência da seleção de baixo nível baseada no mérito aparente.

O fundo genético é o ambiente de longo prazo do gene. Os “bons” genes são selecionados cegamente como aqueles que sobrevivem no fundo genético. Isto não é uma teoria, nem sequer um facto observado: é uma tautologia. A pergunta interessante é: O que faz de um gene um bom gene? Numa primeira aproximação, afirmei que o que faz de um gene um bom gene é a sua capacidade de construir máquinas de sobrevivência eficientes — corpos. Temos agora de corrigir essa afirmação. O fundo genético tornar-se-á num conjunto evolutivamente estável de genes, definido como um fundo genético que não pode ser invadido por nenhum gene novo. A maioria dos genes novos que surgem, seja por mutação, por recombinação ou por imigração, é rapidamente penalizada pela seleção natural: o conjunto evolutivamente estável é restaurado. Ocasionalmente, um gene novo consegue de facto invadir o conjunto: consegue espalhar-se pelo fundo genético. Há então um período de transição instável, que termina com um novo conjunto

evolutivamente estável — e um pequeno avanço evolutivo teve lugar. Por analogia com as estratégias de agressão, uma população pode ter mais do que um ponto estável alternativo, podendo ocasionalmente passar de um para o outro. A evolução progressiva pode não ser tanto uma ascensão constante como uma série de passos discretos de um planalto estável para outro.⁸ Pode parecer que a população, no seu todo, se comporta como uma unidade autorreguladora. Mas essa ilusão é gerada por seleção a operar ao nível do gene individual. Os genes são selecionados com base no “mérito”. Mas esse mérito é avaliado em função do desempenho em relação ao conjunto evolutivamente estável que constitui o fundo genético atual.

Ao concentrar-se nas interações agressivas entre indivíduos inteiros, Maynard Smith conseguiu tornar tudo muito claro. É fácil pensar em proporções estáveis de corpos de falcão e corpos de pomba, porque os corpos são grandes coisas que podemos ver. Mas tais interações entre genes situados em corpos diferentes são apenas a ponta do icebergue. A esmagadora maioria das interações significativas entre genes no conjunto evolutivamente estável — o fundo genético — dá-se dentro de corpos individuais. Estas interações são difíceis de observar, pois ocorrem no interior das células, nomeadamente nas células de embriões em desenvolvimento. Corpos bem integrados existem porque são o produto de um conjunto evolutivamente estável de genes egoístas.

Mas devo regressar ao nível das interações entre animais inteiros, que é o tema principal deste livro. Para compreender a agressão, foi conveniente tratar os animais individuais como

máquinas egoístas independentes. Esse modelo deixa de ser válido quando os indivíduos em questão são parentes próximos — irmãos, primos, pais e filhos. Isto porque os parentes partilham uma proporção substancial dos seus genes. Cada gene egoísta, portanto, tem a sua lealdade dividida entre diferentes corpos. Isto será explicado no próximo capítulo.

CAPÍTULO 6

GENESMANSHIP* - A Arte Estratégica dos Genes

O que é o gene egoísta? Não se trata apenas de um fragmento físico isolado de ADN. Tal como na sopa primordial, refere-se a todas as réplicas de um determinado segmento de ADN, distribuídas por todo o mundo. Se nos permitirmos a licença de falar sobre os genes como se tivessem objetivos conscientes — sempre com a garantia de que poderíamos, se quiséssemos, traduzir essa linguagem imprecisa em termos mais rigorosos — podemos colocar a seguinte questão: o que está um único gene egoísta a tentar fazer? Está a tentar tornar-se mais numeroso na reserva genética. No essencial, fá-lo ajudando a programar os corpos onde se encontra para sobreviverem e se reproduzirem. Mas agora estamos a enfatizar que “ele” é uma agência distribuída, existente em muitos indivíduos diferentes ao mesmo tempo. O ponto-chave deste capítulo é que um gene poderá ser capaz de ajudar réplicas de si mesmo que se encontrem noutros corpos. Se assim for, tal comportamento poderá surgir como

* "GENESMANSHIP" — é um neologismo criado por Dawkins, fundindo “genes” com a palavra “gamesmanship”.

"Gamesmanship" refere-se à arte de vencer um jogo (ou situação competitiva) não necessariamente através da habilidade técnica, mas explorando as regras ao limite, manipulando, usando truques estratégicos, ou tirando vantagem psicológica — algo subtil, astuto, e por vezes ético apenas na aparência.

Ao aplicar isso aos genes, Dawkins cria a ideia de “genesmanship” como:

A arte dos genes se comportarem estrategicamente para maximizar a sua sobrevivência e propagação, mesmo que isso envolva táticas subtis, indiretas ou que explorem fragilidades no sistema biológico ou comportamental.

altruísmo individual, mas seria na realidade promovido pelo egoísmo genético.

Considere-se o gene responsável pelo albinismo no ser humano. Na verdade, existem vários genes que podem dar origem ao albinismo, mas refiro-me aqui a apenas um deles. É recessivo; isto é, tem de estar presente em dose dupla para que a pessoa seja albina. Isto verifica-se em cerca de 1 em cada 20.000 pessoas. No entanto, também está presente, em dose simples, em cerca de 1 em cada 70 pessoas, as quais não são albinas. Dado que está distribuído por muitos indivíduos, um gene como o do albinismo poderia, teoricamente, promover a sua própria sobrevivência na reserva genética programando os seus corpos para agirem de forma altruísta em relação a outros corpos albinos, uma vez que estes são reconhecidamente portadores do mesmo gene. O gene do albinismo deveria ficar satisfeito se alguns dos corpos que habita morressem, desde que, ao fazê-lo, ajudassem outros corpos portadores do mesmo gene a sobreviver. Se o gene do albinismo conseguisse que um dos seus corpos salvasse a vida de dez corpos albinos, então mesmo a morte do altruísta seria amplamente compensada pelo aumento do número de genes albinos na reserva genética.

Devemos então esperar que os albinos sejam especialmente simpáticos uns com os outros? Na realidade, a resposta é provavelmente não. Para compreendermos porquê, temos de abandonar temporariamente a nossa metáfora do gene como agente consciente, pois neste contexto ela torna-se claramente enganadora. Devemos traduzir de novo para termos mais rigorosos, ainda que mais longos. Os genes do albinismo não “desejam”, na

verdade, sobreviver ou ajudar outros genes do albinismo. Mas, se por acaso o gene do albinismo levasse os seus portadores a comportarem-se de forma altruísta em relação a outros albinos, então, automaticamente, queira-se ou não, tenderia a tornar-se mais numeroso na reserva genética como resultado. Porém, para que tal acontecesse, o gene teria de ter dois efeitos independentes sobre os corpos. Não só teria de conferir o seu efeito habitual de uma tez muito pálida, como também teria de conferir uma tendência para o altruísmo seletivo em relação a indivíduos de tez muito pálida. Um gene com este duplo efeito poderia, caso existisse, ter grande sucesso na população.

É verdade que os genes podem ter efeitos múltiplos, como enfatizei no Capítulo 3. É teoricamente possível que surja um gene que confere uma “etiqueta” visível externamente — por exemplo, pele pálida, ou uma barba verde, ou qualquer outra característica conspícua — e também uma tendência para ser especialmente simpático para com os portadores dessa mesma etiqueta. É possível, mas não particularmente provável. A barba verde tem tanta probabilidade de estar associada a uma tendência para desenvolver unhas encravadas como a qualquer outro traço, e uma afeição por barbas verdes é tão suscetível de se associar a uma incapacidade de cheirar frésias como a qualquer outra característica. Não é muito provável que um único gene produza simultaneamente a etiqueta certa e o tipo certo de altruísmo. No entanto, o que se pode chamar o Efeito da Barba Verde Altruísta é uma possibilidade teórica.

Uma etiqueta arbitrária como uma barba verde é apenas uma forma pela qual um gene poderia “reconhecer” cópias de si mesmo noutros indivíduos. Existem outras formas? Uma forma particularmente direta possível é a seguinte. O possuidor de um gene altruísta poderia ser reconhecido simplesmente pelo facto de praticar atos altruístas. Um gene poderia prosperar na reserva genética se “disse” o equivalente de: “Corpo, se o A está a afogar-se ao tentar salvar outra pessoa, salta e salva o A.” A razão pela qual um gene assim poderia ser bem-sucedido é que há uma probabilidade acima da média de que A contenha o mesmo gene altruísta de salvação. O facto de A estar a tentar salvar outra pessoa constitui uma etiqueta, equivalente a uma barba verde. É menos arbitrária do que uma barba verde, mas ainda assim parece pouco plausível. Existirá alguma forma plausível de os genes “reconhecerem” as suas cópias noutros indivíduos?

A resposta é sim. É fácil demonstrar que parentes próximos — os chamados parentes de sangue — têm uma probabilidade acima da média de partilhar genes. Há muito que se compreende que esta deve ser a razão pela qual o altruísmo dos pais para com os filhos é tão comum. O que R. A. Fisher, J. B. S. Haldane e, especialmente, W. D. Hamilton perceberam foi que o mesmo se aplica a outros parentes próximos — irmãos e irmãs, sobrinhos e sobrinhas, primos chegados. Se um indivíduo morre para salvar dez parentes próximos, uma cópia do gene do altruísmo entre parentes pode ser perdida, mas um número maior de cópias do mesmo gene é preservado.

“Um número maior” é um pouco vago. E também o é “parentes próximos”. Podemos ser mais precisos, como demonstrou Hamilton. Os seus dois artigos de 1964 estão entre os contributos mais importantes alguma vez feitos à etologia social, e nunca consegui perceber por que foram tão negligenciados pelos etólogos (o seu nome nem sequer aparece no índice de dois manuais importantes de etologia, ambos publicados em 1970).¹ Felizmente, há sinais recentes de um renovado interesse pelas suas ideias. Os artigos de Hamilton são bastante matemáticos, mas é fácil apreender os princípios básicos de forma intuitiva, sem recurso a matemática rigorosa, ainda que com algum grau de simplificação. Aquilo que queremos calcular é a probabilidade — ou as probabilidades — de dois indivíduos, digamos duas irmãs, partilharem um determinado gene.

Para simplificar, assumirei que estamos a falar de genes raros na reserva genética como um todo.² A maioria das pessoas partilha “o gene para não ser albino”, estejam ou não aparentadas. A razão pela qual este gene é tão comum é que, na natureza, os albinos têm menor probabilidade de sobrevivência do que os não albinos porque, por exemplo, a luz do sol encandeia-os, tornando-os menos propensos a ver um predador que se aproxima. Não nos interessa aqui explicar a prevalência, na reserva genética, de genes manifestamente “bons”, como o gene para não ser albino. Interessa-nos explicar o sucesso dos genes especificamente em resultado do seu altruísmo. Podemos, por isso, assumir que, pelo menos nas fases iniciais deste processo evolutivo, esses genes são raros. O ponto importante é que, mesmo um gene raro na população em geral, é comum no seio de uma família. Eu contenho

diversos genes que são raros na população como um todo, e você também contém genes raros. A probabilidade de ambos contermos os mesmos genes raros é muito baixa. Mas as probabilidades são elevadas de que a minha irmã contenha um gene raro que eu possuo, e o mesmo se aplica à sua irmã em relação a si. Neste caso, a probabilidade é exatamente de 50 por cento, e é fácil compreender porquê.

Suponhamos que contém uma cópia do gene G. Deve tê-lo recebido ou do seu pai ou da sua mãe (para conveniência, podemos negligenciar várias possibilidades pouco frequentes — que o G seja uma nova mutação, que ambos os seus pais o tenham, ou que um dos seus pais tenha duas cópias do gene). Suponhamos que foi o seu pai que lhe deu o gene. Então, cada uma das suas células corporais continha uma cópia do G. Ora, quando um homem produz um espermatozoide, distribui aleatoriamente metade dos seus genes por ele. Há, portanto, uma probabilidade de 50 por cento de que o espermatozóide que originou a sua irmã tenha recebido o gene G. Se, por outro lado, recebeu o G da sua mãe, um raciocínio perfeitamente análogo mostra que metade dos seus óvulos deve ter contido o G; mais uma vez, a probabilidade de a sua irmã possuir o G é de 50 por cento. Isto significa que, se tivesse 100 irmãos e irmãs, aproximadamente 50 deles conteriam qualquer gene raro que você contivesse. Também significa que, se tiver 100 genes raros, aproximadamente 50 deles estarão presentes no corpo de qualquer um dos seus irmãos ou irmãs.

Pode fazer este tipo de cálculo para qualquer grau de parentesco que quiser. Uma relação importante é a entre pais e filhos. Se tem

uma cópia do gene H, a probabilidade de qualquer um dos seus filhos o possuir é de 50 por cento, porque metade das suas células sexuais contém o H, e cada filho foi gerado a partir de uma dessas células. Se tem uma cópia do gene J, a probabilidade de o seu pai também ter tido o J é de 50 por cento, porque recebeu metade dos seus genes dele e metade da sua mãe. Para facilitar, usamos um índice de parentesco, que expressa a probabilidade de um gene ser partilhado entre dois parentes. O grau de parentesco entre dois irmãos é de $\frac{1}{2}$, pois metade dos genes possuídos por um irmão estarão presentes no outro. Este é um valor médio: pela sorte do sorteio meiótico, é possível que pares específicos de irmãos partilhem mais ou menos genes do que esta média. O grau de parentesco entre pai e filho é sempre exatamente $\frac{1}{2}$.

É algo fastidioso repetir os cálculos a partir dos primeiros princípios sempre que necessário, por isso aqui vai uma regra prática e rápida para calcular o grau de parentesco entre dois indivíduos, A e B. Pode ser-lhe útil ao fazer o seu testamento, ou ao interpretar semelhanças aparentes na sua própria família. Esta regra funciona para todos os casos simples, mas falha quando ocorrem uniões incestuosas, e em certos insetos, como veremos.

Primeiro, identifique todos os antepassados comuns de A e B. Por exemplo, os antepassados comuns de um par de primos direitos são o avô e a avó que partilham. Uma vez encontrado um antepassado comum, é logicamente verdade que todos os seus antepassados também são comuns a A e B. Contudo, ignoramos todos exceto os antepassados comuns mais recentes. Neste

sentido, os primos diretos têm apenas dois antepassados comuns. Se B é um descendente direto de A, por exemplo seu bisneto, então o próprio A é o "antepassado comum" que procuramos.

Depois de localizados os antepassados comuns de A e B, conte a distância geracional da seguinte forma. Começando em A, suba na árvore genealógica até encontrar um antepassado comum, e depois desça até B. O número total de passos para cima e depois para baixo constitui a distância geracional. Por exemplo, se A é tio de B, a distância geracional é 3. O antepassado comum é o pai de A (digamos), que é também o avô de B. Começando em A, sobe-se uma geração para encontrar o antepassado comum. Depois, para chegar a B, desce-se duas gerações do outro lado. Portanto, a distância geracional é $1 + 2 = 3$.

Tendo encontrado a distância geracional entre A e B via um antepassado comum particular, calcule a parte do grau de parentesco pela qual esse antepassado é responsável. Para isso, multiplique $\frac{1}{2}$ por si próprio uma vez por cada passo da distância geracional. Se a distância geracional for 3, isso significa calcular $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$, ou seja, $\left(\frac{1}{2}\right)^3$. Se a distância geracional via um determinado antepassado for g passos, a porção de parentesco devida a esse antepassado é $\left(\frac{1}{2}\right)^g$.

Mas isto é apenas uma parte do grau de parentesco entre A e B. Se tiverem mais do que um antepassado comum, temos de somar o valor equivalente correspondente a cada um desses antepassados. É geralmente o caso que a distância geracional é a

mesma para todos os antepassados comuns de um par de indivíduos. Assim, depois de se ter calculado o grau de parentesco entre A e B devido a um dos antepassados, tudo o que é necessário fazer, na prática, é multiplicar esse valor pelo número de antepassados. Os primos direitos, por exemplo, têm dois antepassados comuns, e a distância geracional através de cada um é 4. Portanto, o seu grau de parentesco é $2x\left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{8}$. Se A for o bisneto de B, a distância geracional é 3 e o número de “antepassados” comuns é 1 (o próprio B), logo o grau de parentesco é $1x\left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$. Geneticamente falando, o seu primo direito é equivalente a um bisneto. Do mesmo modo, é tão provável que se “pareça” com o seu tio ($\text{grau de parentesco} = 2x\left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{4}$) como com o seu avô ($\text{grau de parentesco} = 1x\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$).

Para relações tão distantes quanto primos em terceiro grau ($2x\left(\frac{1}{2}\right)^8 = \frac{1}{128}$), estamos a aproximar-nos da probabilidade base de que um gene específico possuído por A seja partilhado por qualquer indivíduo aleatório da população. Um primo em terceiro grau é quase equivalente a qualquer fulano, sicrano ou beltrano, do ponto de vista de um gene altruísta. Um primo em segundo grau ($\text{grau de parentesco} = \frac{1}{32}$) é apenas um pouco mais especial; um primo em primeiro grau é um pouco mais ainda ($\frac{1}{8}$). Irmãos e irmãs completos, bem como pais e filhos, são muito especiais ($\frac{1}{2}$), e gémeos idênticos ($\text{grau de parentesco} = 1$) são tão especiais quanto

a própria pessoa. Tios e tias, sobrinhos e sobrinhas, avós e netos, e meios-irmãos têm um grau intermédio de parentesco de $\frac{1}{4}$.

Agora estamos em posição de falar sobre genes para o altruísmo entre parentes de forma muito mais precisa. Um gene que levasse alguém a salvar cinco primos de forma suicida não se tornaria mais frequente na população, mas um gene que levasse alguém a salvar cinco irmãos ou dez primos em primeiro grau, sim. O requisito mínimo para que um gene altruísta suicida tenha sucesso é que consiga salvar mais de dois irmãos (ou filhos ou pais), ou mais de quatro meios-irmãos (ou tios, tias, sobrinhos, sobrinhas, avós, netos), ou mais de oito primos em primeiro grau, etc. Tal gene, em média, tende a sobreviver nos corpos de indivíduos suficientes salvos pelo altruísta para compensar a morte do próprio altruísta.

Se um indivíduo pudesse ter a certeza de que uma determinada pessoa é seu gémeo idêntico, deveria preocupar-se com o bem-estar desse gémeo tanto quanto com o seu próprio. Qualquer gene de altruísmo entre gémeos está necessariamente presente em ambos; portanto, se um morresse heroicamente para salvar o outro, o gene sobreviveria. Os tatuos-de-nove-cintas nascem em ninhadas de quadrigémeos idênticos. Tanto quanto sei, não há registos de feitos heroicos de autossacrifício entre jovens tatuos, mas já foi salientado que se pode definitivamente esperar algum grau de altruísmo forte, e valeria a pena alguém ir até à América do Sul investigar.³

Podemos agora ver que o cuidado parental é apenas um caso especial de altruísmo entre parentes. Geneticamente falando, um adulto deveria dedicar tanto cuidado e atenção ao seu irmão bebé órfão como a um dos seus próprios filhos. O grau de parentesco com ambos os bebés é exatamente o mesmo: $\frac{1}{2}$.

Em termos de seleção génica, um gene para comportamento altruísta de irmã mais velha deveria ter exatamente a mesma probabilidade de se espalhar pela população que um gene para altruísmo parental. Na prática, isto é uma simplificação excessiva por várias razões que abordaremos mais adiante, e o cuidado entre irmãos ou irmãs está longe de ser tão comum na natureza quanto o cuidado parental. Mas o ponto que pretendo destacar aqui é que não há nada de especial, do ponto de vista genético, na relação pai/mãe-filho(a), em comparação com a relação entre irmãos. O facto de os pais transmitirem efetivamente genes aos filhos, enquanto as irmãs não transmitem genes entre si, é irrelevante, uma vez que ambas recebem réplicas idênticas dos mesmos genes dos mesmos pais.

Algumas pessoas utilizam o termo seleção por parentesco para distinguir este tipo de seleção natural da seleção de grupo (a sobrevivência diferencial de grupos) e da seleção individual (a sobrevivência diferencial de indivíduos). A seleção por parentesco explica o altruísmo dentro da família; quanto mais próxima a relação, mais forte a seleção. Não há nada de errado com este termo, mas infelizmente poderá ter de ser abandonado devido a recentes deturpações graves do seu significado, que provavelmente irão confundir os biólogos durante muitos anos. E. O. Wilson, na

sua de resto admirável obra *Sociobiology: The New Synthesis*, define a seleção por parentesco como um caso especial de seleção de grupo. Tem um diagrama que mostra claramente que a considera intermédia entre a “seleção individual” e a “seleção de grupo”, no sentido convencional — o sentido que utilizei no Capítulo 1. Ora, seleção de grupo — mesmo pela própria definição de Wilson — significa a sobrevivência diferencial de grupos de indivíduos. É verdade que, de certo modo, uma família é um tipo especial de grupo. Mas todo o argumento de Hamilton reside no facto de que a distinção entre família e não-família não é rígida, mas uma questão de probabilidade matemática. Não faz parte da teoria de Hamilton que os animais devam comportar-se altruisticamente com todos os “membros da família” e egoisticamente com todos os demais. Não existem linhas definitivas a separar família de não-família. Não temos de decidir se, por exemplo, primos em segundo grau devem ser considerados dentro ou fora do grupo familiar: simplesmente esperamos que primos em segundo grau tenham $\frac{1}{16}$ da probabilidade de receber altruísmo, comparativamente a descendentes diretos ou irmãos. A seleção por parentesco não é, de forma alguma, um caso especial de seleção de grupo.⁴ É uma consequência especial da seleção génica.

Existe uma falha ainda mais grave na definição de seleção de parentes proposta por Wilson. Ele exclui deliberadamente a descendência: os filhos não contam como parentes!⁵ Ora, é evidente que ele sabe perfeitamente que os filhos são parentes dos pais, mas prefere não invocar a teoria da seleção de parentes para explicar o cuidado altruísta dos pais para com os seus próprios filhos. Ele tem, evidentemente, todo o direito de definir um termo

como entender, mas esta é uma definição extremamente confusa, e espero que Wilson a altere em futuras edições do seu, com justiça, influente livro. Do ponto de vista genético, os cuidados parentais e o altruísmo entre irmãos evoluem exatamente pela mesma razão: em ambos os casos há uma boa probabilidade de que o gene altruísta esteja presente no corpo do beneficiário.

Pego indulgência ao leitor geral por esta pequena diatribe, e volto apressadamente ao fio principal da narrativa. Até agora, simplifiquei um pouco em demasia, e é altura de introduzir algumas qualificações. Falei em termos elementares de genes suicidas que salvam a vida de certos números de parentes com graus de parentesco precisamente conhecidos. Obviamente, na vida real, não se pode esperar que os animais contem exatamente quantos parentes estão a salvar, nem que realizem os cálculos de Hamilton nas suas cabeças — mesmo que tivessem forma de saber exatamente quem são os seus irmãos e primos. Na realidade, os suicídios certos e as “salvações” absolutas de vidas devem ser substituídas por riscos estatísticos de morte, tanto próprios como alheios. Mesmo um primo de terceiro grau pode valer a pena salvar, se o risco pessoal for muito pequeno. Por outro lado, tanto nós como o parente que estamos a pensar salvar acabaremos por morrer um dia. Cada indivíduo tem uma “expetativa de vida” que um atuário poderia calcular com certo grau de erro. Salvar a vida de um parente que está prestes a morrer de velhice tem menos impacto na reserva genética futura do que salvar a vida de um parente igualmente próximo que ainda tem pela frente a maior parte da sua vida.

Os nossos cálculos simétricos e ordenados de parentesco têm de ser modificados por ponderações atuariais bem mais desordenadas. Avós e netos têm, do ponto de vista genético, igual razão para se comportarem altruisticamente uns com os outros, dado que partilham $\frac{1}{4}$ dos seus genes. Mas se os netos tiverem uma expectativa de vida maior, os genes que favorecem o altruísmo do avô para o neto têm uma vantagem seletiva superior aos genes que promovem o altruísmo do neto para o avô. É perfeitamente possível que o benefício líquido de ajudar um parente distante mais jovem seja superior ao benefício líquido de ajudar um parente próximo mais velho. (Importa referir, incidentalmente, que não é necessariamente o caso de os avós terem uma expectativa de vida inferior à dos netos. Em espécies com uma taxa de mortalidade infantil elevada, o inverso pode ser verdadeiro.)

Em termos da analogia atuarial, os indivíduos podem ser vistos como subscritores de seguros de vida. Um indivíduo pode estar disposto a investir ou arriscar uma certa proporção dos seus próprios recursos na vida de outro indivíduo. Ele tem em conta a sua relação genética com o outro indivíduo, bem como se este é um “bom risco” em termos da sua esperança de vida comparada com a do segurador. Estritamente, deveríamos dizer “expectativa de reprodução” em vez de “esperança de vida”, ou, para sermos ainda mais rigorosos, “capacidade geral de beneficiar os próprios genes na expectativa futura”. Para que o comportamento altruísta evolua, o risco líquido para o altruísta deve ser menor do que o benefício líquido para o beneficiário multiplicado pela relação genética. Riscos e benefícios têm de ser calculados de forma complexa e atuarial, como já descrevi.

Mas que cálculo complicado esperar de uma pobre máquina de sobrevivência, especialmente feita à pressa!⁶ Mesmo o grande biólogo matemático J. B. S. Haldane (num artigo de 1955 em que antecipou Hamilton ao postular a propagação de um gene para salvar parentes próximos de afogamento) comentou: "... nas duas ocasiões em que tirei possíveis afogados da água (com um risco infinitesimal para mim) não tive tempo para fazer tais cálculos." Felizmente, porém, como Haldane bem sabia, não é necessário assumir que as máquinas de sobrevivência façam as contas conscientemente na cabeça. Tal como usamos uma régua de cálculo sem perceber que estamos, de facto, a usar logaritmos, também um animal pode estar programado de modo a comportar-se como se tivesse feito um cálculo complicado.

Isto não é tão difícil de imaginar quanto parece. Quando um homem atira uma bola para o ar e a apanha de novo, comporta-se como se tivesse resolvido um conjunto de equações diferenciais para prever a trajetória da bola. Ele pode nem saber ou importar-se com o que é uma equação diferencial, mas isso não afeta a sua destreza com a bola. A algum nível subconsciente, algo funcionalmente equivalente aos cálculos matemáticos está a acontecer. De modo semelhante, quando um homem toma uma decisão difícil, depois de pesar todos os prós e contras e todas as consequências que consegue imaginar, está a fazer o equivalente funcional a uma grande soma ponderada, como aquela que um computador poderia realizar.

Se quiséssemos programar um computador para simular uma máquina de sobrevivência a tomar decisões sobre se deve ou não

comportar-se altruisticamente, provavelmente procederíamos mais ou menos assim. Deveríamos fazer uma lista de todas as alternativas de comportamento que o animal poderia ter. Depois, para cada padrão comportamental alternativo, programaríamos um cálculo de soma ponderada. Todos os vários benefícios teriam sinal positivo; todos os riscos teriam sinal negativo; benefícios e riscos seriam ponderados multiplicando-os pelo índice apropriado de relação genética antes de serem somados. Para simplificar, poderíamos inicialmente ignorar outras ponderações, como idade e saúde. Como a “relação genética” de um indivíduo consigo próprio é 1 (isto é, ele tem 100% dos seus próprios genes — obviamente), riscos e benefícios para si mesmo não seriam de modo algum desvalorizados, mas teriam peso total no cálculo. A soma total para qualquer um dos padrões comportamentais alternativos seria algo assim: Benefício líquido do padrão comportamental = Benefício para si – Risco para si $+$ $\frac{1}{2}$ Benefício para irmão $-$ $\frac{1}{2}$ Risco para irmão $+$ $\frac{1}{2}$ Benefício para outro irmão $-$ $\frac{1}{2}$ Risco para outro irmão $+$ $\frac{1}{8}$ Benefício para primo em primeiro grau $-$ $\frac{1}{8}$ Risco para primo em primeiro grau $+$ $\frac{1}{2}$ Benefício para filho $-$ $\frac{1}{2}$ Risco para filho $+$ etc.

O resultado da soma será um número chamado pontuação líquida de benefício desse padrão de comportamento. De seguida, o animal-modelo calcula a soma equivalente para cada padrão de comportamento alternativo no seu repertório. Finalmente, escolhe executar o padrão de comportamento que apresentar a pontuação líquida de benefício mais elevada. Mesmo que todas as pontuações sejam negativas, ainda assim deverá escolher a ação com a pontuação mais alta — o menor dos males. Recorde-se que

qualquer ação positiva implica o consumo de energia e tempo, os quais poderiam ter sido usados noutras atividades. Se a inação se revelar como o "comportamento" com a pontuação líquida de benefício mais alta, o animal-modelo não fará nada.

Eis um exemplo extremamente simplificado, desta vez expresso sob a forma de um solilóquio subjetivo em vez de uma simulação computacional. Sou um animal que encontrou um grupo de oito cogumelos. Após considerar o seu valor nutricional, e subtrair algo devido ao ligeiro risco de serem venenosos, estimo que valem +6 unidades cada (as unidades são recompensas arbitrárias, como no capítulo anterior). Os cogumelos são tão grandes que só conseguiria comer três deles. Deverei informar mais alguém sobre a minha descoberta, emitindo um "chamamento alimentar"? Quem está ao alcance do som? O irmão B (o seu grau de parentesco comigo é $\frac{1}{2}$), o primo C (grau de parentesco = $\frac{1}{8}$) e D (sem relação particular: o seu grau de parentesco comigo é um número muito pequeno, que pode ser considerado zero para efeitos práticos). A pontuação líquida de benefício para mim, se me mantiver calado quanto à descoberta, será de +6 por cada um dos três cogumelos que como, ou seja, +18 no total. A minha pontuação líquida de benefício, caso emita o chamamento alimentar, exige um pequeno cálculo. Os oito cogumelos serão divididos equitativamente entre os quatro presentes. A recompensa direta por comer dois deles será de +6 por cada um, ou seja, +12 no total. Mas também receberei algum benefício adicional quando o meu irmão e o meu primo comerem dois cogumelos cada, devido aos genes que partilhamos. A pontuação final será $(1 \times 12) + \left(\frac{1}{2} \times 12\right) + \left(\frac{1}{8} \times 12\right) + (0 \times 12) = +19\frac{1}{2}$. A

pontuação líquida correspondente para o comportamento egoísta era +18: é uma decisão renhida, mas o veredito é claro. Devo emitir o chamamento alimentar; neste caso, o altruísmo da minha parte beneficiaria os meus genes egoístas.

Fiz a simplificação de assumir que o animal individual calcula o que é melhor para os seus genes. O que realmente acontece é que o reservatório genético vai-se enchendo de genes que influenciam os corpos de tal forma que estes se comportam como se tivessem feito tais cálculos.

Em qualquer dos casos, esse cálculo é apenas uma primeira aproximação muito preliminar daquilo que idealmente deveria ser. Ele ignora muitos fatores, incluindo a idade dos indivíduos em questão. Além disso, se acabei de fazer uma boa refeição, de modo que só tenho espaço para mais um cogumelo, o benefício líquido de emitir o chamamento alimentar será maior do que seria se eu estivesse faminto. Não há fim para os aperfeiçoamentos progressivos do cálculo que poderiam ser alcançados no melhor dos mundos possíveis. Mas a vida real não se vive no melhor dos mundos possíveis. Não podemos esperar que os animais reais tenham em conta até ao último detalhe ao tomarem uma decisão ótima. Teremos de descobrir, por observação e experimentação no estado selvagem, quão perto os animais reais efetivamente chegam de realizar uma análise custo-benefício ideal.

Só para nos tranquilizarmos e garantirmos que não fomos longe demais com exemplos subjetivos, voltemos brevemente à linguagem dos genes. Os corpos vivos são máquinas programadas

por genes que sobreviveram. Os genes que sobreviveram, fizeram-no em condições que tendiam, em média, a caracterizar o ambiente da espécie no passado. Portanto, as “estimativas” de custos e benefícios baseiam-se em “experiências” passadas, tal como acontece na tomada de decisões humanas. Contudo, experiência, neste caso, tem o significado especial de experiência genética ou, mais precisamente, das condições de sobrevivência dos genes no passado. (Dado que os genes também dotam as máquinas de sobrevivência da capacidade de aprender, algumas estimativas de custo-benefício poderiam, também, dizer-se baseadas na experiência individual.) Desde que as condições não mudem de forma demasiado drástica, as estimativas serão boas estimativas, e as máquinas de sobrevivência tenderão a tomar as decisões certas, em média. Se as condições mudarem radicalmente, as máquinas de sobrevivência tenderão a tomar decisões erradas, e os seus genes pagarão o preço. O mesmo acontece com decisões humanas baseadas em informação desatualizada: tendem a estar erradas.

As estimativas de grau de parentesco também estão sujeitas a erro e incerteza. Nos nossos cálculos excessivamente simplificados até agora, falámos como se as máquinas de sobrevivência soubessem quem está relacionado com elas e em que grau. Na vida real, tal conhecimento certo é ocasionalmente possível, mas, mais frequentemente, o parentesco só pode ser estimado como um valor médio. Por exemplo, suponhamos que A e B poderiam ser, com igual probabilidade, meio-irmãos ou irmãos completos. O seu grau de parentesco seria $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{2}$, mas como não sabemos se são meio-irmãos ou irmãos completos, o valor utilizável na prática é a média,

$\frac{3}{8}$. Se for certo que têm a mesma mãe, mas a probabilidade de terem o mesmo pai for apenas 1 em 10, então é 90 por cento certo que são meio-irmãos, e 10 por cento certo que são irmãos completos, e o grau efetivo de parentesco é $\frac{1}{10} \times \frac{1}{2} + \frac{9}{10} \times \frac{1}{4} = 0.275$.

Mas quando dizemos algo como «há 90 por cento de certeza de que isso é assim», a que «isso» nos estamos a referir? Queremos dizer que um naturalista humano, após um longo estudo de campo, está 90 por cento certo? Ou queremos dizer que os próprios animais estão 90 por cento certos? Com alguma sorte, estas duas hipóteses podem acabar por equivaler-se quase totalmente. Para percebermos isto, temos de considerar como é que os animais poderiam realmente proceder para estimar quem são os seus parentes próximos.⁷

Sabemos quem são os nossos parentes porque nos é dito, porque lhes damos nomes, porque existem casamentos formais e porque temos registos escritos e boa memória. Muitos antropólogos sociais dedicam-se intensamente ao estudo do «parentesco» nas sociedades que investigam. Não se referem ao parentesco genético real, mas antes a ideias subjetivas e culturais de parentesco. Os costumes humanos e os rituais tribais dão frequentemente grande ênfase ao parentesco; o culto dos antepassados é comum, as obrigações e lealdades familiares dominam grande parte da vida. As disputas de sangue e as guerras entre clãs são facilmente interpretáveis à luz da teoria genética de Hamilton. Os tabus contra o incesto testemunham a grande consciência de parentesco no ser humano, embora a vantagem genética de um tabu contra o incesto

nada tenha a ver com altruísmo; estará presumivelmente relacionada com os efeitos nefastos de genes recessivos que se manifestam na consanguinidade. (Por alguma razão, muitos antropólogos não gostam desta explicação.)⁸

Como poderiam os animais selvagens «saber» quem são os seus parentes, ou, por outras palavras, que regras comportamentais poderiam seguir que tivessem o efeito indireto de dar a impressão de que conhecem o parentesco? A regra «sê simpático para com os teus parentes» levanta imediatamente a questão de como, na prática, se reconhecem os parentes. Os animais têm de receber dos seus genes uma regra simples de ação, uma regra que não envolva uma cognição omnisciente do propósito final dessa ação, mas que, mesmo assim, funcione — pelo menos em condições médias. Nós, humanos, estamos familiarizados com regras, e elas são tão poderosas que, se formos mentecaptos, obedecemos à própria regra mesmo quando conseguimos ver perfeitamente que não nos está a trazer nenhum benefício — nem a nós, nem a mais ninguém. Por exemplo, alguns judeus ortodoxos e muçulmanos prefeririam morrer de fome a quebrar a sua regra contra o consumo de carne de porco. Que regras práticas simples poderiam os animais seguir que, em condições normais, tivessem o efeito indireto de beneficiar os seus parentes próximos?

Se os animais tivessem tendência a comportar-se altruisticamente para com indivíduos que se lhes assemelhassem fisicamente, poderiam, indiretamente, estar a beneficiar os seus parentes. Muito dependeria dos detalhes da espécie em questão. De qualquer modo, tal regra apenas conduziria a decisões “certas”

num sentido estatístico. Se as condições mudassem, por exemplo, se uma espécie comesse a viver em grupos muito maiores, isso poderia levar a decisões erradas. É concebível que o preconceito racial possa ser interpretado como uma generalização irracional de uma tendência, selecionada por parentesco, para nos identificarmos com indivíduos fisicamente semelhantes a nós, e para sermos hostis a indivíduos de aparência diferente.

Numa espécie cujos membros não se deslocam muito, ou cujos membros se movem em pequenos grupos, a probabilidade de qualquer indivíduo aleatório com quem se depare ser parente próximo pode ser elevada. Nesse caso, a regra "Sê gentil com qualquer membro da espécie que encontres" poderia ter valor de sobrevivência positivo, no sentido de que um gene que predisponha os seus possuidores a obedecer a essa regra poderá tornar-se mais numeroso no reservatório genético. Isto pode explicar por que é que o comportamento altruísta é frequentemente reportado em bandos de macacos e cardumes de baleias. As baleias e os golfinhos afogam-se se não conseguirem vir à superfície respirar. Foram observados casos de crias e de indivíduos feridos que não conseguiam nadar até à superfície a serem socorridos e sustentados por companheiros do grupo. Não se sabe se as baleias possuem formas de reconhecer os seus parentes próximos, mas é possível que isso não seja importante. Pode dar-se o caso de a probabilidade global de um membro aleatório do grupo ser um parente ser tão elevada que o altruísmo compensa o custo. A propósito, há pelo menos um caso bem autenticado de um nadador humano em risco de afogamento que foi salvo por um golfinho selvagem. Tal poderia ser considerado um disparo incorreto da regra de salvar membros

do grupo que se estejam a afogar. A “definição” dessa regra poderá ser algo como: ‘Uma coisa longa, a agitar-se e a sufocar perto da superfície.’”

Foi relatado que babuíños machos adultos arriscam a vida para defender o restante grupo contra predadores como os leopardos. É bastante provável que qualquer macho adulto tenha, em média, um número considerável de genes investidos noutros membros do grupo. Um gene que “diga”, efetivamente, “Corpo, se fores um macho adulto, defende o grupo contra leopardos”, poderá tornar-se mais numeroso no reservatório genético. Antes de abandonar este exemplo frequentemente citado, é justo acrescentar que pelo menos uma autoridade respeitada relatou factos bastante diferentes. Segundo ela, os machos adultos são os primeiros a desaparecer do horizonte quando aparece um leopardo.

Os pintainhos alimentam-se em ninhadas familiares, todos a seguir a mãe. Têm dois chamamentos principais. Para além do piar alto e estridente que já referi, emitem trinados curtos e melodiosos enquanto se alimentam. Os pios agudos, que têm o efeito de chamar a atenção da mãe, são ignorados pelos outros pintainhos. Os trinados, contudo, são atrativos para os outros pintainhos. Isto significa que, quando um pintainho encontra comida, os seus trinados atraem os outros pintainhos para a mesma: nos termos do exemplo hipotético anterior, os trinados são “chamadas alimentares”. Tal como nesse caso, o aparente altruísmo dos pintainhos pode ser facilmente explicado pela seleção de parentesco. Como, na natureza, os pintainhos são todos irmãos e irmãs, um gene para emitir o trinado alimentar propagar-se-á,

desde que o custo para o que trinou seja inferior a metade do benefício líquido para os outros pintainhos. Dado que o benefício é repartido por toda a ninhada, que normalmente tem mais de dois membros, não é difícil imaginar esta condição a ser satisfeita. Claro que a regra falha em situações domésticas ou agrícolas, quando uma galinha é forçada a chocar ovos que não são seus, incluindo ovos de perus ou patos. Mas nem a galinha nem os seus pintainhos podem ser responsabilizados por isso. O seu comportamento foi moldado pelas condições que normalmente prevalecem na natureza, e na natureza não se encontram normalmente estranhos no ninho.

Erros deste tipo podem, contudo, ocorrer ocasionalmente na natureza. Em espécies que vivem em bandos ou tropas, uma cria órfã pode ser adotada por uma fêmea estranha, muito provavelmente uma que tenha perdido a sua própria cria. Os observadores de macacos usam, por vezes, o termo “tia” para designar uma fêmea adotiva. Na maioria dos casos, não há provas de que ela seja realmente uma tia, ou sequer algum tipo de parente: se os observadores de macacos fossem tão conscientes da genética como poderiam ser, não usariam de forma tão acrítica uma palavra tão importante como “tia”. Na maioria dos casos, devemos provavelmente encarar a adoção, por mais comovente que possa parecer, como um disparo incorreto de uma regra inata. Isto porque a fêmea generosa não está a fazer nenhum bem aos seus próprios genes ao cuidar do órfão. Está a desperdiçar tempo e energia que poderia investir na vida dos seus próprios parentes, particularmente em futuros filhos. Presume-se que é um erro que ocorre com tão pouca frequência que a seleção natural não se “incomodou” em

alterar a regra, tornando o instinto maternal mais seletivo. A propósito, em muitos casos essas adoções não ocorrem, e o órfão é deixado a morrer.

Há um exemplo de erro tão extremo que se poderá preferir considerá-lo não como um erro, mas como uma prova contra a teoria do gene egoísta. É o caso de mães macacas enlutadas que foram vistas a roubar uma cria a outra fêmea e a cuidar dela. Vejo isto como um duplo erro, pois a adotante não só desperdiça o seu próprio tempo, como também liberta uma fêmea rival do fardo de cuidar da cria, permitindo-lhe ter outra mais rapidamente. Parece-me um exemplo crítico que merece uma investigação rigorosa. Precisamos de saber com que frequência isto acontece; qual a consanguinidade média provável entre a adotante e a cria; e qual é a atitude da verdadeira mãe da cria — afinal, é do seu interesse que a sua cria seja adotada; será que as mães tentam deliberadamente enganar fêmeas jovens e ingênuas para que adotem os seus filhos? (Foi também sugerido que as adotantes e raptoras possam beneficiar ao ganhar prática útil na arte de cuidar de crias.)

Um exemplo de um disparo incorreto do instinto maternal deliberadamente explorado é dado pelos cucos e outros “parasitas de ninhada” — aves que põem os seus ovos no ninho de outrem. Os cucos exploram a regra inata dos progenitores: “Sê gentil com qualquer ave pequena sentada no ninho que construístes.” Excetuando os cucos, esta regra terá normalmente o efeito desejado de restringir o altruísmo aos parentes imediatos, pois acontece que os ninhos são tão isolados entre si que os conteúdos do seu próprio ninho serão quase certamente os seus próprios

filhotes. As gaivotas-adultas não reconhecem os seus próprios ovos e sentam-se alegremente em ovos de outras gaivotas, e até em toscas réplicas de madeira se estas forem colocadas por um experimentador humano. Na natureza, o reconhecimento dos ovos não é importante para as gaivotas, porque os ovos não rolam o suficiente para alcançar os ninhos vizinhos, a alguns metros de distância. As gaivotas, contudo, reconhecem as suas crias: as crias, ao contrário dos ovos, deambulam, e podem facilmente acabar perto do ninho de um adulto vizinho, frequentemente com resultados fatais, como vimos no Capítulo 1.

Os tordos-marinheiros, por outro lado, reconhecem os seus próprios ovos pelo padrão de manchas e discriminam ativamente a favor deles quando os incubam. Presume-se que isso se deve ao facto de nidificarem em rochedos planos, onde há perigo de os ovos rolarem e se confundirem. Agora, poder-se-ia perguntar, por que se dão ao trabalho de discriminar e sentar-se apenas sobre os seus próprios ovos? Afinal, se cada uma garantisse chocar um ovo, não importaria se era seu ou não. Este é o argumento de um defensor da seleção de grupo. Consideremos o que aconteceria se tal círculo de baby-sitting* coletivo se desenvolvesse. O tamanho médio da ninhada dos tordos-marinheiros é um. Isto significa que, para que o sistema de baby-sitting funcione com sucesso, cada adulto teria de chocar, em média, um ovo. Agora, suponha-se que alguém burlava o sistema, recusando-se a chocar um ovo. Em vez de perder tempo a chocar, poderia dedicar-se a pôr mais ovos. E o mais vantajoso

* baby-sitting: comportamentos em que indivíduos de um grupo cuidam das crias de outros.

neste esquema é que os outros adultos, mais altruístas, cuidariam deles por ela. Continuariam a obedecer fielmente à regra: “Se vires um ovo estranho perto do teu ninho, puxa-o para dentro e senta-te sobre ele.” Assim, o gene da burla propagar-se-ia na população, e o amigável sistema de baby-sitting entraria em colapso.

“Bem”, poderá dizer-se, “e se as aves honestas reagissem recusando-se a ser chantageadas e decidissem firmemente chocar apenas um ovo e só um ovo? Isso travaria os burlões, pois veriam os seus próprios ovos abandonados nas rochas sem incubação. Isso deveria pô-los na linha.” Infelizmente, não resultaria. Supondo que os que chocam não distinguem os ovos uns dos outros, se os honestos aplicassem esse plano de resistência, os ovos que ficariam por chocar seriam tão provavelmente seus como dos burlões. Os burlões continuariam a ter vantagem, porque colocariam mais ovos e teriam mais descendentes sobreviventes. A única forma de uma ave honesta vencer os burlões seria discriminar ativamente a favor dos seus próprios ovos. Ou seja, deixar de ser altruísta e cuidar dos seus próprios interesses.

Usando a linguagem de Maynard Smith, a “estratégia” altruísta da adoção não é uma estratégia evolutivamente estável. É instável no sentido de que pode ser ultrapassada por uma estratégia egoísta rival que consista em pôr mais ovos do que a média e depois recusar-se a chocá-los. Esta última estratégia egoísta, por sua vez, é instável, pois explora uma estratégia altruísta que também é instável e desaparecerá. A única estratégia evolutivamente estável para um tordo-marinho é reconhecer o seu próprio ovo e chocá-lo exclusivamente — e é exatamente isso que acontece.

As espécies de aves canoras parasitadas por cucos contra-atacaram, não neste caso aprendendo a aparência dos seus próprios ovos, mas discriminando instintivamente a favor de ovos com as marcas típicas da sua espécie. Como não correm o risco de serem parasitadas por membros da sua própria espécie, esta estratégia é eficaz.⁹ Mas os cucos retaliaram, por sua vez, tornando os seus ovos cada vez mais semelhantes aos da espécie hospedeira em cor, tamanho e padrões de marcação. Este é um exemplo de uma mentira — e muitas vezes resulta. O resultado desta corrida armamentista evolutiva foi uma perfeição notável na mímica por parte dos ovos do cuco. Podemos supor que uma parte dos ovos e crias de cuco são “descobertos”, e os que não são descobertos são os que sobrevivem para pôr a próxima geração de ovos. Assim, genes para uma mentira mais eficaz espalham-se pelo campo genético dos cucos. Do mesmo modo, as aves hospedeiras com olhos suficientemente aguçados para detetar qualquer imperfeição na imitação dos ovos do cuco são as que mais contribuem para o seu próprio campo genético. Assim, olhos críticos e cétricos são transmitidos à geração seguinte. Este é um bom exemplo de como a seleção natural pode aguçar a capacidade de discriminação ativa — neste caso, uma discriminação contra outra espécie cujos membros tudo fazem para ludibriar os discriminadores.

Voltemos agora à comparação entre a “estimativa” que um animal faz do seu grau de parentesco com outros membros do grupo, e a estimativa correspondente feita por um naturalista de campo experiente. Brian Bertram passou muitos anos a estudar a biologia dos leões no Parque Nacional do Serengeti. Com base no seu conhecimento dos hábitos reprodutivos destes animais, estimou

o grau médio de parentesco entre indivíduos de um bando típico. Os factos em que baseia as suas estimativas são, por exemplo, os seguintes: um bando típico consiste em sete fêmeas adultas, que são os membros mais permanentes, e dois machos adultos, que são itinerantes. Cerca de metade das fêmeas adultas dão à luz ao mesmo tempo e criam as suas crias em conjunto, sendo difícil distinguir a qual mãe pertence cada cria. O número típico de crias por ninhada é três. A paternidade das ninhadas é repartida igualmente entre os dois machos adultos do grupo. As fêmeas jovens permanecem no bando e substituem as fêmeas mais velhas que morrem ou partem. Os machos jovens são expulsos quando atingem a adolescência. Quando atingem a maturidade, vagueiam de bando em bando em pares ou pequenos grupos aparentados, sendo improvável que regressem à sua família original.

Com estas e outras suposições, torna-se possível calcular um valor médio para o parentesco entre dois indivíduos de um bando típico de leões. Bertram chega a um valor de 0,22 para um par aleatório de machos, e 0,15 para um par de fêmeas. Ou seja, os machos dentro de um bando são, em média, ligeiramente menos próximos do que meios-irmãos, e as fêmeas ligeiramente mais próximas do que primas direitas.

É claro que qualquer par de indivíduos em particular pode ser de irmãos completos, mas Bertram não tem forma de saber isso — e é de supor que os próprios leões também não saibam. Por outro lado, os valores médios estimados por Bertram estão, num certo sentido, acessíveis aos próprios leões. Se estes valores forem realmente típicos para um bando médio de leões, então qualquer

gene que predisponha os machos a comportarem-se com outros machos como se fossem quase meios-irmãos terá um valor de sobrevivência positivo. Qualquer gene que exagere e leve os machos a comportarem-se de forma demasiado amigável, como se fossem irmãos completos, será, em média, penalizado, tal como um gene que leve a um comportamento demasiado distante, como se fossem primos em segundo grau. Se os factos da vida dos leões forem como Bertram descreve — e, tão importante quanto isso, se o forem há um número elevado de gerações — então é de esperar que a seleção natural favoreça um grau de altruísmo apropriado ao grau médio de parentesco num bando típico. Era isto que queria dizer quando afirmei que as estimativas de parentesco feitas por um animal e por um bom naturalista podiam acabar por ser bastante semelhantes.¹⁰

Concluimos, portanto, que o parentesco “verdadeiro” pode ser menos importante na evolução do altruísmo do que a melhor estimativa de parentesco que um animal consiga obter. Este facto é provavelmente uma chave para compreender por que é que os cuidados parentais são muito mais comuns e intensos do que o altruísmo entre irmãos, e também por que é que os animais podem valorizar-se mais a si próprios do que a vários irmãos. Em resumo, o que estou a dizer é que, além do índice de parentesco, devemos considerar algo como um índice de “certeza”. Embora a relação genética entre pais e filhos não seja mais próxima do que entre irmãos, o grau de certeza dessa relação é maior. É normalmente muito mais fácil ter a certeza de quem são os seus filhos do que de quem são os seus irmãos. E é-se ainda mais certo de quem se é a si próprio!

Considerámos os traidores entre os araus, e falaremos ainda mais de mentirosos, burlões e exploradores nos capítulos seguintes. Num mundo onde os indivíduos estão constantemente atentos a oportunidades de explorar o altruísmo favorecido pelo parentesco, e usá-lo em benefício próprio, uma máquina de sobrevivência tem de considerar em quem pode confiar, de quem pode realmente ter certeza. Se B é realmente meu irmão bebé, então devo cuidar dele até metade do que cuidaria de mim próprio — e tanto quanto cuidaria do meu próprio filho. Mas posso estar tão certo dele como do meu próprio filho? Como sei que ele é mesmo meu irmão?

Se C for meu gémeo idêntico, então deveria cuidar dele duas vezes mais do que cuidaria de qualquer dos meus filhos; de facto, deveria valorizar a sua vida tanto quanto a minha.¹¹ Mas posso confiar nele? É verdade que se parece comigo, mas talvez partilhemos apenas os genes responsáveis pelos traços faciais. Não, não vou sacrificar a minha vida por ele, porque, embora seja possível que ele carregue 100% dos meus genes, eu sei com absoluta certeza que eu próprio carrego 100% dos meus genes — logo, eu valho mais para mim do que ele. Eu sou o único indivíduo em quem qualquer um dos meus genes egoístas pode confiar plenamente. E embora idealmente um gene para o egoísmo individual possa ser substituído por um gene rival que promova o salvamento altruísta de pelo menos um gémeo idêntico, dois filhos ou irmãos, ou pelo menos quatro netos, etc., o gene para o egoísmo individual tem a enorme vantagem da certeza de identidade individual. O gene rival do altruísmo de parentesco corre o risco de cometer erros de identificação — seja de forma accidental ou deliberadamente provocada por impostores e parasitas. Por

consequente, devemos esperar encontrar um grau de egoísmo individual na natureza superior ao que seria previsto apenas com base em considerações de parentesco genético.

Em muitas espécies, a mãe pode ter mais certeza da sua descendência do que o pai. A mãe põe o ovo visível e palpável, ou dá à luz a criança. Tem grandes probabilidades de saber com certeza quem carrega os seus genes. O pobre pai é muito mais vulnerável à ilusão. É de esperar, portanto, que os pais invistam menos esforço no cuidado da prole do que as mães. Veremos que há outras razões para esperar o mesmo, no capítulo sobre a Batalha dos Sexos (Capítulo 9). Do mesmo modo, as avós maternas podem ter mais certeza dos seus netos do que as avós paternas, e poderão, portanto, mostrar mais altruísmo do que estas. Isto porque podem ter certeza dos filhos da sua filha, enquanto o filho pode ter sido enganado. Os avós maternos são tão certos dos seus netos quanto as avós paternas, já que ambos contam com uma geração de certeza e outra de incerteza. De igual modo, os tios do lado materno deverão preocupar-se mais com o bem-estar dos sobrinhos do que os tios do lado paterno, e em geral deverão ser tão altruístas quanto as tias. De facto, numa sociedade com elevado grau de infidelidade conjugal, os tios maternos deveriam ser mais altruístas do que os “pais”, pois têm mais razões para acreditar no seu parentesco com a criança. Sabem que a mãe da criança é, pelo menos, sua meia-irmã. O “pai legal” não sabe nada. Desconheço se existe alguma evidência que sustente estas previsões, mas lanço-as na esperança de que alguém as encontre — ou que comece a procurá-las. Em particular, talvez os antropólogos sociais tenham algo de interessante a dizer.¹²

Regressando ao facto de o altruísmo parental ser mais comum do que o altruísmo fraternal, parece razoável explicá-lo em termos do “problema de identificação”. Mas isso não explica a assimetria fundamental da relação entre pais e filhos. Os pais cuidam mais dos filhos do que os filhos cuidam dos pais, embora a relação genética seja simétrica e o grau de certeza da ligação seja igual nos dois sentidos. Uma das razões é que os pais estão numa melhor posição prática para ajudar os filhos, sendo mais velhos e mais competentes na arte de viver. Mesmo que um bebé quisesse alimentar os pais, não estaria praticamente equipado para isso.

Há outra assimetria na relação entre pais e filhos que não se aplica à relação entre irmãos. Os filhos são sempre mais novos do que os pais. Isto muitas vezes, embora não sempre, significa que têm uma maior esperança de vida. Como referi acima, a expectativa de vida é uma variável importante que, no melhor dos mundos possíveis, deve entrar no “cálculo” de um animal quando “decide” se deve ou não comportar-se de forma altruísta. Numa espécie em que os filhos têm uma esperança média de vida maior do que os pais, qualquer gene que favoreça o altruísmo dos filhos estará em desvantagem. Estaria a promover o sacrifício altruísta em benefício de indivíduos mais próximos da morte por velhice do que o próprio altruísta. Um gene que favoreça o altruísmo dos pais, pelo contrário, teria uma vantagem correspondente, no que toca aos termos de esperança de vida envolvidos na equação.

Por vezes ouve-se dizer que a seleção de parentesco é uma boa teoria, mas que há poucos exemplos do seu funcionamento na prática. Esta crítica só pode ser feita por alguém que não

compreende o que significa seleção de parentesco. A verdade é que todos os exemplos de proteção da prole e de cuidados parentais, e todos os órgãos corporais associados — glândulas mamárias, bolsas de canguru, e por aí fora — são exemplos da aplicação do princípio da seleção de parentesco na natureza. Os críticos, é claro, estão familiarizados com a existência generalizada de cuidados parentais, mas não compreendem que os cuidados parentais são tanto um exemplo de seleção de parentesco quanto o altruísmo entre irmãos. Quando dizem que querem exemplos, o que querem na verdade são exemplos que não sejam de cuidados parentais — e é verdade que tais exemplos são menos comuns. Sugeri razões pelas quais isso poderá acontecer. Poderia fazer um esforço e citar exemplos de altruísmo entre irmãos — na realidade, há bastantes. Mas não quero fazê-lo, porque isso reforçaria a ideia errada (favorita, como vimos, de Wilson) de que a seleção de parentesco se refere especificamente a relações que não a de pais e filhos.

A razão pela qual este erro surgiu é em grande parte histórica. A vantagem evolutiva dos cuidados parentais é tão óbvia que não foi preciso esperar por Hamilton para que fosse apontada. Foi compreendida desde Darwin. Quando Hamilton demonstrou a equivalência genética de outras relações, e a sua importância evolutiva, teve naturalmente de dar ênfase a essas outras relações. Em particular, tirou exemplos de insetos sociais como formigas e abelhas, onde a relação entre irmãs é particularmente importante, como veremos num capítulo posterior. Já ouvi até dizer que pensavam que a teoria de Hamilton se aplicava apenas aos insetos sociais!

Se alguém não quiser admitir que os cuidados parentais são um exemplo da seleção de parentesco em ação, então recai sobre essa pessoa o ônus de formular uma teoria geral da seleção natural que preveja o altruísmo parental, mas que não preveja o altruísmo entre parentes colaterais. Creio que tal tentativa falhará.

CAPÍTULO 7

Planeamento Familiar

É fácil perceber por que motivo algumas pessoas quiseram separar o cuidado parental dos outros tipos de altruísmo favorecido por parentesco. O cuidado parental parece ser uma parte integrante da reprodução, enquanto, por exemplo, o altruísmo para com um sobrinho não o é. Penso que há aqui, de facto, uma distinção importante, mas que as pessoas interpretaram mal qual ela é. Colocaram a reprodução e o cuidado parental de um lado, e os outros tipos de altruísmo do outro. Mas eu gostaria de fazer uma distinção entre trazer novos indivíduos ao mundo, por um lado, e cuidar dos indivíduos já existentes, por outro. Chamarei a estas duas atividades, respetivamente, dar à luz e cuidar. Uma máquina de sobrevivência individual tem de tomar dois tipos bastante diferentes de decisões: decisões de cuidar e decisões de procriar. Uso a palavra decisão para significar uma jogada estratégica inconsciente. As decisões de cuidar têm esta forma: "Há uma criança; o seu grau de parentesco comigo é tal; as suas probabilidades de morrer se eu não a alimentar são tais; devo alimentá-la?" As decisões de procriar, por outro lado, são do tipo: "Devo tomar as medidas necessárias para trazer um novo indivíduo ao mundo? Devo reproduzir-me?" Até certo ponto, cuidar e procriar competem inevitavelmente entre si pelo tempo e pelos outros

recursos do indivíduo: este pode ter de fazer uma escolha — “Devo cuidar desta criança ou gerar uma nova?”

Dependendo dos detalhes ecológicos da espécie, várias combinações de estratégias de cuidar e de procriar podem ser evolutivamente estáveis. A única coisa que não pode ser evolutivamente estável é uma estratégia puramente dedicada ao cuidado. Se todos os indivíduos se dedicassem exclusivamente a cuidar de crianças já existentes, ao ponto de nunca trazerem novas ao mundo, a população seria rapidamente invadida por mutantes especializados na procriação. O cuidar só pode ser evolutivamente estável como parte de uma estratégia mista — é necessário que ocorra, pelo menos, alguma procriação.

As espécies com que estamos mais familiarizados — mamíferos e aves — tendem a ser grandes cuidadoras. Uma decisão de gerar uma nova criança é geralmente seguida por uma decisão de cuidar dela. É por o procriar e o cuidar andarem tão frequentemente juntos, na prática, que as pessoas confundiram as duas coisas. Mas, do ponto de vista dos genes egoístas, como vimos, não há distinção de princípio entre cuidar de um irmão bebé e cuidar de um filho bebé. Ambos os infantes têm o mesmo grau de parentesco consigo. Se tiver de escolher entre alimentar um ou outro, não há nenhuma razão genética para preferir o seu próprio filho. Mas, por outro lado, não pode, por definição, gerar um irmão bebé. Só pode cuidar dele depois de alguém o ter trazido ao mundo. No capítulo anterior, vimos como é que as máquinas de sobrevivência individuais, idealmente, deveriam decidir se devem comportar-se de forma altruísta para com outros indivíduos já existentes. Neste capítulo,

veremos como deverão decidir se devem trazer novos indivíduos ao mundo.

É sobre esta questão que tem girado, sobretudo, a polémica em torno da “seleção de grupo”, mencionada no Capítulo 1. Isto porque Wynne-Edwards, que tem sido o principal responsável por divulgar a ideia de seleção de grupo, fê-lo no contexto de uma teoria da “regulação populacional”¹. Sugeriu que os animais, deliberada e altruisticamente, reduzem as suas taxas de natalidade para o bem do grupo como um todo.

Esta é uma hipótese bastante apelativa, porque se encaixa perfeitamente com aquilo que os seres humanos deveriam fazer. A humanidade está a ter filhos a mais. O tamanho da população depende de quatro fatores: nascimentos, mortes, imigrações e emigrações. Considerando a população mundial como um todo, as imigrações e emigrações não se aplicam, restando-nos os nascimentos e as mortes. Enquanto o número médio de filhos por casal for superior a dois (sobrevivendo até à idade reprodutiva), o número de bebés tenderá a aumentar de forma cada vez mais acelerada ao longo dos anos. Em cada geração, a população, em vez de crescer por uma quantidade fixa, aumenta antes numa proporção fixa do tamanho já alcançado. E como esse tamanho está também a crescer, o tamanho do incremento torna-se maior. Se este tipo de crescimento continuar sem controlo, uma população alcançaria proporções astronómicas surpreendentemente depressa.

Aliás, algo que por vezes nem mesmo as pessoas preocupadas com os problemas populacionais compreendem, é que o

crescimento da população depende não só do número de filhos, mas também da altura em que estes são tidos. Como as populações tendem a crescer a uma certa proporção por geração, segue-se que, se espaçar mais as gerações, a taxa de crescimento anual da população será mais lenta. Faixas que digam “Fiquem-se por Dois” poderiam, com a mesma eficácia, dizer “Comecem aos Trinta”! Mas, em qualquer caso, o crescimento populacional acelerado anuncia sérios problemas.

Provavelmente todos já vimos os cálculos surpreendentes usados para ilustrar este ponto. Por exemplo, a atual população da América Latina ronda os 300 milhões, e já muitos estão subnutridos. Mas, se a população continuasse a crescer à taxa atual, levaria menos de 500 anos a atingir o ponto em que as pessoas, em pé, formariam um tapete humano sólido por toda a extensão do continente. E isto assumindo que seriam muito magras — uma suposição não irrealista. Daqui a mil anos, estariam empoleiradas umas sobre os ombros das outras, mais de um milhão de camadas de profundidade. Em dois mil anos, a montanha de pessoas, expandindo-se à velocidade da luz, teria alcançado os limites do universo conhecido.

Não lhe escapará que este é um cálculo hipotético! Não vai realmente acontecer assim, por muito boas razões práticas. Os nomes de algumas dessas razões são fome, peste e guerra; ou, com sorte, controlo da natalidade. Não vale a pena confiar nos avanços da ciência agrícola — “revoluções verdes” e afins. Os aumentos na produção de alimentos podem atenuar temporariamente o problema, mas é matematicamente certo que

não podem ser uma solução a longo prazo; na verdade, tal como os avanços médicos que precipitaram a crise, podem até piorar o problema, ao acelerar o ritmo da expansão populacional. É uma simples verdade lógica que, salvo emigração em massa para o espaço — com foguetões a partir à razão de vários milhões por segundo —, taxas de natalidade descontroladas hão-de conduzir inevitavelmente a taxas de mortalidade horripelantemente elevadas. Custa a crer que esta verdade simples não seja compreendida pelos líderes que proíbem os seus seguidores de usarem métodos contraceptivos eficazes. Eles exprimem preferência por métodos “naturais” de limitação da população, e é precisamente isso que vão obter. Chama-se fome.

Mas, claro, o mal-estar que tais cálculos a longo prazo provocam baseia-se na preocupação com o bem-estar futuro da nossa espécie como um todo. Os humanos (alguns deles) têm a capacidade consciente de prever as consequências desastrosas da sobrepopulação. É pressuposto básico deste livro que as máquinas de sobrevivência, em geral, são guiadas por genes egoístas, os quais, com toda a certeza, não podem ser esperados a prever o futuro, nem a ter no coração o bem da espécie como um todo. É aqui que Wynne-Edwards se afasta da teoria evolucionista ortodoxa. Ele pensa que existe uma maneira pela qual o verdadeiro controlo altruísta da natalidade pode evoluir.

Um ponto que não é enfatizado nos escritos de Wynne-Edwards, nem na popularização que Ardrey faz das suas ideias, é que há um vasto corpo de factos consensuais que não estão em disputa. É um facto óbvio que as populações de animais selvagens não crescem

às taxas astronómicas de que são teoricamente capazes. Por vezes, essas populações mantêm-se relativamente estáveis, com taxas de nascimento e de morte a equilibrar-se. Em muitos casos — os lemingues sendo um exemplo famoso —, a população flutua amplamente, com explosões violentas alternadas com colapsos e quase extinção. Por vezes, o resultado é a extinção completa, pelo menos da população numa área local. Em certos casos, como no do lince-do-Canadá — em que as estimativas são feitas com base nos números de peles vendidas pela Companhia da Baía de Hudson ao longo dos anos —, a população parece oscilar ritmicamente. A única coisa que as populações animais não fazem é crescer indefinidamente.

Os animais selvagens quase nunca morrem de velhice: fome, doença ou predadores apanham-nos muito antes de se tornarem verdadeiramente senis. Até há pouco tempo, isto também era verdade para o homem. A maioria dos animais morre na infância; muitos nunca chegam sequer a sair do ovo. A fome e outras causas de morte são as razões últimas pelas quais as populações não podem crescer indefinidamente. Mas, como vimos no caso da nossa própria espécie, não há nenhuma razão necessária para que isso tenha de acontecer. Se os animais simplesmente regulassem as suas taxas de natalidade, a fome nunca teria de ocorrer. É precisamente essa a tese de Wynne-Edwards: que é exatamente isso que os animais fazem. Mas mesmo aqui há menos desacordo do que poderíamos pensar ao ler o seu livro. Os adeptos da teoria do gene egoísta concordariam prontamente que os animais regulam as suas taxas de natalidade. Cada espécie tende a ter um tamanho de ninhada ou de postura relativamente fixo: nenhum animal tem

um número infinito de filhos. O desacordo não reside em se as taxas de natalidade são reguladas, mas por que razão o são: por que processo de seleção natural evoluiu o planeamento familiar? Em resumo, a divergência reside em saber se o controlo de natalidade animal é altruísta, praticado para o bem do grupo como um todo; ou egoísta, praticado para benefício do indivíduo que se reproduz. Tratarei ambas as teorias, por ordem.

Wynne-Edwards supôs que os indivíduos têm menos filhos do que poderiam, em benefício do grupo como um todo. Reconheceu que a seleção natural normal não poderia, de forma alguma, dar origem à evolução de tal altruísmo: a seleção natural de taxas de reprodução abaixo da média é, à partida, uma contradição nos termos. Por isso, invocou a seleção de grupo, como vimos no Capítulo 1. Segundo ele, grupos cujos membros individuais restringem as suas próprias taxas de natalidade têm menor probabilidade de extinção do que grupos rivais cujos membros se reproduzem tão rapidamente que colocam em risco o seu abastecimento alimentar. Portanto, o mundo torna-se povoado por grupos de reprodutores moderados. A restrição individual que Wynne-Edwards sugere equivale, num sentido geral, a controlo de natalidade, mas ele vai além disso, propondo uma conceção grandiosa em que toda a vida social é vista como um mecanismo de regulação populacional. Por exemplo, dois aspetos fundamentais da vida social de muitas espécies animais são a territorialidade e as hierarquias de dominância, já referidas no Capítulo 5.

Muitos animais dedicam uma grande quantidade de tempo e energia à defesa aparente de uma área de terreno a que os

naturalistas chamam território. Este fenómeno é muito generalizado no reino animal, não apenas em aves, mamíferos e peixes, mas também em insetos e até em anémonas-do-mar. O território pode ser uma vasta área de floresta, que constitui o principal local de forrageamento de um casal reprodutor, como é o caso dos pisco-de-peito-ruivo. Ou pode, como nos gaivotões, ser uma pequena área sem alimento, mas com um ninho no centro. Wynne-Edwards acredita que os animais que lutam por território estão a lutar por um prémio simbólico, em vez de um prémio real como um bocado de comida. Em muitos casos, as fêmeas recusam-se a acasalar com machos que não possuam um território. De facto, sucede frequentemente que uma fêmea, cujo parceiro é derrotado e cujo território é conquistado, se junte prontamente ao vencedor. Mesmo em espécies aparentemente monogâmicas e fiéis, a fêmea pode estar mais ligada ao território do macho do que ao próprio macho.

Se a população se tornar demasiado numerosa, alguns indivíduos não conseguirão obter territórios e, por conseguinte, não se reproduzirão. Ganhar um território é, para Wynne-Edwards, como obter um bilhete ou licença para se reproduzir. Como existe um número finito de territórios disponíveis, é como se fosse emitido um número limitado de licenças de reprodução. Os indivíduos podem lutar para obter estas licenças, mas o número total de crias que a população pode ter, no seu conjunto, é limitado pelo número de territórios disponíveis. Em certos casos, como nas narcejas-vermelhas, os indivíduos parecem, à primeira vista, mostrar contenção, pois aqueles que não conseguem conquistar um território não só não se reproduzem como também parecem desistir da luta por um território. É como se todos aceitassem as regras do

jogo: que se, até ao final da época de competição, não tiveres garantido um dos bilhetes oficiais para te reproduzires, então absténs-te voluntariamente de procriar e deixas os mais afortunados em paz durante a época de reprodução, para que possam cumprir o seu papel na propagação da espécie.

Wynne-Edwards interpreta as hierarquias de dominância de forma semelhante. Em muitos grupos de animais, especialmente em cativeiro, mas também em alguns casos na natureza, os indivíduos aprendem a identificar-se uns aos outros e aprendem quem podem vencer numa luta e quem, por norma, os vence. Como vimos no Capítulo 5, tendem a submeter-se sem luta aos indivíduos que "sabem" que provavelmente os vencerão de qualquer forma. Como resultado, um naturalista consegue descrever uma hierarquia de dominância, ou "ordem de bicadas" (assim chamada porque foi inicialmente descrita em galinhas) — uma ordenação hierárquica da sociedade em que todos sabem qual o seu lugar e não se atrevem a aspirar a posições acima da sua. Claro que, por vezes, ocorrem lutas sérias, e por vezes um indivíduo consegue subir de posto em relação ao seu superior imediato. Mas, como vimos no Capítulo 5, o efeito geral da submissão automática por parte dos indivíduos de posição inferior é que poucas lutas prolongadas ocorrem e raramente se verificam ferimentos graves.

Muitas pessoas consideram isto uma "coisa boa", numa perspetiva vagamente selecionista ao nível do grupo. Wynne-Edwards tem uma interpretação muito mais ousada. Os indivíduos de estatuto elevado têm mais probabilidade de se reproduzir do que os de estatuto inferior, seja por serem preferidos pelas fêmeas, seja

por impedirem fisicamente os machos de posição inferior de se aproximarem das fêmeas. Wynne-Edwards vê o estatuto social elevado como outro bilhete de autorização para se reproduzir. Em vez de lutarem diretamente pelas fêmeas, os indivíduos lutam pelo estatuto social e aceitam que, se não alcançarem um lugar elevado na escala social, não estão autorizados a procriar. Contêm-se, portanto, no que toca ao acesso direto às fêmeas, embora possam ocasionalmente tentar subir de estatuto e, por isso, possam dizer-se que competem indiretamente pelas fêmeas. Mas, tal como no caso do comportamento territorial, o resultado desta “aceitação voluntária” da regra de que apenas os machos de estatuto elevado se devem reproduzir é, segundo Wynne-Edwards, que as populações não crescem demasiado rapidamente. Em vez de gerarem filhos a mais e descobrirem, da pior forma, que isso foi um erro, as populações utilizam concursos formais de estatuto e território como forma de limitar o seu tamanho a um nível ligeiramente inferior ao limiar em que a fome começaria a causar baixas.

Talvez a ideia mais surpreendente de Wynne-Edwards seja a do comportamento epideíctico — palavra que ele próprio cunhou. Muitos animais passam longos períodos em grandes bandos, manadas ou cardumes. Diversas explicações, mais ou menos sensatas, têm sido propostas para justificar por que razão este comportamento agregador foi favorecido pela seleção natural, e falarei de algumas delas no Capítulo 10. A ideia de Wynne-Edwards é bastante diferente. Ele propõe que, quando grandes bandos de estorninhos se agrupam ao entardecer, ou nuvens de mosquitos dançam sobre um poste, estão a realizar um censo populacional.

Dado que ele supõe que os indivíduos restringem a sua taxa de natalidade em benefício do grupo como um todo, e têm menos crias quando a densidade populacional é elevada, é razoável que disponham de algum mecanismo para medir essa densidade. Com efeito, um termóstato precisa de um termómetro como parte integrante do seu mecanismo. Para Wynne-Edwards, o comportamento epideíctico consiste numa aglomeração deliberada em multidões para facilitar a estimação populacional. Ele não sugere uma estimativa consciente da população, mas sim um mecanismo automático, nervoso ou hormonal, que liga a percepção sensorial da densidade populacional ao sistema reprodutor dos indivíduos.

Tentei fazer justiça à teoria de Wynne-Edwards, mesmo que de forma algo breve. Se fui bem-sucedido, deverás estar agora inclinado a considerá-la, à primeira vista, bastante plausível. Mas os capítulos anteriores deste livro deverão ter-te preparado para uma dose de ceticismo que te leve a afirmar que, por mais plausível que pareça, as provas que sustentam a teoria de Wynne-Edwards terão de ser muito sólidas, caso contrário... E infelizmente, as provas não são boas. Consistem num grande número de exemplos que podem ser interpretados segundo a sua teoria, mas que também podem ser interpretados segundo linhas mais ortodoxas da "teoria do gene egoísta".

Embora ele nunca tenha usado esse nome, o principal arquitecto da teoria do gene egoísta aplicada ao planeamento familiar foi o grande ecologista David Lack. Ele trabalhou sobretudo com o tamanho das posturas em aves selvagens, mas as suas teorias e

conclusões têm o mérito de ser genericamente aplicáveis. Cada espécie de ave tende a ter um tamanho de postura típico. Por exemplo, alcatrazes e tordas-murres incubam um ovo de cada vez, andorinhões três, chapins-reais meia dúzia ou mais. Há variação: alguns andorinhões põem apenas dois ovos de cada vez, chapins-reais podem pôr doze. É razoável supor que o número de ovos que uma fêmea põe e incuba é pelo menos parcialmente controlado geneticamente, tal como qualquer outra característica. Ou seja, pode haver um gene para pôr dois ovos, um alelo rival para pôr três, outro para quatro, e assim por diante — embora, na prática, seja pouco provável que o controlo genético seja assim tão simples.

Ora, a teoria do gene egoísta exige que perguntemos qual destes genes se tornará mais numeroso no conjunto genético. Superficialmente, pode parecer que o gene para pôr quatro ovos terá uma vantagem sobre os genes para pôr três ou dois. Um momento de reflexão mostra que este argumento simples do “mais é melhor” não pode ser verdadeiro. Levaria à expectativa de que cinco ovos seriam melhores do que quatro, dez ainda melhores, cem melhores ainda, e o infinito o melhor de todos. Por outras palavras, conduz logicamente a um absurdo. É óbvio que há custos, além de benefícios, em pôr um número elevado de ovos. Um aumento na produção tem de ser pago com uma menor eficácia nos cuidados. O ponto essencial de Lack é que, para qualquer espécie e em qualquer situação ambiental, deve existir um tamanho de postura ótimo. Onde ele diverge de Wynne-Edwards é na resposta à pergunta: “Ótimo de que ponto de vista?”. Wynne-Edwards diria que o ótimo relevante, ao qual todos os indivíduos deveriam aspirar, é o da coletividade. Lack diria que cada indivíduo egoísta escolhe o

tamanho da postura que maximiza o número de crias que consegue efetivamente criar. Se três for o tamanho de postura ótimo para os andorinhões, isso significa, para Lack, que qualquer indivíduo que tente criar quatro provavelmente acabará por ter menos filhos do que rivais mais cautelosos que só tentam criar três. A razão óbvia para isso seria que os alimentos se distribuiriam de forma tão escassa entre os quatro filhos que poucos sobreviveriam até à idade adulta. Isto seria verdade tanto na distribuição inicial da gema pelos quatro ovos, como no alimento fornecido às crias após a eclosão. Segundo Lack, portanto, os indivíduos regulam o tamanho da sua postura por razões que nada têm de altruístas. Não estão a praticar controlo de natalidade para evitar a sobre-exploração dos recursos do grupo. Estão a praticar controlo de natalidade para maximizar o número de descendentes sobreviventes que realmente conseguem ter — um objetivo que é precisamente o oposto daquele que normalmente associamos ao controlo de natalidade.

Criar crias de aves é um processo dispendioso. A mãe tem de investir grandes quantidades de alimento e energia na produção dos ovos. Possivelmente com a ajuda do parceiro, investe um grande esforço na construção de um ninho para acolher e proteger os ovos. Os progenitores passam semanas a chocar pacientemente os ovos. Depois, quando as crias nascem, os pais trabalham quase até à exaustão para lhes trazer alimento, praticamente sem pausas. Como já vimos, um chapim-real adulto traz, em média, um item alimentar ao ninho a cada 30 segundos de luz diurna. Mamíferos como nós fazem-no de forma um pouco diferente, mas a ideia básica de que a reprodução é uma tarefa onerosa — especialmente para a mãe — não deixa de ser válida. É evidente que, se uma

progenitora tentar dividir os seus recursos limitados de alimento e esforço por demasiados filhos, acabará por criar menos do que se tivesse começado com ambições mais modestas. Ela tem de encontrar um equilíbrio entre produzir e cuidar. A quantidade total de alimento e de outros recursos que uma fêmea individual, ou um par reprodutor, consegue reunir é o factor limitante que determina o número de filhos que conseguem criar. A seleção natural, segundo a teoria de Lack, ajusta o tamanho inicial da postura (ou da ninhada, etc.) de forma a tirar o máximo partido desses recursos limitados.

Os indivíduos que têm filhos a mais são penalizados, não porque toda a população vá extinguir-se, mas simplesmente porque menos dos seus filhos sobrevivem. Os genes que favorecem o ter filhos a mais simplesmente não são transmitidos em grande número à geração seguinte, porque poucas das crianças que os transportam chegam à idade adulta. O que aconteceu no homem moderno civilizado é que o tamanho das famílias já não é limitado pelos recursos finitos que os próprios pais podem fornecer. Se um casal tiver mais filhos do que pode alimentar, o Estado — ou seja, o resto da população — intervém e mantém as crianças excedentes vivas e saudáveis. Na verdade, nada impede um casal sem quaisquer recursos materiais de ter e criar precisamente o número de filhos que a mulher for fisicamente capaz de gerar. Mas o Estado social é algo profundamente antinatural. Na natureza, os pais que têm mais filhos do que conseguem sustentar não têm muitos netos, e os seus genes não são transmitidos às gerações futuras. Não há necessidade de contenção altruísta na taxa de natalidade, porque não existe Estado social na natureza. Qualquer gene que promova

a excessiva procriação é prontamente punido: as crianças que o carregam morrem à fome. Como nós, humanos, não queremos regressar aos antigos modos egoístas, onde se deixavam morrer à fome os filhos de famílias demasiado numerosas, abolimos a família enquanto unidade de autossuficiência económica e substituímo-la pelo Estado. Mas o privilégio do apoio garantido às crianças não deve ser abusado.

A contraceção é, por vezes, atacada por ser “antinatural”. E é mesmo, muito antinatural. O problema é que também o Estado social o é. Penso que a maioria de nós acredita que o Estado social é altamente desejável. Mas não se pode ter um Estado social antinatural sem também se ter um controlo de natalidade igualmente antinatural; caso contrário, o resultado final será uma miséria ainda maior do que aquela que ocorre na natureza. O Estado social é, talvez, o maior sistema altruísta alguma vez conhecido no reino animal. Mas qualquer sistema altruísta é, por natureza, instável, porque está sujeito a abusos por parte de indivíduos egoístas, prontos a explorá-lo. Os seres humanos que têm mais filhos do que são capazes de criar são, provavelmente, demasiado ignorantes para que se lhes possa atribuir uma exploração consciente e mal-intencionada. Instituições poderosas e líderes que deliberadamente os encorajam a fazê-lo parecem-me, esses sim, menos isentos de suspeita.

Voltando aos animais selvagens, o argumento do tamanho da ninhada segundo Lack pode ser generalizado a todos os outros exemplos que Wynne-Edwards utiliza: comportamento territorial, hierarquias de dominância, e assim por diante. Vejamos, por

exemplo, a galinhola-vermelha, espécie sobre a qual ele e os seus colegas têm trabalhado. Estas aves alimentam-se de urze e dividem os páramos em territórios que contêm, aparentemente, mais alimento do que os proprietários do território realmente necessitam. No início da estação, lutam pelos territórios, mas ao fim de algum tempo os perdedores parecem aceitar que falharam e deixam de lutar. Tornam-se párias que nunca chegam a obter território e, no final da estação, a maioria morreu à fome. Só os detentores de território se reproduzem. Que os não-proprietários estão fisicamente aptos a reproduzir-se é demonstrado pelo facto de que, se um proprietário for abatido, o seu lugar é imediatamente ocupado por um dos antigos párias, que então se reproduz. A interpretação de Wynne-Edwards para este comportamento territorial extremo é, como vimos, que os párias “aceitam” que falharam na obtenção de uma licença para se reproduzirem; não tentam reproduzir-se.

À primeira vista, este parece ser um exemplo embaraçoso para a teoria do gene egoísta. Por que é que os párias não tentam, insistentemente, desalojar um proprietário de território, até caírem de exaustão? Aparentemente, nada têm a perder. Mas espere, talvez tenham algo a perder. Já vimos que, se um proprietário de território morrer, um pária tem uma hipótese de ocupar o seu lugar e, portanto, de se reproduzir. Se a probabilidade de um pária vir a suceder a um território dessa forma forem superiores às de o conquistar através da luta, então pode ser vantajoso para ele, como indivíduo egoísta, esperar na esperança de que alguém morra, em vez de desperdiçar a pouca energia que tem em combates fúteis. Para Wynne-Edwards, o papel dos párias no bem-estar do grupo é

o de aguardarem nos bastidores, como suplentes, prontos para entrar em cena caso um proprietário de território morra no palco principal da reprodução grupal. Agora podemos ver que esta pode ser também a melhor estratégia, puramente do ponto de vista de um indivíduo egoísta. Como vimos no Capítulo 4, podemos considerar os animais como jogadores. A melhor estratégia para um jogador pode, por vezes, ser a de esperar e ter esperança, em vez de investir tudo de rompante.

De forma semelhante, os muitos outros exemplos podem ser facilmente explicados pela teoria do gene egoísta em que os animais parecem “aceitar” de forma passiva um estatuto não-reprodutor. A forma geral da explicação é sempre a mesma: a melhor aposta do indivíduo é conter-se no momento, na esperança de melhores oportunidades no futuro. Uma foca que deixa os detentores de haréns em paz não o faz para benefício do grupo. Está a aguardar o momento certo. Mesmo que esse momento nunca chegue e ela acabe por não ter descendência, a aposta poderia ter compensado — embora, em retrospectiva, possamos ver que, para ela, não compensou. E quando os lemingues migram aos milhões para longe do centro de uma explosão populacional, não o fazem para reduzir a densidade da área que deixam para trás! Cada um deles procura, de forma egoísta, um lugar menos sobrelotado onde possa viver. O facto de um qualquer indivíduo poder falhar e morrer não altera a probabilidade de que permanecer teria sido uma aposta ainda pior.

É um facto bem documentado que a sobrelotação, por vezes, reduz as taxas de natalidade. Isto é, por vezes, tomado como evidência da teoria de Wynne-Edwards. Mas não é nada disso. É

compatível com a sua teoria, sim, mas também é perfeitamente compatível com a teoria do gene egoísta. Por exemplo, numa experiência, ratos foram colocados num recinto ao ar livre com abundância de alimento e autorizados a reproduzirem-se livremente. A população cresceu até um ponto e depois estabilizou. A razão para essa estabilização revelou-se ser que as fêmeas se tornaram menos férteis devido à sobrelotação: tiveram menos crias. Este tipo de efeito tem sido frequentemente relatado. A sua causa imediata é frequentemente chamada de “stress”, embora dar-lhe esse nome não ajude, por si só, a explicá-lo. Em todo o caso, seja qual for a sua causa imediata, continua a ser necessário perguntar pela sua explicação última, ou evolutiva. Por que é que a seleção natural favorece fêmeas que reduzem a taxa de natalidade quando a população está sobrelotada?

A resposta de Wynne-Edwards é clara. A seleção ao nível do grupo favorece os grupos em que as fêmeas medem a população e ajustam as suas taxas de natalidade de modo a que os recursos alimentares não sejam sobre-explorados. No contexto da experiência, calhou que os alimentos nunca se tornariam escassos, mas não se podia esperar que os ratos soubessem disso. Estão programados para viver na natureza, e é provável que, em condições naturais, a sobrelotação seja um indicador fiável de fome futura.

E o que diz a teoria do gene egoísta? Diz quase exatamente o mesmo, mas com uma diferença crucial. Recorde-se de que, segundo Lack, os animais tendem a ter o número ótimo de filhos do seu próprio ponto de vista egoísta. Se tiverem filhos a menos ou a

mais, acabarão por criar menos do que criariam se tivessem acertado no número ideal. Ora, o “número ideal” tende a ser mais baixo num ano em que a população está sobrelotada do que num ano em que é escassa. Já concordámos que a sobrelotação tende a ser prenúncio de fome. Obviamente, se uma fêmea receber indícios fiáveis de que se aproxima uma fome, será do seu próprio interesse egoísta reduzir a taxa de natalidade. Rivais que não reajam aos sinais de alerta acabarão por criar menos crias, mesmo que deem à luz mais. Assim, chegamos praticamente à mesma conclusão que Wynne-Edwards, mas por via de um raciocínio evolutivo inteiramente diferente.

A teoria do gene egoísta não se sente desconfortável nem sequer perante os “exibicionismos epideícticos”. Recorde-se de que Wynne-Edwards postulava que os animais se reuniam propositadamente em grandes ajuntamentos para facilitar a realização de um censo coletivo, regulando assim as suas taxas de natalidade. Não há provas diretas de que quaisquer agregações sejam, de facto, epideícticas, mas suponhamos que se encontrasse tal evidência. Seria a teoria do gene egoísta apanhada de surpresa? Nem por sombras.

Os estorninhos dormem juntos em números massivos. Suponhamos que se provava não só que a sobrelotação no inverno reduzia a fertilidade na primavera seguinte, mas que isso se devia diretamente ao facto de as aves escutarem os chamamentos umas das outras. Poder-se-ia demonstrar experimentalmente que indivíduos expostos a uma gravação sonora de um dormitório denso e ruidoso punham menos ovos do que indivíduos expostos a uma

gravação de um dormitório mais silencioso e pouco denso. Por definição, isso indicaria que os chamamentos dos estorninhos constituem uma exibição epideíctica. A teoria do gene egoísta explicá-lo-ia de forma muito semelhante à do caso dos ratos.

Mais uma vez, partimos do princípio de que genes para ter uma família maior do que a que se pode sustentar são automaticamente penalizados e tornam-se menos frequentes no reservatório genético. A tarefa de uma poedeira eficiente é prever qual será o tamanho ótimo da ninhada, para ela, como indivíduo egoísta, na estação de reprodução seguinte. Recorde-se do sentido especial em que usamos a palavra “previsão” no Capítulo 4. Ora, como pode uma ave prever o tamanho ótimo da sua ninhada? Que variáveis devem influenciar essa previsão? Pode acontecer que muitas espécies façam uma previsão fixa, que não varia de ano para ano. Assim, em média, o tamanho ideal de ninhada para um ganso-patola é um. É possível que, em anos particularmente abundantes em peixe, o verdadeiro valor ideal para um indivíduo suba temporariamente para dois ovos. Se não houver forma de os gansos-patolas saberem antecipadamente se um determinado ano será abundante, não podemos esperar que as fêmeas corram o risco de desperdiçar recursos com dois ovos, quando isso prejudicaria o seu sucesso reprodutor num ano médio.

Mas pode haver outras espécies, talvez os estorninhos, nas quais seja, em princípio, possível prever durante o inverno se a primavera seguinte irá proporcionar uma boa colheita de algum recurso alimentar específico. Os habitantes das zonas rurais têm numerosos provérbios antigos que sugerem que certas pistas, como a

abundância de bagas de azevinho, podem ser bons indicadores do tempo na primavera seguinte. Independentemente de qualquer uma dessas crenças populares ser ou não precisa, permanece logicamente possível que existam tais pistas, e que uma boa profetisa pudesse, em teoria, ajustar o tamanho da sua ninhada de ano para ano, em seu próprio benefício. As bagas de azevinho podem ser ou não preditores fiáveis, mas, tal como no caso dos ratos, parece bastante provável que a densidade populacional seja um bom indicador. Uma fêmea de estorninho pode, em princípio, saber que, quando chegar a altura de alimentar os seus filhotes na primavera seguinte, estará a competir por alimento com rivais da mesma espécie. Se ela conseguir, de algum modo, estimar a densidade local da sua própria espécie durante o inverno, isso poderá fornecer-lhe um meio poderoso de prever quão difícil será conseguir alimento para os filhotes na primavera. Se descobrir que a população invernal é particularmente elevada, a sua política prudente, do ponto de vista egoísta, poderá muito bem ser pôr relativamente poucos ovos: a sua estimativa do tamanho ótimo da sua ninhada teria sido reduzida.

Ora, no momento em que se torna verdade que os indivíduos estão a reduzir o tamanho da sua ninhada com base na sua estimativa da densidade populacional, passa imediatamente a ser vantajoso, para cada indivíduo egoísta, fingir perante os rivais que a população é elevada — quer o seja realmente ou não. Se os estorninhos estiverem a estimar o tamanho da população pelo volume de ruído num poleiro de inverno, será vantajoso para cada indivíduo gritar o mais alto possível, de modo a soar mais como dois estorninhos do que como um só. Esta ideia de animais a fingirem

ser vários animais ao mesmo tempo foi sugerida, noutro contexto, por J. R. Krebs, e recebeu o nome de Efeito Beau Geste, inspirado no romance em que uma tática semelhante foi usada por uma unidade da Legião Estrangeira Francesa. A ideia, no nosso caso, é tentar induzir os estorninhos vizinhos a reduzir o tamanho das suas ninhadas para um nível inferior ao verdadeiro ótimo. Se for um estorninho que consegue fazer isto, é do seu interesse egoísta, pois está a reduzir o número de indivíduos que não transportam os seus genes. Concluo, portanto, que a ideia de Wynne-Edwards sobre exhibições epideícticas pode, de facto, ser uma boa ideia: talvez ele tenha tido razão o tempo todo, mas pelas razões erradas. Mais genericamente, o tipo de hipótese de Lack é suficientemente poderoso, em termos de gene egoísta, para explicar todas as evidências que possam parecer apoiar a teoria da seleção de grupo, caso tais evidências venham a surgir.

A nossa conclusão deste capítulo é que os progenitores individuais praticam planeamento familiar, mas no sentido de otimizarem as suas taxas de natalidade e não de as restringirem para o bem comum. Tentam maximizar o número de filhos sobreviventes que têm, e isso significa ter nem demasiados bebés nem demasiado poucos. Os genes que fazem um indivíduo ter filhos a mais tendem a não persistir na reserva genética, porque as crianças que contêm tais genes tendem a não sobreviver até à idade adulta.

Tanto quanto à consideração quantitativa do tamanho da família. Passamos agora aos conflitos de interesse dentro das famílias. Compensará sempre a uma mãe tratar todos os filhos por igual, ou

poderá ela ter preferências? A família deverá funcionar como um todo cooperativo único, ou devemos esperar egoísmo e engano mesmo dentro da família? Estarão todos os membros de uma família a trabalhar para o mesmo ótimo, ou “discordarão” quanto ao que é esse ótimo? Estas são as perguntas que tentaremos responder no próximo capítulo. A questão relacionada de saber se pode haver conflito de interesses entre parceiros será adiada até ao Capítulo 9.

CAPÍTULO 8

Batalha entre Gerações

Comecemos por abordar a primeira das questões colocadas no final do último capítulo. Deverá uma mãe ter filhos preferidos, ou deverá ser igualmente altruísta para com todos os seus filhos? Correndo o risco de ser maçador, devo mais uma vez lançar o meu habitual aviso. A palavra “preferido” não tem aqui quaisquer conotações subjetivas, e a palavra “deverá” não tem implicações morais. Estou a tratar a mãe como uma máquina programada para fazer tudo ao seu alcance para propagar cópias dos genes que carrega dentro de si. Como você e eu somos humanos e sabemos o que é ter propósitos conscientes, é conveniente para mim usar a linguagem da intenção como metáfora para explicar o comportamento das máquinas de sobrevivência.

Na prática, o que significaria dizer que uma mãe tem um filho preferido? Significaria que ela investiria os seus recursos de forma desigual entre os filhos. Os recursos que uma mãe tem disponíveis para investir consistem numa variedade de elementos. O alimento é o mais óbvio, juntamente com o esforço despendido na sua obtenção, já que esse esforço tem, por si só, um custo para a mãe. O risco assumido ao proteger as crias dos predadores é outro recurso que a mãe pode “gastar” ou recusar-se a gastar. A energia

e o tempo dedicados à manutenção do ninho ou da casa, à proteção contra os elementos e, em algumas espécies, o tempo passado a ensinar os filhos, são recursos valiosos que um progenitor pode alocar aos filhos, de forma igual ou desigual, conforme “decida”.

É difícil conceber uma moeda comum na qual possamos medir todos estes recursos que um progenitor pode investir. Tal como as sociedades humanas usam o dinheiro como uma moeda universalmente convertível que pode ser traduzida em alimento, terra ou tempo de trabalho, também nós precisamos de uma moeda para medir os recursos que uma máquina de sobrevivência individual pode investir na vida de outra, em particular na vida de uma criança. Uma medida de energia como a caloria é tentadora, e alguns ecologistas dedicaram-se à contabilidade dos custos energéticos na natureza. Contudo, isso é inadequado, pois é apenas vagamente convertível na moeda que realmente importa: o padrão-ouro da evolução — a sobrevivência dos genes. R. L. Trivers, em 1972, resolveu habilmente este problema com o seu conceito de investimento parental (embora, lendo nas entrelinhas densas, se sinta que Sir Ronald Fisher, o maior biólogo do século XX, já pretendia essencialmente o mesmo em 1930, com o seu termo “despesa parental”)¹.

O investimento parental (I.P.) é definido como “qualquer investimento feito pelo progenitor num descendente individual que aumente a probabilidade de sobrevivência desse descendente (e, conseqüentemente, o seu sucesso reprodutivo), à custa da capacidade do progenitor de investir noutros descendentes”. A beleza do conceito de investimento parental de Trivers está no facto

de ser medido em unidades muito próximas daquelas que realmente interessam. Quando uma criança consome parte do leite materno, a quantidade consumida não é medida em litros, nem em calorias, mas sim em unidades de prejuízo para os outros filhos da mesma mãe. Por exemplo, se uma mãe tem dois bebês, X e Y, e X bebe um litro de leite, uma parte importante do I.P. que esse litro representa é medida em termos do aumento da probabilidade de Y morrer por não ter bebido esse litro. O I.P. é medido em unidades de diminuição da esperança de vida dos outros filhos, já nascidos ou por nascer.

O investimento parental não é uma medida totalmente ideal, pois sobrestima a importância da relação parental em detrimento de outras relações genéticas. Idealmente, deveríamos usar uma medida de investimento altruísta generalizada. Pode-se dizer que o indivíduo A investe no indivíduo B quando A aumenta as hipóteses de sobrevivência de B à custa da sua própria capacidade de investir noutros indivíduos, incluindo em si próprio, sendo todos os custos ponderados de acordo com o grau de parentesco. Assim, o investimento de um progenitor em qualquer filho deveria idealmente ser medido em termos de prejuízo para a esperança de vida não só de outros filhos, mas também de sobrinhos, de si próprio, etc. No entanto, em muitos aspetos, isto é apenas um preciosismo, e a medida de Trivers continua a ser muito útil na prática.

Ora, cada adulto em particular dispõe, ao longo da sua vida, de uma determinada quantidade total de I.P. disponível para investir nos filhos (e noutros parentes e em si próprio, mas, para simplificar,

consideremos apenas os filhos). Isto representa a soma de todo o alimento que consegue reunir ou produzir ao longo de uma vida de trabalho, todos os riscos que está disposta a correr e toda a energia e esforço que pode dedicar ao bem-estar dos filhos. Como deverá uma jovem fêmea, ao iniciar a sua vida adulta, investir os recursos da sua vida? Qual seria uma política de investimento sensata para ela seguir? Já vimos, pela teoria de Lack, que ela não deve espalhar o investimento demasiado entre demasiados filhos. Deste modo perderá muitos genes: não terá netos suficientes. Por outro lado, também não deverá investir tudo em poucos filhos — crianças mimadas. Pode garantir-se alguns netos, mas rivais que invistam no número ótimo de filhos acabarão por ter mais netos. Até aqui, tudo bem quanto às políticas de investimento equitativas. O nosso interesse presente é saber se poderia, alguma vez, compensar uma mãe investir de forma desigual entre os seus filhos, ou seja, se deveria ter filhos preferidos.

A resposta é que não há nenhuma razão genética para uma mãe ter preferidos. O seu grau de parentesco com todos os filhos é o mesmo, $\frac{1}{2}$. A sua estratégia ideal consiste em investir de forma igual no maior número possível de filhos que consiga criar até à idade em que estes próprios tenham filhos. Mas, como já vimos, alguns indivíduos são melhores “seguros de vida” do que outros. Um anão subdesenvolvido carrega exatamente a mesma quantidade dos genes da mãe que os irmãos mais robustos da ninhada. Mas a sua esperança de vida é menor. Outra forma de dizer isto é que ele precisa de mais do que a sua parte justa do investimento parental apenas para chegar ao mesmo ponto que os irmãos. Dependendo das circunstâncias, poderá compensar à mãe recusar-se a alimentar

o anão, e alocar toda a sua parte do investimento parental aos irmãos. Na verdade, poderá compensar alimentá-lo aos irmãos, ou comê-lo ela própria, e usá-lo para produzir leite. As porcas, por vezes, devoram as suas crias, mas não sei se escolhem especialmente os anões.

Os anões constituem um exemplo específico. Podemos fazer algumas previsões mais gerais sobre como a tendência de uma mãe para investir num filho pode ser afetada pela sua idade. Se ela tiver de escolher diretamente entre salvar a vida de um filho ou a de outro, e se aquele que não for salvo estiver condenado à morte, deverá preferir o mais velho. Isto porque perderá uma maior proporção do seu investimento parental total se ele morrer, do que se morrer o seu irmão mais novo. Talvez uma forma melhor de expressar isto seja dizer que, se salvar o mais novo, ainda terá de investir nele bastantes recursos apenas para o levar até à idade do mais velho.

Por outro lado, se a escolha não for tão drástica — vida ou morte — poderá ser melhor optar pelo mais novo. Por exemplo, suponhamos que o dilema é dar um pedaço de alimento a uma criança pequena ou a uma maior. A criança maior provavelmente será mais capaz de encontrar alimento sozinha. Portanto, se a mãe deixar de a alimentar, isso não significa necessariamente que morrerá. Por outro lado, a criança mais pequena, que ainda não consegue encontrar alimento sozinha, terá maiores probabilidades de morrer se a mãe der o alimento ao irmão mais velho. Ora, mesmo que a mãe preferisse, em última análise, que morresse o mais novo em vez do mais velho, poderá acabar por dar o alimento

ao mais novo, porque o mais velho dificilmente morrerá. É por isso que as mães mamíferas desmamam os filhos, em vez de os alimentarem indefinidamente ao longo das suas vidas. Chega um momento na vida de uma criança em que compensa à mãe redirecionar o investimento para filhos futuros. Quando esse momento chega, quererá desmamá-lo. Uma mãe que soubesse, de alguma forma, que aquele era o seu último filho, seria expectável que continuasse a investir nele todos os seus recursos até ao fim da vida, e talvez o amamentasse até à idade adulta. Ainda assim, ela deverá “ponderar” se não lhe compensaria mais investir nos netos ou sobrinhos, pois, embora estes sejam apenas metade tão próximos geneticamente como os seus próprios filhos, a sua capacidade de beneficiar do investimento pode ser mais do dobro da de um dos filhos.

Este parece ser o momento ideal para mencionar o fenómeno intrigante conhecido por menopausa — a cessação abrupta da fertilidade reprodutiva da mulher humana na meia-idade. Talvez isto não ocorresse frequentemente nos nossos antepassados selvagens, já que poucas mulheres viveriam tanto tempo. Ainda assim, a diferença entre a mudança de vida súbita nas mulheres e o esbatimento gradual da fertilidade nos homens sugere que há algo geneticamente “deliberado” na menopausa — que se trata de uma “adaptação”. É uma explicação algo difícil. À primeira vista, poderíamos esperar que uma mulher continuasse a ter filhos até cair, mesmo que os anos avançados tornassem progressivamente menos provável que algum dos filhos sobrevivesse. À partida, pareceria sempre valer a pena tentar, não?

Mas devemos lembrar-nos de que ela também está relacionada com os seus netos, embora apenas com metade da proximidade genética. Por várias razões, talvez ligadas à teoria do envelhecimento de Medawar (p. 65), as mulheres, em estado natural, tornaram-se gradualmente menos eficientes a criar filhos à medida que envelheciam. Assim, a esperança de vida de um filho de uma mãe idosa era menor do que a de um filho de uma mãe jovem. Isto significa que, se uma mulher tivesse um filho e um neto nascidos no mesmo dia, o neto teria maior esperança de vida do que o filho. Quando uma mulher atingisse a idade em que a probabilidade média de cada filho chegar à idade adulta fosse ligeiramente inferior à de cada neto da mesma idade, qualquer gene que promovesse o investimento nos netos em vez dos filhos tenderia a prosperar. Tal gene está presente em apenas um em cada quatro netos, ao passo que o gene rival está presente em um em cada dois filhos, mas a maior esperança de vida dos netos compensa esse desnível, e o gene do "altruísmo para com os netos" prevalece no conjunto genético. Uma mulher não poderia investir plenamente nos netos se continuasse a ter filhos. Por isso, genes que levassem à infertilidade reprodutiva na meia-idade tornaram-se mais numerosos, pois estavam presentes nos corpos dos netos cuja sobrevivência era favorecida pelo altruísmo da avó.

Esta é uma possível explicação para a evolução da menopausa nas fêmeas. A razão pela qual a fertilidade dos machos diminui gradualmente em vez de abruptamente é, provavelmente, o facto de os machos não investirem tanto como as fêmeas em cada filho individual. Desde que possa gerar filhos com mulheres jovens,

compensará sempre, mesmo a um homem muito idoso, investir em filhos em vez de netos.

Até agora, neste capítulo e no anterior, vimos tudo do ponto de vista dos pais, sobretudo da mãe. Perguntámos se os pais podem ser esperados a ter filhos preferidos e, em geral, qual é a melhor política de investimento para um progenitor. Mas talvez cada filho possa influenciar quanto os pais investem nele em comparação com os seus irmãos. Mesmo que os pais não queiram mostrar favoritismo entre os filhos, poderá acontecer que as crianças se apoderem de um tratamento preferencial? Compensar-lhes-ia fazê-lo? Mais precisamente, tornar-se-iam os genes de apropriação egoísta entre irmãos mais numerosos na reserva genética do que os genes rivais de aceitação de uma parte justa? Este tema foi brilhantemente analisado por Trivers, num artigo de 1974 intitulado “Conflito entre Progenitores e Descendência”.

Uma mãe está geneticamente relacionada de forma igual a todos os seus filhos, já nascidos e por nascer. Por motivos genéticos apenas, ela não deveria ter preferidos, como já vimos. Se mostrar favoritismo, deverá basear-se em diferenças na esperança de vida, dependendo da idade e de outros fatores. A mãe, como qualquer indivíduo, está relacionada consigo própria em dobro relativamente a qualquer dos seus filhos. Sendo tudo o resto igual, isto significa que ela deveria investir a maior parte dos seus recursos egoisticamente em si mesma, mas tudo o resto não é igual. Pode fazer mais pelos seus genes investindo uma parte razoável dos seus recursos nos filhos. Isto porque estes são mais jovens e indefesos do que ela, podendo assim beneficiar mais de cada unidade de

investimento do que ela própria. Genes que promovem o investimento em indivíduos mais indefesos, em detrimento de si próprio, podem prevalecer na reserva genética, mesmo que os beneficiários partilhem apenas uma proporção dos seus genes. É por isso que os animais demonstram altruísmo parental e, de facto, qualquer forma de altruísmo selecionado por parentesco.

Agora, vejamos do ponto de vista de uma criança em particular. Ela está tão relacionada com cada um dos seus irmãos como a mãe está. A relação genética é de $\frac{1}{2}$ em todos os casos. Portanto, ela deseja que a mãe invista parte dos seus recursos nos seus irmãos. Em termos genéticos, ela está tão inclinada ao altruísmo em relação a eles como a mãe está. Mas, novamente, ela está relacionada consigo própria em dobro relativamente a qualquer irmão, o que a leva a querer que a mãe invista mais nela do que em qualquer irmão, sendo tudo o resto igual. E, neste caso, tudo o resto poderá mesmo ser igual. Se você e o seu irmão têm a mesma idade e ambos podem beneficiar igualmente de um litro de leite materno, você deve tentar obter mais do que a sua parte justa — e o seu irmão também. Já ouviu uma ninhada de leitões a guinchar para serem os primeiros a mamar quando a porca se deita? Ou rapazes a lutar pela última fatia de bolo? A ganância egoísta parece caracterizar muito do comportamento infantil.

Mas há mais do que isto. Se estou a competir com o meu irmão por um pedaço de comida, e ele é muito mais novo do que eu, podendo beneficiar mais do alimento do que eu, pode compensar aos meus genes deixá-lo ficar com ele. Um irmão mais velho pode ter exatamente os mesmos motivos para o altruísmo que um

progenitor: em ambos os casos, como vimos, a relação genética é de $\frac{1}{2}$, e o indivíduo mais novo pode tirar melhor partido do recurso do que o mais velho. Se eu tiver um gene que promove ceder alimento, há 50% de probabilidade de o meu irmão mais novo também o ter. Embora o gene tenha o dobro da probabilidade de estar no meu corpo — 100%, pois está em mim — a minha necessidade do alimento pode ser menos de metade da urgência dele. Em geral, uma criança deve tentar apropriar-se de mais do que a sua parte do investimento parental, mas apenas até certo ponto. Até que ponto? Até ao ponto em que o custo líquido resultante para os seus irmãos, nascidos e por nascer, seja exatamente o dobro do benefício da apropriação para si mesma.

Consideremos a questão de quando deve ocorrer o desmame. A mãe quer deixar de amamentar o filho atual para poder preparar-se para o próximo. O filho, por outro lado, não quer ser desmamado ainda, porque o leite é uma fonte de alimento conveniente e sem esforço, e ele não quer ter de trabalhar para se alimentar. Mais exatamente, ele quer sim, eventualmente, sair e trabalhar para viver, mas apenas quando puder fazer mais pelos seus genes libertando a mãe para criar os seus irmãos, do que ficando com ela. Quanto mais velha for a criança, menos benefício relativo obtém de cada litro de leite. Isto porque o seu corpo é maior, e um litro de leite representa uma proporção menor das suas necessidades, e também porque está a tornar-se mais capaz de se sustentar se for forçada a isso. Portanto, quando uma criança mais velha bebe um litro de leite que poderia ter sido investido num filho mais novo, está a apropriar-se de mais investimento parental do que quando uma criança mais nova o faz. À medida que a criança cresce,

chegará um momento em que compensará à mãe deixar de a alimentar e investir num novo filho. E, um pouco mais tarde, chegará o momento em que também à criança mais velha compensará, em termos genéticos, desmamar-se voluntariamente. Esse é o momento em que um litro de leite pode fazer mais bem às cópias dos seus genes presentes nos seus irmãos do que aos genes presentes nela própria.

O desacordo entre mãe e filho não é absoluto, mas quantitativo — neste caso, um desacordo sobre o tempo. A mãe quer continuar a amamentar o filho atual até ao momento em que o investimento nele atinja a sua parte justa, tendo em conta a esperança de vida e o quanto já foi investido nele. Até esse ponto, não há desacordo. Do mesmo modo, mãe e filho concordam que ele não deve continuar a mamar depois do ponto em que o custo para os futuros filhos seja mais do dobro do benefício para ele. Mas há um desacordo entre mãe e filho durante o período intermédio — o período em que a criança está a receber mais do que a sua parte justa segundo a visão da mãe, mas em que o custo para os outros filhos ainda é inferior ao dobro do benefício para ela.

O momento do desmame é apenas um exemplo de disputa entre mãe e filho. Também pode ser visto como uma disputa entre um indivíduo e todos os seus futuros irmãos por nascer, com a mãe a tomar o partido dos filhos ainda não nascidos. Mais diretamente, pode haver competição entre rivais contemporâneos pelo investimento da mãe — entre irmãos de ninhada ou de ninho. Aqui, novamente, a mãe estará normalmente ansiosa por garantir justiça.

Muitas aves bebés são alimentadas no ninho pelos pais. Todas abrem o bico e gritam, e o progenitor deixa cair uma minhoca ou outro alimento na boca de uma delas. Idealmente, a intensidade do grito de cada cria é proporcional à sua fome. Assim, se o progenitor alimentar sempre a cria que grita mais alto, todas tenderão a receber a sua parte justa, pois quando uma já estiver satisfeita, gritará menos. Pelo menos, é isso que aconteceria no melhor dos mundos possíveis, se os indivíduos não mentissem. Mas, à luz do conceito do gene egoísta, devemos esperar que mintam — que gritem mais alto do que o necessário. Isto cria uma escalada, aparentemente inútil, pois se todos estiverem a mentir, esse nível de grito tornar-se-á a norma, e deixará de ser mentira, na prática. Contudo, não pode haver uma desescalada, porque qualquer indivíduo que seja o primeiro a gritar menos será penalizado por receber menos alimento e terá maior probabilidade de morrer à fome. Os gritos das aves bebés não se tornam infinitamente altos devido a outros fatores — por exemplo, gritar muito atrai predadores e consome energia.

Por vezes, como vimos, há um membro da ninhada que é um nanico — muito mais pequeno do que os outros. Ele não consegue lutar por alimento com a mesma força dos irmãos e, muitas vezes, morre. Já considerámos as condições em que compensaria à mãe deixar um nanico morrer. Intuitivamente, poderíamos pensar que o nanico deveria lutar até ao fim, mas a teoria não prevê necessariamente isso. Assim que o nanico se torne tão pequeno e fraco que a sua esperança de vida seja tão reduzida que o benefício potencial do investimento parental nele seja inferior a metade do que o mesmo investimento poderia proporcionar aos irmãos, ele

deveria morrer de forma pacífica e voluntária. Assim, beneficiaria mais os seus genes. Ou seja, um gene que dê a instrução “Corpo, se fores muito mais pequeno do que os teus irmãos, desiste e morre” poderia ser bem-sucedido na reserva genética, pois teria 50% de hipótese de estar presente em cada irmão salvo, e muito pouca de sobreviver no corpo do próprio nanico. Deve haver um ponto de não-retorno na vida de um nanico. Antes desse ponto, ele deve continuar a lutar. Assim que o ultrapasse, deve desistir e, idealmente, deixar-se ser comido pelos irmãos ou pelos pais.

Não mencionei isto quando discutimos a teoria de Lack sobre o tamanho da ninhada, mas a seguinte pode ser uma estratégia razoável para um progenitor indeciso quanto ao tamanho ótimo da sua ninhada num dado ano: pode pôr um ovo a mais do que aquele que acha ser o número ideal. Depois, se a safra alimentar do ano for melhor do que o esperado, criará essa cria extra. Caso contrário, corta as perdas. Ao alimentar sempre os filhos pela mesma ordem, por exemplo, pela ordem de tamanho, assegura-se de que um — talvez um nanico — morra rapidamente, sem que se desperdice demasiada comida com ele, além do investimento inicial da gema do ovo (ou equivalente). Do ponto de vista da mãe, isto pode explicar o fenómeno do nanico: ele representa uma forma de precaução. Este comportamento foi observado em muitas aves.

Usando a nossa metáfora do animal individual como uma máquina de sobrevivência que se comporta como se tivesse o propósito de preservar os seus genes, podemos falar de um conflito entre pais e filhos — uma batalha entre gerações. A batalha é subtil, e vale tudo de ambos os lados. A criança não perde oportunidade

de trapacear. Pode fingir ter mais fome do que realmente tem, ser mais nova, estar em mais perigo. É demasiado pequena e fraca para intimidar fisicamente os pais, mas usa todas as armas psicológicas ao seu dispor: mentir, enganar, ludibriar, explorar — até ao ponto em que começa a prejudicar os seus parentes para além daquilo que a sua relação genética com eles justifica. Os pais, por seu lado, devem estar atentos à fraude e à dissimulação, e tentar não ser enganados. Isto pode parecer uma tarefa fácil. Se o progenitor sabe que o filho tende a mentir sobre a fome, pode empregar a tática de lhe dar uma quantidade fixa de alimento, mesmo que ele continue a gritar. Um problema com esta abordagem é que a criança pode não estar a mentir e, se morrer por falta de alimento, o progenitor perde alguns dos seus preciosos genes. Aves selvagens podem morrer apenas por estarem em jejum algumas horas.

A. Zahavi sugeriu uma forma particularmente diabólica de chantagem infantil: a criança grita de maneira a atrair predadores de propósito para o ninho. Está a dizer: “Raposa, raposa, vem buscar-me.” A única forma de o progenitor a fazer parar de gritar é alimentá-la. Assim, a criança obtém mais do que a sua parte justa de comida, mas com um risco acrescido para si. O princípio desta tática implacável é o mesmo de um sequestrador que ameaça explodir um avião consigo a bordo, a menos que receba um resgate. Sou cético quanto a esta teoria ser favorecida pela evolução — não por ser demasiado cruel, mas porque duvido que a chantagem compense ao bebé. Ele tem demasiado a perder se um predador aparecer realmente. Isto é evidente no caso de filho único — o caso considerado por Zahavi. Por mais que a mãe já tenha investido nele, ele deve valorizar mais a sua própria vida do que a mãe a valoriza,

pois ela partilha apenas metade dos seus genes. Além disso, a tática não compensaria mesmo que o chantagista fosse um entre vários bebês vulneráveis no mesmo ninho, pois teria uma “participação genética” de 50% em cada irmão em perigo, bem como uma de 100% em si mesmo. Suponho que a teoria possa funcionar se o predador em causa tivesse o hábito de apenas levar o maior filhote do ninho. Nesse caso, poderia compensar a um mais pequeno usar a ameaça de chamar um predador, pois não estaria a pôr-se assim tanto em perigo. Isto seria análogo a apontar uma pistola à cabeça do seu irmão em vez de ameaçar explodir consigo próprio.

É mais plausível que a tática de chantagem possa beneficiar um cuco bebé. Como é bem sabido, as fêmeas de cuco põem um ovo em cada um de vários ninhos “adotivos”, e depois deixam os pais adotivos, completamente inconscientes, de uma espécie totalmente diferente, a criar as crias de cuco. Por conseguinte, um cuco bebé não tem qualquer interesse genético nos seus irmãos e irmãs adotivos. (Algumas espécies de cuco bebé nem sequer terão irmãos ou irmãs adotivos, por uma razão sinistra à qual chegaremos mais adiante. Por agora, assumo que estamos a lidar com uma daquelas espécies em que os irmãos e irmãs adotivos coexistem com o cuco bebé.) Se um cuco bebé gritasse suficientemente alto para atrair predadores, teria muito a perder — a própria vida — mas a mãe adotiva teria ainda mais a perder, talvez quatro das suas crias. Poderia, assim, compensar alimentá-lo mais do que à conta, e a vantagem para o cuco poderia superar o risco.

Esta é uma daquelas ocasiões em que seria sensato traduzir de volta para a linguagem genética respeitável, só para nos

assegurarmos de que não nos deixámos levar demasiado por metáforas subjetivas. O que significa realmente estabelecer a hipótese de que os cucos bebés “chantageiam” os seus pais adotivos gritando “Predador, predador, vem buscar-me a mim e a todos os meus irmãozinhos”? Em termos genéticos, significa o seguinte: genes de cuco que promovem gritos altos tornaram-se mais numerosos no conjunto génico dos cucos porque os gritos altos aumentavam a probabilidade de os pais adotivos alimentarem os cucos bebés. A razão pela qual os pais adotivos respondiam a esses gritos dessa maneira era que genes que codificavam a resposta aos gritos se tinham espalhado no conjunto génico da espécie adotiva. A razão pela qual esses genes se espalharam foi que os pais adotivos que não davam comida extra aos cucos criavam menos descendentes — menos do que os pais rivais que alimentavam os cucos com doses extra. Isto devia-se ao facto de os predadores serem atraídos para o ninho pelos gritos do cuco. Apesar de genes de cuco que não promoviam gritos terem menos probabilidade de acabar nas barrigas dos predadores do que os genes de gritos, os cucos silenciosos pagavam a penalização maior: não recebiam rações extra de alimento. Assim, os genes de gritos espalharam-se pelo conjunto génico do cuco.

Uma cadeia semelhante de raciocínio genético, a seguir ao argumento mais subjetivo apresentado acima, mostraria que, embora um gene de chantagem deste tipo possa concebivelmente espalhar-se no conjunto génico dos cucos, é improvável que se espalhe no conjunto génico de uma espécie comum, pelo menos não pela razão específica de atrair predadores. É claro que, numa espécie comum, poderiam existir outras razões pelas quais genes

de gritos se espalhassem, como já vimos, e estas teriam incidentalmente o efeito de atrair predadores ocasionalmente. Mas, neste caso, a influência seletiva da predação tenderia, na verdade, a tornar os gritos mais suaves. No caso hipotético dos cucos, a influência líquida dos predadores poderia, por paradoxal que pareça, tornar os gritos mais altos.

Não há evidências, de um modo ou de outro, de que os cucos — e outras aves com hábitos semelhantes de “parasitismo de ninho” — utilizem realmente a tática da chantagem. Mas certamente não lhes falta crueldade. Por exemplo, existem os indicadores-de-mel, que, como os cucos, põem os seus ovos em ninhos de outras espécies. O bebé indicador-de-mel vem equipado com um bico afiado e curvo. Assim que nasce, enquanto ainda está cego, nu e de outro modo indefeso, ceifa e golpeia os seus irmãos e irmãs adotivos até à morte: irmãos mortos não competem por comida! O familiar cuco britânico atinge o mesmo resultado de uma forma ligeiramente diferente. Tem um tempo de incubação curto e, por isso, o cuco bebé consegue nascer antes dos seus irmãos e irmãs adotivos. Assim que nasce, às cegas e de forma mecânica, mas com devastadora eficácia, atira os outros ovos para fora do ninho. Enfia-se por baixo de um ovo, encaixando-o numa cavidade nas costas. Depois recua lentamente pela lateral do ninho, equilibrando o ovo entre os tocos das asas, até que este cai. Repete o mesmo com todos os outros ovos, até que tem o ninho, e, portanto, a atenção dos pais adotivos, todo para si.

Um dos factos mais notáveis que aprendi no último ano foi relatado a partir de Espanha por F. Alvarez, L. Arias de Reyna e H.

Segura. Estavam a investigar a capacidade de potenciais pais adotivos — potenciais vítimas de cucos — para detetar intrusos, ovos ou crias de cuco. No decurso das suas experiências, introduziram nos ninhos de pega ovos e crias de cuco e, para comparação, ovos e crias de outras espécies como andorinhas. Numa ocasião, introduziram uma andorinha bebé num ninho de pega. No dia seguinte, notaram um dos ovos da pega caído no chão por baixo do ninho. Não estava partido, por isso apanharam-no, voltaram a colocá-lo no ninho e observaram. O que viram é absolutamente notável. A andorinha bebé, comportando-se exatamente como se fosse um cuco bebé, atirou o ovo para fora. Voltaram a colocar o ovo, e exatamente o mesmo aconteceu. A andorinha bebé utilizou o método do cuco: equilibrou o ovo nas costas entre os tocos das asas, e recuou pela lateral do ninho até o ovo tombar.

Talvez sabiamente, Alvarez e os seus colegas não tentaram explicar esta observação surpreendente. Como poderia tal comportamento evoluir no conjunto génico da andorinha? Deve corresponder a algo presente na vida normal de uma andorinha. As andorinhas bebés não estão habituadas a encontrar-se em ninhos de pega. Nunca são encontradas em qualquer ninho que não seja o seu próprio. Poderá o comportamento representar uma adaptação anticuco evoluída? Terá a seleção natural favorecido uma política de contra-ataque no conjunto génico das andorinhas — genes para combater o cuco com as suas próprias armas? Parece ser um facto que os ninhos das andorinhas não são normalmente parasitados por cucos. Talvez seja por isso. Segundo esta teoria, os ovos das pegas usados na experiência estariam a ser vítimas colaterais do mesmo

tratamento, talvez por serem maiores do que os ovos das andorinhas, como os ovos dos cucos. Mas se as andorinhas bebês conseguem distinguir entre um ovo grande e um ovo normal de andorinha, então a mãe também deveria conseguir. Nesse caso, por que não é a mãe a expulsar o ovo do cuco, já que lhe seria muito mais fácil fazê-lo do que à cria? A mesma objeção aplica-se à teoria de que o comportamento da andorinha bebê teria por função remover ovos chocos ou outros detritos do ninho. Mais uma vez, essa tarefa poderia — e é — realizada de forma mais eficaz pelo progenitor. O facto de esta difícil e especializada operação de rejeição de ovos ter sido executada por uma andorinha bebê fraca e indefesa, quando uma andorinha adulta poderia certamente fazê-lo com muito mais facilidade, leva-me à conclusão de que, do ponto de vista dos pais, a cria está a tramar algo.

Parece-me apenas concebível que a verdadeira explicação nada tenha a ver com cucos. Pode gelar o sangue pensar nisto, mas poderá ser isto o que as andorinhas bebês fazem umas às outras? Sendo o primogénito aquele que vai competir com os seus irmãos e irmãs ainda por nascer por investimento parental, poderia ser vantajoso para ele começar a sua vida atirando um dos outros ovos fora.

A teoria de Lack sobre o tamanho da ninhada considerava o valor ótimo do ponto de vista dos pais. Se eu for uma andorinha mãe, o número ótimo de crias, do meu ponto de vista, é, digamos, cinco. Mas se eu for uma andorinha bebê, o tamanho ótimo da ninhada, do meu ponto de vista, poderá muito bem ser um número mais pequeno — desde que eu seja um deles! O progenitor tem uma

certa quantidade de investimento parental, que “deseja” distribuir equitativamente por cinco crias. Mas cada bebê quer mais do que o seu quinhão de um quinto. Ao contrário do cuco, ele não quer tudo, porque está relacionado com os outros bebês. Mas quer mais do que um quinto. Pode obter $\frac{1}{4}$ simplesmente atirando um ovo fora; $\frac{1}{3}$, se deitar fora outro. Traduzindo para a linguagem genética, um gene para fratricídio poderia concebivelmente espalhar-se no conjunto génico, porque tem 100 por cento de probabilidade de estar presente no corpo do indivíduo fraticida, e apenas 50 por cento de probabilidade de estar presente no corpo da sua vítima.

A principal objeção a esta teoria é ser muito difícil acreditar que ninguém tenha visto tal comportamento diabólico, caso realmente ocorra. Não tenho uma explicação convincente para isso. Existem diferentes raças de andorinhas em diferentes partes do mundo. Sabe-se que a raça espanhola difere, por exemplo, da britânica, em certos aspetos. A raça espanhola não foi sujeita ao mesmo grau de observação intensiva que a britânica, e suponho ser apenas concebível que o fratricídio ocorra, mas tenha passado despercebido.

A razão pela qual proponho aqui uma ideia tão improvável como a hipótese do fratricídio é para sublinhar um ponto geral. É que o comportamento implacável de um cuco bebê é apenas um caso extremo do que deve ocorrer em qualquer família. Irmãos de sangue estão mais próximos geneticamente uns dos outros do que um cuco bebê em relação aos seus irmãos adotivos, mas a diferença é apenas de grau. Mesmo que não possamos acreditar que o fratricídio direto pudesse evoluir, devem existir inúmeros exemplos

menores de egoísmo, em que o custo para a criança, sob a forma de perdas para os seus irmãos, é superado, por mais de dois para um, pelo benefício para si própria. Nestes casos, como no exemplo do desmame, existe um verdadeiro conflito de interesses entre progenitor e descendente.

Quem tem mais probabilidades de vencer esta batalha entre gerações? R. D. Alexander escreveu um artigo interessante no qual sugere que existe uma resposta geral para esta pergunta. Segundo ele, o progenitor vencerá sempre.² Ora, se for esse o caso, esteve a perder tempo a ler este capítulo. Se Alexander estiver certo, disso decorrem várias consequências interessantes. Por exemplo, o comportamento altruísta poderia evoluir, não por benefício para os genes do próprio indivíduo, mas apenas por benefício para os genes dos seus progenitores. A manipulação parental, para usar o termo de Alexander, torna-se uma causa evolutiva alternativa do comportamento altruísta, independente da seleção de parentesco direta. É, portanto, importante examinarmos o raciocínio de Alexander e certificarmo-nos de que compreendemos por que motivo ele está errado. Isto deveria ser feito matematicamente, mas como evitamos o uso explícito da matemática neste livro, é possível dar uma ideia intuitiva do que está errado na tese de Alexander.

O seu argumento genético fundamental encontra-se na seguinte citação abreviada: “Suponhamos que um juvenil... provoca uma distribuição desigual dos benefícios parentais a seu favor, reduzindo, assim, a reprodução global da mãe. Um gene que, deste modo, melhora a aptidão de um indivíduo quando é juvenil não

pode deixar de reduzir ainda mais a sua aptidão quando for adulto, pois tais genes mutantes estarão presentes numa proporção aumentada nos descendentes do indivíduo mutante.” O facto de Alexander estar a considerar um gene recém-mutado não é fundamental para o argumento. É melhor pensar-se num gene raro herdado de um dos progenitores. “Aptidão” tem aqui o significado técnico especial de sucesso reprodutivo. O que Alexander está basicamente a dizer é isto: um gene que levasse uma criança a obter mais do que a sua parte justa enquanto criança, à custa da produção reprodutiva total dos pais, poderia de facto aumentar as suas hipóteses de sobrevivência. Mas pagaria o preço quando se tornasse progenitor, pois os seus próprios filhos tenderiam a herdar o mesmo gene egoísta, o que reduziria o seu sucesso reprodutivo global. Seria vítima da sua própria armadilha. Portanto, o gene não poderia vingar, e os pais venceriam sempre o conflito.

Devemos logo desconfiar deste argumento, pois assenta numa suposição de assimetria genética que, na realidade, não existe. Alexander está a usar as palavras “progenitor” e “descendente” como se houvesse uma diferença genética fundamental entre eles. Como vimos, embora existam diferenças práticas entre pais e filhos — por exemplo, os pais são mais velhos do que os filhos, e os filhos saem dos corpos dos pais — não existe, na verdade, uma assimetria genética fundamental. O grau de parentesco é de 50 por cento, independentemente da direção em que o olhemos. Para ilustrar o que quero dizer, vou repetir as palavras de Alexander, mas invertendo “progenitor”, “juvenil” e outras palavras apropriadas: “Suponhamos que um progenitor tem um gene que tende a causar uma distribuição equitativa dos benefícios parentais. Um gene que,

deste modo, melhora a aptidão de um indivíduo quando é progenitor não poderia deixar de ter reduzido a sua aptidão mais ainda quando era juvenil.” Chegamos, assim, à conclusão oposta à de Alexander, ou seja, que em qualquer conflito entre progenitor e descendente, a criança tem de vencer!

Obviamente, algo está errado aqui. Ambos os argumentos foram apresentados de forma demasiado simplista. O objetivo da minha citação invertida não é provar o ponto oposto ao de Alexander, mas apenas mostrar que não se pode argumentar com esse tipo de assimetria artificial. Tanto o argumento de Alexander como a minha inversão erraram por olharem para a questão do ponto de vista de um indivíduo — no caso de Alexander, o progenitor, no meu, a criança. Creio que este tipo de erro é demasiado fácil de cometer quando usamos o termo técnico “aptidão”. É por isso que evitei usar essa palavra neste livro. Na realidade, só há uma entidade cujo ponto de vista importa na evolução, e essa entidade é o gene egoísta. Genes em corpos juvenis serão selecionados pela sua capacidade de ultrapassar os corpos parentais; genes em corpos parentais serão selecionados pela sua capacidade de ultrapassar os jovens. Não há qualquer paradoxo no facto de os mesmos genes ocuparem sucessivamente um corpo juvenil e um corpo parental. Os genes são selecionados pela sua capacidade de tirar o melhor partido das alavancas de poder ao seu dispor: explorarão as oportunidades práticas disponíveis. Quando um gene está num corpo juvenil, as suas oportunidades práticas são diferentes das que tem num corpo parental. Assim, a sua política ótima será diferente nas duas fases do ciclo de vida do corpo. Não há razão para supor,

como faz Alexander, que a política ótima posterior deva necessariamente anular a anterior.

Há ainda outra forma de apresentar o argumento contra Alexander. Ele assume tacitamente uma assimetria falsa entre a relação progenitor/filho, por um lado, e a relação entre irmãos, por outro. Lembrar-se-á de que, segundo Trivers, o custo para uma criança egoísta de obter mais do que a sua parte justa, a razão pela qual ela só se apropria até certo ponto, é o perigo de perda de irmãos e irmãs, que partilham metade dos seus genes. Mas irmãos e irmãs são apenas um caso especial de parentes com 50 por cento de grau de parentesco. Os próprios filhos futuros do jovem egoísta não são mais nem menos “valiosos” para ele do que os seus irmãos. Assim, o custo líquido total de obter mais do que a parte justa dos recursos deve ser medido não só em termos de perda de irmãos, mas também em termos de perda de descendência futura devido ao egoísmo entre esses descendentes. O ponto de Alexander sobre a desvantagem de o egoísmo juvenil propagar-se à descendência e, assim, reduzir a produção reprodutiva a longo prazo, é pertinente, mas significa apenas que devemos acrescentar esse factor ao lado dos custos na equação. Uma criança individual continuará a beneficiar por ser egoísta, desde que o benefício líquido para si seja pelo menos metade do custo líquido para os seus parentes próximos. Mas “parentes próximos” deve ser entendido como incluindo não apenas irmãos, mas também os próprios filhos futuros. Um indivíduo deve valorizar o seu próprio bem-estar como sendo duas vezes mais importante do que o de um irmão — que é a suposição básica de Trivers. Mas também deve valorizar-se duas vezes mais do que um dos seus próprios filhos futuros. A conclusão

de Alexander de que existe uma vantagem inata do lado dos pais no conflito de interesses não é correta.

Para além do seu ponto genético fundamental, Alexander apresenta também argumentos mais práticos, baseados em assimetrias inegáveis na relação entre pais e filhos. O progenitor é a parte ativa, quem realmente trabalha para obter alimento, etc., e, por isso, está numa posição de impor as regras. Se o progenitor decidir retirar o seu esforço, pouco pode a criança fazer, já que é mais pequena e não pode revidar. Assim, o progenitor pode impor a sua vontade, independentemente dos desejos da criança. Este argumento não está obviamente errado, pois neste caso a assimetria que postula é real. Os pais são efetivamente maiores, mais fortes e mais experientes do que os filhos. Parecem ter todas as boas cartas na mão. Mas os jovens também têm alguns ases na manga. Por exemplo, é importante para um progenitor saber quão faminto está cada um dos seus filhos, para poder distribuir a comida de forma mais eficiente. Poderia, claro, racionar a comida igualmente entre todos, mas no melhor dos mundos possíveis isso seria menos eficiente do que um sistema que desse um pouco mais a quem pudesse realmente aproveitar melhor. Um sistema em que cada filho dissesse ao progenitor o quão faminto estava seria ideal para o progenitor e, como vimos, parece que tal sistema evoluiu. Mas os jovens estão numa posição vantajosa para mentir, pois sabem exatamente quão famintos estão, enquanto o progenitor só pode adivinhar se estão ou não a dizer a verdade. É quase impossível para um progenitor detetar uma pequena mentira, embora possa desconfiar de uma grande.

Além disso, é vantajoso para o progenitor saber quando um bebê está feliz, e é bom para o bebê poder comunicar essa felicidade. Sinais como ronronar e sorrir podem ter sido selecionados porque permitem aos progenitores perceber quais das suas ações são mais benéficas para os filhos. Ver o filho a sorrir, ou ouvir o gatinho a ronronar, é recompensador para uma mãe, no mesmo sentido em que a comida no estômago é recompensadora para um rato num labirinto. Mas, uma vez que se torna verdade que um sorriso doce ou um ronronar alto são recompensadores, a criança está numa posição para usar o sorriso ou o ronronar para manipular o progenitor e obter mais do que a sua parte justa do investimento parental.

Não há, portanto, uma resposta geral para a pergunta sobre quem tem mais probabilidades de vencer a batalha das gerações. O que surgirá, no final, será um compromisso entre a situação ideal desejada pela criança e a desejada pelo progenitor. É uma batalha comparável à que ocorre entre o cuco e os pais adotivos — não tão feroz, é certo, pois os inimigos têm alguns interesses genéticos em comum — são inimigos apenas até certo ponto ou durante certos períodos sensíveis. Contudo, muitas das táticas usadas pelos cucos, como as de engano e exploração, podem ser empregues pelos próprios filhos de um progenitor, embora estes se detenham antes do egoísmo total que se esperaria de um cuco.

Este capítulo, e o próximo onde discutiremos o conflito entre parceiros, poderá parecer horrivelmente clínico, e até perturbador para pais humanos, tão devotados aos seus filhos e entre si. Mais uma vez devo enfatizar que não estou a falar de motivações

conscientes. Ninguém está a sugerir que as crianças enganam deliberada e conscientemente os pais por causa dos genes egoístas dentro delas. E devo repetir que, quando digo algo como “Uma criança deve aproveitar todas as oportunidades para enganar... mentir, iludir, explorar...”, estou a usar o verbo “dever” num sentido especial. Não estou a defender este tipo de comportamento como moral ou desejável. Estou apenas a dizer que a seleção natural tenderá a favorecer crianças que se comportem desta forma e que, portanto, quando observamos populações selvagens, podemos esperar ver engano e egoísmo dentro das famílias. A expressão “a criança deve enganar” significa que genes que tendem a levar as crianças a enganar têm vantagem no conjunto génico. Se houver uma moral humana a retirar daqui, é que devemos ensinar altruísmo aos nossos filhos, pois não podemos esperar que ele faça parte da sua natureza biológica.

CAPÍTULO 9

Batalha dos Sexos

Se existe conflito de interesses entre pais e filhos, que partilham 50 por cento dos genes uns dos outros, quão mais severo deverá ser o conflito entre parceiros sexuais, que não estão geneticamente relacionados?¹ Tudo o que têm em comum é uma participação genética de 50 por cento nos mesmos filhos. Dado que pai e mãe estão ambos interessados no bem-estar de metades diferentes dos mesmos filhos, poderá haver alguma vantagem em cooperarem mutuamente na criação desses filhos. No entanto, se um dos progenitores conseguir escapar ao investimento da sua parte justa de recursos dispendiosos em cada filho, ficará em melhor posição, já que poderá investir mais em outros filhos de outros parceiros sexuais e, assim, propagar mais dos seus genes. Cada parceiro pode, portanto, ser visto como tentando explorar o outro, forçando-o a investir mais. Idealmente, o que um indivíduo “gostaria” (não no sentido de prazer físico, embora isso possa acontecer) seria copular com o maior número possível de membros do sexo oposto, deixando o parceiro, em cada caso, a cargo da criação dos filhos. Como veremos, este estado de coisas é alcançado pelos machos de várias espécies, mas noutras espécies os machos são obrigados a partilhar igualmente o fardo de criar os filhos. Esta visão da parceria sexual como uma relação de desconfiança e exploração mútuas foi especialmente enfatizada por Trivers. Trata-

se de uma perspectiva relativamente nova para os etólogos. Costumávamos pensar no comportamento sexual, na cópula e na corte que a antecede como uma iniciativa essencialmente cooperativa, empreendida para benefício mútuo — ou até para o bem da espécie!

Voltemos aos princípios fundamentais e inquiramos sobre a natureza essencial do masculino e do feminino. No Capítulo 3 discutimos a sexualidade sem destacar a sua assimetria básica. Aceitámos simplesmente que alguns animais são chamados machos e outros fêmeas, sem questionar o verdadeiro significado dessas palavras. Mas qual é a essência da masculinidade? O que, no fundo, define uma fêmea? Nós, mamíferos, vemos os sexos definidos por síndromes inteiras de características — posse de pénis, gestação dos filhos, amamentação através de glândulas mamárias especiais, certas características cromossómicas, e assim por diante. Estes critérios para julgar o sexo de um indivíduo são adequados no caso dos mamíferos, mas, no caso dos animais e plantas em geral, não são mais fiáveis do que julgar o sexo humano pela tendência de usar calças. Nos sapos, por exemplo, nenhum dos sexos possui pénis. Talvez, então, as palavras macho e fêmea não tenham um significado geral. Afinal, são apenas palavras, e, se não nos forem úteis para descrever sapos, temos total liberdade para as abandonar. Poderíamos, se quiséssemos, dividir os sapos arbitrariamente em Sexo 1 e Sexo 2. No entanto, existe uma característica fundamental dos sexos que pode ser usada para rotular machos como machos e fêmeas como fêmeas, em todo o reino animal e vegetal. Trata-se do facto de que as células sexuais ou “gâmetas” dos machos são muito mais pequenas e numerosas

do que as das fêmeas. Isto é verdade tanto em animais como em plantas. Um grupo de indivíduos possui células sexuais grandes, e é conveniente usar a palavra fêmea para eles. O outro grupo, que chamaremos macho, possui células sexuais pequenas. A diferença é especialmente pronunciada nos répteis e nas aves, onde uma única célula-ovo é suficientemente grande e nutritiva para alimentar um embrião em desenvolvimento durante várias semanas. Mesmo nos humanos, onde o óvulo é microscópico, continua a ser muitas vezes maior do que o espermatozoide. Como veremos, é possível interpretar todas as outras diferenças entre os sexos como derivando desta única diferença fundamental.

Em certos organismos primitivos, como alguns fungos, não existe masculino nem feminino, embora ocorra reprodução sexual de certo tipo. No sistema conhecido como isogamia, os indivíduos não se distinguem em dois sexos. Qualquer um pode acasalar com qualquer outro. Não existem dois tipos diferentes de gâmetas — espermatozoides e óvulos —, pois todas as células sexuais são idênticas, chamadas isogâmetas. Novos indivíduos são formados pela fusão de duas isogâmetas, cada uma produzida por divisão meiótica. Se tivermos três isogâmetas, A, B e C, A poderá fundir-se com B ou C, e B poderá fundir-se com A ou C. O mesmo nunca é verdade nos sistemas sexuais normais. Se A for um espermatozoide e puder fundir-se com B ou C, então B e C têm de ser óvulos, e B não pode fundir-se com C.

Quando duas isogâmetas se fundem, ambas contribuem com quantidades iguais de genes para o novo indivíduo, bem como com quantidades iguais de reservas alimentares. Os espermatozoides e

os óvulos também contribuem com igual número de genes, mas os óvulos contribuem muito mais em termos de reservas alimentares: na verdade, os espermatozoides não contribuem com nada — preocupam-se apenas com o transporte dos seus genes o mais rapidamente possível até a um óvulo. No momento da concepção, portanto, o pai investiu menos do que a sua parte justa (isto é, 50 por cento) de recursos na descendência. Dado que cada espermatozoide é tão pequeno, um macho pode produzir milhões deles todos os dias. Isso significa que ele é potencialmente capaz de gerar um número muito elevado de filhos num curto espaço de tempo, com fêmeas diferentes. Tal só é possível porque cada novo embrião é dotado de reservas alimentares adequadas pela mãe, em cada caso. Isto impõe, por conseguinte, um limite ao número de filhos que uma fêmea pode ter, mas o número de filhos que um macho pode gerar é virtualmente ilimitado. A exploração feminina começa aqui.²

Parker e outros mostraram como esta assimetria poderá ter evoluído a partir de um estado originalmente isogâmico. Nos tempos em que todas as células sexuais eram intercambiáveis e de tamanho aproximadamente igual, algumas, por acaso, seriam ligeiramente maiores do que outras. Em certos aspetos, uma isogâmeta grande teria vantagem sobre uma de tamanho médio, pois proporcionaria ao embrião um bom início, oferecendo-lhe uma grande reserva inicial de alimento. Poderia, por isso, ter havido uma tendência evolutiva para gâmetas maiores. Mas havia um senão. A evolução de isogâmetas maiores do que o estritamente necessário teria aberto a porta à exploração egoísta. Indivíduos que produzissem gâmetas menores do que a média poderiam

beneficiar, desde que conseguissem garantir que os seus gâmetas pequenos se fundissem com os extragrandes. Isso poderia ser conseguido tornando os pequenos mais móveis e capazes de procurar ativamente os grandes. A vantagem, para um indivíduo, de produzir gâmetas pequenos e móveis seria que poderia produzir um número muito maior deles e, assim, potencialmente, ter mais filhos. A seleção natural favoreceu a produção de células sexuais pequenas e ativamente móveis, capazes de procurar as maiores para se fundirem. Assim, podemos conceber a evolução de duas “estratégias” sexuais divergentes: a estratégia de grande investimento ou “honesta”, e a estratégia exploradora de baixo investimento. Uma vez iniciada esta divergência entre as duas estratégias, continuaria de forma descontrolada. Os intermediários de tamanho médio seriam penalizados, pois não gozariam das vantagens de nenhuma das duas estratégias extremas. Os exploradores evoluíram no sentido de tamanhos cada vez menores e maior mobilidade. Os honestos evoluíram no sentido de tamanhos cada vez maiores, para compensar o investimento cada vez mais reduzido dos exploradores, e tornar-se-iam imóveis, dado que seriam sempre perseguidos ativamente pelos exploradores. Cada indivíduo honesto “preferiria” fundir-se com outro honesto. Mas a pressão seletiva para excluir exploradores seria mais fraca do que a pressão dos exploradores para ultrapassar a barreira: os exploradores tinham mais a perder, e por isso venceram a batalha evolutiva. Os honestos tornaram-se óvulos, e os exploradores tornaram-se espermatozoides.

Os machos, portanto, parecem ser criaturas bastante inúteis e, com base em simples critérios de “bem da espécie”, poderíamos

esperar que se tornassem menos numerosos do que as fêmeas. Dado que um único macho pode, teoricamente, produzir espermatozoides suficientes para fecundar um harém de 100 fêmeas, poderíamos supor que as fêmeas deveriam superar numericamente os machos em 100 para 1. Outras formas de dizer o mesmo são que o macho é mais “descartável” e a fêmea mais “valiosa” para a espécie. Claro que, do ponto de vista da espécie como um todo, isto é perfeitamente verdade. Para dar um exemplo extremo, num estudo sobre elefantes-marinhos, 4 por cento dos machos foram responsáveis por 88 por cento das cópulas observadas. Neste caso, como noutros, há um grande excedente de machos solteiros que provavelmente nunca têm oportunidade de copular durante toda a sua vida. Mas esses machos extra levam vidas normais e consomem os recursos alimentares da população com tanto apetite como os outros adultos. Do ponto de vista do “bem da espécie”, isto é terrivelmente dispendioso; os machos em excesso poderiam ser vistos como parasitas sociais. Este é apenas mais um exemplo das dificuldades da teoria da seleção de grupo. A teoria do gene egoísta, por outro lado, não tem qualquer problema em explicar o facto de o número de machos e fêmeas tender a ser igual, mesmo quando os machos que efetivamente se reproduzem constituem uma pequena fração do total. A explicação foi dada, pela primeira vez, por R. A. Fisher.

O problema de quantos machos e quantas fêmeas nascem é um caso especial de uma questão de estratégia parental. Assim como discutimos o tamanho ótimo da família para um progenitor que tenta maximizar a sobrevivência dos seus genes, podemos também discutir a proporção ótima de sexos. Será melhor confiar os seus

preciosos genes a filhos ou a filhas? Suponhamos que uma mãe investia todos os seus recursos em filhos, e por isso não lhe restavam recursos para investir em filhas: contribuiria ela, em média, mais para o reservatório genético do futuro do que outra mãe que investisse em filhas? Tornar-se-iam mais ou menos numerosos os genes que favorecem filhos em comparação com os que favorecem filhas? O que Fisher demonstrou é que, em circunstâncias normais, a proporção estável de sexos é de 50:50. Para perceber porquê, devemos antes conhecer um pouco da mecânica da determinação sexual.

Nos mamíferos, o sexo é determinado geneticamente da seguinte forma. Todos os óvulos têm capacidade para se desenvolver como machos ou fêmeas. São os espermatozoides que transportam os cromossomas determinantes do sexo. Metade dos espermatozoides produzidos por um homem são femininos (ou X-espermatozoides) e metade são masculinos (ou Y-espermatozoides). Os dois tipos de espermatozoides são morfologicamente indistinguíveis. Diferem apenas quanto a um cromossoma. Um gene que fizesse um pai ter apenas filhas poderia consegui-lo ao levá-lo a produzir apenas X-espermatozoides. Um gene que levasse uma mãe a ter apenas filhas poderia funcionar induzindo a secreção de um espermicida seletivo ou provocando o aborto de embriões masculinos. O que procuramos é algo equivalente a uma estratégia evolutivamente estável (EEE), embora aqui, ainda mais do que no capítulo sobre agressividade, estratégia seja apenas uma figura de estilo. Um indivíduo não pode escolher literalmente o sexo dos seus filhos. Mas genes que tendem a favorecer um sexo em detrimento do outro são possíveis.

Suponhamos que tais genes, que favorecem proporções sexuais desiguais, existem — é provável que algum deles se torne mais numeroso no reservatório genético do que os seus alelos rivais, que favorecem uma proporção igual?

Suponhamos que, nos elefantes-marinhos já mencionados, surgia um gene mutante que levasse os progenitores a ter sobretudo filhas. Dado que não há escassez de machos na população, as filhas não teriam dificuldades em encontrar parceiros, e o gene produtor de filhas poderia espalhar-se. A proporção sexual na população começaria então a inclinar-se para um excesso de fêmeas. Do ponto de vista do bem da espécie, isto seria aceitável, pois bastariam alguns machos para fornecer todos os espermatozoides necessários a um enorme excedente de fêmeas, como vimos. Superficialmente, portanto, poderíamos esperar que o gene produtor de filhas continuasse a espalhar-se até que a proporção de sexos ficasse tão desequilibrada que os poucos machos restantes, a trabalhar no limite, fossem suficientes. Mas agora, pense na enorme vantagem genética desfrutada por aqueles poucos progenitores que têm filhos. Qualquer um que invista num filho terá uma probabilidade elevadíssima de ser avô de centenas de elefantes-marinhos. Aqueles que produzem apenas filhas têm garantido um número razoável de netos, mas isso é insignificante comparado com as possibilidades genéticas gloriosas que se abrem diante de quem se especializa em filhos. Assim, os genes para produzir filhos tenderão a tornar-se mais numerosos, e o pêndulo começará a oscilar de volta.

Por simplicidade, falei em termos de uma oscilação de pêndulo. Na prática, o pêndulo nunca teria oportunidade de oscilar tanto no sentido da dominação feminina, pois a pressão para produzir filhos começaria a empurrá-lo de volta assim que a proporção de sexos se tornasse desigual. A estratégia de produzir números iguais de filhos e filhas é uma estratégia evolutivamente estável, no sentido de que qualquer gene que dela se afaste sofrerá uma perda líquida.

Relatei a história em termos de números de filhos versus números de filhas. Fi-lo para simplificar, mas, rigorosamente, deveria ser analisada em termos de investimento parental, ou seja, todos os alimentos e outros recursos que um progenitor tem para oferecer, medidos da forma discutida no capítulo anterior. Os pais devem investir de forma igual em filhos e em filhas. Isto geralmente significa que devem ter, numericamente, tantos filhos quantas filhas. No entanto, poderiam existir rácios sexuais desiguais que fossem estáveis do ponto de vista evolutivo, desde que houvesse uma correspondente desigualdade na quantidade de recursos investidos em filhos e filhas. No caso dos elefantes-marinhos, uma política de ter três vezes mais filhas do que filhos, mas de transformar cada filho num supermacho através do investimento de três vezes mais alimentos e outros recursos nele, poderia ser estável. Ao investir mais comida num filho e torná-lo grande e forte, um progenitor poderia aumentar as suas hipóteses de conquistar o supremo prémio de um harém. Mas este é um caso especial. Normalmente, a quantidade investida em cada filho será aproximadamente igual à investida em cada filha, e o rácio sexual, em termos numéricos, é geralmente de um para um.

Na sua longa jornada através das gerações, um gene médio passará aproximadamente metade do seu tempo em corpos masculinos e a outra metade em corpos femininos. Alguns efeitos genéticos só se manifestam em corpos de um determinado sexo. Estes são chamados de efeitos genéticos limitados ao sexo. Um gene que controla o comprimento do pênis expressa este efeito apenas em corpos masculinos, mas também é transportado por corpos femininos e pode ter neles efeitos completamente diferentes. Não há razão nenhuma para que um homem não possa herdar a tendência para desenvolver um pênis longo da sua mãe.

Independentemente do tipo de corpo em que se encontre, podemos esperar que um gene procure tirar o melhor partido das oportunidades oferecidas por esse corpo. Essas oportunidades podem diferir consoante o corpo seja masculino ou feminino. Como aproximação conveniente, podemos mais uma vez assumir que cada corpo individual é uma máquina egoísta, que tenta fazer o melhor por todos os seus genes. A melhor política para uma máquina egoísta destas será frequentemente uma se for macho, e outra bastante diferente se for fêmea. Por brevidade, voltaremos a usar a convenção de pensar no indivíduo como se tivesse um propósito consciente. Como antes, manteremos em mente que isto é apenas uma figura de estilo. Um corpo é, na verdade, uma máquina programada cegamente pelos seus genes egoístas.

Voltemos a considerar o casal com o qual iniciámos o capítulo. Ambos os parceiros, enquanto máquinas egoístas, “desejam” ter filhos e filhas em número igual. Neste ponto, estão de acordo. Onde entram em desacordo é em relação a quem irá suportar o grosso

do custo de criar cada um desses filhos. Cada indivíduo deseja ter o maior número possível de filhos sobreviventes. Quanto menos tiver de investir em cada um, mais filhos poderá ter. A forma mais óbvia de alcançar este estado desejável é induzir o parceiro sexual a investir mais do que a sua justa parte de recursos em cada filho, deixando-o livre para ter outros filhos com outros parceiros. Esta seria uma estratégia desejável para ambos os sexos, mas é mais difícil para a fêmea concretizá-la. Uma vez que ela começa por investir mais do que o macho, na forma do seu grande óvulo rico em nutrientes, a mãe já está, no momento da concepção, “comprometida” com cada filho mais profundamente do que o pai. Ela tem mais a perder se o filho morrer do que o pai. Mais ainda, teria de investir mais do que o pai no futuro para trazer um novo filho substituto ao mesmo nível de desenvolvimento. Se ela tentasse a tática de deixar o pai com o bebé ao colo, enquanto ia ter com outro macho, o pai poderia, a um custo relativamente baixo, retaliar abandonando também o bebé. Assim, pelo menos nos estágios iniciais do desenvolvimento da criança, se houver abandono, é mais provável que seja o pai a abandonar a mãe do que o contrário. De igual modo, espera-se que as fêmeas invistam mais nos filhos do que os machos, não apenas no início, mas ao longo de todo o desenvolvimento. Assim, nos mamíferos, por exemplo, é a fêmea que incuba o feto no seu corpo, a fêmea que produz o leite para o amamentar quando nasce, a fêmea que suporta o peso principal de o criar e proteger. O sexo feminino é explorado, e a base evolutiva fundamental para essa exploração é o facto de os óvulos serem maiores do que os espermatozoides.

É claro que em muitas espécies o pai trabalha arduamente e com fidelidade no cuidado dos filhos. Mas, mesmo assim, devemos esperar que haja normalmente alguma pressão evolutiva sobre os machos para investirem um pouco menos em cada filho e tentarem ter mais filhos com diferentes esposas. Com isto quero simplesmente dizer que haverá uma tendência para que genes que digam “Corpo, se fores macho, abandona a tua parceira um pouco mais cedo do que o meu alelo rival o faria, e procura outra fêmea” sejam bem-sucedidos na piscina genética. A medida em que esta pressão evolutiva prevalece na prática varia muito de espécie para espécie. Em muitas, como nas aves-do-paraíso, a fêmea não recebe qualquer ajuda de nenhum macho, e cria sozinha os seus filhos. Outras espécies, como os kittiwakes, formam pares monogâmicos de fidelidade exemplar, e ambos os parceiros cooperam na criação dos filhos. Aqui devemos supor que alguma contrapressão evolutiva esteve em ação: deve haver uma penalização associada à estratégia egoísta de exploração do parceiro, bem como um benefício, e nos kittiwakes a penalização supera o benefício. Em qualquer caso, só compensará ao pai abandonar a esposa e o filho se a esposa tiver uma hipótese razoável de criar o filho sozinha.

Trivers considerou os possíveis caminhos de ação abertos a uma mãe que tenha sido abandonada pelo seu parceiro. O melhor para ela seria tentar enganar outro macho a adotar o seu filho, “pensando” que é dele. Isto pode não ser muito difícil se o filho ainda for um feto, ainda não nascido. Naturalmente, embora o filho tenha metade dos genes dela, não carrega nenhum gene do padrasto ingénuo. A seleção natural penalizaria severamente tal ingenuidade nos machos e, de facto, favoreceria machos que

tomassem medidas ativas para matar quaisquer possíveis enteados logo que seacasalasse com uma nova fêmea. Esta é, muito provavelmente, a explicação do chamado efeito Bruce: os ratos machos segregam uma substância química que, quando cheirada por uma fêmea grávida, pode provocar o aborto. Ela só aborta se o cheiro for diferente do, do seu parceiro anterior. Assim, um rato macho destrói os seus potenciais enteados e torna a nova esposa recetiva aos seus próprios avanços sexuais. Ardrey, curiosamente, vê o efeito Bruce como um mecanismo de controlo populacional! Um exemplo semelhante é o dos leões machos que, ao integrarem-se numa nova alcateia, por vezes matam crias existentes, presumivelmente porque não são seus filhos.

Um macho pode obter o mesmo resultado sem necessariamente matar os enteados. Pode impor um período prolongado de namoro antes de copular com uma fêmea, afastando todos os outros machos que se aproximem dela e impedindo-a de fugir. Desta forma, pode esperar para ver se ela transporta algum enteado no útero, e abandoná-la se assim for. Abaixo veremos uma razão pela qual uma fêmea pode querer um longo “noivado” antes da cópula. Aqui temos uma razão pela qual um macho pode querer o mesmo. Desde que consiga isolá-la de todo o contato com outros machos, isso ajuda a evitar ser o benfeitor inadvertido dos filhos de outro.

Assumindo então que uma fêmea abandonada não consegue enganar um novo macho a adotar o seu filho, que mais pode ela fazer? Muito pode depender da idade da criança. Se acabou de ser concebida, é certo que ela investiu um óvulo inteiro nela, e talvez mais, mas ainda assim pode compensá-la abortar e encontrar um

novo parceiro o mais rapidamente possível. Nestas circunstâncias, seria do interesse mútuo dela e do potencial novo companheiro que ela abortasse — uma vez que estamos a assumir que ela não tem esperança de o enganar. Isto poderia explicar por que motivo o efeito Bruce funciona do ponto de vista da fêmea.

Outra opção disponível a uma fêmea abandonada é persistir e tentar criar o filho sozinha. Isto compensar-lhe-á especialmente se a criança já for relativamente velha. Quanto mais velho for, mais já foi investido nele, e menos esforço exigirá para completar a sua criação. Mesmo que ainda seja bastante jovem, poderá compensá-la tentar salvar algo do seu investimento inicial, mesmo que tenha de trabalhar o dobro para o alimentar agora que o macho se foi embora. Não é nenhum consolo para ela que a criança contenha metade dos genes do macho e que possa vingar-se abandonando-a. Não há qualquer sentido em vingar-se só por vingança. A criança carrega metade dos seus próprios genes, e o dilema agora é só dela.

Paradoxalmente, uma política razoável para uma fêmea que corre o risco de ser abandonada poderá ser abandonar o macho antes que ele a abandone. Isso pode compensá-la, mesmo que já tenha investido mais na criança do que o macho. A verdade desagradável é que, em certas circunstâncias, há vantagem para o parceiro que abandona primeiro, seja ele o pai ou a mãe. Como diz Trivers, o parceiro que fica para trás encontra-se num dilema cruel. É um argumento bastante horrível, mas muito subtil. Um progenitor pode ser levado a abandonar no momento em que possa dizer o seguinte: “Esta criança já está suficientemente desenvolvida para

que qualquer um de nós a possa criar sozinho. Por conseguinte, compensar-me-á abandoná-la agora, desde que possa ter a certeza de que o meu parceiro não fará o mesmo. Se eu a abandonar agora, o meu parceiro fará o que for melhor para os seus próprios genes egoístas. Ele ou ela será forçado a tomar uma decisão mais drástica do que a minha, porque eu já terei partido. O meu parceiro 'saberá' que, se também partir, a criança morrerá com certeza. Portanto, assumindo que o meu parceiro tomará a decisão mais vantajosa para os seus próprios genes, concluo que a minha melhor estratégia é abandonar primeiro. Tanto mais que o meu parceiro pode estar a 'pensar' exatamente da mesma forma e pode tomar a iniciativa a qualquer momento, abandonando-me!" Como sempre, este solilóquio subjetivo serve apenas de ilustração. A ideia é que genes para abandonar primeiro podem ser positivamente selecionados simplesmente porque genes para abandonar em segundo lugar não o seriam.

Vimos algumas das opções ao dispor de uma fêmea que tenha sido abandonada pelo seu parceiro. Mas todas têm o ar de serem tentativas de fazer o melhor de uma má situação. Haverá algo que uma fêmea possa fazer para reduzir, logo à partida, a medida em que o seu parceiro a explora? Ela tem uma carta forte na mão: pode recusar copular. Está em procura — é um mercado de vendedor. Isto porque traz consigo o dote de um óvulo grande e nutritivo. Um macho que consiga copular com sucesso ganha uma reserva alimentar valiosa para os seus descendentes. A fêmea está potencialmente numa posição que lhe permite negociar duramente antes de copular. Depois de copular, jogou o seu trunfo — o seu óvulo foi comprometido com o macho. É muito bonito falar em

negociar duramente, mas sabemos muito bem que a realidade não é assim tão simples. Haverá alguma forma realista de algo equivalente à negociação difícil poder evoluir por seleção natural? Considerarei duas possibilidades principais, chamadas estratégia da felicidade doméstica e estratégia do machão.

A versão mais simples da estratégia da felicidade doméstica é esta: a fêmea observa os machos e tenta identificar sinais de fidelidade e domesticidade antecipadamente. Haverá sempre variação na predisposição dos machos para serem maridos fiéis. Se as fêmeas conseguirem reconhecer essas qualidades com antecedência, podem beneficiar ao escolher machos que as possuam. Uma forma de o fazer é adotar uma postura difícil durante muito tempo — ser recatada. Qualquer macho que não tenha paciência suficiente para esperar que a fêmea consinta eventualmente em copular provavelmente não será uma boa aposta como marido fiel. Ao insistir num longo período de noivado, uma fêmea afasta pretendentes casuais e acaba por copular apenas com um macho que já provou a sua fidelidade e perseverança. A recatada timidez feminina é, de facto, muito comum entre os animais, tal como são comuns os rituais prolongados de acasalamento. Como já vimos, um longo noivado também pode beneficiar o macho quando há risco de ser enganado e acabar a cuidar dos filhos de outro. Os rituais de corte muitas vezes incluem investimento pré-copulatório considerável por parte do macho. A fêmea pode recusar-se a copular até o macho lhe construir um ninho. Ou o macho pode ter de a alimentar com quantidades substanciais de comida. Isto é, naturalmente, muito vantajoso do ponto de vista da fêmea, mas também sugere outra possível versão

da estratégia da felicidade doméstica: poderiam as fêmeas forçar os machos a investir tanto nos seus descendentes antes de permitirem a cópula que deixaria de compensar aos machos abandoná-las depois da cópula? A ideia é apelativa. Um macho que espera que uma fêmea recatada acabe por copular com ele está a pagar um custo: está a perder a oportunidade de copular com outras fêmeas, e está a gastar tempo e energia a cortejá-la. No momento em que finalmente copula com uma determinada fêmea, estará inevitavelmente fortemente “comprometido” com ela. Haverá pouca tentação para ele a abandonar, se souber que qualquer futura fêmea que se lhe apresente irá igualmente procrastinar antes de passar ao assunto propriamente dito.

Como demonstrei num artigo, há um erro no raciocínio de Trivers. Ele pensava que o investimento prévio, por si só, comprometia um indivíduo com um investimento futuro. Isto é um erro económico. Um empresário nunca deve dizer: “Já investi tanto no avião Concorde (por exemplo), que agora não posso dar-me ao luxo de o abandonar.” Em vez disso, deve sempre perguntar se valerá a pena, no futuro, cortar as perdas e abandonar o projeto, mesmo que já tenha investido fortemente nele. Do mesmo modo, não serve de nada uma fêmea forçar um macho a investir muito nela na esperança de que isso, por si só, o dissuada de a abandonar mais tarde. Esta versão da estratégia da “felicidade doméstica” depende de uma outra suposição crucial. Trata-se da hipótese de que a maioria das fêmeas se comportará do mesmo modo. Se houver fêmeas “fáceis” na população, dispostas a acolher machos que abandonaram as suas companheiras, então poderá compensar

ao macho desertar, independentemente do quanto já tenha investido nos filhos dessa fêmea.

Muito depende, portanto, de como a maioria das fêmeas se comporta. Se nos fosse permitido pensar em termos de uma conspiração de fêmeas, não haveria problema. Mas uma conspiração de fêmeas não pode evoluir, tal como não pode evoluir a conspiração das pombas que considerámos no Capítulo 5. Em vez disso, temos de procurar estratégias evolutivamente estáveis. Vamos aplicar ao sexo o método de Maynard Smith para analisar confrontos agressivos.³ Será um pouco mais complicado do que o caso dos falcões e das pombas, porque teremos duas estratégias femininas e duas estratégias masculinas.

Tal como nos estudos de Maynard Smith, a palavra “estratégia” refere-se a um programa de comportamento cego e inconsciente. As nossas duas estratégias femininas serão chamadas “recatada” e “fácil”, e as duas estratégias masculinas serão chamadas “fiel” e “galanteador”. As regras comportamentais dos quatro tipos são as seguintes: as fêmeas recatadas não copulam com um macho até ele ter passado por um período longo e dispendioso de cortejo, que dura várias semanas. As fêmeas fáceis copulam imediatamente com qualquer um. Os machos fiéis estão dispostos a cortejar durante muito tempo e, após a cópula, permanecem com a fêmea e ajudam-na a criar as crias. Os machos galanteadores perdem rapidamente a paciência se uma fêmea não copular com eles de imediato: partem à procura de outra fêmea; depois da cópula também não permanecem nem se comportam como bons pais — partem em busca de novas fêmeas. Tal como no caso dos falcões e das pombas,

estas não são as únicas estratégias possíveis, mas é esclarecedor estudar os seus destinos.

Tal como Maynard Smith, usaremos alguns valores hipotéticos arbitrários para os vários custos e benefícios. Para sermos mais gerais, isto poderia ser feito com símbolos algébricos, mas os números são mais fáceis de compreender. Suponhamos que o benefício genético obtido por cada progenitor quando uma cria é criada com sucesso é de +15 unidades. O custo de criar uma cria — o custo de toda a alimentação, de todo o tempo despendido nos cuidados, e de todos os riscos corridos em seu favor — é de –20 unidades. O custo é expresso como negativo porque é “despendido” pelos progenitores. Também é negativo o custo de perder tempo num cortejo prolongado. Suponhamos que esse custo é de –3 unidades.

Imaginemos agora uma população em que todas as fêmeas são recatadas e todos os machos são fiéis. É uma sociedade ideal monogâmica. Em cada casal, o macho e a fêmea recebem o mesmo benefício médio. Ganhando +15 por cada cria criada, partilham o custo de criação (–20) igualmente entre ambos, ou seja, –10 cada. Ambos pagam a penalização de –3 pontos pelo tempo perdido em cortejo prolongado. O benefício médio de cada um é, portanto, $+15 - 10 - 3 = +2$.

Agora, suponhamos que entra na população uma única fêmea fácil. Ela sai-se muito bem. Não paga o custo da demora, pois não se envolve em cortejo prolongado. Como todos os machos da população são fiéis, pode contar com encontrar um bom pai para os

seus filhos, qualquer que seja o parceiro. O seu benefício médio por cria é de $+15 - 10 = +5$. Está 3 unidades acima das suas rivais recatadas. Assim, os genes de “facilidade” começarão a espalhar-se.

Se o sucesso das fêmeas fáceis for tão grande que passem a predominar na população, também se darão mudanças no campo masculino. Até aqui, os machos fiéis tinham o monopólio. Mas agora, se surgir um macho galanteador na população, começará a sair-se melhor do que os fiéis. Numa população onde todas as fêmeas são fáceis, as oportunidades para um galanteador são abundantes. Recebe os +15 pontos se uma cria for criada com sucesso, e não paga nenhum dos dois custos. Esta ausência de custos significa sobretudo que está livre para ir copular com novas fêmeas. Cada uma das suas infelizes companheiras lida sozinha com a cria, pagando o custo total de -20 pontos, embora não pague nada pelo tempo em cortejo. O benefício líquido para uma fêmea fácil que se cruza com um galanteador é $+15 - 20 = -5$; o benefício para o galanteador é de +15. Numa população onde todas as fêmeas são fáceis, os genes galanteadores espalhar-se-ão rapidamente.

Se os galanteadores tiverem tanto sucesso que passem a dominar a população masculina, as fêmeas fáceis ficarão em maus lençóis. Qualquer fêmea recatada teria uma forte vantagem. Se uma fêmea recatada se cruza com um macho galanteador, não há acasalamento. Ela insiste num cortejo prolongado; ele recusa e vai procurar outra. Nenhum dos dois paga o custo do tempo perdido. Nenhum obtém qualquer benefício também, já que não há cria. O

benefício líquido para uma fêmea recatada numa população de galanteadores é zero. Zero pode não parecer muito, mas é melhor do que os -5 , que é a média das fêmeas fáceis. Mesmo que uma fêmea fácil decidisse abandonar a sua cria após ser abandonada pelo macho, ainda assim teria pago o custo significativo de um óvulo. Assim, os genes recatados começam novamente a espalhar-se pela população.

Para completar o ciclo hipotético, quando as fêmeas recatadas aumentam tanto que predominam, os machos galanteadores, que tinham uma vida fácil com as fêmeas fáceis, começam a sentir dificuldades. Fêmea após fêmea insiste num cortejo longo e exigente. Os galanteadores saltam de fêmea em fêmea, e a história repete-se sempre. O benefício líquido para um galanteador numa população de fêmeas recatadas é zero. Agora, se surgir um único macho fiel, ele será o único com quem as fêmeas recatadas aceitarão copular. O seu benefício líquido é de $+2$, melhor do que o dos galanteadores. Assim, os genes fiéis voltam a aumentar, e fechamos o ciclo.

Tal como na análise da agressão, contei a história como se fosse uma oscilação interminável. Mas, tal como nesse caso, pode demonstrar-se que, na realidade, não haveria oscilação. O sistema convergiria para um estado estável.⁴ Se fizer os cálculos, verifica-se que uma população em que $\frac{5}{6}$ das fêmeas são recatadas e $\frac{5}{8}$ dos machos são fiéis é evolutivamente estável. Isto, claro, é válido apenas para os números arbitrários com que começámos, mas é fácil calcular quais seriam as proporções estáveis para outros pressupostos arbitrários.

Como nas análises de Maynard Smith, não precisamos de imaginar que existem dois tipos distintos de macho e dois tipos distintos de fêmea. A EEE (Estratégia Evolutivamente Estável) pode ser igualmente alcançado se cada macho passar $\frac{5}{8}$ do seu tempo a ser fiel e o resto a galantear; e cada fêmea passar $\frac{5}{6}$ do tempo a ser recatada e $\frac{1}{6}$ a ser fácil. De qualquer forma que pensemos na EEE, o que isto significa é o seguinte: qualquer tendência de membros de um dos sexos para se desviarem da proporção estável apropriada será penalizada por uma mudança consequente na proporção de estratégias do outro sexo, o que, por sua vez, será desvantajoso para o primeiro desviante. Assim, a EEE será preservada.

Podemos concluir que é perfeitamente possível a evolução de uma população composta maioritariamente por fêmeas recatadas e machos fiéis. Nessas circunstâncias, a estratégia da “felicidade doméstica” para as fêmeas parece realmente funcionar. Não precisamos de imaginar uma conspiração de fêmeas recatadas. A recatabilidade pode, de facto, beneficiar os genes egoístas da fêmea. Existem várias formas de uma fêmea aplicar este tipo de estratégia. Já sugeri que uma fêmea pode recusar-se a copular com um macho que ainda não tenha construído um ninho para ela — ou pelo menos a tenha ajudado a construí-lo. De facto, em muitas aves monogâmicas, a cópula só ocorre depois de o ninho estar construído. O efeito disto é que, no momento da concepção, o macho já investiu bastante mais na cria do que apenas os seus espermatozoides baratos.

Exigir que um potencial parceiro construa um ninho é uma forma eficaz de a fêmea o apanhar. Poder-se-ia pensar que, em teoria, quase tudo o que custe muito ao macho serviria, mesmo que esse custo não revertisse diretamente em benefício para os filhos por nascer. Se todas as fêmeas de uma população obrigassem os machos a realizar algum feito difícil e dispendioso — como matar um dragão ou escalar uma montanha — antes de consentirem em copular com eles, poderiam, em teoria, reduzir a tentação dos machos em desertar após a cópula. Qualquer macho tentado a abandonar a sua parceira para tentar espalhar mais os seus genes por outra fêmea seria dissuadido pela ideia de ter de matar outro dragão. Na prática, porém, é pouco provável que as fêmeas imponham tarefas tão arbitrárias como matar dragões ou procurar o Santo Graal aos seus pretendentes. A razão é que uma fêmea rival que impusesse uma tarefa não menos árdua, mas mais útil para ela e para os seus filhos, teria vantagem sobre fêmeas mais românticas que exigissem uma laboriosa prova de amor sem utilidade prática. Construir um ninho pode ser menos romântico do que matar um dragão ou nadar o Helesponto, mas é muito mais útil.

Também é útil para a fêmea a prática que já mencionei de alimentação durante o cortejo por parte do macho. Nas aves, isto tem sido geralmente interpretado como uma espécie de regressão do comportamento juvenil por parte da fêmea. Ela mendiga ao macho, usando os mesmos gestos que uma ave jovem utilizaria. Supõe-se que isso seja automaticamente atrativo para o macho, da mesma forma que um homem pode achar atraente uma mulher adulta com voz de criança ou lábios em bico. A ave fêmea, nesta

fase, precisa de toda a alimentação suplementar que conseguir obter, pois está a acumular reservas para o esforço de fabricar os seus enormes ovos. A alimentação de cortejo por parte do macho representa provavelmente um investimento direto nos próprios ovos. Tem, por isso, o efeito de reduzir a disparidade entre os dois progenitores no investimento inicial nos filhos.

Vários insetos e aranhas também demonstram o fenómeno da alimentação durante o cortejo. Nestes casos, uma interpretação alternativa tem, por vezes, sido demasiado óbvia. Uma vez que, como no caso da louva-a-deus, o macho corre o risco de ser devorado pela fêmea, que é maior, tudo o que possa fazer para reduzir o apetite dela pode jogar a seu favor. O “investimento” do macho da louva-a-deus nos seus filhos assume um carácter macabro: ao ser devorado pela fêmea durante o acasalamento, ele fornece nutrientes essenciais para a produção dos ovos que os seus espermatozoides irão fecundar posteriormente.

Uma fêmea que joga pela estratégia da felicidade doméstica, e que simplesmente observa os machos tentando reconhecer antecipadamente qualidades de fidelidade, expõe-se à fraude. Qualquer macho que consiga passar-se por um bom tipo doméstico e leal, mas que, na realidade, esconda uma forte tendência para a deserção e infidelidade, poderá ter uma grande vantagem. Desde que as suas ex-companheiras abandonadas tenham alguma hipótese de criar alguns dos filhos, o galanteador terá mais genes transmitidos do que um rival que seja um marido e pai honesto. Genes que favoreçam a capacidade de engano eficaz por parte dos machos tenderão a ser favorecidos no reservatório genético.

Por outro lado, a seleção natural tenderá a favorecer as fêmeas que desenvolvam aptidão para detetar tais enganos. Uma forma de conseguirem isso é mostrando-se particularmente exigentes e reservadas quando cortejadas por um novo macho, mas, em épocas reprodutivas seguintes, estarem mais disponíveis e aceitarem rapidamente as investidas do parceiro do ano anterior. Isto penaliza automaticamente os machos jovens que se lançam na sua primeira época de reprodução, sejam eles enganadores ou não. A descendência de fêmeas ingénuas de primeiro ano tenderá a conter uma proporção relativamente alta de genes de pais infiéis, mas os pais fiéis têm vantagem nos anos subsequentes da vida da mãe, pois não precisam de passar pelos mesmos rituais de cortejo dispendiosos em energia e tempo. Se a maioria dos indivíduos de uma população forem filhos de mães experientes, e não de mães ingénuas — uma suposição razoável em qualquer espécie de vida longa — genes para paternidade honesta e competente acabarão por prevalecer no reservatório genético.

Para simplificar, falei como se um macho fosse puro e simplesmente honesto ou totalmente enganador. Na realidade, é mais provável que todos os machos — de facto, todos os indivíduos — sejam um pouco enganadores, na medida em que estão programados para aproveitar oportunidades de explorar os seus parceiros. A seleção natural, ao aguçar a capacidade de cada parceiro para detetar desonestidade no outro, tem mantido o engano em larga escala num nível bastante baixo. Os machos têm mais a ganhar com a desonestidade do que as fêmeas, e devemos esperar que, mesmo nas espécies em que os machos mostram um altruísmo parental considerável, tendam geralmente a fazer um

pouco menos do que as fêmeas e a estarem um pouco mais dispostos a fugir. Nas aves e mamíferos, isto é certamente o caso habitual.

Existem, no entanto, espécies em que o macho realiza mais trabalho no cuidado dos filhos do que a fêmea. Entre aves e mamíferos, estes casos de devoção paternal são excepcionalmente raros, mas são comuns entre os peixes. Porquê?⁵ Esta é uma dificuldade para a teoria do gene egoísta que me intrigou durante muito tempo. Uma solução engenhosa foi recentemente sugerida por Miss T. R. Carlisle, numa aula tutelada. Ela recorre à ideia do “laço cruel” de Trivers, referida na página 193, do seguinte modo.

Muitos peixes não copulam, mas simplesmente expõem as suas células sexuais na água. A fertilização dá-se na água aberta, e não dentro do corpo de um dos parceiros. Foi provavelmente assim que a reprodução sexual começou. Animais terrestres como aves, mamíferos e répteis, por outro lado, não podem permitir-se este tipo de fertilização externa, porque as suas células sexuais são demasiado vulneráveis à dessecação. Os gametas de um dos sexos — o macho, já que os espermatozoides são móveis — são introduzidos no interior húmido de um membro do outro sexo — a fêmea. Até aqui, trata-se apenas de factos. Agora vem a ideia. Após a cópula, a fêmea terrestre fica na posse física do embrião. Ele está dentro do seu corpo. Mesmo que ela deposite o ovo fecundado quase de imediato, o macho ainda tem tempo para desaparecer, forçando assim a fêmea ao “laço cruel” de Trivers. O macho tem inevitavelmente a oportunidade de tomar a decisão prévia de desertar, fechando as opções da fêmea e forçando-a a decidir entre

deixar a cria morrer ou ficar e criá-la. Por isso, os cuidados maternos são mais comuns entre os animais terrestres do que os cuidados paternos.

Mas para os peixes e outros animais aquáticos as coisas são muito diferentes. Se o macho não introduz fisicamente os seus espermatozoides no corpo da fêmea, não há qualquer sentido em que se diga que a fêmea fica “com o bebé nos braços”. Qualquer um dos parceiros pode fugir rapidamente e deixar o outro na posse dos ovos recém-fertilizados. Mas há ainda uma razão pela qual pode ser mais comum que seja o macho a ficar vulnerável à deserção. Parece provável que surja uma batalha evolutiva quanto a quem expele primeiro as células sexuais. O parceiro que o fizer ganha a vantagem de poder escapar, deixando o outro com os embriões. Por outro lado, o parceiro que desova primeiro corre o risco de que o parceiro seguinte falhe a sua parte. Ora, o macho está mais vulnerável aqui, se apenas porque os espermatozoides são mais leves e mais propensos à difusão do que os ovos. Se uma fêmea desovar demasiado cedo, ou seja, antes de o macho estar pronto, isso pouco importa, porque os ovos, sendo grandes e pesados, tendem a manter-se juntos durante algum tempo. Assim, uma fêmea pode arriscar desovar cedo. O macho, porém, não se pode dar a esse luxo: se libertar os seus espermatozoides demasiado cedo, eles terão difundido antes de a fêmea estar pronta, e ela não desovará, pois não valerá a pena. Por causa deste problema de difusão, o macho tem de esperar que a fêmea desove e, em seguida, libertar os seus espermatozoides sobre os ovos. Mas ela ganhou preciosos segundos para desaparecer, deixando o macho na posse da ninhada, forçando-o aos dilemas de Trivers. Esta teoria

explica, assim, de forma elegante, por que é que os cuidados paternos são comuns na água, mas raros em terra firme.

Deixando os peixes, volto-me agora para a outra grande estratégia feminina: a estratégia do macho-exemplar. Nas espécies onde esta política é adotada, as fêmeas, na prática, resignam-se a não receber ajuda do pai dos seus filhos e apostam tudo em bons genes. Mais uma vez, usam a sua arma de recusar copular. Recusam-se a acasalar com qualquer macho, exercendo o máximo cuidado e discriminação antes de aceitarem um parceiro. Alguns machos contêm, sem dúvida, mais bons genes do que outros, genes que beneficiariam a sobrevivência tanto de filhos como de filhas. Se uma fêmea conseguir detetar bons genes nos machos, através de pistas visíveis, pode beneficiar os seus próprios genes ao combiná-los com bons genes paternos. Usando a analogia das tripulações de remo, uma fêmea pode evitar que os seus genes sejam prejudicados por má companhia. Pode tentar selecionar bons colegas de tripulação para os seus genes.

É provável que a maioria das fêmeas concorde sobre quais são os melhores machos, já que todas têm acesso à mesma informação. Portanto, estes poucos machos afortunados realizarão a maior parte das cópulas. E são bem capazes de o fazer, já que tudo o que têm de fornecer a cada fêmea são alguns espermatozoides baratos. Isto é, presumivelmente, o que acontece com os elefantes-marinhos e com as aves-do-paraíso. As fêmeas permitem que apenas alguns machos desfrutem da estratégia ideal de exploração egoísta — a que todos os machos aspiram — mas asseguram-se de que só os melhores o consigam.

Do ponto de vista de uma fêmea a tentar escolher bons genes para combinar com os seus, o que procura ela? Uma das coisas que deseja é prova de capacidade de sobrevivência. É evidente que qualquer parceiro potencial que a corteje já provou saber sobreviver até à idade adulta, mas isso não prova que possa viver muito mais. Uma boa política para a fêmea pode ser escolher machos idosos. Quaisquer que sejam as suas desvantagens, pelo menos provaram saber sobreviver, e ela poderá estar a combinar os seus genes com genes para longevidade. No entanto, não serve de muito garantir que os seus filhos vivam vidas longas se não lhe derem muitos netos. Longevidade não é prova direta de virilidade. Um macho longo pode ter sobrevivido precisamente por evitar riscos na reprodução. Uma fêmea que escolhe um macho idoso não garante necessariamente mais descendência do que outra que opte por um jovem que demonstre outras provas de bons genes.

Que provas, então? Existem muitas possibilidades. Talvez músculos fortes como sinal de capacidade para caçar alimento, talvez pernas compridas como prova de capacidade para fugir de predadores. Uma fêmea pode beneficiar os seus genes ao associá-los a tais traços, que podem ser úteis em filhos e filhas. Começamos, assim, por imaginar fêmeas a escolher machos com base em sinais genuínos que tendem a indicar bons genes. Mas eis um ponto muito interessante, percebido por Darwin e claramente enunciado por Fisher: numa sociedade onde os machos competem entre si para serem escolhidos como machos-exemplares pelas fêmeas, uma das melhores coisas que uma mãe pode fazer pelos seus genes é produzir um filho que, por sua vez, se torne um macho atraente. Se conseguir garantir que o seu filho seja um dos poucos

machos a conquistar a maioria das cópulas da geração seguinte, terá um número enorme de netos. O resultado disto é que uma das qualidades mais desejáveis num macho, aos olhos de uma fêmea, é, pura e simplesmente, a atratividade sexual. Uma fêmea que copule com um macho-exemplar superatractivo tem maior probabilidade de ter filhos que serão atractivos para as fêmeas da geração seguinte — e que lhe darão muitos netos. Originalmente, então, as fêmeas podem ter escolhido machos com base em qualidades úteis como músculos fortes, mas, uma vez que essas qualidades se tornaram amplamente aceites como atractivas, a seleção natural continuaria a favorecê-las simplesmente por serem atractivas.

Extravagâncias como as caudas dos machos das aves-do-paraíso podem, portanto, ter evoluído por um tipo de processo instável e descontrolado.⁶ Nos primórdios, uma cauda ligeiramente mais comprida do que o habitual pode ter sido seleccionada pelas fêmeas como uma qualidade desejável nos machos, talvez por indiciar uma constituição física robusta e saudável. Uma cauda curta num macho poderia ser sinal de alguma deficiência vitamínica — indício de fraca capacidade de obtenção de alimento. Ou talvez os machos de cauda curta não fossem particularmente eficazes a fugir de predadores, e por isso tivessem perdido parte da cauda. Note que não precisamos assumir que a cauda curta era, em si, herdada geneticamente — basta que funcionasse como um indicador de alguma inferioridade genética. Seja como for, por qualquer razão, suponhamos que as fêmeas da espécie ancestral da ave-do-paraíso começaram a escolher preferencialmente machos com caudas mais longas do que a média. Desde que houvesse alguma contribuição genética para a

variação natural no comprimento das caudas, isso faria com que, com o tempo, a média do comprimento da cauda nos machos da população aumentasse. As fêmeas seguiam uma regra simples: observavam todos os machos e escolhiam aquele com a cauda mais longa. Qualquer fêmea que se afastasse dessa regra era penalizada — mesmo que, nessa altura, as caudas já fossem tão longas que se tornassem um entrave para os machos que as possuíam. Isto porque qualquer fêmea que não produzisse filhos com caudas longas teria poucas hipóteses de ver os seus filhos considerados atraentes. Tal como acontece com modas no vestuário feminino, ou no projeto de automóveis americanos, a tendência para caudas mais longas ganhou impulso próprio. Só foi travada quando as caudas se tornaram tão grotescamente compridas que os seus óbvios inconvenientes começaram a sobrepor-se à vantagem da atratividade sexual.

Esta é uma ideia difícil de aceitar, e tem atraído ceticismo desde que Darwin a propôs pela primeira vez, sob o nome de seleção sexual. Um dos que nela não acredita é A. Zahavi, cuja teoria da «raposa, raposa» já encontramos. Ele apresenta o seu próprio e exasperantemente contrário «princípio da deficiência» como explicação alternativa.⁷ Zahavi observa que o simples facto de as fêmeas procurarem bons genes nos machos abre a porta à possibilidade de engano por parte destes. Músculos fortes podem ser, de facto, uma boa característica para uma fêmea selecionar, mas o que impede um macho de desenvolver músculos falsos — tão ocos quanto ombreiras acolchoadas? Se for mais barato, para um macho, desenvolver músculos falsos do que verdadeiros, a seleção sexual favorecerá os genes que produzem músculos falsos. No

entanto, não demorará até que uma contrasseleção leve à evolução de fêmeas capazes de detetar o embuste. O ponto de partida de Zahavi é que a propaganda sexual enganosa acabará por ser desmascarada pelas fêmeas. Conclui, assim, que os machos realmente bem-sucedidos serão aqueles que não mentem, os que demonstram de forma inequívoca que não estão a enganar. Se estivermos a falar de músculos fortes, os machos que apenas simulam a aparência de força serão rapidamente descobertos. Mas um macho que demonstre, através de algo equivalente a levantar pesos ou fazer flexões ostensivamente, que tem mesmo força muscular, convencerá as fêmeas. Por outras palavras, Zahavi acredita que um verdadeiro «macho alfa» não deve apenas parecer um bom macho: tem de sê-lo realmente; caso contrário, não será aceite pelas fêmeas céticas. As exhibições evoluirão, portanto, de forma a só poderem ser realizadas por um verdadeiro «macho alfa».

Até aqui, tudo bem. Agora vem a parte da teoria de Zahavi que é mais difícil de aceitar. Ele sugere que as caudas das aves-do-paraíso e dos pavões, os enormes cornos dos veados, e outras características sexualmente selecionadas que sempre pareceram paradoxais por aparentarem ser desvantagens para quem as possui, evoluem precisamente por serem desvantagens. Um pássaro macho com uma cauda longa e incómoda está a exhibir-se perante as fêmeas, mostrando que é tão robusto que consegue sobreviver apesar da sua cauda. Imagine uma mulher a observar dois homens numa corrida. Se ambos chegam ao fim ao mesmo tempo, mas um correu deliberadamente com um saco de carvão às costas, a mulher concluirá naturalmente que o homem com o peso adicional é, na verdade, o corredor mais rápido.

Não acredito nesta teoria, embora já não me sinta tão seguro no meu ceticismo como quando a ouvi pela primeira vez. Na altura, observei que a conclusão lógica da teoria seria a evolução de machos com apenas uma perna e um olho. Zahavi, que é israelita, retorquiu de imediato: "Alguns dos nossos melhores generais têm apenas um olho!" Ainda assim, o problema permanece: a teoria da deficiência parece conter uma contradição básica. Se a deficiência for genuína — e é da essência da teoria que o seja — então essa mesma deficiência penalizará os descendentes tanto quanto poderá atrair as fêmeas. Em qualquer caso, é crucial que a deficiência não seja transmitida às filhas.

Se reformularmos a teoria da deficiência em termos genéticos, teremos algo como isto: um gene que leva os machos a desenvolver uma deficiência — por exemplo, uma cauda longa — torna-se mais frequente no património genético porque as fêmeas escolhem machos com deficiências. As fêmeas escolhem-nos porque os genes que fazem com que as fêmeas tenham essa preferência também se tornam mais frequentes. Isto acontece porque as fêmeas que preferem machos com deficiências acabam, por via disso, por escolher machos com bons genes noutras características, uma vez que esses machos conseguiram sobreviver até à idade adulta apesar da deficiência. Esses bons genes "extra" beneficiam os corpos dos filhos, que por isso têm mais hipóteses de sobreviver e propagar os genes tanto para a deficiência como para a preferência por essa deficiência. Desde que os genes responsáveis pela deficiência só atuem nos filhos do sexo masculino, e os genes responsáveis pela preferência por machos deficientes só atuem nas filhas, a teoria pode funcionar. Enquanto for formulada apenas em

palavras, não podemos ter a certeza de que funciona. Obtemos uma melhor noção da sua viabilidade quando a reformulamos num modelo matemático. Até agora, os geneticistas matemáticos que tentaram transformar o princípio da deficiência num modelo funcional não conseguiram. Pode ser porque não é um princípio viável, ou porque ainda não foram suficientemente engenhosos. Um desses geneticistas é Maynard Smith, e a minha intuição favorece a primeira hipótese.

Se um macho conseguir demonstrar a sua superioridade sobre outros machos de um modo que não envolva deliberadamente dificultar a si próprio, ninguém duvidará de que poderá aumentar o seu sucesso genético dessa forma. Assim, os elefantes-marinhos conquistam e mantêm haréns não por serem esteticamente atrativos para as fêmeas, mas pelo simples expediente de espancar qualquer macho que tente invadir o harém. Os donos de haréns tendem a vencer estas lutas contra os pretendentes, precisamente porque é por isso que são donos de haréns. Os pretendentes raramente vencem, porque, se fossem capazes disso, já o teriam feito antes! Qualquer fêmea que acasale apenas com um dono de harém está, portanto, a aliar os seus genes aos de um macho suficientemente forte para repelir desafios sucessivos vindos do grande excedente de machos solteiros desesperados. Com sorte, os seus filhos herdarão a capacidade do pai para manter um harém. Na prática, uma fêmea de elefante-marinho não tem grande escolha, porque o dono do harém a agride se tentar afastar-se. Ainda assim, o princípio mantém-se: fêmeas que escolhem acasalar com machos vencedores de lutas podem estar a beneficiar os seus genes ao fazê-lo. Como vimos, há exemplos de fêmeas que

preferem acasalar com machos que detêm territórios ou com aqueles que têm estatuto elevado nas hierarquias de dominância.

Para resumir o que foi dito neste capítulo até agora: os vários tipos de sistema de reprodução que encontramos nos animais — monogamia, promiscuidade, haréns, etc. — podem ser compreendidos em função de interesses conflituosos entre machos e fêmeas. Os indivíduos de ambos os sexos “desejam” maximizar o seu total de descendentes ao longo da vida. Devido a uma diferença fundamental no tamanho e número de espermatozoides e óvulos, os machos tendem, em geral, a estar mais inclinados para a promiscuidade e para a ausência de cuidados parentais. As fêmeas dispõem de duas estratégias principais para contrariar esta tendência, que chamei de «estratégia do macho-ideal» e «estratégia da felicidade doméstica». As circunstâncias ecológicas de uma espécie determinarão qual destas estratégias será favorecida pelas fêmeas, bem como a forma como os machos irão responder. Na prática, encontramos todos os graus intermédios entre a estratégia do macho-ideal e a da felicidade doméstica, e vimos já casos em que o pai desempenha ainda mais cuidados parentais do que a mãe. Este livro não se ocupa dos pormenores das espécies animais em particular, por isso não discutirei o que pode predispor uma espécie para um sistema de acasalamento em detrimento de outro. Em vez disso, irei considerar as diferenças que são geralmente observadas entre machos e fêmeas em termos gerais, e mostrar como estas podem ser interpretadas. Por isso, não destacarei as espécies em que as diferenças entre os sexos são pouco pronunciadas, sendo essas, em geral, as cujas fêmeas favoreceram a estratégia da felicidade doméstica.

Para começar, tende a ser nos machos que encontramos cores vivas e sexualmente apelativas, enquanto as fêmeas são geralmente mais apagadas. Indivíduos de ambos os sexos desejam evitar ser comidos por predadores, e haverá sempre alguma pressão evolutiva para que ambos apresentem coloração discreta. Cores vivas atraem predadores tanto quanto atraem parceiros sexuais. Em termos genéticos, isto significa que genes para cores chamativas têm mais probabilidade de acabar no estômago de um predador do que genes para cores discretas. Por outro lado, genes para cores discretas têm menos probabilidade de se ver representados na geração seguinte, porque indivíduos discretos têm dificuldade em atrair parceiros. Existem, portanto, duas pressões seletivas em conflito: os predadores tendem a remover genes para cores vivas do património genético, enquanto os parceiros sexuais tendem a remover genes para a discrição. Como em tantos outros casos, os organismos eficazes podem ser vistos como um compromisso entre pressões seletivas opostas. O que nos interessa aqui é que o compromisso ideal para um macho parece ser diferente do compromisso ideal para uma fêmea. Isto é, evidentemente, compatível com a nossa visão dos machos como jogadores de alto risco e alta recompensa. Como um macho produz milhões de espermatozoides por cada óvulo produzido por uma fêmea, os espermatozoides superam em número os óvulos na população. Qualquer óvulo tem, por isso, muito mais hipóteses de alcançar a fusão sexual do que qualquer espermatozoide. Os óvulos são um recurso relativamente valioso, pelo que uma fêmea não precisa de ser tão sexualmente apelativa como um macho para garantir que os seus óvulos serão fecundados. Um único macho é perfeitamente capaz de gerar todos os filhos de uma grande

população de fêmeas. Mesmo que um macho tenha uma vida curta por causa da cauda vistosa que atrai predadores ou se prende na vegetação, pode ainda assim ter gerado um número muito elevado de descendentes antes de morrer. Um macho apagado pode viver tanto quanto uma fêmea, mas terá poucos filhos, e os seus genes não se propagarão. De que lhe serve a um macho ganhar o mundo inteiro, se perder os seus genes imortais?

Outra diferença sexual comum é o facto de as fêmeas serem mais exigentes do que os machos quanto à escolha de parceiros sexuais. Uma das razões para essa exigência, seja em fêmeas ou machos, é a necessidade de evitar o acasalamento com indivíduos de outra espécie. Essas hibridações são indesejáveis por várias razões. Por vezes, como no caso de um homem copular com uma ovelha, a cópula não leva à formação de um embrião, pelo que não se perde grande coisa. No entanto, quando espécies mais próximas, como cavalos e burros, cruzam entre si, o custo, pelo menos para a fêmea, pode ser considerável. É provável que se forme um embrião de mula, que ocupará o seu útero durante onze meses. Esse embrião consome uma parte substancial do seu investimento parental total, não só sob a forma de alimento absorvido através da placenta, e depois sob a forma de leite, mas sobretudo em tempo — tempo esse que poderia ter sido usado para criar outras crias. E depois, quando a mula atinge a idade adulta, revela-se estéril. Presumivelmente, isto acontece porque, embora os cromossomas do cavalo e do burro sejam suficientemente semelhantes para cooperarem na construção de um corpo de mula forte e funcional, não são semelhantes o bastante para funcionarem devidamente na meiose. Seja qual for a explicação exata, o investimento muito

considerável da mãe na criação de uma mula é totalmente desperdiçado do ponto de vista dos seus genes. As éguas devem ser muito, muito cuidadosas em garantir que o parceiro com quem copulam é outro cavalo, e não um burro. Em termos genéticos, qualquer gene de cavalo que “diga”: «Corpo, se fores fêmea, copula com qualquer macho, seja ele burro ou cavalo», é um gene que poderá acabar no corpo estéril de uma mula — e o investimento parental da mãe nessa cria reduzirá drasticamente a sua capacidade de criar cavalos férteis. O macho, por outro lado, tem menos a perder se copular com um indivíduo da espécie errada e, embora também possa não ganhar nada com isso, podemos esperar que os machos sejam menos exigentes na escolha de parceiros sexuais. Sempre que este aspeto foi estudado, confirmou-se que assim é.

Mesmo dentro de uma espécie, podem existir razões para essa exigência. O acasalamento incestuoso, tal como a hibridização, tende a ter consequências genéticas nefastas, neste caso porque genes recessivos letais ou semi-letais são trazidos à superfície. Mais uma vez, as fêmeas têm mais a perder do que os machos, já que o seu investimento em cada cria tende a ser maior. Quando existem tabus contra o incesto, podemos esperar que as fêmeas sejam mais rigorosas na sua observância do que os machos. Se presumirmos que o parceiro mais velho numa relação incestuosa tem mais probabilidade de ser o iniciador ativo, então devemos esperar que as uniões incestuosas sejam mais comuns em que o macho é mais velho do que a fêmea do que aquelas em que a fêmea é mais velha. Por exemplo, o incesto entre pai e filha deverá ser mais comum do que entre mãe e filho. O incesto entre irmãos deverá situar-se a meio termo em termos de frequência.

Em geral, os machos tendem a ser mais promíscuos do que as fêmeas. Como a fêmea produz um número limitado de óvulos a um ritmo relativamente lento, tem pouco a ganhar com um elevado número de cópulas com diferentes machos. O macho, por outro lado, que pode produzir milhões de espermatozoides por dia, tem tudo a ganhar com tantas cópulas promíscuas quanto conseguir. As cópulas em excesso podem não representar um grande custo para a fêmea, para além de algum tempo e energia perdidos, mas também não lhe trazem benefícios positivos. Para o macho, pelo contrário, nunca existem “demasiadas” cópulas com o maior número possível de fêmeas diferentes: a palavra “excesso” não tem, para ele, qualquer significado.

Não falei explicitamente do Homem, mas é inevitável, ao pensarmos em argumentos evolutivos como os apresentados neste capítulo, que acabemos por refletir sobre a nossa própria espécie e a nossa própria experiência. A ideia de que as fêmeas retêm a cópula até que o macho demonstre sinais de fidelidade a longo prazo pode soar familiar. Isto poderá sugerir que as fêmeas humanas seguem mais a estratégia do bem-estar doméstico do que a estratégia do macho dominante. Muitas sociedades humanas são, de facto, monogâmicas. Na nossa sociedade, o investimento parental é elevado por parte de ambos os progenitores e não parece flagrantemente desequilibrado. As mães certamente realizam mais trabalho direto com os filhos do que os pais, mas os pais muitas vezes trabalham arduamente de forma indireta, para fornecer os recursos materiais que são investidos nas crianças. Por outro lado, algumas sociedades humanas são promíscuas, e muitas funcionam com base em haréns. Esta variedade impressionante sugere que o

modo de vida humano é largamente determinado pela cultura, mais do que pelos genes. No entanto, continua a ser plausível que os machos humanos, em geral, tendam à promiscuidade, e as fêmeas à monogamia, como seria de prever com base em argumentos evolutivos. Qual destas duas tendências prevalece em cada sociedade dependerá das circunstâncias culturais específicas — tal como, noutras espécies animais, depende de detalhes ecológicos.

Um aspeto da nossa própria sociedade que parece claramente anómalo é o da exibição sexual. Como vimos, é de esperar, com base em fundamentos evolutivos, que, sempre que existem diferenças entre os sexos, sejam os machos a exhibir-se e as fêmeas a serem discretas. O homem ocidental moderno é, sem dúvida, uma exceção a esta regra. É certo que alguns homens se vestem de forma exuberante e algumas mulheres de forma discreta, mas, em média, não há dúvida de que, na nossa sociedade, o equivalente à cauda do pavão é exibido pela fêmea, e não pelo macho. As mulheres pintam o rosto e colam pestanas postiças. À parte casos especiais, como atores, os homens não o fazem. As mulheres parecem interessar-se mais pela sua própria aparência pessoal e são incentivadas a isso pelas revistas e publicações femininas. As revistas masculinas estão menos centradas na atratividade sexual dos homens, e um homem que demonstra interesse invulgar pela sua aparência e modo de vestir tende a suscitar desconfiança — tanto entre os homens como entre as mulheres. Quando se descreve uma mulher numa conversa, é bastante provável que a sua atratividade sexual, ou a ausência dela, seja mencionada com destaque. Isto é verdade, quer o interlocutor seja um homem ou

uma mulher. Quando se descreve um homem, os adjetivos utilizados tendem a não ter relação com o sexo.

Confrontado com estes factos, um biólogo seria forçado a suspeitar que está a observar uma sociedade em que as fêmeas competem pelos machos, e não o contrário. No caso dos pássaros-do-paraíso, concluímos que as fêmeas são discretas porque não precisam de competir pelos machos. Os machos, pelo contrário, são vistosos e ostentatórios porque as fêmeas estão em posição de escolha e os machos têm de se destacar. A razão pela qual as fêmeas dos pássaros-do-paraíso são desejadas é que os óvulos são um recurso mais escasso do que os espermatozoides. Que terá acontecido com o homem ocidental moderno? Ter-se-á tornado o macho o sexo desejado — aquele que está em procura, o que pode dar-se ao luxo de ser seletivo? E, se assim for, porquê?

CAPÍTULO 10

Coças-Me as Costas, Eu Montar-Te-Ei

Considerámos as interações parentais, sexuais e agressivas entre máquinas de sobrevivência pertencentes à mesma espécie. No entanto, há aspetos marcantes nas interações entre animais que não parecem encaixar-se claramente em nenhuma destas categorias. Um desses aspetos é a propensão que tantos animais demonstram para viver em grupo. As aves formam bandos, os insetos enxames, os peixes e as baleias cardumes, os mamíferos das planícies juntam-se em manadas ou caçam em alcateias. Estas agregações consistem, normalmente, apenas em membros da mesma espécie, embora haja exceções. As zebras, por exemplo, reúnem-se muitas vezes com os gnus, e por vezes avistam-se bandos mistos de aves.

Os benefícios sugeridos que um indivíduo egoísta pode extrair da vida em grupo constituem uma lista algo heterogénea. Não vou apresentar o catálogo completo, mas mencionarei apenas algumas sugestões. No decorrer disto, retomarei os exemplos restantes de comportamentos aparentemente altruístas que referi no Capítulo 1 e que prometi explicar. Isso levar-nos-á a considerar os insetos sociais, sem os quais nenhum relato sobre o altruísmo animal estaria completo. Por fim, neste capítulo algo variado, mencionarei

a importante ideia do altruísmo recíproco, o princípio do “Tu coças-me as costas, eu coço-te as tuas”.

Se os animais vivem em grupos, é porque os seus genes obtêm mais benefícios dessa associação do que os custos que ela acarreta. Uma alcateia de hienas pode abater presas muito maiores do que uma hiena solitária conseguiria derrubar, pelo que compensa a cada indivíduo egoísta caçar em grupo, mesmo que isso implique partilhar a comida. É provavelmente por razões semelhantes que algumas aranhas cooperam na construção de uma teia comunal gigantesca. Os pinguins-imperadores conservam calor amontoando-se uns contra os outros. Cada um ganha por apresentar uma menor área superficial exposta aos elementos do que teria se estivesse sozinho. Um peixe que nade obliquamente atrás de outro pode beneficiar de uma vantagem hidrodinâmica proporcionada pela turbulência gerada pelo peixe à frente. Isso poderá ser uma das razões pelas quais os peixes formam cardumes. Um truque relacionado com a turbulência do ar é conhecido entre os ciclistas de competição e poderá explicar a formação em V das aves em voo. Provavelmente há competição para evitar a posição desvantajosa na dianteira do bando. É possível que as aves se revezem no papel de líder relutante — uma forma de altruísmo recíproco diferido, que será discutida no final do capítulo.

Muitos dos benefícios sugeridos da vida em grupo relacionam-se com a evasão de predadores. Uma formulação elegante dessa teoria foi apresentada por W. D. Hamilton, num artigo intitulado Geometria para o Rebanho Egoísta. Para evitar mal-entendidos,

devo sublinhar que por “rebanho egoísta” ele quis dizer “rebanho de indivíduos egoístas”.

Mais uma vez, começamos com um “modelo” simples que, embora abstrato, ajuda a compreender o mundo real. Suponhamos que uma determinada espécie de animal é caçada por um predador que tende sempre a atacar a presa mais próxima. Do ponto de vista do predador, esta é uma estratégia razoável, já que reduz o dispêndio energético. Do ponto de vista da presa, essa estratégia tem uma consequência interessante. Significa que cada indivíduo procurará constantemente evitar ser o mais próximo do predador. Se a presa conseguir detetar o predador à distância, simplesmente fugirá. Mas se o predador surgir de forma súbita e sem aviso, por exemplo escondido na vegetação alta, cada presa pode ainda assim tomar medidas para minimizar a probabilidade de ser a mais próxima do predador. Podemos imaginar cada indivíduo como estando rodeado por um “domínio de perigo”. Este é definido como a área de terreno em que qualquer ponto está mais próximo desse indivíduo do que de qualquer outro. Por exemplo, se as presas marcharem espaçadas numa formação geométrica regular, o domínio de perigo em torno de cada uma (a menos que esteja na periferia) poderá ser aproximadamente hexagonal. Se um predador estiver escondido no domínio de perigo hexagonal que rodeia o indivíduo A, então A é o mais provável a ser comido. Os indivíduos na periferia do rebanho são especialmente vulneráveis, já que o seu domínio de perigo não é um pequeno hexágono, mas inclui uma ampla área aberta.

É evidente, portanto, que um indivíduo sensato tentará manter o seu domínio de perigo o mais pequeno possível. Em particular, procurará evitar estar na periferia do grupo. Se se encontrar nessa posição, tentará de imediato deslocar-se para o centro. Infelizmente, alguém tem sempre de estar na borda, mas do ponto de vista de cada indivíduo, esse alguém não vai ser ele! Haverá uma migração incessante da periferia para o centro da agregação. Se o grupo inicialmente era disperso e irregular, rapidamente se tornará compacto devido a essa migração para o interior. Mesmo que o nosso modelo parta da ausência total de tendência para a agregação, com os animais dispersos ao acaso, o impulso egoísta de cada indivíduo para reduzir o seu domínio de perigo, tentando posicionar-se nos intervalos entre os outros, levará rapidamente à formação de agregações cada vez mais densas.

Obviamente, na vida real essa tendência para o ajuntamento será limitada por pressões contrárias: caso contrário, todos os indivíduos colapsariam numa massa contorcida! Ainda assim, o modelo é interessante, pois mostra que suposições muito simples podem prever a agregação. Outros modelos, mais elaborados, foram propostos. O facto de serem mais realistas não reduz o valor do modelo simples de Hamilton para nos ajudar a pensar sobre o problema da agregação animal.

O modelo do rebanho egoísta, por si só, não contempla interações cooperativas. Não há aqui qualquer altruísmo, apenas exploração egoísta de cada indivíduo relativamente aos restantes. Mas, na realidade, existem casos em que os indivíduos parecem tomar medidas ativas para proteger outros membros do grupo

contra predadores. Vêm-nos à mente os gritos de alarme das aves. Estes funcionam claramente como sinais de alarme, uma vez que provocam uma reação evasiva imediata nos que os ouvem. Não se sugere que o emissor do grito esteja a tentar “atrair o fogo” do predador para si, afastando-o dos colegas. Está simplesmente a informar da presença do predador — a avisar. No entanto, o ato de emitir o grito parece, à primeira vista, altruísta, porque tem o efeito de chamar a atenção do predador para o emissor. Podemos inferir isso indiretamente a partir de uma observação feita por P. R. Marler. As características físicas dos gritos parecem ter sido moldadas de forma a serem difíceis de localizar. Se um engenheiro acústico fosse encarregado de conceber um som de difícil localização por um predador, produziria algo muito semelhante aos gritos reais de alarme de muitas pequenas aves canoras. Ora, na natureza, essa modelação dos sons deve ter sido produzida pela seleção natural — e sabemos o que isso significa: que um grande número de indivíduos morreu por os seus gritos não serem suficientemente perfeitos. Assim, parece haver risco associado a emitir gritos de alarme. A teoria do gene egoísta tem, portanto, de apresentar uma vantagem convincente para a emissão dos gritos que seja suficientemente grande para compensar esse risco.

Na verdade, isto não é muito difícil. Os gritos de alarme das aves foram tantas vezes apontados como “embaraçosos” para a teoria darwinista que se tornou quase um desporto inventar explicações para eles. Como resultado, temos agora tantas boas explicações que é difícil lembrar por que razão se levantou tanto alarido. Obviamente, se houver possibilidade de o bando conter alguns parentes próximos, um gene que favoreça a emissão de gritos de

alarme pode prosperar na população, porque tem boas probabilidades de estar também nos corpos de alguns dos indivíduos salvos. Isto é verdade mesmo que o emissor pague caro o seu altruísmo, ao atrair para si a atenção do predador.

Se esta ideia da seleção de parentesco não o satisfaz, há muitas outras teorias por onde escolher. Existem várias formas pelas quais o emissor pode obter benefícios egoístas ao avisar os outros. Trivers apresenta cinco boas ideias, mas considero duas das minhas próprias ainda mais convincentes.

A primeira chamo-lhe teoria da cave (do latim cave, "cuidado"), ainda hoje usada (pronunciado "kéi-vi") por estudantes para alertar da aproximação de uma autoridade. Esta teoria aplica-se a aves camufladas que se imobilizam no solo quando há perigo. Suponhamos que um bando dessas aves se alimenta num campo. Um falcão passa ao longe. Ainda não viu o grupo, nem voa diretamente na sua direção, mas há o risco de os seus olhos aguçados os detetarem a qualquer momento e lançarem-se ao ataque. Suponhamos que um membro do grupo vê o falcão, mas os outros ainda não o detetaram. Esse indivíduo de visão mais apurada poderia congelar e agachar-se na erva. Mas isso pouco lhe serviria, pois, os seus companheiros continuam a andar de forma ruidosa e conspícua. Qualquer um deles poderia atrair a atenção do falcão e colocar todo o bando em perigo. Do ponto de vista puramente egoísta, a melhor política para o primeiro a avistar o falcão é emitir um aviso rápido aos companheiros, fazendo-os calar-se e reduzindo o risco de que, inadvertidamente, chamem o falcão para junto dele.

A outra teoria que quero referir pode ser chamada de teoria do “nunca quebres as fileiras”. Esta é adequada para espécies de aves que fogem para uma árvore quando um predador se aproxima. Mais uma vez, imagine que um indivíduo, num bando a alimentar-se, avista um predador. O que deve fazer? Poderia simplesmente voar sozinho, sem alertar os colegas. Mas agora estaria isolado, fora da segurança relativa de um bando anónimo — o elemento destacado. Sabe-se que os falcões preferem atacar pombos que se destacam do grupo, mas mesmo que assim não fosse, há muitas razões teóricas para pensar que quebrar fileiras pode ser uma política suicida. Mesmo que os companheiros acabem por segui-lo, o primeiro a levantar voo aumenta temporariamente o seu domínio de perigo. Quer a teoria específica de Hamilton esteja certa ou não, deve existir alguma vantagem importante em viver em bandos; caso contrário, as aves não o fariam. Seja qual for essa vantagem, o indivíduo que abandona o grupo antes dos outros perde, pelo menos em parte, esse benefício. Se ele não deve quebrar fileiras, então o que deve fazer o pássaro vigilante? Talvez devesse fingir que nada aconteceu e confiar na proteção que o grupo lhe oferece. Mas isso também acarreta riscos sérios: continua exposto e vulnerável. Estaria muito mais seguro numa árvore. A melhor política é, de facto, voar para uma árvore — mas garantindo que todos os outros também o fazem. Assim, não ficará isolado, nem perderá as vantagens do grupo, mas ganhará o benefício de voar para um abrigo. Mais uma vez, emitir um grito de alarme revela-se uma vantagem puramente egoísta. E. L. Charnov e J. R. Krebs propuseram uma teoria semelhante, chegando mesmo a usar o termo “manipulação” para descrever o que o pássaro emissor faz

ao resto do bando. Percorremos um longo caminho desde o altruísmo puro e desinteressado!

Superficialmente, estas teorias podem parecer incompatíveis com a afirmação de que o indivíduo que dá o alarme se coloca em perigo. Na verdade, não há qualquer incompatibilidade. Ele colocar-se-ia em ainda maior perigo se não desse o alarme. Alguns indivíduos morreram por terem dado o alarme, especialmente aqueles cujos chamamentos eram fáceis de localizar. Outros morreram por não o terem dado. A teoria da caverna e a teoria do “nunca romper fileiras” são apenas duas entre muitas maneiras de explicar porquê.

E quanto à gazela de Thomson que salta de forma ostensiva, referida no Capítulo 1, cujo altruísmo aparentemente suicida levou Ardrey a afirmar categoricamente que só poderia ser explicado por seleção de grupo? Aqui, a teoria do gene egoísta enfrenta um desafio mais exigente. Os chamamentos de alarme nas aves funcionam, mas são claramente concebidos para serem os mais discretos e dissimulados possível. O mesmo não acontece com os saltos altos e ostensivos da gazela. São provocatórios ao ponto de parecerem deliberadamente provocadores. As gazelas parecem estar a convidar o predador a persegui-las, quase como se o estivessem a trocar. Esta observação levou ao surgimento de uma teoria ousadamente elegante. A teoria foi inicialmente antecipada por N. Smythe, mas, levada à sua conclusão lógica, tem a assinatura inconfundível de A. Zahavi.

A teoria de Zahavi pode ser enunciada assim: o pensamento lateral decisivo é a ideia de que os saltos ostensivos da gazela, longe de serem um sinal para as outras gazelas, são dirigidos aos predadores. São notados pelas outras gazelas e influenciam o seu comportamento, mas isso é secundário — o salto é selecionado, antes de mais, como um sinal para o predador. Traduzido grosseiramente em linguagem humana, significa: “Vê como consigo saltar alto, sou obviamente uma gazela sã e em forma, não me conseguirás apanhar, seria muito mais sensato tentares caçar o meu vizinho que não salta tão alto!” Em termos menos antropomórficos, os genes para saltar alto e de forma ostensiva têm menos probabilidade de ser comidos por predadores, porque estes tendem a escolher presas que pareçam fáceis de apanhar. Em particular, muitos predadores mamíferos são conhecidos por preferirem indivíduos velhos ou doentes. Um indivíduo que salta alto está a anunciar, de forma exagerada, que não é nem velho nem doente. Segundo esta teoria, o comportamento não é nada altruísta. Se alguma coisa, é egoísta, pois o seu objetivo é persuadir o predador a perseguir outro indivíduo. De certa forma, há uma competição para ver quem salta mais alto, sendo escolhido pelo predador o perdedor.

O outro exemplo que prometi retomar é o caso das abelhas kamikaze, que picam invasores do mel, mas cometem um suicídio quase certo no processo. A abelha-do-mel é apenas um exemplo de inseto altamente social. Outros incluem as vespas, as formigas e as térmitas (ou “formigas brancas”). Quero discutir os insetos sociais em geral, e não apenas as abelhas suicidas. Os feitos dos insetos sociais são lendários, sobretudo as suas façanhas extraordinárias

de cooperação e aparente altruísmo. As missões suicidas de picada são típicas dos seus prodígios de autossacrifício. Nas formigas “pote-de-mel” existe uma casta de operárias com abdômenes grotescamente inchados e cheios de alimento, cuja única função é permanecer suspensas no teto como lâmpadas inchadas, servindo de despensa para as outras operárias. No sentido humano, não vivem como indivíduos; a sua individualidade está subjugada, aparentemente ao bem-estar da comunidade. Uma sociedade de formigas, abelhas ou térmitas atinge uma espécie de individualidade a um nível superior. O alimento é partilhado de tal forma que se pode falar de um estômago comum. A informação é partilhada de forma tão eficiente por sinais químicos e pela famosa “dança” das abelhas que a comunidade comporta-se quase como uma unidade com sistema nervoso e órgãos sensoriais próprios. Intrusos são reconhecidos e repelidos com uma seletividade semelhante à do sistema imunitário de um organismo. A temperatura elevada no interior de uma colmeia é regulada com uma precisão quase igual à da temperatura corporal humana, mesmo que uma abelha individual não seja um animal “de sangue quente”. Finalmente, e mais importante, a analogia estende-se à reprodução. A maioria dos indivíduos de uma colónia de insetos sociais são operárias estéreis. A “linha germinativa” — a linha de continuidade imortal dos genes — passa pelos corpos de uma minoria de indivíduos: os reprodutores. Estes são os equivalentes das nossas células reprodutivas nos testículos e ovários. As operárias estéreis são o análogo das nossas células hepáticas, musculares e nervosas.

O comportamento kamikaze e outras formas de altruísmo e cooperação das operárias deixam de ser surpreendentes quando se aceita o facto de que elas são estéreis. O corpo de um animal normal é manipulado para garantir a sobrevivência dos seus genes tanto através da procriação como do cuidado de outros indivíduos portadores dos mesmos genes. O suicídio ao serviço do cuidado de outros indivíduos é incompatível com a futura procriação de descendência própria. O autossacrifício suicida, portanto, raramente evolui. Mas uma abelha operária nunca tem descendência própria. Todos os seus esforços são dirigidos à preservação dos seus genes através do cuidado de parentes próximos, mas não descendentes diretos. A morte de uma operária estéril é, para os seus genes, tão irrelevante quanto a queda de uma folha no outono para os genes de uma árvore.

É tentador atribuir um carácter místico aos insetos sociais, mas não há necessidade disso. Vale a pena examinar com algum detalhe como a teoria do gene egoísta lida com eles, em particular como explica a origem evolutiva desse fenómeno extraordinário da esterilidade das operárias, do qual tudo o resto parece derivar.

Uma colónia de insetos sociais é uma enorme família, normalmente toda descendente da mesma mãe. As operárias, que raramente ou nunca se reproduzem, estão frequentemente divididas em várias castas distintas, incluindo operárias pequenas, operárias grandes, soldados e castas altamente especializadas como os “potes-de-mel”. As fêmeas reprodutoras são chamadas rainhas. Os machos reprodutores são por vezes chamados zângãos ou reis. Nas sociedades mais avançadas, os reprodutores não fazem

nada além de procriar, mas nessa tarefa são extremamente eficazes. Dependem das operárias para alimentação e proteção, e também cabe a estas cuidar da prole. Em algumas espécies de formigas e térmitas, a rainha transforma-se numa gigantesca fábrica de ovos, quase irreconhecível como inseto, centenas de vezes maior do que uma operária e completamente incapaz de se mover. É constantemente cuidada por operárias que a limpam, alimentam e transportam o seu fluxo contínuo de ovos para as creches comuns. Se uma rainha monstruosa destas tiver de se deslocar da célula real, fá-lo montada às costas de esquadrões de operárias laboriosas.

No Capítulo 7, introduzi a distinção entre procriar e cuidar. Afirmi que estratégias mistas, combinando reprodução e cuidado, tenderiam a evoluir. No Capítulo 5, vimos que estratégias evolutivamente estáveis (EEEs) mistas podiam ser de dois tipos gerais. Ou cada indivíduo da população comporta-se de forma mista — assim, os indivíduos alcançam normalmente uma mistura sensata de procriar e cuidar —, ou a população pode ser dividida em dois tipos diferentes de indivíduo: foi assim que inicialmente representámos o equilíbrio entre falcões e pombas. Agora, é teoricamente possível que um equilíbrio evolutivamente estável entre procriar e cuidar seja alcançado através deste segundo tipo: a população pode dividir-se em procriadores e cuidadores. Mas isto só pode ser estável se os cuidadores forem parentes próximos dos indivíduos de quem cuidam — pelo menos tão próximos quanto seriam da sua própria descendência, caso a tivessem. Embora seja teoricamente possível que a evolução siga este caminho, parece que só nos insetos sociais isso aconteceu realmente.¹

Nos insetos sociais, os indivíduos dividem-se em duas classes principais: procriadores e cuidadores. Os procriadores são os machos e fêmeas reprodutores. Os cuidadores são as operárias — machos e fêmeas inférteis nas térmitas, fêmeas inférteis em todos os outros insetos sociais. Ambos os tipos desempenham melhor o seu papel por não terem de se preocupar com o outro. Mas de que ponto de vista é essa eficiência? A pergunta que será lançada contra a teoria darwinista é o grito familiar: “O que ganham as operárias com isso?”

Alguns respondem: “Nada.” Sentem que a rainha manipula tudo a seu favor, controlando quimicamente as operárias para servir os seus próprios fins egoístas, fazendo-as cuidar da sua prolífera descendência. Esta é uma versão da teoria da “manipulação parental” de Alexander, que vimos no Capítulo 8. A ideia oposta é que são as operárias que “cultivam” os reprodutores, manipulando-os para aumentar a sua produtividade na propagação de réplicas dos genes das próprias operárias. Com efeito, as máquinas de sobrevivência que a rainha produz não são descendentes diretos das operárias, mas são parentes próximos. Foi Hamilton quem percebeu brilhantemente que, pelo menos nas formigas, abelhas e vespas, as operárias podem estar até mais intimamente relacionadas com a prole do que a própria rainha! Isso levou-o, juntamente com Trivers e Hare, a uma das mais espetaculares vitórias da teoria do gene egoísta. O raciocínio é o seguinte.

Os insetos do grupo dos himenópteros, que inclui as formigas, abelhas e vespas, têm um sistema muito peculiar de determinação do sexo. As térmitas não pertencem a este grupo, e não partilham

essa peculiaridade. Um ninho de himenópteros tem tipicamente apenas uma rainha madura. Ela fez um voo nupcial quando jovem e armazenou o esperma para o resto da sua longa vida — dez anos ou mais. Ela distribui o esperma pelos ovos ao longo dos anos, fertilizando-os à medida que saem pelos seus tubos. Mas nem todos os ovos são fertilizados. Os ovos não fertilizados desenvolvem-se em machos. Um macho, portanto, não tem pai, e todas as células do seu corpo contêm apenas um conjunto de cromossomas (herdados da mãe), em vez de um conjunto duplo (um do pai e outro da mãe), como acontece connosco. Usando a analogia do Capítulo 3, um himenóptero macho tem apenas uma cópia de cada “volume” em cada célula, em vez das habituais duas.

Uma fêmea himenóptera, por outro lado, é normal nesse aspeto: tem pai e possui o conjunto duplo de cromossomas em cada célula do seu corpo. Se uma fêmea se tornará operária ou rainha não depende dos seus genes, mas de como é criada. Isto é, cada fêmea possui um conjunto completo de genes para ser rainha e outro para ser operária (ou, melhor dizendo, conjuntos de genes para produzir cada casta especializada: operária, soldado, etc.). O conjunto de genes que é “ativado” depende da forma como a fêmea é alimentada e cuidada.

Apesar das muitas complicações, é essencialmente assim que as coisas se passam. Não sabemos por que razão evoluiu este extraordinário sistema de reprodução sexuada. Sem dúvida que houve boas razões, mas, por agora, devemos tratá-lo apenas como um facto curioso acerca dos himenópteros. Seja qual for a razão original desta estranheza, ela perturba as regras bem organizadas

do Capítulo 6 para calcular o grau de parentesco. Significa que os espermatozoides de um único macho, em vez de serem todos diferentes como os nossos, são todos exatamente iguais. Um macho tem apenas um único conjunto de genes em cada uma das suas células corporais, e não um conjunto duplo. Cada espermatozoide deve, portanto, receber o conjunto completo de genes e não uma amostra de 50 por cento, pelo que todos os espermatozoides de um dado macho são idênticos. Vamos agora tentar calcular o grau de parentesco entre uma mãe e um filho. Se se sabe que um macho possui um gene A, quais são as probabilidades de a mãe partilhar esse gene? A resposta tem de ser 100 por cento, uma vez que o macho não teve pai e obteve todos os seus genes da mãe. Mas agora suponhamos que se sabe que uma rainha possui o gene B. A probabilidade de o filho partilhar esse gene é apenas de 50 por cento, visto que ele contém apenas metade dos genes dela. Isto parece uma contradição, mas não é. Um macho recebe todos os seus genes da mãe, mas uma mãe transmite apenas metade dos seus genes ao filho. A solução para este aparente paradoxo reside no facto de um macho ter apenas metade do número habitual de genes. Não vale a pena tentar descobrir se o índice “verdadeiro” de parentesco é $\frac{1}{2}$ ou 1. O índice é apenas uma medida criada pelo ser humano e, se causar dificuldades em certos casos, teremos de o abandonar e regressar aos princípios fundamentais. Do ponto de vista de um gene A no corpo de uma rainha, a probabilidade de o gene ser partilhado por um filho é de $\frac{1}{2}$, tal como é para uma filha. Do ponto de vista de uma rainha, portanto, a sua descendência, de qualquer sexo, está tão próxima dela como os filhos humanos estão das respectivas mães.

As coisas começam a tornar-se intrigantes quando chegamos às irmãs. Irmãs completas não partilham apenas o mesmo pai: os dois espermatozoides que as conceberam eram idênticos em todos os genes. As irmãs são, portanto, equivalentes a gémeas idênticas no que diz respeito aos genes paternos. Se uma fêmea possui um gene A, tem de o ter herdado ou do pai ou da mãe. Se o recebeu da mãe, há 50 por cento de probabilidade de a irmã também o ter. Mas se o recebeu do pai, a probabilidade de a irmã o partilhar é de 100 por cento. Assim, o grau de parentesco entre irmãs completas de himenópteros não é $\frac{1}{2}$, como seria de esperar nos animais sexuais normais, mas $\frac{3}{4}$.

Segue-se que uma fêmea himenóptera está mais estreitamente relacionada com as suas irmãs completas do que com os seus próprios descendentes, quer sejam machos ou fêmeas.² Tal como Hamilton percebeu (ainda que não o tenha formulado exatamente desta forma), isto pode muito bem predispor uma fêmea a explorar a própria mãe como uma eficiente máquina de produção de irmãs. Um gene que produza irmãs por via indireta replica-se mais rapidamente do que um gene que produza descendentes diretamente. Daí a evolução da esterilidade nas operárias. Não será por acaso que a verdadeira sociedade — com esterilidade das operárias — parece ter evoluído independentemente pelo menos onze vezes nos himenópteros e apenas uma vez em todo o restante reino animal, nomeadamente nas térmitas.

No entanto, há uma complicação. Para que as operárias consigam explorar eficazmente a mãe como uma máquina

produtora de irmãs, têm de conter de algum modo a sua tendência natural para lhes dar um número igual de irmãozinhos. Do ponto de vista de uma operária, a probabilidade de um qualquer irmão partilhar um dos seus genes específicos é apenas de $\frac{1}{4}$. Portanto, se se permitisse à rainha produzir descendência reprodutora masculina e feminina em proporções iguais, a exploração não seria lucrativa do ponto de vista das operárias. Não estariam a maximizar a propagação dos seus genes preciosos.

Trivers e Hare perceberam que as operárias devem tentar influenciar a proporção entre sexos a favor das fêmeas. Pegaram nos cálculos de Fisher sobre proporções sexuais ótimas (que analisámos no capítulo anterior) e adaptaram-nos ao caso especial dos himenópteros. Concluiu-se que a proporção estável de investimento, do ponto de vista da mãe, continua a ser, como de costume, 1:1. Mas a proporção estável para uma irmã é de 3:1, favorecendo irmãs em detrimento de irmãos. Se for uma fêmea himenóptera, a forma mais eficiente de propagar os seus genes é abster-se de procriar e levar a sua mãe a produzir irmãs e irmãos reprodutores na proporção de 3:1. Mas, se tiver de ter descendência própria, beneficiará mais os seus genes ao produzir filhos e filhas em proporções iguais.

Como vimos, a diferença entre rainhas e operárias não é genética. Do ponto de vista genético, um embrião fêmea tanto pode tornar-se numa operária, que “prefere” uma proporção sexual de 3:1, como numa rainha, que “prefere” uma proporção de 1:1. Então o que significa esta “preferência”? Significa que um gene que se encontra num corpo de rainha pode propagar-se melhor se esse

corpo investir de forma igual em filhos e filhas reprodutivos. Mas o mesmo gene, ao encontrar-se num corpo de operária, propaga-se melhor fazendo com que a mãe desse corpo tenha mais filhas do que filhos. Não há aqui verdadeiro paradoxo. Um gene deve aproveitar da melhor forma as alavancas de poder que tiver ao seu dispor. Se estiver em posição de influenciar o desenvolvimento de um corpo destinado a tornar-se rainha, a sua estratégia ótima será uma; se estiver num corpo de operária, a melhor estratégia será outra.

Isto significa que existe um conflito de interesses na “quinta”. A rainha está a “tentar” investir igualmente em machos e fêmeas. As operárias estão a tentar desviar a proporção de reprodutores para três fêmeas por cada macho. Se estivermos certos ao representar as operárias como agricultoras e a rainha como uma égua reprodutora, presumivelmente as operárias conseguirão impor a sua proporção de 3:1. Se não o conseguirem, se a rainha for realmente “rainha” e as operárias forem suas escravas obedientes a cuidar dos berçários reais, então deveremos esperar que prevaleça a proporção de 1:1 preferida pela rainha. Quem ganha neste caso especial de conflito intergeracional? É algo que pode ser posto à prova — e foi precisamente isso que Trivers e Hare fizeram, usando um grande número de espécies de formigas.

A proporção sexual que nos interessa é a dos reprodutores machos e fêmeas. São as grandes formas aladas que emergem do ninho de formigas em surtos periódicos para voos nupciais, após os quais as jovens rainhas podem tentar fundar novas colónias. São estas formas aladas que devem ser contadas para estimar a

proporção entre sexos. Ora, os reprodutores machos e fêmeas são, em muitas espécies, muito desiguais em tamanho. Isso complica as coisas, já que, como vimos no capítulo anterior, os cálculos de Fisher sobre a proporção ótima de sexos aplicam-se, estritamente falando, não ao número de indivíduos de cada sexo, mas à quantidade de investimento em cada sexo. Trivers e Hare tiveram isso em conta ao pesá-los. Estudaram 20 espécies de formigas e estimaram a proporção sexual em termos de investimento nos reprodutores. Encontraram uma correspondência bastante convincente com a proporção de 3:1 fêmeas para machos, prevista pela teoria segundo a qual as operárias estão no controlo e agem em benefício próprio.³

Parece, então, que nas formigas estudadas o conflito de interesses é “ganho” pelas operárias. Isto não é surpreendente, pois os corpos das operárias, como guardiãs dos berçários, têm mais poder prático do que os corpos das rainhas. Genes que tentem manipular o mundo através das rainhas são ultrapassados por genes que o fazem através das operárias. É interessante procurar circunstâncias especiais em que possamos esperar que as rainhas tenham mais poder prático do que as operárias. Trivers e Hare perceberam que há uma circunstância desse tipo, que pode ser usada como teste crítico da teoria.

Trata-se do facto de haver algumas espécies de formigas que fazem escravas. As operárias de uma espécie escravizadora ou não fazem trabalho comum nenhum, ou são bastante ineficazes nisso. O que sabem fazer bem é realizar incursões de escravização. A verdadeira guerra, em que grandes exércitos rivais combatem até

à morte, é conhecida apenas no homem e nos insetos sociais. Em muitas espécies de formigas, a casta especializada de operárias conhecida como soldados tem mandíbulas de combate formidáveis e dedica-se a defender a colônia contra outros exércitos de formigas. As incursões de escravização são uma forma particular de esforço de guerra. As escravizadoras atacam um ninho de formigas de outra espécie, tentam matar as operárias ou soldados que o defendem e carregam as crias ainda não nascidas. Estas eclodem no ninho dos seus captores. Não “sabem” que são escravas e começam a trabalhar segundo os seus programas nervosos inatos, desempenhando todas as funções que normalmente desempenhariam no seu próprio ninho. As operárias ou soldados escravizadores continuam a realizar novas incursões, enquanto as escravas permanecem em casa, cuidando da manutenção do ninho, da alimentação e da prole.

As escravas, naturalmente, ignoram completamente o facto de não estarem relacionadas com a rainha nem com a prole a que estão a prestar cuidados. Estão a criar, sem saber, novas gerações de formigas escravizadoras. Sem dúvida que a seleção natural, atuando sobre os genes da espécie escravizada, tende a favorecer adaptações antiescravidão. No entanto, estas não são totalmente eficazes, pois a escravidão é um fenómeno bastante difundido.

A consequência da escravidão que nos interessa aqui é a seguinte: a rainha da espécie escravizadora encontra-se agora numa posição de poder manipular a proporção entre sexos segundo a sua própria “preferência”. Isto porque os seus filhos legítimos, as formigas escravizadoras, já não detêm o poder prático nos

berçários. Esse poder pertence agora às escravas. Estas “pensam” que estão a cuidar dos seus próprios irmãos e presumivelmente agem como agiriam no seu próprio ninho, tentando alcançar a proporção desejada de 3:1 a favor das irmãs. Mas a rainha da espécie escravizadora pode adotar contramedidas — e não há seleção atuando sobre as escravas para neutralizar essas contramedidas, pois as escravas não estão relacionadas com a prole.

Por exemplo, suponhamos que, em qualquer espécie de formigas, as rainhas “tentam” disfarçar os ovos masculinos fazendo-os cheirar como ovos femininos. A seleção natural favorecerá normalmente qualquer tendência das operárias para “verem através” do disfarce. Podemos imaginar uma batalha evolutiva em que as rainhas estão continuamente a “mudar o código” e as operárias a “decifrá-lo”. A guerra será ganha por quem conseguir fazer com que mais dos seus genes passem à geração seguinte, através dos corpos dos reprodutores. Normalmente, como vimos, as vencedoras serão as operárias. Mas quando a rainha de uma espécie escravizadora muda o código, as operárias escravas não conseguem evoluir a capacidade de o decifrar. Isto porque qualquer gene numa escrava para “decifrar o código” não estará representado em nenhum reprodutor, e, portanto, não será transmitido. Todos os reprodutores pertencem à espécie escravizadora e são parentes da rainha, mas não das escravas. Se os genes das escravas conseguirem, de alguma forma, chegar a algum reprodutor, será aos da colónia original de onde foram raptadas. As escravas estarão, se alguma coisa, a decifrar o código errado! Assim, as rainhas das espécies escravizadoras podem

mudar o código à vontade, sem perigo de que genes para o decifrar sejam propagados para a geração seguinte.

O resultado desta complexa argumentação é que deveremos esperar, nas espécies escravizadoras, uma proporção de investimento nos dois sexos reprodutores mais próxima de 1:1 do que de 3:1. Pela primeira vez, a rainha pode impor totalmente a sua vontade. E foi exatamente isso que Trivers e Hare encontraram, embora tenham estudado apenas duas espécies escravizadoras.

Devo sublinhar que contei esta história de forma idealizada. A vida real não é tão arrumada. Por exemplo, a mais familiar de todas as espécies de insetos sociais, a abelha-do-mel, parece fazer tudo “mal”. Há um grande excesso de investimento em machos relativamente a rainhas — algo que não parece fazer sentido nem do ponto de vista das operárias, nem do ponto de vista da rainha-mãe. Hamilton propôs uma possível solução para este enigma. Ele apontou que, quando uma abelha rainha abandona a colmeia, fá-lo com um grande enxame de operárias acompanhantes, que a ajudam a fundar uma nova colónia. Estas operárias são perdidas para a colmeia-mãe, e o custo de as produzir deve ser contabilizado como parte do custo da reprodução: por cada rainha que parte, é necessário produzir muitas operárias adicionais. O investimento nestas operárias extra deve ser incluído no investimento em fêmeas reprodutivas. Estas operárias adicionais devem ser consideradas no cálculo da proporção entre sexos, contrabalançando os machos. Por isso, afinal, este não constitui uma dificuldade séria para a teoria.

Uma chave de fendas mais embaraçosa na elegante maquinaria da teoria é o facto de, em algumas espécies, a jovem rainha, durante o seu voo nupcial, acasalar com vários machos em vez de apenas um. Isto significa que o grau médio de parentesco entre as suas filhas é inferior a $\frac{3}{4}$, podendo mesmo aproximar-se de $\frac{1}{4}$, em casos extremos. É tentador, embora provavelmente não muito lógico, considerar isto como um golpe astuto desferido pelas rainhas contra as operárias! A propósito, isto poderia parecer sugerir que as operárias deveriam acompanhar a rainha no seu voo nupcial, para evitar que ela acasale mais do que uma vez. Mas isso em nada beneficiaria os genes das próprias operárias — apenas os genes da geração seguinte de operárias. Não existe nenhum espírito de sindicalismo entre as operárias como classe. Cada uma “preocupa-se” apenas com os seus próprios genes. Uma operária poderia ter “gostado” de acompanhar a sua própria mãe, mas não teve essa oportunidade, pois ainda não tinha sido concebida naqueles tempos. Uma jovem rainha no seu voo nupcial é irmã da geração presente de operárias, não mãe. Por isso, elas estão do lado dela e não do lado da geração seguinte de operárias, que são apenas suas sobrinhas. A minha cabeça está agora a andar à roda, e está mais do que na hora de encerrar este tema.

Usei a analogia da agricultura para descrever o que as operárias himenópteras fazem às suas mães. A exploração agrícola é uma quinta de genes. As operárias utilizam a sua mãe como uma fabricante mais eficiente de cópias dos seus próprios genes do que elas seriam por si mesmas. Os genes saem da linha de montagem em pacotes chamados indivíduos reprodutores. Esta analogia agrícola não deve ser confundida com outro sentido bastante

diferente em que os insetos sociais podem ser considerados agricultores. Os insetos sociais descobriram, tal como o ser humano muito tempo depois, que o cultivo sedentário de alimentos pode ser mais eficiente do que a caça e a recolha.

Por exemplo, várias espécies de formigas no Novo Mundo e, de forma independente, térmitas em África, cultivam “jardins de fungos”. As mais conhecidas são as chamadas formigas-cortadeiras da América do Sul. Estas são imensamente bem-sucedidas. Já foram encontradas colónias individuais com mais de dois milhões de indivíduos. Os seus ninhos consistem em enormes complexos subterrâneos de túneis e galerias que se estendem a mais de três metros de profundidade, resultado da escavação de até 40 toneladas de solo. As câmaras subterrâneas albergam os jardins de fungos. As formigas semeiam deliberadamente fungos de uma determinada espécie em canteiros compostados que preparam mastigando folhas em fragmentos. Em vez de procurarem diretamente o seu alimento, as operárias forrageiam folhas para fazer composto. O “apetite” de uma colónia de formigas-cortadeiras por folhas é gigantesco. Isso torna-as uma praga económica de grande importância, mas as folhas não são alimento para si próprias, são alimento para os seus fungos. As formigas colhem e consomem os fungos e alimentam com eles as suas crias. Os fungos são mais eficientes a decompor o material vegetal do que os próprios estômagos das formigas, o que explica o benefício mútuo deste arranjo. É possível que os fungos também beneficiem, mesmo sendo colhidos: as formigas propagam-nos com mais eficácia do que o seu próprio mecanismo de dispersão por esporos conseguiria. Além disso, as formigas “limpam” os jardins de fungos, mantendo-

os livres de espécies invasoras. Ao eliminar a concorrência, isso pode beneficiar os fungos “domésticos” das formigas. Pode dizer-se que existe uma forma de altruísmo mútuo entre formigas e fungos. É notável que um sistema muito semelhante de fungicultura tenha evoluído de forma independente entre as térmitas, que são organismos completamente distintos.

As formigas possuem também os seus próprios animais domésticos, além das suas culturas vegetais. Os afídeos—pulgões e outros insetos semelhantes — são altamente especializados para sugar a seiva das plantas. Extraem a seiva com mais eficiência do que a conseguem digerir. Como resultado, excretam um líquido do qual apenas uma parte do valor nutritivo foi absorvida. Gotículas de “melada”, ricas em açúcar, são expelidas em grande quantidade, podendo ultrapassar o peso do próprio inseto por hora. Normalmente, a melada cai no solo — é possível que tenha sido o alimento providencial conhecido como “maná” no Antigo Testamento. Mas formigas de várias espécies interceptam-na logo à saída do inseto. “Ordenham” os afídeos acariciando-lhes a parte traseira com as antenas e as patas. Os afídeos respondem a este estímulo, aparentemente retendo as gotículas até que uma formiga as estimule, podendo mesmo retrainir uma gota se nenhuma formiga estiver pronta a recebê-la. Foi sugerido que alguns afídeos evoluíram uma parte traseira que se assemelha e sente como a face de uma formiga, para atrair melhor as formigas. O que os afídeos ganham com esta relação parece ser proteção contra os seus inimigos naturais. Tal como o gado leiteiro humano, levam uma vida protegida, e as espécies de afídeos que são muito cultivadas pelas formigas perderam os seus mecanismos normais de defesa. Em

alguns casos, as formigas cuidam dos ovos dos afídeos nos seus ninhos subterrâneos, alimentam os jovens afídeos e, finalmente, quando estão crescidos, transportam-nos com cuidado para os pastos protegidos.

Uma relação de benefício mútuo entre membros de espécies diferentes chama-se mutualismo ou simbiose. Membros de espécies diferentes podem oferecer muito uns aos outros porque trazem competências distintas para a parceria. Esta assimetria fundamental pode dar origem a estratégias de cooperação evolutivamente estáveis. Os afídeos têm o tipo certo de peças bucais para extrair seiva vegetal, mas essas peças sugadoras não servem para defesa. As formigas não são boas a sugar seiva, mas são excelentes a lutar. Os genes de formigas que cultivam e protegem afídeos foram favorecidos nos bancos genéticos das formigas. Os genes de afídeos que cooperam com as formigas foram favorecidos nos bancos genéticos dos afídeos.

Relações simbióticas de benefício mútuo são comuns entre animais e plantas. Um líquen parece superficialmente uma planta individual como qualquer outra. Mas é, na verdade, uma união simbiótica íntima entre um fungo e uma alga verde. Nenhum dos parceiros poderia viver sem o outro. Se a sua união se tornasse apenas um pouco mais íntima, já não conseguiríamos distinguir que o líquen é um organismo duplo. Talvez então existam outros organismos duplos ou múltiplos que ainda não reconhecemos como tal. Talvez até nós mesmos?

Dentro de cada uma das nossas células existem numerosos corpúsculos chamados mitocôndrias. As mitocôndrias são fábricas químicas, responsáveis por fornecer a maior parte da energia de que necessitamos. Se perdêssemos as nossas mitocôndrias, morreríamos em segundos. Argumentou-se recentemente, com bastante plausibilidade, que as mitocôndrias são, na origem, bactérias simbióticas que se aliaram ao nosso tipo de célula muito cedo na evolução. Sugestões semelhantes têm sido feitas para outros pequenos corpos dentro das nossas células. Esta é uma daquelas ideias revolucionárias que leva tempo a assimilar, mas é uma ideia cuja hora chegou. Especulo que acabaremos por aceitar a ideia mais radical de que cada um dos nossos genes é uma unidade simbiótica. Somos colônias gigantescas de genes simbióticos. Não se pode propriamente falar de “provas” para esta ideia, mas, como tentei sugerir em capítulos anteriores, ela está implícita na própria forma como pensamos sobre o funcionamento dos genes em espécies sexuadas. O reverso desta moeda é que os vírus podem ser genes que se libertaram de “colônias” como nós. Os vírus consistem em ADN puro (ou numa molécula autorreplicativa relacionada), envolto numa cápsula proteica. São todos parasitas. A sugestão é que evoluíram a partir de genes “rebeldes” que escaparam e agora viajam de corpo em corpo diretamente através do ar, em vez de usarem os veículos convencionais—espermatozoides e óvulos. Se isto for verdade, talvez possamos considerar-nos colônias de vírus! Alguns cooperam simbolicamente e viajam de corpo em corpo por meio de espermatozoides e óvulos. Estes são os “genes” convencionais. Outros vivem parasiticamente e viajam por quaisquer meios que consigam. Se o ADN parasita viaja em espermatozoides e óvulos,

talvez forme o excedente “paradoxal” de ADN que mencionei no Capítulo 3. Se viaja pelo ar, ou por outros meios diretos, é chamado “vírus” no sentido habitual.

Mas estas são especulações para o futuro. Neste momento estamos interessados na simbiose a um nível superior — relações entre organismos multicelulares, e não dentro deles. A palavra simbiose é convencionalmente usada para associações entre membros de espécies diferentes. Mas, agora que rejeitámos a visão evolucionista centrada no “bem da espécie”, não parece haver razão lógica para distinguir associações entre membros de espécies diferentes das associações entre membros da mesma espécie. Em geral, associações de benefício mútuo evoluirão se cada parceiro conseguir extrair mais do que aquilo que investe. Isto é verdade tanto no caso de membros de uma alcateia de hienas, como de criaturas muito distintas como formigas e afídeos, ou abelhas e flores. Na prática, pode ser difícil distinguir casos de benefício mútuo genuíno de casos de exploração unilateral.

A evolução de associações de benefício mútuo é teoricamente fácil de imaginar se os favores forem dados e recebidos simultaneamente, como no caso dos parceiros que constituem um líquen. Mas surgem problemas se houver um intervalo entre o ato de dar e o ato de retribuir. Isto porque o primeiro beneficiário de um favor pode ser tentado a enganar e recusar-se a retribuí-lo quando chegar a sua vez. A resolução deste problema é interessante e merece ser discutida em pormenor. Posso fazê-lo melhor através de um exemplo hipotético.

Imaginemos que uma espécie de ave é parasitada por uma espécie particularmente nociva de carraga que transmite uma doença perigosa. É muito importante que estas carragas sejam removidas o mais depressa possível. Normalmente, uma ave pode arrancar as suas próprias carragas ao arranjar as penas. Contudo, há uma zona que não consegue alcançar com o bico: o topo da cabeça. A solução é evidente para qualquer ser humano. Um indivíduo pode não conseguir alcançar o topo da sua própria cabeça, mas nada mais fácil do que um amigo fazê-lo por ele. Mais tarde, quando o amigo estiver parasitado, o bom gesto pode ser retribuído. A limpeza mútua é, de facto, muito comum tanto em aves como em mamíferos.

Isto faz sentido imediato a um nível intuitivo. Qualquer pessoa com previsão consciente consegue perceber que é sensato entrar em acordos de “coça as minhas costas e eu coço as tuas”. Mas aprendemos a desconfiar daquilo que parece intuitivamente sensato. O gene não tem previsão. Será que a teoria dos genes egoístas pode explicar esta coçadela mútua, ou “altruísmo recíproco”, quando há um atraso entre o favor e a retribuição? Williams discutiu brevemente o problema no seu livro de 1966, que já referi. Concluiu, tal como Darwin, que o altruísmo recíproco diferido pode evoluir em espécies com capacidade de reconhecer e lembrar outros indivíduos. Trivers, em 1971, desenvolveu esta ideia. Quando escreveu, ainda não dispunha do conceito de estratégia evolutivamente estável, de Maynard Smith. Se tivesse, arrisco dizer que o teria usado, pois é uma forma natural de exprimir as suas ideias. A sua referência ao “Dilema do Prisioneiro”

— um quebra-cabeças clássico da teoria dos jogos — mostra que já pensava nesses termos.

Suponhamos que B tem um parasita no topo da cabeça. A remove-lho. Mais tarde, chega a vez de A ter um parasita na cabeça. Naturalmente, procura B para que este lhe retribua o favor. B simplesmente torce o nariz e afasta-se. B é um batoteiro, um indivíduo que aceita os benefícios do altruísmo dos outros, mas que não os retribui, ou que os retribui de forma insuficiente. Os batoteiros saem-se melhor do que os altruístas indiscriminados porque obtêm os benefícios sem suportar os custos. É certo que o custo de limpar a cabeça de outro indivíduo parece pequeno comparado com o benefício de ter um parasita perigoso removido, mas não é desprezável. É despendida alguma energia e tempo valiosos.

Imaginemos que a população é composta por indivíduos que adotam uma de duas estratégias. Tal como nas análises de Maynard Smith, não estamos a falar de estratégias conscientes, mas de programas de comportamento inconsciente estabelecidos pelos genes. Chamemos às duas estratégias Totó e Batoteiro. Os Totós limpam qualquer um que precise, indiscriminadamente. Os Batoteiros aceitam o altruísmo dos Totós, mas nunca limpam ninguém, nem sequer alguém que os tenha limpo anteriormente. Tal como no caso dos falcões e das pombas, atribuiremos arbitrariamente pontos de benefício. Não importa quais são os valores exatos, desde que o benefício de ser limpo exceda o custo de limpar. Se a incidência de parasitas for elevada, qualquer Totó numa população de Totós pode contar com ser limpo tantas vezes

quanto limpa os outros. O retorno médio para um Totó entre Totós é, portanto, positivo. Na verdade, todos se dão bastante bem, e a palavra Totó parece inadequada. Mas agora suponhamos que surge um Batoteiro na população. Sendo o único batoteiro, pode contar com ser limpo por todos os outros, mas não paga nada em troca. O seu retorno médio é melhor do que o retorno médio de um Totó. Os genes de Batoteiro começarão, portanto, a espalhar-se pela população. Os genes de Totó serão rapidamente levados à extinção. Isto deve-se ao facto de, independentemente da proporção na população, os Batoteiros se saírem sempre melhor do que os Totós. Por exemplo, consideremos o caso em que a população consiste em 50 por cento de Totós e 50 por cento de Batoteiros. O retorno médio para Totós e Batoteiros será inferior ao de qualquer indivíduo numa população composta a 100 por cento por Totós. Mas, mesmo assim, os Batoteiros estarão a sair-se melhor do que os Totós porque obtêm todos os benefícios — por modestos que sejam — e não pagam nada em troca. Quando a proporção de Batoteiros atinge os 90 por cento, o retorno médio para todos os indivíduos será muito baixo: muitos de ambos os tipos poderão estar já a morrer da infeção provocada pelas carraças. Mas ainda assim, os Batoteiros estarão a sair-se melhor do que os Totós. Mesmo que toda a população entre em declínio rumo à extinção, nunca haverá um momento em que os Totós se saiam melhor do que os Batoteiros. Portanto, se considerarmos apenas estas duas estratégias, nada pode impedir a extinção dos Totós e, muito provavelmente, a extinção de toda a população também.

Mas agora, suponhamos que existe uma terceira estratégia, chamada Rancoroso. Os Rancorosos limpam estranhos e indivíduos

que os tenham limpo anteriormente. No entanto, se algum indivíduo os engana, lembram-se do incidente e guardam rancor: recusam-se a limpar esse indivíduo no futuro. Numa população de Rancorosos e Totós é impossível distinguir uns dos outros. Ambos os tipos se comportam de forma altruísta com todos os outros e ambos obtêm um retorno médio elevado e igual. Numa população composta maioritariamente por Batoteiros, um único Rancoroso não teria muito sucesso. Despendia imensa energia a limpar a maioria dos indivíduos que encontrasse — pois demoraria tempo a acumular rancores contra todos eles. Por outro lado, ninguém o limparia em troca. Se os Rancorosos forem raros em comparação com os Batoteiros, o gene de Rancoroso extinguir-se-á. Contudo, uma vez que os Rancorosos consigam atingir um número crítico, a sua probabilidade de se encontrarem entre si torna-se suficientemente elevada para compensar o esforço desperdiçado a limpar Batoteiros. Quando esta proporção crítica é atingida, começarão a obter um retorno médio mais elevado do que os Batoteiros, que serão levados, a um ritmo acelerado, rumo à extinção. Quando os Batoteiros estiverem quase extintos, o seu declínio tornar-se-á mais lento, podendo sobreviver como minoria durante bastante tempo. Isto acontece porque, para qualquer Batoteiro raro, existe apenas uma pequena probabilidade de encontrar o mesmo Rancoroso duas vezes: assim, a proporção de indivíduos na população que guardam rancor contra um determinado Batoteiro será pequena.

Contei a história destas estratégias como se fosse intuitivamente óbvio o que aconteceria. Na realidade, não é assim tão óbvio, e tomei a precaução de simular a situação num computador para confirmar que a intuição estava correta. O Rancoroso revela-se, de

facto, uma estratégia evolutivamente estável contra Totó e Batoteiro, no sentido de que, numa população composta maioritariamente por Rancorosos, nem Batoteiros nem Totós conseguirão infiltrar-se. No entanto, Batoteiro também é uma EEE (Estratégia Evolutivamente Estável), porque uma população composta maioritariamente por Batoteiros não será invadida nem por Rancorosos nem por Totós. Uma população pode estabilizar-se em qualquer uma destas EEE. A longo prazo, pode alternar de uma para a outra. Dependendo dos valores exatos dos retornos — as suposições na simulação foram naturalmente arbitrárias — uma ou outra das duas situações estáveis terá uma “zona de atração” maior e será mais provável de ser atingida. Note-se, aliás, que, embora uma população de Batoteiros possa ter maior probabilidade de se extinguir do que uma população de Rancorosos, isso em nada afeta o seu estatuto de EEE. Se uma população atinge uma EEE que a leva à extinção, então extingue-se, e paciência.⁴

É bastante divertido observar uma simulação computacional que comece com uma maioria forte de Totós, uma minoria de Rancorosos ligeiramente acima da frequência crítica, e uma minoria de Batoteiros com tamanho semelhante. A primeira coisa que acontece é um colapso dramático na população de Totós, à medida que os Batoteiros os exploram impiedosamente. Os Batoteiros gozam de uma explosão populacional vertiginosa, atingindo o pico precisamente quando o último Totó perece. Mas os Batoteiros ainda têm de enfrentar os Rancorosos. Durante o declínio abrupto dos Totós, os Rancorosos têm vindo a diminuir lentamente em número, sofrendo com a prosperidade dos Batoteiros, mas conseguindo manter-se. Após o desaparecimento do último Totó e com os

Batoteiros já incapazes de explorar egoisticamente como antes, os Rancorosos começam lentamente a aumentar à custa dos Batoteiros. O seu crescimento populacional ganha impulso de forma constante. Acelera acentuadamente, a população de Batoteiros entra em colapso quase total, depois estabiliza enquanto usufruem das vantagens da raridade e da liberdade relativa face aos rancores que isso proporciona. No entanto, lenta e inexoravelmente, os Batoteiros são erradicados, e os Rancorosos ficam com a posse exclusiva. Paradoxalmente, a presença dos Totós pôs em perigo os Rancorosos no início da história, porque foram responsáveis pela prosperidade temporária dos Batoteiros.

A propósito, o meu exemplo hipotético sobre os perigos de não ser limpo é bastante plausível. Ratos mantidos em isolamento tendem a desenvolver feridas desagradáveis nas partes da cabeça que não conseguem alcançar. Num estudo, ratos mantidos em grupo não sofriam deste problema, porque lambiam as cabeças uns dos outros. Seria interessante testar experimentalmente a teoria do altruísmo recíproco, e parece que os ratos poderiam ser sujeitos adequados para esse trabalho.

Trivers discute a notável simbiose dos peixes-limpadores. São conhecidas cerca de cinquenta espécies, incluindo pequenos peixes e camarões, que vivem à custa de retirar parasitas da superfície de peixes maiores de outras espécies. Os peixes grandes beneficiam claramente por serem limpos, e os limpadores obtêm um bom suprimento de alimento. A relação é simbiótica. Em muitos casos, os peixes grandes abrem as bocas e permitem que os limpadores entrem e lhes limpem os dentes, saindo depois pelas guelras, que

também são limpas. Seria de esperar que um peixe grande esperasse astuciosamente até estar completamente limpo, e depois devorasse o limpador. No entanto, normalmente deixa que o limpador nade para fora incólume. Este é um feito considerável de aparente altruísmo, pois em muitos casos o limpador tem o mesmo tamanho da presa normal do peixe grande.

Os peixes-limpadores têm padrões listrados especiais e danças particulares que os identificam como limpadores. Os peixes grandes tendem a não comer peixes pequenos que apresentem as listras adequadas e que se aproximem com o tipo certo de dança. Em vez disso, entram num estado semelhante ao transe e permitem que o limpador tenha acesso livre ao seu exterior e interior. Dado o que sabemos sobre genes egoístas, não é surpreendente que batoteiros implacáveis e exploradores tenham aproveitado a oportunidade. Existem espécies de peixes pequenos que se parecem com os limpadores e dançam da mesma forma para garantir passagem segura até junto dos peixes grandes. Quando o peixe grande entra no seu transe expectante, o batoteiro, em vez de retirar um parasita, morde-lhe um pedaço da barbatana e foge a toda a pressa. Mas apesar dos batoteiros, a relação entre os limpadores e os seus clientes é, na sua maioria, amigável e estável. A profissão de limpador desempenha um papel importante na vida quotidiana da comunidade do recife de coral. Cada limpador tem o seu próprio território, e já se observaram peixes grandes em fila à espera de atendimento, como clientes num salão de cabeleireiro. É provavelmente esta fidelidade ao local, por parte dos limpadores genuínos, que permite a evolução do altruísmo recíproco diferido neste caso. O benefício, para um peixe grande, de poder regressar

repetidamente à mesma “barbearia” em vez de procurar constantemente uma nova, deve superar o custo de se abster de comer o limpador. Dado que os limpadores são pequenos, isto é fácil de acreditar. A presença de imitadores batoteiros provavelmente põe em perigo os limpadores legítimos, indiretamente, ao criar uma ligeira pressão sobre os peixes grandes para comerem dançarinos listrados. A fidelidade ao local por parte dos limpadores verdadeiros permite aos clientes encontrá-los e evitar os batoteiros.

Uma boa memória e a capacidade de reconhecimento individual estão bem desenvolvidas no ser humano. Assim, é de esperar que o altruísmo recíproco tenha desempenhado um papel importante na evolução humana. Trivers chega a sugerir que muitas das nossas características psicológicas — inveja, culpa, gratidão, simpatia, etc. — foram moldadas pela seleção natural para melhorar a capacidade de enganar, de detetar batoteiros e de evitar ser considerado batoteiro. São particularmente interessantes os “batoteiros subtis”, que parecem estar a retribuir, mas que consistentemente devolvem ligeiramente menos do que recebem. É até possível que o cérebro inchado do ser humano, e a sua predisposição para raciocinar matematicamente, tenham evoluído como um mecanismo para formas cada vez mais engenhosas de batota, e para a deteção cada vez mais apurada da batota nos outros. O dinheiro é um símbolo formal de altruísmo recíproco diferido.

Não há fim para a fascinante especulação que a ideia de altruísmo recíproco suscita quando a aplicamos à nossa própria espécie. Por mais tentador que seja, não sou melhor do que

qualquer outro nessa especulação, e deixo ao leitor o entretenimento.

CAPÍTULO 11

MEMES - Os Novos Replicadores

Até agora, não falei muito sobre o ser humano em particular, embora também não o tenha excluído deliberadamente. Parte da razão pela qual utilizei o termo “máquina de sobrevivência” prende-se com o facto de “animal” deixar de fora as plantas e, na mente de algumas pessoas, os próprios humanos. Os argumentos que apresentei devem, *prima facie* (à primeira vista), aplicar-se a qualquer ser evoluído. Se uma espécie há de ser excecionada, terá de ser por boas razões específicas. Existem boas razões para supor que a nossa espécie é única? Acredito que sim.

Grande parte do que há de invulgar no ser humano pode ser resumida numa só palavra: “cultura”. Uso esta palavra não no seu sentido elitista, mas tal como um cientista a usaria. A transmissão cultural é análoga à transmissão genética no sentido em que, embora fundamentalmente conservadora, pode dar origem a uma forma de evolução. Geoffrey Chaucer não conseguiria manter uma conversa com um inglês moderno, apesar de estarem ligados entre si por uma cadeia ininterrupta de cerca de vinte gerações de ingleses, cada uma das quais conseguia comunicar com os seus vizinhos imediatos na cadeia, tal como um filho fala com o pai. A linguagem parece “evoluir” por meios não genéticos, e a uma

velocidade que é várias ordens de magnitude superior à da evolução genética.

A transmissão cultural não é exclusiva do ser humano. O melhor exemplo não humano que conheço foi recentemente descrito por P. F. Jenkins, relativamente ao canto de um pássaro chamado saddleback, que vive em ilhas ao largo da Nova Zelândia. Na ilha onde ele trabalhou, havia um repertório total de cerca de nove cantos distintos. Cada macho cantava apenas um ou alguns desses cantos. Os machos podiam ser classificados em grupos dialetais. Por exemplo, um grupo de oito machos com territórios vizinhos cantava uma canção particular chamada canção CC. Outros grupos dialetais cantavam canções diferentes. Por vezes, os membros de um grupo dialetal partilhavam mais do que uma canção distinta. Comparando os cantos de pais e filhos, Jenkins demonstrou que os padrões de canto não eram herdados geneticamente. Cada jovem macho tendia a adotar os cantos dos vizinhos territoriais por imitação, de forma análoga à linguagem humana. Durante a maior parte do tempo em que Jenkins esteve presente, havia um número fixo de canções na ilha, uma espécie de “reserva de canções” da qual cada jovem macho extraía o seu pequeno repertório. Mas, ocasionalmente, Jenkins teve o privilégio de testemunhar a “invenção” de uma nova canção, que surgia devido a um erro na imitação de uma antiga. Escreve ele: “Novas formas de canções demonstraram surgir de diversas formas, como alteração da altura de uma nota, repetição de uma nota, elisão de notas e combinação de partes de outras canções já existentes... O aparecimento da nova forma foi um evento abrupto e o produto permaneceu estável ao longo de vários anos. Além disso, em vários casos, a variante foi

transmitida com precisão na sua nova forma a jovens recrutas, formando-se assim um grupo coerente e reconhecível de cantores semelhantes.” Jenkins refere-se à origem de novas canções como “mutações culturais”.

O canto do saddleback evolui verdadeiramente por meios não genéticos. Existem outros exemplos de evolução cultural em aves e macacos, mas tratam-se apenas de curiosidades interessantes. É a nossa própria espécie que mostra realmente do que a evolução cultural é capaz. A linguagem é apenas um exemplo entre muitos. Modas no vestuário e na alimentação, cerimónias e costumes, arte e arquitetura, engenharia e tecnologia — tudo evolui ao longo do tempo histórico de uma forma que se assemelha a uma evolução genética extremamente acelerada, mas que, na realidade, nada tem a ver com a evolução genética. Tal como na evolução genética, a mudança pode ser progressiva. Há um certo sentido em que a ciência moderna é efetivamente melhor do que a ciência antiga. Não apenas a nossa compreensão do universo muda ao longo dos séculos: ela melhora. É certo que a atual explosão de progresso remonta apenas ao Renascimento, tendo sido precedida por um período sombrio de estagnação, durante o qual a cultura científica europeia ficou congelada no nível atingido pelos gregos. Mas, como vimos no Capítulo 5, a evolução genética também pode ocorrer como uma série de surtos breves entre patamares estáveis.

A analogia entre a evolução cultural e a evolução genética tem sido frequentemente apontada, por vezes com sobretons místicos desnecessários. A analogia entre o progresso científico e a evolução genética por seleção natural foi especialmente iluminada por Sir

Karl Popper. Quero ir ainda mais longe, em direções que estão também a ser exploradas, por exemplo, pelo geneticista L. L. Cavalli-Sforza, pelo antropólogo F. T. Cloak e pelo etologista J. M. Cullen.

Enquanto darwinista entusiasta, sinto-me insatisfeito com as explicações que os meus colegas entusiastas têm oferecido para o comportamento humano. Têm procurado vantagens biológicas em vários atributos da civilização humana. Por exemplo, a religião tribal tem sido vista como um mecanismo para reforçar a identidade do grupo, algo valioso para uma espécie caçadora em grupo, cujos indivíduos dependem da cooperação para apanhar presas grandes e velozes. Frequentemente, a preconceção evolucionista em que tais teorias se baseiam é implicitamente selecionista de grupo, mas é possível reformular essas teorias em termos da seleção ortodoxa ao nível do gene. O ser humano poderá bem ter passado grandes períodos dos últimos milhões de anos a viver em pequenos grupos de parentesco. A seleção por parentesco e a seleção a favor do altruísmo recíproco podem ter atuado sobre os genes humanos para produzir muitos dos nossos atributos e tendências psicológicas fundamentais. Estas ideias são plausíveis até certo ponto, mas não creio que comecem sequer a fazer frente ao formidável desafio de explicar a cultura, a evolução cultural e as imensas diferenças entre culturas humanas em todo o mundo — desde o egoísmo extremo dos Ik do Uganda, descrito por Colin Turnbull, até ao altruísmo gentil dos Arapesh de Margaret Mead. Creio que temos de começar de novo e voltar aos primeiros princípios. O argumento que irei apresentar, por mais surpreendente que pareça vindo do autor dos capítulos anteriores, é que, para compreendermos a evolução do

homem moderno, devemos começar por rejeitar o gene como única base das nossas ideias sobre evolução. Sou um darwinista entusiasta, mas penso que o darwinismo é uma teoria demasiado abrangente para estar confinada ao contexto restrito do gene. O gene surgirá na minha tese como analogia, nada mais.

Afinal, o que é que torna os genes tão especiais? A resposta é que são replicadores. Supõe-se que as leis da física sejam verdadeiras em todo o universo acessível. Existirá algum princípio da biologia com uma validade universal semelhante? Quando os astronautas viajarem para planetas distantes e procurarem vida, é provável que encontrem criaturas tão estranhas e alienígenas que mal conseguimos imaginá-las. Mas haverá algo que tem de ser verdade para toda a vida, onde quer que seja encontrada e qualquer que seja a sua base química? Se existirem formas de vida cuja química se baseie no silício em vez do carbono, ou no amoníaco em vez da água, se forem descobertas criaturas que ferveriam a -100 graus centígrados, se surgir uma forma de vida que não se baseie em química alguma, mas em circuitos eletrónicos reverberantes — haverá ainda assim algum princípio geral válido para toda a vida? Obviamente, não sei. Mas, se tivesse de apostar, apostaria num princípio fundamental: esta é a lei segundo a qual toda a vida evolui pela sobrevivência diferencial de entidades replicadoras.¹ O gene, a molécula de ADN, é a entidade replicadora que predomina no nosso planeta. Pode haver outras. Se existirem — desde que determinadas condições se verifiquem — tenderão quase inevitavelmente a tornar-se a base de um processo evolutivo.

Mas será necessário viajar para mundos distantes para encontrar outros tipos de replicadores e, conseqüentemente, outros tipos de evolução? Creio que um novo tipo de replicador emergiu recentemente neste próprio planeta. Está mesmo diante dos nossos olhos. Ainda na sua infância, vagueia desajeitadamente na sua sopa primordial, mas já alcança mudanças evolutivas a um ritmo que deixa o velho gene a ofegar para o alcançar.

A nova sopa é a sopa da cultura humana. Precisamos de um nome para este novo replicador, um substantivo que transmita a ideia de unidade de transmissão cultural, ou unidade de imitação. Mimeme vem de uma raiz grega adequada, mas quero uma palavra monossilábica que soe de forma semelhante a gene. Espero que os meus amigos classicistas me perdoem por abreviar mimeme para *meme*.² Se servir de consolo, também pode ser associada a memória, ou à palavra francesa *même*. Deve ser pronunciada como rima de rime ou stream.

Exemplos de memes são melodias, ideias, chavões, modas de vestir, formas de fabricar potes ou de construir arcos. Tal como os genes se propagam na reserva genética saltando de corpo em corpo via espermatozoides ou óvulos, também os memes se propagam na reserva de memes saltando de cérebro em cérebro através de um processo que, num sentido lato, pode ser chamado imitação. Se um cientista ouve ou lê uma boa ideia, transmite-a aos seus colegas e alunos. Menciona-a nos seus artigos e nas suas aulas. Se a ideia se propagar, pode dizer-se que ela se autopropaga, espalhando-se de cérebro em cérebro. Como o meu colega N. K. Humphrey resumiu elegantemente uma versão anterior deste capítulo: "... os memes

devem ser considerados como estruturas vivas, não apenas metaforicamente, mas tecnicamente.³ Quando planta um meme fértil na minha mente, está literalmente a parasitar o meu cérebro, transformando-o num veículo para a propagação desse meme, da mesma forma que um vírus pode parasitar o mecanismo genético de uma célula hospedeira. E isto não é apenas uma metáfora — o meme da crença na vida após a morte, por exemplo, está efetivamente realizado, milhões de vezes, como estrutura nos sistemas nervosos de homens por todo o mundo.”

Considere a ideia de Deus. Não sabemos como surgiu na reserva de memes. Provavelmente teve origem múltiplas vezes, por mutações independentes. Em todo o caso, é muito antiga. Como se replica? Através da palavra falada e escrita, com o auxílio da grande música e da grande arte. Por que tem ela um valor de sobrevivência tão elevado? Lembre-se de que valor de sobrevivência aqui não significa valor para um gene na reserva genética, mas sim valor para um meme na reserva de memes. A verdadeira questão é: o que é que há na ideia de um deus que lhe confere estabilidade e penetrância no ambiente cultural? O valor de sobrevivência do meme de Deus na reserva de memes resulta do seu enorme apelo psicológico. Fornece uma resposta superficialmente plausível a perguntas profundas e inquietantes sobre a existência. Sugere que as injustiças neste mundo poderão ser corrigidas no próximo. Os “braços eternos” oferecem uma almofada contra as nossas próprias insuficiências que, tal como o placebo de um médico, não deixa de ser eficaz por ser imaginária. Estas são algumas das razões pelas quais a ideia de Deus é copiada tão prontamente por sucessivas gerações de cérebros individuais. Deus existe, ainda que apenas

sob a forma de um meme com elevado valor de sobrevivência — ou poder de infecção — no ambiente fornecido pela cultura humana.

Alguns dos meus colegas sugeriram-me que esta explicação sobre o valor de sobrevivência do meme de Deus padece de petição de princípio. Em última análise, desejam sempre regressar à “vantagem biológica”. Para eles, não basta dizer que a ideia de um deus tem “grande atratividade psicológica”. Querem saber por que razão tem essa atratividade psicológica. Atratividade psicológica significa atratividade para cérebros, e os cérebros são moldados pela seleção natural dos genes nos reservatórios genéticos. Querem encontrar uma forma de mostrar que possuir um cérebro assim melhora a sobrevivência dos genes.

Tenho bastante simpatia por esta atitude, e não duvido de que há vantagens genéticas em possuímos cérebros do tipo que temos. No entanto, penso que esses colegas, se analisarem cuidadosamente os fundamentos das suas próprias suposições, descobrirão que estão a incorrer em tantos pressupostos quanto eu. Fundamentalmente, a razão pela qual é uma boa política tentar explicar fenómenos biológicos em termos de vantagem genética é que os genes são replicadores. Assim que a sopa primordial forneceu condições para que moléculas pudessem fazer cópias de si mesmas, os próprios replicadores assumiram o controlo. Durante mais de três mil milhões de anos, o ADN foi o único replicador digno de menção no mundo. Mas isso não significa que mantenha esses direitos de monopólio para sempre. Sempre que surgirem condições em que um novo tipo de replicador possa fazer cópias de si mesmo, esses novos replicadores tenderão a assumir o controlo e a iniciar

um novo tipo de evolução própria. Uma vez iniciada essa nova evolução, não haverá qualquer necessidade de que ela se subordine à anterior. A velha evolução baseada na seleção de genes, ao criar cérebros, forneceu a sopa onde os primeiros memes surgiram. Uma vez que os memes autorreplicantes surgiram, a sua própria evolução — muito mais rápida — entrou em ação. Nós, biólogos, assimilámos a ideia de evolução genética de tal forma que tendemos a esquecer que ela é apenas uma entre muitas formas possíveis de evolução.

Imitação, em sentido lato, é o modo como os memes se replicam. Mas, tal como nem todos os genes que podem replicar-se o fazem com sucesso, também alguns memes são mais bem-sucedidos do que outros no reservatório de memes. Esta é a analogia com a seleção natural. Mencionei exemplos específicos de qualidades que promovem o valor de sobrevivência dos memes. Mas, em termos gerais, essas qualidades devem ser as mesmas discutidas para os replicadores no Capítulo 2: longevidade, fecundidade e fidelidade na cópia. A longevidade de uma dada cópia de um meme é, provavelmente, relativamente pouco importante, tal como acontece com uma cópia específica de um gene. A cópia da melodia *Auld Lang Syne* que existe no meu cérebro durará apenas o resto da minha vida.⁴ A cópia da mesma melodia impressa no meu exemplar do *The Scottish Student's Song Book* dificilmente durará muito mais. Mas espero que existam cópias dessa mesma melodia, em papel e nos cérebros das pessoas, durante muitos séculos. Tal como no caso dos genes, a fecundidade é muito mais importante do que a longevidade de cópias particulares. Se o meme for uma ideia científica, a sua disseminação dependerá de quão aceitável é para

a população de cientistas individuais; uma medida aproximada do seu valor de sobrevivência poderia ser obtida contando o número de vezes que é referida, ano após ano, em revistas científicas.⁵ Se for uma melodia popular, a sua disseminação no reservatório memético pode ser avaliada pelo número de pessoas que a assobiam nas ruas. Se for um modelo de sapato feminino, o memeticista populacional poderá usar estatísticas de vendas de lojas de calçado. Alguns memes, tal como certos genes, alcançam um sucesso brilhante no curto prazo ao propagarem-se rapidamente, mas não duram muito no reservatório memético. Canções populares e saltos agulha são exemplos. Outros, como as leis religiosas judaicas, podem continuar a propagar-se durante milhares de anos, geralmente devido ao grande potencial de permanência dos registos escritos.

Isto leva-me à terceira qualidade geral dos replicadores bem-sucedidos: fidelidade na cópia. Aqui devo admitir que piso terreno instável. À primeira vista, parece que os memes não são replicadores de alta fidelidade. Cada vez que um cientista ouve uma ideia e a transmite a outra pessoa, é provável que a modifique de alguma forma. Não escondi neste livro a minha dívida para com as ideias de R. L. Trivers. Contudo, não as repeti com as palavras dele. Adaptei-as aos meus próprios fins, alterando a ênfase, misturando-as com ideias minhas e de outras pessoas. Os memes estão a ser-lhe transmitidos numa forma alterada. Isto parece muito diferente da qualidade particulada, de tudo-ou-nada, da transmissão genética. Parece que a transmissão de memes está sujeita a mutação contínua — e também a misturas.

É possível que esta aparência de não-particularidade seja ilusória, e que a analogia com os genes não esteja quebrada. Afinal, se observarmos a herança de muitas características genéticas, como a altura ou a pigmentação da pele humanas, não nos parece tratar-se do efeito de genes indivisíveis e não misturáveis. Se uma pessoa negra e uma pessoa branca tiverem filhos, estes não nascem nem negros nem brancos: nascem com uma tonalidade intermédia. Isto não significa que os genes envolvidos não sejam particulados. Simplesmente, há tantos genes envolvidos na cor da pele, e cada um com um efeito tão pequeno, que o resultado parece uma mistura. Até agora, tenho falado dos memes como se fosse evidente o que constitui uma unidade-meme. Mas, claro, está longe de ser evidente. Afirmei que uma melodia é um meme, mas e quanto a uma sinfonia? Quantos memes a compõem? Cada andamento seria um meme? Cada frase melódica reconhecível? Cada compasso, cada acorde?

Recorro ao mesmo artifício verbal que utilizei no Capítulo 3. Aí, dividi o “complexo genético” em unidades grandes e pequenas, e unidades dentro de unidades. O “gene” foi definido, não de modo rígido e absoluto, mas como uma unidade de conveniência — um comprimento de cromossoma com fidelidade de cópia suficiente para servir como unidade viável de seleção natural. Se uma frase da Nona Sinfonia de Beethoven for suficientemente distinta e memorável para ser abstraída do contexto da sinfonia completa, e usada como indicativo de uma estação de rádio europeia exasperantemente intrusiva, então, nesse sentido, merece ser chamada de meme. Diminuiu, aliás, consideravelmente a minha capacidade de apreciar a sinfonia original.

Do mesmo modo, quando dizemos que todos os biólogos hoje em dia acreditam na teoria de Darwin, não queremos dizer que cada biólogo tenha gravada no cérebro uma cópia idêntica das palavras exatas de Charles Darwin. Cada indivíduo tem a sua própria forma de interpretar as ideias de Darwin. Provavelmente, aprendeu-as não a partir dos escritos originais de Darwin, mas de autores mais recentes. Muito do que Darwin disse está, em detalhe, errado. Darwin, se lesse este livro, dificilmente reconheceria a sua teoria original nele, embora eu espere que gostasse da forma como a apresento. No entanto, apesar de tudo isto, há algo, uma essência do darwinismo, que está presente na mente de cada indivíduo que compreende a teoria. Se assim não fosse, então quase qualquer afirmação sobre duas pessoas estarem de acordo seria desprovida de sentido. Um “ideia-meme” pode, portanto, ser definido como uma entidade capaz de ser transmitida de um cérebro para outro. O meme da teoria de Darwin é, por conseguinte, essa base essencial da ideia que é partilhada por todos os cérebros que compreendem a teoria. As diferenças nas formas como as pessoas representam a teoria são então, por definição, exteriores ao meme. Se a teoria de Darwin puder ser subdividida em componentes, de tal forma que algumas pessoas acreditem no componente A mas não no B, enquanto outras acreditam em B mas não em A, então A e B devem ser considerados memes distintos. Se quase todas as pessoas que acreditam em A também acreditarem em B — se os memes estiverem estreitamente “ligados”, para usar um termo genético — então será conveniente agrupá-los como um só meme.

Vamos prosseguir a analogia entre memes e genes. Ao longo deste livro, enfatizei que não devemos pensar nos genes como

agentes conscientes e intencionais. A seleção natural cega, no entanto, faz com que se comportem como se tivessem um propósito, e tem sido útil, como atalho, referirmo-nos aos genes em linguagem intencional. Por exemplo, quando dizemos “os genes estão a tentar aumentar o seu número nos futuros reservatórios genéticos”, o que realmente queremos dizer é “os genes que se comportam de forma a aumentar o seu número nos futuros reservatórios genéticos tendem a ser os genes cujos efeitos observamos no mundo”. Tal como achámos conveniente pensar nos genes como agentes ativos a trabalhar pela sua própria sobrevivência, talvez seja igualmente conveniente pensar nos memes da mesma forma. Em nenhum dos casos devemos cair no misticismo. Em ambos os casos, a ideia de propósito é apenas uma metáfora, mas já vimos quão frutífera essa metáfora é no caso dos genes. Até usámos palavras como “egoísta” e “impiedoso” para os genes, sabendo perfeitamente que se trata apenas de uma figura de estilo. Podemos, no mesmo espírito, procurar memes egoístas ou impiedosos?

Há aqui um problema relativo à natureza da competição. Onde há reprodução sexuada, cada gene compete particularmente com os seus próprios alelos — rivais pelo mesmo local cromossómico. Os memes parecem não ter nada equivalente a cromossomas, nem a alelos. Suponho que há um sentido trivial em que muitas ideias podem ter “opostos”. Mas, em geral, os memes assemelham-se mais às primeiras moléculas replicadoras, a flutuar caoticamente na sopa primordial, do que a genes modernos, bem organizados em pares cromossómicos. Em que sentido, então, os memes competem entre si? Devemos esperar que sejam “egoístas” ou “impiedosos”,

se não têm alelos? A resposta é que sim, devemos, porque há um sentido em que inevitavelmente competem entre si.

Qualquer utilizador de computador sabe quão precioso é o tempo de processamento e o espaço de armazenamento. Em muitos centros de computação de grande escala, esses recursos são literalmente calculados em dinheiro; ou cada utilizador recebe uma quota de tempo, medida em segundos, e uma quota de espaço, medida em “palavras”. Os computadores onde vivem os memes são os cérebros humanos.⁶ O tempo é, possivelmente, um factor mais limitativo do que o espaço de armazenamento, e é objeto de intensa competição. O cérebro humano, e o corpo que ele controla, não pode fazer mais do que uma ou poucas coisas de cada vez. Se um meme quiser dominar a atenção de um cérebro humano, terá de o fazer à custa de memes “rivais”. Outros recursos pelos quais os memes competem são o tempo de antena na rádio e na televisão, o espaço nos cartazes publicitários, as colunas de jornais e o espaço nas prateleiras das bibliotecas.

No caso dos genes, vimos no Capítulo 3 que podem surgir complexos de genes coadaptados no conjunto genético. Um grande conjunto de genes ligados à mímica em borboletas tornou-se tão fortemente associado no mesmo cromossoma que pode ser tratado como um único gene. No Capítulo 5, encontrámos a ideia mais sofisticada de um conjunto de genes evolutivamente estável. Dentes, garras, intestinos e órgãos sensoriais mutuamente adequados evoluíram nos conjuntos genéticos dos carnívoros, enquanto um conjunto estável diferente de características emergiu nos herbívoros. Será que ocorre algo análogo nos conjuntos de

memes? Terá o meme de deus, por exemplo, ficado associado a outros memes particulares, e será que essa associação contribui para a sobrevivência de cada um dos memes envolvidos? Talvez possamos considerar uma igreja organizada, com a sua arquitetura, rituais, leis, música, arte e tradição escrita, como um conjunto estável e coadaptado de memes mutuamente assistentes.

Para dar um exemplo concreto, um aspeto da doutrina que tem sido muito eficaz na imposição da prática religiosa é a ameaça do fogo do inferno. Muitas crianças e até alguns adultos acreditam que sofrerão tormentos horríveis após a morte se não obedecerem às regras sacerdotais. Esta é uma técnica de persuasão particularmente cruel, causadora de enorme angústia psicológica ao longo da Idade Média e ainda hoje. Mas é altamente eficaz. Poderia quase parecer que foi planeada deliberadamente por um clero maquiavélico treinado em técnicas de doutrinação psicológica profunda. No entanto, duvido que os sacerdotes fossem assim tão astutos. Muito mais provavelmente, foram os memes inconscientes que asseguraram a sua própria sobrevivência graças às mesmas qualidades de pseudo-implacabilidade que os genes bem-sucedidos exibem. A ideia do fogo do inferno é, simplesmente, autoperpetuante, devido ao seu profundo impacto psicológico. Tornou-se ligada ao meme de deus porque os dois se reforçam mutuamente e assistem-se na sua sobrevivência no conjunto memético.

Outro elemento do complexo religioso de memes é o chamado “fé”. Significa confiança cega, na ausência de provas — mesmo perante provas em contrário. A história de Tomé, o Incrédulo, não

é contada para admirarmos Tomé, mas para admirarmos os outros apóstolos em comparação. Tomé exigiu provas. Nada é mais letal para certos tipos de meme do que a tendência para procurar provas. Os outros apóstolos, cuja fé era tão forte que não precisavam de provas, são-nos apresentados como dignos de imitação. O meme da fé cega assegura a sua própria perpetuação por meio do simples expediente inconsciente de desencorajar o inquérito racional.

A fé cega pode justificar qualquer coisa.⁷ Se um homem acredita num deus diferente, ou até se utiliza um ritual diferente para adorar o mesmo deus, a fé cega pode decretar que ele deve morrer — na cruz, na fogueira, trespassado pela espada de um cruzado, alvejado numa rua de Beirute ou morto numa explosão num bar de Belfast. Os memes de fé cega têm formas implacáveis de se propagarem. Isto é verdade não só no âmbito religioso, mas também no patriótico e no político.

Os memes e os genes podem muitas vezes reforçar-se mutuamente, mas às vezes entram em oposição. Por exemplo, o hábito do celibato não é, presumivelmente, herdado geneticamente. Um gene para o celibato está condenado ao fracasso no conjunto genético, salvo em circunstâncias muito especiais, como se observa nos insetos sociais. No entanto, um meme para o celibato pode ser bem-sucedido no conjunto memético. Por exemplo, suponhamos que o sucesso de um meme depende criticamente do tempo que as pessoas dedicam à sua transmissão ativa a outras pessoas. Qualquer tempo gasto noutras atividades, do ponto de vista do meme, é tempo perdido. O meme do celibato é transmitido por sacerdotes a jovens rapazes que ainda

não decidiram o que querem fazer das suas vidas. O meio de transmissão é a influência humana de vários tipos: palavra falada ou escrita, exemplo pessoal, e assim por diante. Suponhamos, por hipótese, que o casamento enfraquece o poder de um sacerdote para influenciar os seus fiéis — por exemplo, porque ocupa grande parte do seu tempo e atenção. Esta é, de facto, uma das razões oficialmente invocadas para a imposição do celibato entre os padres. Se assim for, seguir-se-ia que o meme do celibato poderia ter maior valor de sobrevivência do que o meme do casamento. Claro que o contrário seria verdadeiro para um gene do celibato. Se o padre é uma máquina de sobrevivência para memes, o celibato é uma característica útil a incorporar nele. O celibato é apenas um parceiro menor num grande complexo de memes religiosos mutuamente assistentes.

Conjeturo que os complexos de memes coadaptados evoluem do mesmo modo que os complexos de genes coadaptados. A seleção favorece os memes que exploram o seu ambiente cultural em proveito próprio. Esse ambiente cultural é constituído por outros memes que também estão a ser seleccionados. O conjunto memético acaba, portanto, por adquirir os atributos de um conjunto evolutivamente estável, no qual novos memes têm dificuldade em penetrar.

Tenho sido um pouco negativo em relação aos memes, mas eles também têm o seu lado luminoso. Quando morremos, há duas coisas que podemos deixar para trás: genes e memes. Fomos construídos como máquinas genéticas, criadas para transmitir os nossos genes. Mas esse aspeto de nós será esquecido em três

gerações. O seu filho, ou talvez o seu neto, pode ter semelhança consigo — talvez nos traços faciais, num talento para a música, na cor do cabelo. Mas, a cada geração, a contribuição dos seus genes é reduzida para metade. Não demora muito até atingir proporções desprezíveis. Os nossos genes podem ser imortais, mas o conjunto de genes que constitui qualquer um de nós está condenado a desintegrar-se. Isabel II é descendente direta de Guilherme, o Conquistador. No entanto, é bastante provável que não possua nem um único gene do antigo rei. Não devemos procurar a imortalidade na reprodução.

Mas, se contribuir para a cultura do mundo — se tiver uma boa ideia, compuser uma melodia, inventar uma vela de ignição, escrever um poema — isso pode sobreviver, intacto, muito depois de os seus genes se terem dissolvido no conjunto comum. Sócrates pode ou não ter um ou dois genes vivos hoje, como observou G. C. Williams, mas quem se importa? Os complexos de memes de Sócrates, Leonardo, Copérnico e Marconi continuam bem vivos.

Por mais especulativo que possa ser o meu desenvolvimento da teoria dos memes, há um ponto sério que gostaria de enfatizar mais uma vez. Trata-se do facto de que, ao observarmos a evolução dos traços culturais e o seu valor de sobrevivência, temos de ser claros quanto a quem está a sobreviver. Os biólogos, como vimos, estão habituados a procurar vantagens ao nível do gene (ou do indivíduo, do grupo ou da espécie, conforme a escola). O que ainda não considerámos é que um traço cultural pode ter evoluído tal como evoluiu simplesmente porque é vantajoso para si mesmo.

Não precisamos de procurar valores de sobrevivência biológicos convencionais para traços como a religião, a música ou a dança ritual, embora esses valores possam também estar presentes. Uma vez que os genes tenham dotado as suas máquinas de sobrevivência de cérebros capazes de imitação rápida, os memes assumirão automaticamente o controlo. Nem sequer temos de assumir uma vantagem genética para a imitação — embora isso, certamente, ajudasse. Tudo o que é necessário é que o cérebro seja capaz de imitar: os memes evoluirão então de forma a explorar essa capacidade ao máximo.

Agora encerro o tema dos novos replicadores e termino o capítulo com uma nota de esperança qualificada. Uma característica única do ser humano — que pode ou não ter evoluído memicamente — é a sua capacidade de previsão consciente. Os genes egoístas (e, se aceitar a especulação deste capítulo, também os memes) não têm previsão. São replicadores inconscientes, cegos. O simples facto de se replicarem, juntamente com certas condições adicionais, implica que tenderão inevitavelmente para a evolução de qualidades que, no sentido especial deste livro, podem ser chamadas de egoístas. Um replicador simples, seja gene ou meme, não pode ser esperado que abdique de uma vantagem egoísta de curto prazo, mesmo que, a longo prazo, isso lhe fosse mais vantajoso. Vimos isso no capítulo sobre a agressividade. Mesmo que uma “conspiração de pombas” fosse melhor para cada indivíduo do que a estratégia evolutivamente estável (EEE), a seleção natural está obrigada a favorecer a EEE.

É possível que outra qualidade única do ser humano seja a capacidade de verdadeiro altruísmo desinteressado. Espero que sim, mas não me vou pôr a argumentar a favor nem contra, nem a especular sobre a sua possível evolução memética. O ponto que quero realçar é que, mesmo que olhemos para o lado mais sombrio e assumamos que o ser humano individual é fundamentalmente egoísta, a nossa previsão consciente — a nossa capacidade de simular o futuro na imaginação — pode salvar-nos dos piores excessos egoístas dos replicadores cegos. Temos, pelo menos, o equipamento mental necessário para fomentar os nossos interesses egoístas de longo prazo, em vez de apenas os de curto prazo. Podemos ver os benefícios de longo prazo de participar numa “conspiração de pombas” e podemos sentar-nos à mesa para discutir formas de a fazer funcionar. Temos o poder de desafiar os genes egoístas da nossa origem e, se necessário, os memes egoístas da nossa doutrinação. Podemos até discutir formas de cultivar e nutrir deliberadamente o altruísmo puro e desinteressado — algo que não tem lugar na natureza, algo que nunca existiu antes na história do mundo. Fomos construídos como máquinas genéticas e cultivados como máquinas meméticas, mas temos o poder de nos voltarmos contra os nossos criadores. Nós, só nós na Terra, podemos rebelar-nos contra a tirania dos replicadores egoístas.⁸

CAPÍTULO 12

Os Bonzinhos Acabam Primeiro

Os bonzinhos acabam em último. A expressão parece ter tido origem no mundo do basebol, embora algumas autoridades reivindiquem prioridade para uma conotação alternativa. O biólogo americano Garrett Hardin utilizou-a para resumir a mensagem daquilo que se poderá chamar “sociobiologia” ou “gene egoísta”. É fácil perceber a sua pertinência. Se traduzirmos o significado coloquial de “bonzinho” para o seu equivalente darwiniano, um bonzinho é um indivíduo que ajuda outros membros da sua espécie, em prejuízo próprio, a transmitir os seus genes à geração seguinte. Os bonzinhos, então, parecem condenados a diminuir em número: a bondade morre uma morte darwiniana. Mas há outra interpretação, técnica, da palavra coloquial “bonzinho”. Se adotarmos esta definição, que não se afasta muito do sentido comum, os bonzinhos podem, sim, acabar em primeiro. Esta conclusão mais otimista é o tema deste capítulo.

Recorde-se dos ressentidos do Capítulo 10. Eram aves que se ajudavam mutuamente de forma aparentemente altruísta, mas recusavam-se a ajudar — guardavam ressentimento contra — indivíduos que anteriormente se tinham recusado a ajudá-las. Os ressentidos acabaram por dominar a população porque transmitiam mais genes às gerações futuras do que os totós (que ajudavam

indiscriminadamente e eram explorados) ou os batoteiros (que tentavam explorar toda a gente de forma impiedosa e acabavam por se prejudicar mutuamente). A história dos ressentidos ilustrou um princípio geral importante, que Robert Trivers designou por altruísmo recíproco. Como vimos no exemplo do peixe limpador (páginas 239–240), o altruísmo recíproco não se limita a membros de uma única espécie. Está presente em todas as relações que se designam por simbióticas — por exemplo, as formigas que “ordenham” os seus “rebanhos” de afídeos (páginas 221–222). Desde que o Capítulo 10 foi escrito, o cientista político americano Robert Axelrod (a trabalhar parcialmente em colaboração com W. D. Hamilton, cujo nome já surgiu em tantas páginas deste livro) levou a ideia do altruísmo recíproco em direções novas e empolgantes. Foi Axelrod quem cunhou o significado técnico da palavra “bonzinho” a que aludi no parágrafo inicial.

Axelrod, como muitos cientistas políticos, economistas, matemáticos e psicólogos, ficou fascinado por um jogo de apostas simples chamado Dilema do Prisioneiro. É tão simples que já vi homens inteligentes compreendê-lo mal, pensando que teria de haver mais do que aquilo! Mas a sua simplicidade é enganadora. Há prateleiras inteiras de bibliotecas dedicadas às ramificações deste jogo sedutor. Muitas pessoas influentes acreditam que ele encerra a chave para o planeamento estratégico da defesa, e que o deveríamos estudar para evitar uma terceira guerra mundial. Como biólogo, concordo com Axelrod e Hamilton que muitos animais e plantas selvagens estão envolvidos em jogos incessantes do Dilema do Prisioneiro, jogados ao longo do tempo evolutivo.

Na sua versão original, humana, eis como se joga o jogo. Existe um “banqueiro”, que faz de árbitro e paga os ganhos aos dois jogadores. Suponhamos que eu estou a jogar consigo (embora, como veremos, “contra” é precisamente o que não temos de estar). Há apenas duas cartas em cada uma das nossas mãos, rotuladas COOPERAR e DEFECTAR. Para jogar, cada um de nós escolhe uma das cartas e coloca-a virada para baixo na mesa. Virada para baixo, para que nenhum de nós possa ser influenciado pela jogada do outro: na prática, jogamos em simultâneo. Agora aguardamos em suspense que o banqueiro vire as cartas. O suspense deve-se ao facto de os nossos ganhos dependerem não apenas da carta que jogámos (que cada um sabe), mas também da carta do outro jogador (que só se revela quando o banqueiro a expõe).

Como há 2×2 cartas, existem quatro resultados possíveis. Para cada resultado, os nossos ganhos são os seguintes (expressos em dólares, em deferência às origens norte-americanas do jogo):

Resultado I: Ambos jogámos COOPERAR. O banqueiro paga a cada um de nós 300 dólares. Esta quantia respeitável é chamada de recompensa pela cooperação mútua.

Resultado II: Ambos jogámos DEFECTAR. O banqueiro multa cada um de nós em 10 dólares. Isto é chamado de punição pela defecção mútua.

Resultado III: Você jogou COOPERAR; eu joguei DEFECTAR. O banqueiro paga-me 500 dólares (a tentação de defraudar) e multa-o em 100 dólares (o pagamento do totó).

Resultado IV: Você jogou DEFECTAR; eu joguei COOPERAR. O banqueiro paga-lhe a tentação de 500 dólares e multa-me, o totó, em 100 dólares.

Os Resultados III e IV são obviamente imagens espelhadas: um jogador sai-se muito bem e o outro muito mal. Nos Resultados I e II, ambos nos saímos igualmente, mas o I é melhor para ambos do que o II. As quantias exatas em dinheiro não interessam. Nem sequer importa quantas delas são positivas (pagamentos) e quantas, se houver, são negativas (multas). O que importa, para que o jogo se qualifique como um verdadeiro Dilema do Prisioneiro, é a ordem relativa dos ganhos. A tentação de defraudar tem de ser melhor do que a recompensa pela cooperação mútua, que tem de ser melhor do que a punição pela defecção mútua, que, por sua vez, tem de ser melhor do que o pagamento do totó. (Rigorosamente falando, há uma condição adicional para que o jogo seja um verdadeiro Dilema do Prisioneiro: a média entre os ganhos da tentação e do totó não deve exceder a recompensa. A razão desta condição adicional tornar-se-á clara mais adiante.) Os quatro resultados são resumidos na matriz de ganhos na Figura A.

		O Que Você Faz	
		Cooperar	Defectar
O Que Eu Faço	Cooperar	Razoavelmente bom RECOMPENSA (por cooperação mútua) e.g., 300 dólares	Muito mau RECOMPENSA DO TOTÓ e.g., multa de 100 dólares
	Defectar	Muito bom TENTAÇÃO (por defecção) e.g., 500 dólares	Razoavelmente mau PUNIÇÃO (por defecção mútua) e.g., multa de 10 dólares

Figura A. Ganhos para mim consoante os diferentes resultados do jogo do Dilema do Prisioneiro

Por que é então que se trata de um "dilema"? Para perceber isso, observe a matriz de recompensas e imagine os pensamentos que me poderiam passar pela cabeça ao jogar contra si. Sei que só tem duas cartas que pode jogar: COOPERAR e DEFECTAR. Vamos considerá-las por ordem. Se jogou DEFECTAR (isto significa que temos de olhar para a coluna da direita), a melhor carta que eu poderia ter jogado também seria DEFECTAR. É certo que sofreria a penalização pela defecção mútua, mas, se tivesse cooperado, teria obtido o pagamento do "totó", o que é ainda pior. Agora vejamos a outra coisa que poderia ter feito (olhemos para a coluna da esquerda): jogar a carta COOPERAR. Mais uma vez, DEFECTAR teria sido a melhor jogada da minha parte. Se tivesse cooperado, ambos teríamos obtido a pontuação bastante elevada de 300 dólares. Mas, se eu tivesse defectado, teria recebido ainda mais — 500 dólares. A conclusão é que, independentemente da carta que jogue, a minha melhor jogada é *Sempre Defectar*.

Assim, concludo, por lógica irrepreensível, que, independentemente do que você faça, eu devo defectar. E você, com lógica igualmente irrepreensível, chegará à mesma conclusão. Assim, quando dois jogadores racionais se encontram, ambos defectam, e ambos acabam por receber uma multa ou uma recompensa baixa. No entanto, ambos sabem perfeitamente que, se tivessem jogado COOPERAR, teriam obtido a recompensa relativamente elevada da cooperação mútua (300 dólares, no nosso exemplo). É por isso que o jogo é chamado de dilema, por isso parece tão irritantemente paradoxal, e por isso até já foi proposto que deveria haver uma lei contra ele.

O termo “Prisioneiro” vem de um exemplo imaginário específico. A moeda, neste caso, não é o dinheiro, mas as penas de prisão. Dois homens — chamemos-lhes Peterson e Moriarty — estão na cadeia, suspeitos de terem colaborado num crime. Cada prisioneiro, na sua cela separada, é convidado a trair o colega (DEFECTAR), prestando depoimento contra ele. O que acontece depende do que ambos os prisioneiros fazem, e nenhum sabe o que o outro decidiu fazer. Se Peterson atirar toda a culpa para Moriarty, e Moriarty tornar a história plausível permanecendo em silêncio (cooperando com o seu antigo e, como se vem a revelar, traiçoeiro amigo), Moriarty apanha uma pesada pena de prisão, enquanto Peterson se livra sem qualquer castigo, por ter cedido à tentação de defectar. Se cada um trair o outro, ambos são condenados pelo crime, mas recebem algum crédito por colaborarem com as autoridades e acabam por ter uma pena algo reduzida, embora ainda severa — a punição pela defecção mútua. Se ambos cooperarem (um com o outro, não com as autoridades), recusando-se a falar, não há

provas suficientes para condenar nenhum deles pelo crime principal, e recebem uma pena reduzida por um delito menor — a recompensa pela cooperação mútua. Embora possa parecer estranho chamar “recompensa” a uma pena de prisão, é assim que os homens a veriam, se a alternativa fosse uma temporada mais longa atrás das grades. Repare que, embora os “pagamentos” não sejam em dólares, mas em penas de prisão, as características essenciais do jogo mantêm-se (olhe para a hierarquia de desejabilidade dos quatro desfechos). Se se colocar no lugar de cada prisioneiro, assumindo que ambos são motivados pelo interesse próprio racional e lembrando que não podem comunicar para fazer um pacto, verá que nenhum deles tem escolha a não ser trair o outro, condenando assim ambos a penas pesadas.

Haverá alguma saída para o dilema? Ambos os jogadores sabem que, independentemente do que o adversário faça, não podem obter um resultado melhor do que DEFECTAR; e, no entanto, ambos também sabem que, se ambos cooperassem, cada um teria um desfecho mais vantajoso. Se ao menos... se ao menos... se ao menos houvesse uma forma de chegar a um acordo, uma forma de assegurar a cada jogador que o outro pode ser digno de confiança e não cederá à tentação do prémio egoísta, uma forma de fiscalizar o acordo...

No jogo simples do Dilema do Prisioneiro, não há forma de garantir confiança. A menos que pelo menos um dos jogadores seja um verdadeiro santo totó, demasiado bom para este mundo, o jogo está condenado a terminar em defecção mútua, com o seu resultado paradoxalmente pobre para ambos os jogadores. Mas

existe uma outra versão do jogo. Chama-se “Dilema do Prisioneiro Iterado” ou “Repetido”. O jogo iterado é mais complexo, e é nessa complexidade que reside a esperança.

O jogo iterado é simplesmente o jogo comum repetido um número indefinido de vezes com os mesmos jogadores. Mais uma vez, você e eu defrontamo-nos, com um banqueiro sentado entre nós. Mais uma vez, cada um de nós tem na mão apenas duas cartas, rotuladas COOPERAR e DEFECTAR. Mais uma vez, jogamos cada uma dessas cartas, e o banqueiro paga ou impõe multas, de acordo com as regras dadas na página 258. Mas agora, em vez de o jogo terminar aí, voltamos a pegar nas cartas e preparamo-nos para mais uma ronda. As rondas sucessivas do jogo dão-nos a oportunidade de construir confiança ou desconfiança, de retribuir ou apaziguar, perdoar ou vingar. Num jogo de duração indefinida, o ponto importante é que ambos podemos ganhar à custa do banqueiro, em vez de à custa um do outro.

Após dez rondas do jogo, eu poderia teoricamente ter ganho até 5.000 dólares, mas apenas se você fosse extraordinariamente ingénuo (ou santo) e jogasse COOPERAR em todas as rondas, apesar de eu ter jogado DEFECTAR de forma consistente. Mais realisticamente, é fácil para ambos arrecadarmos 3.000 dólares do banqueiro se jogarmos COOPERAR em todas as dez rondas do jogo. Para isso, não precisamos de ser particularmente santos, porque podemos ver, pelas jogadas anteriores do outro, que o outro é digno de confiança. Podemos, de facto, fiscalizar o comportamento um do outro. Outra coisa bastante provável é que nenhum de nós confie no outro: ambos jogamos DEFECTAR nas dez rondas do jogo, e o

banqueiro arrecada 100 dólares em multas de cada um de nós. O mais provável de tudo é que confiemos parcialmente um no outro, e que cada um jogue uma sequência mista de COOPERAR e DEFECTAR, acabando com uma quantia intermédia de dinheiro.

As aves do Capítulo 10, que removiam carraças das penas umas das outras, estavam a jogar um jogo de Dilema do Prisioneiro Iterado. Como assim? É importante, recorde-se, que uma ave remova as suas próprias carraças, mas ela não consegue alcançar o topo da sua própria cabeça e precisa de um companheiro para o fazer. Pareceria justo que ela retribuísse o favor mais tarde. Mas este serviço custa à ave tempo e energia, ainda que não muito. Se uma ave conseguir enganar — beneficiando da remoção das suas próprias carraças e depois recusando-se a retribuir —, ela ganha todos os benefícios sem pagar os custos. Ordene os desfechos, e verá que temos, de facto, um verdadeiro jogo de Dilema do Prisioneiro. Ambas cooperarem (a removerem as carraças uma da outra) é bastante bom, mas existe sempre a tentação de conseguir ainda melhor recusando-se a pagar os custos da reciprocidade. Ambas defectarem (recusarem-se a remover as carraças) é bastante mau, mas não tão mau como investir esforço a remover as carraças de outra e ainda assim ficar infestado. A matriz de pagamentos encontra-se na Figura B.

		O Que Você Faz	
		Cooperar	Defectar
O Que Eu Faço	Cooperar	Razoavelmente bom RECOMPENSA Eu removo as minhas carraças, embora também pague o custo da remoção das suas.	Muito mau RECOMPENSA DO TOTÓ Eu fico com as minhas carraças, enquanto pago também o custo da remoção das suas.
	Defectar	Muito bom TENTAÇÃO Eu removo as minhas carraças e não pago o custo da remoção das suas.	Razoavelmente mau PUNIÇÃO Guardo as minhas carraças com o pequeno consolo de não retirar as suas.

Figura B. O jogo das aves na remoção de carraças: recompensas para mim consoante os diferentes desfechos

Mas este é apenas um exemplo. Quanto mais pensar no assunto, mais se apercebe de que a vida está repleta de jogos de Dilema do Prisioneiro Iterado — não apenas a vida humana, mas também a vida animal e vegetal. Vida vegetal? Sim, por que não? Lembre-se de que não estamos a falar de estratégias conscientes (embora por vezes também estejamos), mas de estratégias no sentido “Maynard Smithiano”, estratégias do tipo que os genes podem pré-programar. Mais adiante, iremos encontrar plantas, vários animais e até bactérias, todos a jogar o jogo do Dilema do Prisioneiro Iterado. Entretanto, vamos explorar mais profundamente o que há de tão importante na iteração.

Ao contrário do jogo simples, que é bastante previsível, em que DEFECTAR é a única estratégia racional, a versão iterada oferece um amplo leque de possibilidades estratégicas. No jogo simples, existem apenas duas estratégias possíveis: COOPERAR sempre ou DEFECTAR sempre. A iteração, no entanto, permite inúmeras

estratégias concebíveis, e não é de todo evidente qual é a melhor. A seguinte, por exemplo, é apenas uma entre milhares: “cooperar na maioria das rondas, mas em 10 por cento das jogadas, de forma aleatória, lançar um ato de defecção”. Ou então, as estratégias podem ser condicionadas pelo historial do jogo. O meu “ressentido” é um exemplo disso: tem boa memória para rostos e, embora fundamentalmente cooperativo, defecta se o outro jogador alguma vez tiver defectado no passado. Outras estratégias podem ser mais tolerantes e ter memórias mais curtas.

É evidente que as estratégias disponíveis no jogo iterado são limitadas apenas pela nossa criatividade. Conseguiremos descobrir qual é a melhor? Foi esta a tarefa que Axelrod se propôs. Teve a ideia divertida de organizar uma competição e anunciou que procurava especialistas em Teoria dos Jogos para submeterem estratégias. Estratégias, neste contexto, são regras pré-programadas de ação, por isso era apropriado que os concorrentes enviassem as suas propostas em linguagem de programação. Foram submetidas catorze estratégias. Para completar, Axelrod adicionou uma décima quinta, chamada *Aleatória*, que jogava COOPERAR e DEFECTAR de forma puramente aleatória, servindo como uma espécie de linha de base — uma “não-estratégia”: se uma estratégia não consegue superar a Aleatória, então é francamente má.

Axelrod traduziu as 15 estratégias para uma linguagem de programação comum e colocou-as todas num grande computador. Cada estratégia foi emparelhada, por sua vez, com todas as outras (incluindo uma cópia de si mesma) para jogar o Dilema do

Prisioneiro Iterado. Como havia 15 estratégias, foram realizados 15×15 , ou seja, 225 jogos distintos no computador. Quando cada par completava 200 jogadas do jogo, os ganhos eram totalizados e era declarado um vencedor.

Não nos interessa qual a estratégia que venceu contra um oponente específico. O que importa é qual a estratégia que acumulou mais “dinheiro”, somando todos os seus 15 confrontos. “Dinheiro” significa simplesmente “pontos”, atribuídos segundo o seguinte esquema:

- Cooperação mútua: 3 pontos
- Tentação de defectar (defectar enquanto o outro coopera): 5 pontos
- Punição por defecção mútua: 1 ponto (equivalente a uma pequena multa, no nosso exemplo anterior)
- Pagamento do “totó”: 0 pontos (equivalente a uma multa pesada, no jogo anterior).

		O Que Você Faz	
		Cooperar	Defectar
O Que Eu Faço	Cooperar	Razoavelmente bom RECOMPENSA for cooperação mútua 3 pontos	Muito mau RECOMPENSA DO TOTÓ 0 pontos
	Defectar	Muito bom TENTAÇÃO por defectar 5 pontos	Razoavelmente mau PUNIÇÃO por defecção mútua 1 ponto

Figura C. Torneio informático de Axelrod: recompensas para mim consoante os diferentes desfechos

A pontuação máxima possível que qualquer estratégia poderia alcançar era de 15 000 (200 rondas a 5 pontos por ronda, para cada um dos 15 adversários). A pontuação mínima possível era 0. Escusado será dizer que nenhum destes dois extremos foi alcançado. O máximo que uma estratégia pode realisticamente esperar ganhar, em média, numa das suas 15 partidas, não pode ser muito superior a 600 pontos. Este é o valor que dois jogadores receberiam se cooperassem de forma consistente, obtendo 3 pontos por cada uma das 200 rondas do jogo. Se um deles cedesse à tentação de trair, acabaria muito provavelmente com menos de 600 pontos, devido à retaliação do outro jogador (a maioria das estratégias submetidas tinha algum tipo de comportamento retaliatório incorporado). Podemos usar 600 como uma espécie de referência para um jogo, e expressar todas as pontuações como uma percentagem dessa referência. Nesta escala, é teoricamente possível atingir até 166 por cento (1 000 pontos), mas, na prática, nenhuma estratégia ultrapassou a média de 600 pontos.

Importa lembrar que os “jogadores” do torneio não eram humanos, mas programas informáticos, estratégias pré-programadas. Os seus autores humanos desempenhavam o mesmo papel que os genes ao programar corpos (recorde o xadrez computadorizado do Capítulo 4 e o computador de Andrómeda). Podemos considerar as estratégias como “representantes” miniaturizados dos seus autores. Na verdade, um mesmo autor podia ter submetido mais do que uma estratégia (embora fosse considerado batota — e Axelrod presumivelmente não o teria permitido — se um autor “enviasse em massa” estratégias, uma das quais beneficiaria da cooperação sacrificial das outras).

Foram submetidas estratégias engenhosas, embora fossem, naturalmente, muito menos engenhosas do que os seus autores. A estratégia vencedora, surpreendentemente, foi a mais simples e, superficialmente, a menos engenhosa de todas. Chamava-se *Olho por Olho* e foi submetida pelo Professor Anatol Rapoport, psicólogo e teórico de jogos bem conhecido em Toronto. O *Olho por Olho* começa por cooperar na primeira jogada e, a partir daí, limita-se a copiar a jogada anterior do outro jogador.

Como poderá decorrer um jogo envolvendo o *Olho por Olho*? Como sempre, tudo depende do outro jogador. Suponhamos, primeiro, que o outro jogador é também um *Olho por Olho* (recorde que cada estratégia jogava contra cópias de si própria, bem como contra as outras 14). Ambos os *Olho por Olho* começam por cooperar. Na jogada seguinte, cada um copia a jogada anterior do outro, que foi cooperar. Ambos continuam a cooperar até ao fim do

jogo, e ambos terminam com a pontuação de 100 por cento da referência, ou seja, 600 pontos.

Agora imaginemos que o *Olho por Olho* joga contra uma estratégia chamada *Sondador Ingénuo*. Esta não foi efetivamente submetida ao torneio de Axelrod, mas é instrutiva mesmo assim. É basicamente idêntica ao *Olho por Olho*, exceto pelo facto de que, de vez em quando, digamos uma em cada dez jogadas de forma aleatória, introduz uma traição gratuita para reclamar a pontuação elevada da tentação. Até ao momento em que o *Sondador Ingénuo* tenta uma dessas traições, os jogadores comportam-se como dois *Olho por Olho*. Parece estar em curso uma longa e mutuamente proveitosa sequência de cooperação, com uma confortável pontuação de 100 por cento da referência para ambos. Mas, de repente, sem aviso, digamos na oitava jogada, o *Sondador Ingénuo* trai. O *Olho por Olho*, claro, jogou cooperar nesta ronda, pelo que recebe a recompensa do ingénuo, ou seja, 0 pontos. O *Sondador Ingénuo* parece ter feito um bom negócio, já que obteve 5 pontos nesta jogada. Mas, na jogada seguinte, o *Olho por Olho* “retalia”. Joga trair, seguindo simplesmente a sua regra de imitar a jogada anterior do adversário. Entretanto, o *Sondador Ingénuo*, seguindo cegamente a sua própria regra de cópia, imita a jogada anterior do adversário — cooperar. Assim, agora é o *Sondador Ingénuo* quem recebe 0 pontos, enquanto o *Olho por Olho* arrecada os 5. Na jogada seguinte, o *Sondador Ingénuo* — um tanto injustamente, poder-se-ia pensar — “retalia” contra a traição do *Olho por Olho*. E assim a alternância continua. Durante estas séries alternadas, ambos os jogadores recebem, em média, 2,5 pontos por jogada (a média entre 5 e 0). Isto é inferior aos 3 pontos por jogada que ambos

podem acumular numa série de cooperação mútua (e, já agora, esta é a razão da “condição adicional” deixada sem explicação na página 259). Assim, quando o *Sondador Ingénuo* joga contra o *Olho por Olho*, ambos saem-se pior do que quando o *Olho por Olho* joga contra outro *Olho por Olho*. E quando o *Sondador Ingénuo* joga contra outro *Sondador Ingénuo*, ambos tendem, se possível, a sair-se ainda pior, pois as séries de traições recíprocas tendem a começar mais cedo.

Vejamos agora outra estratégia, chamada *Sondador Arrependido*. É semelhante ao *Sondador Ingénuo*, exceto pelo facto de que toma medidas ativas para pôr fim às séries de recriminações alternadas. Para isso, precisa de uma “memória” um pouco mais longa do que a do *Olho por Olho* ou do *Sondador Ingénuo*. O *Sondador Arrependido* recorda se acabou de trair espontaneamente e se a consequência foi uma retaliação imediata. Se sim, concede “arrependidamente” ao adversário uma “jogada gratuita” sem retaliar. Isto permite interromper de imediato as séries de recriminações mútuas. Se agora simular mentalmente um jogo entre o *Sondador Arrependido* e o *Olho por Olho*, verá que as tentativas de retaliação mútua são rapidamente neutralizadas. A maior parte do jogo decorre em cooperação mútua, com ambos os jogadores a usufruírem de uma pontuação generosa. O *Sondador Arrependido* sai-se melhor contra o *Olho por Olho* do que o *Sondador Ingénuo*, embora não tão bem como o próprio *Olho por Olho* quando joga contra si mesmo.

Algumas das estratégias submetidas ao torneio de Axelrod eram muito mais sofisticadas do que o *Sondador Arrependido* ou o

Sondador Ingénuo, mas mesmo assim terminaram com menos pontos, em média, do que o simples *Olho por Olho*. Na verdade, a menos bem-sucedida de todas as estratégias (à exceção da Aleatória) foi a mais elaborada. Foi submetida por “Nome ocultado” — um convite à especulação divertida: uma eminência parda do Pentágono? O chefe da CIA? Henry Kissinger? O próprio Axelrod? Suponho que nunca saberemos.

Não é assim tão interessante examinar os detalhes das estratégias submetidas. Este não é um livro sobre a engenhosidade dos programadores informáticos. É mais interessante classificar as estratégias segundo determinadas categorias, e examinar o sucesso dessas divisões mais amplas. A categoria mais importante que Axelrod reconhece é a de “simpática” (ou “afável”). Uma estratégia simpática é definida como sendo aquela que nunca inicia a traição. O *Olho por Olho* é um exemplo. É capaz de trair, mas fá-lo apenas em retaliação. Tanto o *Sondador Ingénuo* como o *Sondador Arrependido* são estratégias antipáticas porque, mesmo que raramente, traem sem provocação. Das 15 estratégias submetidas ao torneio, 8 eram simpáticas. Significativamente, as 8 estratégias com melhor pontuação foram precisamente essas 8 simpáticas, ficando as 7 antipáticas bem atrás. O *Olho por Olho* obteve uma média de 504,5 pontos: 84 por cento da nossa referência de 600 — uma boa pontuação. As outras estratégias simpáticas ficaram apenas ligeiramente abaixo, com pontuações entre 83,4 por cento e 78,6 por cento. Existe um grande fosso entre estas pontuações e os 66,8 por cento obtidos por Graaskamp, a mais bem-sucedida de todas as estratégias antipáticas. Parece bastante convincente que os bonzinhos se saem bem neste jogo.

Outro dos termos técnicos de Axelrod é “perdoadora”. Uma estratégia perdoadora é aquela que, embora possa retaliar, tem uma memória curta. É rápida a esquecer ofensas passadas. O *Olho por Olho* é uma estratégia perdoadora. Dá um “ralhete” imediato a quem trai, mas depois deixa o passado passar. O rancoroso do Capítulo 10 é totalmente implacável. A sua memória dura o jogo inteiro. Nunca esquece uma traição, mesmo que tenha ocorrido apenas uma vez. Uma estratégia formalmente idêntica ao Rancoroso foi submetida ao torneio de Axelrod com o nome de Friedman, e não se saiu particularmente bem. De todas as estratégias simpáticas (note que é tecnicamente simpática, embora totalmente implacável), a Rancoroso/Friedman foi das piores. A razão para as estratégias implacáveis não se saírem muito bem é que não conseguem pôr fim às séries de recriminações mútuas, mesmo quando o adversário é “arrependido”.

É possível ser ainda mais perdoador do que o *Olho por Olho*. O *Olho por Dois Olhos* permite ao adversário duas traições seguidas antes de retaliar. Pode parecer excessivamente santo e magnânimo. No entanto, Axelrod concluiu que, se alguém tivesse submetido o *Olho por Dois Olhos*, teria vencido o torneio. Isto porque é particularmente eficaz a evitar ciclos de recriminação mútua.

Assim, identificámos duas características das estratégias vencedoras: simpatia e capacidade de perdoar. Esta conclusão, quase utópica — de que ser simpático e perdoador compensa —, apanhou de surpresa muitos especialistas, que tentaram ser demasiado manhosos ao submeter estratégias subtilmente

antipáticas; e mesmo aqueles que apresentaram estratégias simpáticas não ousaram propor nada tão perdoador como o *Olho por Dois Olhos*.

Axelrod anunciou um segundo torneio. Recebeu 62 propostas e acrescentou novamente a *Aleatória*, perfazendo 63 no total. Desta vez, o número exato de jogadas por jogo não foi fixado em 200, tendo ficado em aberto — por uma boa razão que será explicada mais adiante. Ainda assim, podemos expressar as pontuações como uma percentagem da referência ou pontuação do “cooperar sempre”, embora essa referência exija agora um cálculo mais complexo e já não seja fixada nos 600 pontos.

Os programadores do segundo torneio tinham todos recebido os resultados do primeiro, incluindo a análise de Axelrod sobre as razões pelas quais o *Olho por Olho* e outras estratégias bondosas e perdoadoras tinham tido tanto sucesso. Era de esperar que os concorrentes tomassem nota dessas informações prévias, de uma forma ou de outra. Na verdade, dividiram-se em duas escolas de pensamento. Alguns raciocinaram que a bondade e a capacidade de perdoar eram, evidentemente, qualidades vencedoras, e, por conseguinte, apresentaram estratégias bondosas e perdoadoras. John Maynard Smith chegou ao ponto de submeter o superperdoador *Olho por Dois Olhos*. A outra escola de pensamento assumiu que muitos dos seus colegas, tendo lido a análise de Axelrod, agora apresentariam estratégias bondosas e perdoadoras. Assim, submeteram estratégias maldosas, tentando explorar esses presumíveis ingênuos!

Mas, mais uma vez, a malícia não compensou. Mais uma vez, o *Olho por Olho*, submetido por Anatol Rapoport, foi o vencedor, e obteve uns impressionantes 96 por cento da pontuação de referência. E, novamente, as estratégias bondosas, em geral, superaram as maldosas. Todas menos uma das 15 estratégias melhor classificadas eram bondosas, e todas menos uma das 15 últimas eram maldosas. No entanto, embora o santificado *Olho por Dois Olhos* tivesse vencido o primeiro torneio, caso tivesse sido submetido, não venceu o segundo. Isto deveu-se ao facto de o campo de concorrência incluir agora estratégias maldosas mais subtis, capazes de explorar sem piedade um ingénuo tão extremado.

Isto sublinha um ponto importante sobre estes torneios: o sucesso de uma estratégia depende de quais as outras estratégias que por acaso forem submetidas. Esta é a única forma de explicar a diferença entre o segundo torneio, no qual o *Olho por Dois Olhos* ficou bastante abaixo na classificação, e o primeiro, que teria vencido. Mas, como já referi, este não é um livro sobre a engenhosidade de programadores informáticos. Haverá uma forma objetiva de avaliar qual é, verdadeiramente, a melhor estratégia, num sentido mais geral e menos arbitrário? Os leitores dos capítulos anteriores já estarão preparados para encontrar a resposta na teoria das estratégias evolutivamente estáveis.

Fui uma das pessoas a quem Axelrod enviou os seus primeiros resultados, com um convite para submeter uma estratégia para o segundo torneio. Não o fiz, mas apresentei outra sugestão. Axelrod já começara a pensar em termos de EEE (Estratégia Evolutivamente

Estável), mas senti que essa tendência era tão importante que lhe escrevi sugerindo que entrasse em contato com W. D. Hamilton, que se encontrava então, embora Axelrod não o soubesse, noutro departamento da mesma universidade, a Universidade do Michigan. De facto, ele contactou Hamilton de imediato, e o resultado da sua colaboração subsequente foi um brilhante artigo conjunto publicado na revista *Science* em 1981 — um artigo que recebeu o Prémio Newcomb Cleveland da Associação Americana para o Progresso da Ciência. Para além de discutirem alguns exemplos biológicos deliciosamente extravagantes de Dilemas do Prisioneiro Iterados, Axelrod e Hamilton conferiram, na minha opinião, o justo reconhecimento à abordagem EEE.

Compare-se a abordagem EEE com o sistema de “todos contra todos” que os dois torneios de Axelrod seguiram. Um “todos contra todos” é como um campeonato de futebol. Cada estratégia foi colocada frente a frente com todas as outras estratégias, um número igual de vezes. A pontuação final de uma estratégia era a soma dos pontos obtidos contra todas as outras. Para ter sucesso num torneio deste tipo, uma estratégia tem de ser um bom competidor contra todas as outras que as pessoas tenham por acaso submetido. Axelrod chamou “robusta” a uma estratégia que é eficaz contra uma ampla variedade de outras estratégias. O *Olho por Olho* acabou por revelar-se uma estratégia robusta. Mas o conjunto de estratégias submetidas pelas pessoas é um conjunto arbitrário. Este foi o ponto que nos preocupou anteriormente. Aconteceu que, no torneio original de Axelrod, cerca de metade das estratégias eram “simpáticas”. O *Olho por Olho* venceu neste clima, e *Um Olho por Dois Olhos* teria vencido também, se tivesse sido submetida. Mas

suponhamos que quase todas as estratégias submetidas fossem agressivas. Isto poderia muito bem ter acontecido. Afinal, 6 das 14 estratégias submetidas eram agressivas. Se 13 delas tivessem sido agressivas, o Olho por Olho não teria vencido. O “clima” não lhe teria sido favorável. Tanto o dinheiro ganho como a ordem de sucesso das estratégias dependem das estratégias que tenham sido submetidas — dependem, por outras palavras, de algo tão arbitrário como o capricho humano. Como podemos reduzir essa arbitrariedade? Pensando em termos de EEE.

A característica importante de uma Estratégia Evolutivamente Estável, como recordará de capítulos anteriores, é que continua a ter bom desempenho quando já é numerosa na população de estratégias. Dizer que o *Olho por Olho*, por exemplo, é uma EEE, seria dizer que ele se sai bem num clima dominado por cópias de si mesmo. Isto poderia ser visto como um tipo especial de “robustez”. Como evolucionistas, tendemos a considerá-lo o único tipo de robustez que realmente importa. Porquê? Porque, no mundo darwiniano, os prémios não são pagos em dinheiro; são pagos em descendência. Para um darwinista, uma estratégia bem-sucedida é aquela que se torna numerosa na população. Para que uma estratégia continue a ser bem-sucedida, tem de funcionar bem precisamente quando é numerosa — isto é, num clima dominado por cópias de si mesma.

Na verdade, Axelrod realizou uma terceira ronda do seu torneio como a seleção natural o teria feito, procurando uma EEE. Tecnicamente, ele não lhe chamou “terceira ronda”, pois não solicitou novas estratégias, mas usou as mesmas 63 da segunda

ronda. Considero conveniente tratá-la como a Ronda 3, porque, na minha opinião, difere dos dois torneios “todos contra todos” de forma mais fundamental do que estes diferem entre si.

Axelrod pegou nas 63 estratégias e lançou-as novamente no computador, criando a “geração 1” de uma sucessão evolutiva. Na geração 1, portanto, o “clima” era composto por uma representação igual de todas as 63 estratégias. No final da geração 1, os ganhos de cada estratégia foram pagos não como “dinheiro” ou “pontos”, mas como descendentes idênticos aos seus progenitores (assexuais). À medida que as gerações avançavam, algumas estratégias tornaram-se mais raras e acabaram por se extinguir. Outras tornaram-se mais numerosas. À medida que as proporções mudavam, mudava também o “clima” em que os jogos futuros se desenrolavam.

Eventualmente, ao fim de cerca de 1.000 gerações, deixaram de ocorrer mudanças nas proporções — o clima estabilizou. Antes disso, a sorte das várias estratégias oscilou, tal como na minha simulação computacional dos batoteiros, totós e rancorosos. Algumas estratégias começaram a extinguir-se desde o início, e a maioria estava extinta por volta da geração 200. Das estratégias agressivas, uma ou duas aumentaram inicialmente em frequência, mas a sua prosperidade, tal como a do batoteiro na minha simulação, foi efêmera. A única estratégia agressiva a sobreviver para além da geração 200 foi uma chamada Harrington. A sua popularidade cresceu rapidamente durante cerca das primeiras 150 gerações. Depois disso, declinou de forma gradual, aproximando-se da extinção por volta da geração 1.000. Harrington teve sucesso

temporário pela mesma razão que o meu batoteiro inicial: explorava os mais “moles”, como o *Um Olho por Dois Olhos* (demasiado tolerante), enquanto estes ainda existiam. Depois, à medida que os tolerantes foram extintos, Harrington seguiu o mesmo caminho, já sem presas fáceis. O campo ficou livre para estratégias “simpáticas”, mas reativas, como o *Olho por Olho*.

O *Olho por Olho*, de facto, saiu vencedor em cinco das seis execuções da Ronda 3, tal como acontecera nas Rondas 1 e 2. Outras cinco estratégias simpáticas, mas reativas acabaram por ser quase tão bem-sucedidas (frequentes na população) como o *Olho por Olho* — de facto, uma delas venceu a sexta execução. Quando todas as agressivas foram extintas, deixou de haver forma de distinguir qualquer uma das estratégias simpáticas do *Olho por Olho* ou entre si, pois todas, sendo simpáticas, jogavam sempre cooperar umas com as outras.

Uma consequência dessa indistinguibilidade é que, embora o *Olho por Olho* pareça ser uma EEE, tecnicamente não o é. Para ser uma EEE, recorde, uma estratégia não pode ser invadida, quando é comum, por uma estratégia mutante rara. Ora, é verdade que o *Olho por Olho* não pode ser invadido por nenhuma estratégia agressiva, mas outra estratégia simpática é outro assunto. Como vimos, numa população de estratégias simpáticas, todas se comportam da mesma forma: cooperam sempre entre si. Assim, qualquer outra estratégia simpática, como a totalmente santa *Cooperar Sempre*, embora não obtenha uma vantagem seletiva positiva sobre o *Olho por Olho*, pode mesmo assim infiltrar-se na

população sem ser notada. Por isso, tecnicamente, o *Olho por Olho* não é uma EEE.

Poderá pensar que, já que o mundo permanece igualmente simpático, poderíamos considerar o *Olho por Olho* como uma EEE. Mas, infelizmente, vejamos o que acontece a seguir. Ao contrário do *Olho por Olho*, o *Cooperar Sempre* não é estável contra invasão de estratégias agressivas como o *Defeccionar Sempre*. Esta última obtém sempre a pontuação máxima da “tentação” contra *Cooperar Sempre*. Estratégias agressivas como *Defeccionar Sempre* surgirão para conter o número de estratégias demasiado simpáticas como *Cooperar Sempre*.

Mas, embora o *Olho por Olho* não seja, em rigor, uma verdadeira EEE, é provavelmente justo considerar algum tipo de mistura de estratégias simpáticas, mas retaliatórias, “estilo Olho por Olho”, como aproximadamente equivalente a uma EEE, na prática. Essa mistura pode até incluir um pequeno grau de agressividade. Robert Boyd e Jeffrey Lorberbaum, num dos seguimentos mais interessantes do trabalho de Axelrod, estudaram uma combinação entre o Um Olho por Dois Olhos e uma estratégia chamada *Olho por Olho Desconfiado*. Esta última é tecnicamente agressiva, mas não muito. Comporta-se como o *Olho por Olho* após a primeira jogada, mas — e é isto que a torna tecnicamente agressiva — defecciona logo na primeira jogada. Num clima dominado exclusivamente pelo *Olho por Olho*, o *Olho por Olho Desconfiado* não prospera, pois, a sua defeção inicial desencadeia uma espiral de retaliações mútuas. Quando encontra um jogador de Um Olho por Dois Olhos, porém, a maior tolerância deste põe fim a essa espiral. Ambos terminam com

pelo menos a pontuação de referência (cooperar sempre), sendo que o *Olho por Olho Desconfiado* ainda recebe um bônus pela sua defeção inicial. Boyd e Lorberbaum mostraram que uma população de *Olho por Olho* podia ser invadida, em termos evolutivos, por uma mistura de *Um Olho por Dois Olhos* e *Olho por Olho Desconfiado*, que prosperam em companhia um do outro. É quase certo que esta não é a única combinação capaz de invadir dessa forma. Provavelmente existem muitas outras combinações de estratégias ligeiramente agressivas com simpáticas e muito tolerantes, que juntas conseguem invadir. Alguns poderão ver nisto um espelho de aspetos familiares da vida humana.

Axelrod reconheceu que o *Olho por Olho* não é estritamente uma EEE e, por isso, cunhou a expressão “Estratégia Coletivamente Estável” para o descrever. Tal como acontece com as verdadeiras EEEs, é possível que mais do que uma estratégia seja coletivamente estável ao mesmo tempo. E, de novo, é uma questão de sorte qual delas acaba por dominar uma população. O *Defeccionar Sempre* também é estável, tal como o *Olho por Olho*. Numa população já dominada pelo *Defeccionar Sempre*, nenhuma outra estratégia se sai melhor. Podemos considerar o sistema como bistável, com o *Defeccionar Sempre* como um dos pontos estáveis e o *Olho por Olho* (ou alguma mistura de estratégias simpáticas e retaliatórias) como o outro. O ponto que primeiro dominar a população tende a manter-se dominante.

Mas o que significa, em termos quantitativos, “dominar”? Quantos *Olho por Olho* são necessários para que esta estratégia se saia melhor do que o *Defeccionar Sempre*? Isso depende dos

pagamentos específicos definidos pelo banqueiro neste jogo em particular. O que podemos dizer, em termos gerais, é que existe uma frequência crítica, uma “lâmina de faca”. De um lado da lâmina, a frequência crítica do *Olho por Olho* é ultrapassada e a seleção favorece cada vez mais *Olho por Olho*. Do outro lado, ultrapassa-se a frequência crítica do *Defeccionar Sempre*, e a seleção favorece cada vez mais estes últimos. Encontrámos o equivalente desta lâmina no episódio dos rancorosos e batoteiros no Capítulo 10.

É evidente que importa em que lado da lâmina a população se encontra inicialmente. E precisamos de saber como poderá uma população, ocasionalmente, passar de um lado da lâmina para o outro. Suponhamos que começamos com uma população já situada do lado do *Defeccionar Sempre*. Os poucos indivíduos *Olho por Olho* não se encontram com frequência suficiente para se beneficiarem mutuamente. Assim, a seleção natural empurra ainda mais a população para o extremo do *Defeccionar Sempre*. Se ao menos a população conseguisse, por mero acaso, ultrapassar a lâmina, poderia deslizar para o lado do *Olho por Olho* — e todos ficariam a ganhar à custa do banqueiro (ou da “natureza”). Mas, claro, as populações não têm vontade coletiva, nem intenção ou propósito de grupo. Não podem esforçar-se para saltar a lâmina. Só a atravessarão se as forças não direcionadas da natureza por acaso as conduzirem até lá.

Como poderia isso acontecer? Uma forma de expressar a resposta é dizer que poderia acontecer por “acaso”. Mas “acaso” é apenas uma palavra que exprime ignorância. Significa

“determinado por algum meio ainda desconhecido ou não especificado”. Podemos fazer um pouco melhor do que “acaso”. Podemos tentar pensar em formas práticas pelas quais uma minoria de indivíduos *Olho por Olho* poderia aumentar até atingir a massa crítica. Isto equivale a uma busca por possíveis formas de indivíduos *Olho por Olho* se agruparem em número suficiente para que todos se possam beneficiar às custas do banqueiro.

Esta linha de pensamento parece promissora, mas é algo vaga. Como é que, exatamente, indivíduos semelhantes entre si poderiam acabar agrupados localmente? Na natureza, a forma mais óbvia é através da afinidade genética — parentesco. Animais da maioria das espécies tendem a viver próximos dos seus irmãos, irmãs e primos, em vez de se misturarem com membros aleatórios da população. Isto não acontece necessariamente por escolha. É uma consequência automática da viscosidade da população. Viscosidade significa qualquer tendência dos indivíduos para continuarem a viver perto do local onde nasceram. Por exemplo, durante a maior parte da história e em grande parte do mundo (ainda que não, como acontece no nosso mundo moderno), os seres humanos raramente se afastaram mais do que alguns quilómetros do seu local de nascimento. Como resultado, tendem a formar-se agregados locais de parentes genéticos. Recordo-me de visitar uma ilha remota ao largo da costa oeste da Irlanda e de ter ficado impressionado com o facto de quase toda a gente na ilha ter orelhas em forma de asa de jarro, enormes. Dificilmente se poderia atribuir tal característica ao clima (os ventos marítimos são fortes). Era porque a maioria dos habitantes da ilha eram parentes próximos entre si.

Os parentes genéticos tenderão a assemelhar-se não apenas em traços faciais, mas também numa série de outras características. Por exemplo, tenderão a parecer-se no que diz respeito a predisposições genéticas para jogar — ou não jogar — *Olho por Olho*. Assim, mesmo que o *Olho por Olho* seja raro na população no seu todo, pode ainda assim ser comum localmente. Numa área local, indivíduos *Olho por Olho* podem encontrar-se com frequência suficiente para prosperar através da cooperação mútua, mesmo que os cálculos que considerem apenas a frequência global na população total sugiram que estão abaixo da frequência crítica da “lâmina de faca”.

Se isso acontecer, os indivíduos que jogam *Olho por Olho*, cooperando entre si em pequenos e acolhedores enclaves locais, podem prosperar de tal forma que crescem de pequenos agrupamentos locais para agrupamentos locais maiores. Estes agrupamentos podem tornar-se tão extensos que se espalham para outras áreas — áreas que até então tinham sido dominadas, numericamente, por indivíduos que jogam *Sempre Defeccionar*. Ao pensar nestes enclaves locais, a minha ilha irlandesa é uma analogia enganadora, pois está fisicamente isolada. Pense, em vez disso, numa grande população onde há pouca mobilidade, de modo que os indivíduos tendem a assemelhar-se mais aos seus vizinhos imediatos do que aos vizinhos mais distantes, ainda que haja cruzamento genético contínuo por toda a área.

Voltando à nossa lâmina de faca: o *Olho por Olho* poderia ultrapassá-la. Tudo o que é necessário é um pequeno agrupamento local, do tipo que tende naturalmente a surgir em populações

naturais. O *Olho por Olho* tem um dom inato, mesmo sendo raro, para atravessar a lâmina de faca para o seu próprio lado. É como se houvesse uma passagem secreta por baixo da lâmina. Mas essa passagem secreta contém uma válvula unidirecional: há uma assimetria. Ao contrário do *Olho por Olho*, o *Sempre Defeccionar*, embora seja uma verdadeira EEE (Estratégia Evolutivamente Estável), não pode utilizar o agrupamento local para atravessar a lâmina. Pelo contrário. Agrupamentos locais de indivíduos *Sempre Defeccionar*, longe de prosperarem com a presença uns dos outros, saem-se especialmente mal devido à presença mútua. Em vez de ajudarem silenciosamente uns aos outros à custa do banqueiro, prejudicam-se mutuamente. O *Sempre Defeccionar*, portanto, ao contrário do *Olho por Olho*, não obtém qualquer benefício do parentesco ou da viscosidade da população.

Assim, embora o *Olho por Olho* possa ser apenas duvidosamente uma EEE, possui um tipo de estabilidade de ordem superior. O que poderá isto significar? Afinal, estável é estável. Bem, aqui estamos a adotar uma perspetiva a mais longo prazo. O *Sempre Defeccionar* resiste à invasão durante muito tempo. Mas se esperarmos o suficiente — talvez milhares de anos — o *Olho por Olho* acabará por reunir o número necessário para o fazer ultrapassar a lâmina, e a população inverter-se-á. Mas o inverso não acontecerá. O *Sempre Defeccionar*, como vimos, não pode beneficiar do agrupamento e, por isso, não possui essa estabilidade de ordem superior.

O *Olho por Olho*, como vimos, é “amável”, no sentido de nunca ser o primeiro a trair, e “perdoador”, no sentido de ter uma memória curta para faltas passadas. Agora introduzo mais um dos termos

técnicos sugestivos de Axelrod. O *Olho por Olho* também “não é invejoso”. Ser invejoso, na terminologia de Axelrod, significa esforçar-se por ganhar mais dinheiro do que o outro jogador, em vez de procurar uma quantidade absolutamente grande do dinheiro do banqueiro. Ser não invejoso significa ficar perfeitamente satisfeito se o outro jogador ganhar tanto dinheiro quanto você, desde que ambos, assim, ganhem mais ao banqueiro. O *Olho por Olho* nunca “ganha” propriamente um jogo. Pense bem nisso e verá que não pode obter uma pontuação superior à do seu “oponente” em nenhum jogo em particular, porque nunca trai a menos que seja em retaliação. O máximo que consegue é empatar com o oponente. Mas tende a alcançar cada empate com uma pontuação alta, partilhada. Quando falamos de *Olho por Olho* e de outras estratégias amáveis, a própria palavra “oponente” torna-se inadequada. Infelizmente, no entanto, quando os psicólogos organizam jogos de Dilema do Prisioneiro Iterado entre humanos reais, quase todos os jogadores sucumbem à inveja e, por conseguinte, têm um desempenho relativamente fraco em termos de dinheiro. Parece que muitas pessoas, talvez sem sequer pensarem nisso, preferem prejudicar o outro jogador a cooperar com ele para prejudicar o banqueiro. O trabalho de Axelrod demonstrou o erro que isso representa.

Mas trata-se de um erro apenas em certos tipos de jogos. Os teóricos dos jogos dividem-nos em “jogos de soma nula” e “jogos de soma não nula”. Um jogo de soma nula é aquele em que o ganho de um jogador representa a perda do outro. O xadrez é um jogo de soma nula, pois o objetivo de cada jogador é vencer, o que significa fazer o outro perder. O Dilema do Prisioneiro, porém, é um jogo de

soma não nula. Existe um banqueiro que distribui dinheiro, e é possível que os dois jogadores deem as mãos e riem a caminho do banco.

Esta conversa sobre rir a caminho do banco lembra-me uma frase deliciosa de Shakespeare:

A primeira coisa que devemos fazer é matar todos os advogados.

2 Henry VI

Naquilo a que se chamam “litígios” civis há muitas vezes um grande potencial de cooperação. O que parece ser um confronto de soma nula pode, com um pouco de boa vontade, transformar-se num jogo de soma não nula mutuamente benéfico. Consideremos o divórcio. Um bom casamento é obviamente um jogo de soma não nula, repleto de cooperação mútua. Mas mesmo quando este fracassa, há todo o tipo de razões pelas quais um casal pode beneficiar continuando a cooperar e tratando também o divórcio como um jogo de soma não nula. Como se o bem-estar das crianças não fosse razão suficiente, os honorários de dois advogados causam uma moessa significativa nas finanças da família. Portanto, obviamente, um casal sensato e civilizado começa por ir, em conjunto, consultar um único advogado, certo?

Bem, na realidade, não. Pelo menos em Inglaterra e, até há pouco tempo, nos cinquenta estados dos EUA, a lei — ou mais precisamente, e significativamente, o código deontológico da própria classe dos advogados — não o permite. Os advogados só

podem aceitar como cliente um dos membros do casal. A outra pessoa é afastada, e ou fica sem qualquer aconselhamento jurídico, ou é forçada a contratar outro advogado. E é aí que a “diversão” começa. Em escritórios separados, mas com uma só voz, os dois advogados começam de imediato a referir-se a “nós” e “eles”. “Nós”, compreende-se, já não significa eu e a minha mulher; significa eu e o meu advogado contra ela e o dela. Quando o caso vai a tribunal, é formalmente designado como “Smith contra Smith”! Parte-se do princípio de que se trata de um litígio, quer o casal se sinta ou não em confronto, quer tenha ou não acordado explicitamente em manter um espírito sensato e amigável. E quem beneficia de tratar o assunto como uma luta “eu ganho, tu perdes”? Muito provavelmente, apenas os advogados.

O casal indefeso foi arrastado para um jogo de soma nula. Para os advogados, no entanto, o caso Smith v. Smith é um belo e gordo jogo de soma não nula, com os Smiths a fornecerem os lucros e os dois profissionais a esvaziarem a conta conjunta dos clientes numa cooperação elaboradamente codificada. Uma das formas de cooperarem é fazerem propostas que ambos sabem que o outro lado não aceitará. Isso gera uma contraproposta que, de novo, ambos sabem ser inaceitável. E assim sucessivamente. Cada carta, cada chamada telefónica trocada entre os “adversários” cooperantes acrescenta mais uma maquia à conta. Com sorte, este processo pode arrastar-se durante meses, ou até anos, com os custos a crescer em paralelo. Os advogados não se reúnem para planear tudo isto. Pelo contrário, é ironicamente a sua separação escrupulosa que constitui o principal instrumento da sua cooperação, à custa dos clientes. Os advogados podem nem sequer

ter consciência do que estão a fazer. Tal como os morcegos-vampiros que iremos conhecer em breve, estão apenas a seguir regras bem ritualizadas. O sistema funciona sem qualquer supervisão ou organização consciente. Está todo orientado para nos forçar a jogar jogos de soma nula. Soma nula para os clientes, mas muito claramente de soma não nula para os advogados.

O que fazer? A opção de Shakespeare é... desarrumada. Seria mais limpo alterar a lei. Mas a maioria dos parlamentares provém da classe jurídica e possui uma mentalidade de soma nula. É difícil imaginar um ambiente mais adversarial do que a Câmara dos Comuns britânica. (Os tribunais, pelo menos, mantêm as decências do debate. E bem precisam, já que "o meu ilustre colega e eu" estamos a cooperar muito bem até ao banco.) Talvez os legisladores bem-intencionados e, de facto, os próprios advogados arrependidos, devam aprender um pouco de teoria dos jogos. É justo acrescentar que alguns advogados assumem precisamente o papel contrário, persuadindo clientes ansiosos por uma batalha de soma nula de que fariam melhor em alcançar um acordo de soma não nula fora do tribunal.

E quanto aos outros jogos da vida humana? Quais são de soma nula e quais de soma não nula? E — por que não é a mesma coisa — que aspetos da vida percebemos como sendo de soma nula ou de soma não nula? Que aspetos da vida humana alimentam a "inveja" e quais fomentam a cooperação contra um "banqueiro"? Pense, por exemplo, nas negociações salariais e nos "diferenciais". Quando negociamos aumentos, somos movidos pela "inveja" ou cooperamos para maximizar o nosso rendimento real? Assumimos,

na vida real tal como nas experiências psicológicas, que estamos a jogar um jogo de soma nula quando na verdade não o é? Limite-me a colocar estas questões difíceis. Respondê-las ultrapassaria o âmbito deste livro.

O futebol é um jogo de soma nula. Pelo menos, normalmente é. Ocasionalmente, pode tornar-se um jogo de soma não nula. Isso aconteceu em 1977, na Liga Inglesa de Futebol (o Association Football ou "Soccer"; os outros desportos designados por "futebol" — Rugby, Australiano, Americano, Irlandês, etc. — também são normalmente de soma nula). As equipas da Liga de Futebol estão divididas em quatro divisões. Os clubes jogam contra outros clubes da mesma divisão, acumulando pontos por cada vitória ou empate ao longo da época. Estar na Primeira Divisão é prestigiado, e também lucrativo para o clube, pois garante grandes assistências. No final de cada época, os três últimos clubes da Primeira Divisão são despromovidos para a Segunda Divisão na época seguinte. A despromoção é vista como uma espécie de desgraça, algo a evitar a todo o custo.

A 18 de Maio de 1977, jogava-se o último dia dessa época desportiva. Duas das três despromoções da Primeira Divisão já estavam decididas, mas a terceira ainda estava em aberto. Esta seria decidida entre três equipas: Sunderland, Bristol e Coventry. Estas três equipas, portanto, tinham tudo em jogo naquele sábado. O Sunderland jogava contra uma quarta equipa (cuja permanência na Primeira Divisão não estava em causa). Bristol e Coventry, por acaso, jogavam uma contra a outra. Sabia-se que, se o Sunderland perdesse, então o Bristol e o Coventry apenas precisariam de

empatar entre si para permanecerem na Primeira Divisão. Mas se o Sunderland vencesse, a equipa despromovida seria ou o Bristol ou o Coventry, consoante o desfecho do jogo entre ambos. Os dois jogos cruciais estavam, teoricamente, a decorrer em simultâneo. Na prática, porém, o jogo entre o Bristol e o Coventry estava com cinco minutos de atraso. E foi esse pequeno detalhe que determinou toda esta história.

Durante a maior parte do jogo entre o Bristol e o Coventry, o jogo foi, segundo uma reportagem da época, “rápido e muitas vezes furioso”, uma batalha empolgante (para quem aprecia esse tipo de coisa). Alguns golos brilhantes de ambas as equipas faziam com que, ao minuto 80, o marcador registasse 2-2. Depois, a dois minutos do fim, chegou a notícia de que o Sunderland tinha perdido. De imediato, o treinador do Coventry mandou colocar a informação no painel eletrónico gigante no estádio. Aparentemente, todos os 22 jogadores sabiam ler, e todos perceberam que já não valia a pena esforçarem-se. Um empate era tudo o que ambas as equipas precisavam para evitar a despromoção. De facto, tentar marcar golos era agora uma política negativamente sensata, pois, ao deslocar jogadores da defesa, aumentava o risco de sofrer um golo — e de ser despromovido. Ambas as equipas passaram a ter como único objetivo garantir o empate. Segundo a mesma reportagem: “Apoiantes que segundos antes eram ferozes rivais quando Don Gillies marcou o golo do empate para o Bristol, aos 80 minutos, uniram-se subitamente numa celebração conjunta. O árbitro Ron Challis assistia, impotente, enquanto os jogadores empurravam a bola de um lado para o outro com pouca ou nenhuma oposição ao homem que a detinha.” O que antes era um jogo de soma nula

tornara-se, de repente, devido a uma informação externa, num jogo de soma não nula. Nos termos da nossa discussão anterior, era como se um “banqueiro” externo tivesse surgido magicamente, tornando possível que o Bristol e o Coventry beneficiassem do mesmo resultado: um empate.

Desportos de espetadores como o futebol são, normalmente, jogos de soma nula por uma razão simples. É mais emocionante para as multidões ver jogadores a lutar intensamente entre si do que vê-los a conluir-se amigavelmente. Mas a vida real — tanto a vida humana como a vida das plantas e dos animais — não está montada para entreter os espetadores. Muitas situações da vida real são, de facto, equivalentes a jogos de soma não nula. A Natureza desempenha frequentemente o papel de “banqueiro”, e os indivíduos podem, portanto, beneficiar do sucesso uns dos outros. Não precisam de derrotar os rivais para se beneficiarem a si mesmos. Sem abandonar as leis fundamentais do gene egoísta, podemos ver como a cooperação e a ajuda mútua podem florescer mesmo num mundo basicamente egoísta. Podemos ver como, segundo o sentido que Axelrod dá ao termo, os “amáveis” podem, afinal, acabar em primeiro lugar.

Mas nada disto funciona se o jogo não for iterado. Os jogadores têm de saber (ou “saber”) que o jogo presente não será o último entre eles. Na frase inquietante de Axelrod, a “sombra do futuro” tem de ser longa. Mas quão longa? Não pode ser infinita. Do ponto de vista teórico, não importa quão longo é o jogo; o importante é que nenhum dos jogadores saiba quando o jogo vai terminar. Suponhamos que você e eu jogamos um contra o outro, e que

ambos sabemos que o número de rondas do jogo será exatamente 100. Ora, ambos compreendemos que a centésima ronda, sendo a última, equivale a um jogo único do Dilema do Prisioneiro. Portanto, a única estratégia racional para qualquer um de nós na centésima ronda será DEFECCIONAR (Trair), e cada um pode assumir que o outro chegará à mesma conclusão e estará decidido a trair na última ronda. A última ronda, portanto, pode ser descartada como previsível. Mas agora, a 99.^a ronda torna-se equivalente a um jogo único, e a única escolha racional de cada jogador nessa penúltima ronda será também DEFECCIONAR. A 98.^a ronda cede à mesma lógica, e assim por diante, de forma regressiva. Dois jogadores estritamente racionais, cada um assumindo que o outro é igualmente racional, só podem trair se ambos souberem quantas rondas o jogo terá. Por esta razão, quando os teóricos dos jogos falam do Dilema do Prisioneiro Iterado ou Repetido, assumem sempre que o fim do jogo é imprevisível ou conhecido apenas pelo banqueiro.

Mesmo que o número exato de rondas do jogo não seja conhecido com certeza, na vida real é frequentemente possível fazer uma estimativa estatística sobre quanto tempo mais o jogo é provável que dure. Esta avaliação pode tornar-se uma parte importante da estratégia. Se eu notar que o banqueiro se mexe nervosamente e olha para o relógio, posso bem conjecturar que o jogo está prestes a terminar, e posso, portanto, sentir-me tentado a defeccionar. Se suspeitar que você também reparou no banqueiro a mexer-se, posso recluir que você também esteja a contemplar a defeção. Provavelmente ficarei ansioso por conseguir defeccionar

antes de si. Especialmente se rechar que você esteja a rechar que eu...

A simples distinção do matemático entre o jogo do Dilema do Prisioneiro jogado uma única vez e o jogo Iterado do Dilema do Prisioneiro é demasiado simplista. Cada jogador pode comportar-se como se possuísse uma estimativa continuamente atualizada de quanto tempo o jogo é provável que continue. Quanto mais longa for a sua estimativa, mais ele jogará de acordo com as expectativas do matemático para o verdadeiro jogo iterado: por outras palavras, será mais simpático, mais indulgente, menos invejoso. Quanto mais curta for a sua estimativa quanto ao futuro do jogo, mais se inclinará a jogar de acordo com as expectativas do matemático para o jogo único: será mais desagradável e menos indulgente.

Axelrod apresenta uma ilustração comovente da importância da sombra do futuro através de um fenómeno notável que surgiu durante a Primeira Guerra Mundial, o chamado sistema de "vive e deixa viver". A sua fonte é a investigação do historiador e sociólogo Tony Ashworth. É bastante conhecido que, no Natal de 1914, soldados britânicos e alemães confraternizaram brevemente e beberam juntos na terra de ninguém. Menos conhecido, mas na minha opinião mais interessante, é o facto de que pactos não oficiais e não declarados de não-agressão, um sistema de "vive e deixa viver", floresceram por toda a linha da frente durante pelo menos dois anos, a partir de 1914. Um oficial britânico superior, numa visita às trincheiras, foi citado como estando espantado ao observar soldados alemães a passear dentro do alcance de tiro atrás da sua própria linha. "Os nossos homens pareciam não lhes ligar

nenhuma. Decidi em privado pôr fim a esse tipo de coisa quando assumíssemos a linha; tais comportamentos não deviam ser permitidos. Estas pessoas aparentemente não sabiam que havia uma guerra a decorrer. Ambos os lados pareciam acreditar na política de 'vive e deixa viver'."

A teoria dos jogos e o Dilema do Prisioneiro ainda não tinham sido inventados naquela época, mas, em retrospectiva, podemos ver com bastante clareza o que se estava a passar, e Axelrod fornece uma análise fascinante. Na guerra de trincheiras daqueles tempos, a sombra do futuro para cada pelotão era longa. Ou seja, cada grupo entrincheirado de soldados britânicos podia esperar enfrentar o mesmo grupo entrincheirado de alemães durante muitos meses. Além disso, os soldados comuns nunca sabiam quando, se é que alguma vez, iriam ser transferidos; as ordens do exército são notoriamente arbitrárias, caprichosas e incompreensíveis para quem as recebe. A sombra do futuro era suficientemente longa, e suficientemente indeterminada, para favorecer o desenvolvimento de um tipo de cooperação baseado na estratégia *Olho por Olho*. Desde que, claro, a situação fosse equivalente a um jogo do Dilema do Prisioneiro.

Para qualificar como um verdadeiro Dilema do Prisioneiro, recordemos, os ganhos têm de seguir uma ordem hierárquica específica. Ambos os lados devem ver a cooperação mútua (CC) como preferível à defecção (traição) mútua (DD). Defeccionar enquanto o outro coopera (DC) é ainda melhor, se se conseguir sair impune. Cooperar enquanto o outro defecciona (CD) é o pior de todos. A defecção mútua (DD) é o que o estado-maior desejaria

ver. Querem ver os seus homens, entusiásticos, a abater alemães (ou britânicos) sempre que surge oportunidade.

A cooperação mútua era indesejável do ponto de vista dos generais, porque não os ajudava a vencer a guerra. Mas era altamente desejável do ponto de vista dos soldados de ambos os lados. Eles não queriam ser abatidos. É certo que — e isto satisfaz as outras condições de ganho necessárias para fazer da situação um verdadeiro Dilema do Prisioneiro — provavelmente concordavam com os generais em preferir vencer a guerra do que perdê-la. Mas essa não é a escolha que se apresenta a um soldado individual. O resultado da guerra inteira é improvável que seja materialmente afetado pelo que ele, como indivíduo, fizer. A cooperação mútua com os soldados inimigos específicos que enfrentam na terra de ninguém afeta, isso sim, o seu destino pessoal, e é muitíssimo preferível à defecção mútua, mesmo que ele, por razões patrióticas ou disciplinares, preferisse ligeiramente defeccionar (DC) se conseguisse sair impune. Parece que a situação era um verdadeiro Dilema do Prisioneiro. Algo como *Olho por Olho* podia ser esperado que surgisse, e surgiu.

A estratégia localmente estável em qualquer parte específica das linhas de trincheiras não era necessariamente o próprio *Olho por Olho*. O *Olho por Olho* é um entre uma família de estratégias simpáticas, retaliatórias, mas indulgentes, todas as quais são, senão tecnicamente estáveis, pelo menos difíceis de invadir uma vez estabelecidas. “*Um Olho por Três Olhos*”, por exemplo, surgiu numa área local segundo um relato contemporâneo:

Saímos à noite para a frente das trincheiras... As patrulhas de trabalho alemãs também estão fora, por isso não é considerado de bom-tom disparar. As coisas verdadeiramente perigosas são as granadas de fuzil... Podem matar oito ou nove homens se caírem numa trincheira... Mas nunca usamos as nossas a não ser que os alemães fiquem particularmente barulhentos, pois, segundo o sistema deles de retaliação, por cada uma nossa, três vêm de volta.

É importante, para qualquer membro da família de estratégias tipo *Olho por Olho*, que os jogadores sejam punidos pela defecção. A ameaça de retaliação deve estar sempre presente. Exibições de capacidade retaliatória eram uma característica notável do sistema de “vive e deixa viver”. Atiradores exímios de ambos os lados demonstravam a sua mortífera destreza disparando, não sobre soldados inimigos, mas sobre alvos inanimados próximos dos soldados inimigos — uma técnica também usada em filmes de cowboys (como disparar para apagar velas). Nunca foi satisfatoriamente respondido por que razão as duas primeiras bombas atômicas operacionais foram usadas — contra os desejos veementes dos principais físicos responsáveis pelo seu desenvolvimento — para destruir duas cidades em vez de serem utilizadas no equivalente a apagar velas com tiros espetaculares.

Uma característica importante das estratégias tipo *Olho por Olho* é que são indulgentes. Isto, como vimos, ajuda a atenuar o que de outro modo poderia tornar-se em longas e danosas sequências de recriminações mútuas. A importância de conter a retaliação é dramatizada pelas memórias de um oficial britânico (como se a primeira frase deixasse alguma dúvida):

Estava a tomar chá com a Companhia A quando ouvimos muito barulho e fomos investigar. Encontrámos os nossos homens e os alemães de pé, cada um nos seus respetivos parapeitos. De repente chegou uma salva, mas não causou danos. Naturalmente ambos os lados se abaixaram e os nossos homens começaram a praguejar contra os alemães, quando de repente um alemão corajoso subiu ao seu parapeito e gritou: "Lamentamos muito isso; esperamos que ninguém tenha sido ferido. A culpa não é nossa, é daquela maldita artilharia prussiana."

Axelrod comenta que este pedido de desculpa "vai muito além de um mero esforço instrumental para evitar retaliação. Reflete arrependimento moral por ter violado uma situação de confiança, e demonstra preocupação pelo facto de alguém poder ter sido ferido". Sem dúvida um alemão admirável e muito corajoso.

Axelrod também sublinha a importância da previsibilidade e do ritual na manutenção de um padrão estável de confiança mútua. Um exemplo agradável disto era o "tiro da noite" disparado pela artilharia britânica com regularidade quase mecânica sobre uma certa parte da linha. Nas palavras de um soldado alemão:

Às sete ele vinha — com tal regularidade que se podia acertar o relógio por ele... Tinha sempre o mesmo objetivo, a sua distância era precisa, nunca variava lateralmente nem passava ou ficava aquém do alvo... Havia até alguns curiosos que rastejavam para fora... pouco antes das sete, para o verem explodir.

A artilharia alemã fazia exatamente o mesmo, como mostra o relato seguinte do lado britânico:

Eram tão regulares na escolha dos alvos, nas horas de disparo e no número de projéteis disparados, que... o Coronel Jones... sabia ao minuto onde cairia o

próximo. Os seus cálculos eram muito precisos, e ele podia correr riscos que pareciam grandes a Oficiais do Estado-Maior inexperientes, sabendo que o bombardeamento cessaria antes de ele chegar ao local visado.

Axelrod observa que tais “rituais de disparo rotineiro e superficial transmitiam uma dupla mensagem. Ao alto comando, transmitiam agressividade, mas ao inimigo transmitiam paz.”

O sistema de “vive e deixa viver” podia ter sido estabelecido através de negociação verbal, por estratégias conscientes sentados à mesa a negociar. Mas não foi. Surgiu como uma série de convenções locais, através da resposta das pessoas ao comportamento umas das outras; os soldados individuais provavelmente mal tinham consciência de que esse desenvolvimento estava a ocorrer. Isso não nos deve surpreender. As estratégias nos programas de computador de Axelrod eram definitivamente inconscientes. Era o seu comportamento que as definia como simpáticas ou antipáticas, indulgentes ou implacáveis, invejosas ou não. Os programadores que as criaram podiam ser qualquer uma dessas coisas, mas isso é irrelevante. Uma estratégia simpática, indulgente e não invejosa podia facilmente ser programada por um homem muito antipático. E vice-versa. A simpatia de uma estratégia reconhece-se pelo seu comportamento, não pelos seus motivos (pois não os tem) nem pela personalidade do seu autor (que desaparece no momento em que o programa começa a correr no computador). Um programa de computador pode comportar-se de forma estratégica, sem estar consciente da sua estratégia nem, de facto, de coisa alguma.

Estamos, evidentemente, totalmente familiarizados com a ideia de estratégias inconscientes, ou pelo menos de estratégias cuja consciência, se existente, é irrelevante. Estratégias inconscientes abundam nas páginas deste livro. Os programas de Axelrod são um excelente modelo da forma como, ao longo do livro, temos pensado sobre animais e plantas, e, de facto, sobre genes. Por isso é natural perguntar se as suas conclusões otimistas — sobre o sucesso da simpatia indulgente e não invejosa — também se aplicam ao mundo natural. A resposta é sim, claro que sim. As únicas condições são que a natureza por vezes configure jogos de Dilema do Prisioneiro, que a sombra do futuro seja longa, e que os jogos sejam de soma não-nula. Estas condições estão certamente presentes, por todo o reino dos seres vivos.

Ninguém afirmaria que uma bactéria é uma estratégia consciente, e, no entanto, os parasitas bacterianos estão provavelmente envolvidos em jogos incessantes do Dilema do Prisioneiro com os seus hospedeiros, e não há razão para não atribuímos adjetivos axelrodianos — perdoadores, não-invejosos, e por aí fora — às suas estratégias. Axelrod e Hamilton salientam que bactérias normalmente inofensivas ou benéficas podem tornar-se agressivas, chegando mesmo a causar septicemia letal, numa pessoa ferida. Um médico diria que a “resistência natural” da pessoa foi diminuída pela lesão. Mas talvez a verdadeira razão tenha a ver com jogos do Dilema do Prisioneiro. Terão as bactérias, talvez, algo a ganhar, mas que normalmente mantêm sob controlo? No jogo entre o humano e a bactéria, a “sombra do futuro” é, em geral, longa, uma vez que se espera que um humano típico viva durante anos a partir de qualquer ponto de partida. Um humano

gravemente ferido, por outro lado, pode apresentar uma sombra do futuro potencialmente muito mais curta às suas hóspedes bacterianas. A “tentação de defeccionar” começa, assim, a parecer uma opção mais atrativa do que a “recompensa da cooperação mútua”. Escusado será dizer que não se sugere que as bactérias analisem tudo isto nas suas maliciosas cabecinhas! A seleção, ao longo de gerações de bactérias, terá presumivelmente inscrito nelas uma regra prática inconsciente, que opera por meios puramente bioquímicos.

As plantas, segundo Axelrod e Hamilton, podem até vingar-se — obviamente também de forma inconsciente. As figueiras e as vespas-do-figo partilham uma relação cooperativa íntima. O figo que comemos não é propriamente um fruto. Há um pequeno orifício numa das extremidades e, se entrarmos nesse orifício (teríamos de ser tão pequenos como uma vespa-do-figo para o fazer, e elas são minúsculas — felizmente demasiado pequenas para darmos por elas ao comer um figo), encontramos centenas de flores diminutas a forrar as paredes. O figo é uma estufa interior para flores, uma câmara de polinização interna. E os únicos agentes que conseguem fazer essa polinização são as vespas-do-figo. A árvore, portanto, beneficia por albergar as vespas. Mas o que ganham as vespas com isso? Elas depositam os seus ovos em algumas das minúsculas flores, que as larvas depois consomem. Polinizam outras flores no mesmo figo. “Defeccionar”, para uma vespa, significaria depositar ovos em demasiadas flores do figo e polinizar poucas. Mas como poderia a figueira “retaliar”? Segundo Axelrod e Hamilton, “verifica-se, em muitos casos, que se uma vespa-do-figo que entra num figo jovem não poliniza flores suficientes para produzir sementes e, em

vez disso, deposita ovos em quase todas, a árvore aborta o figo em desenvolvimento numa fase precoce. Toda a descendência da vespa perece então.”

Um exemplo bizarro do que parece ser um arranjo natural de estratégia *Olho por Olho* foi descoberto por Eric Fischer num peixe hermafrodita, o robalo-marinho. Ao contrário de nós, o sexo destes peixes não é determinado à nascença pelos cromossomas. Em vez disso, cada indivíduo é capaz de desempenhar tanto a função feminina como a masculina. Em qualquer episódio de desova, libertam ou óvulos ou esperma. Formam pares monogâmicos e, dentro do par, alternam os papéis de macho e fêmea. Agora, podemos supor que qualquer peixe individual, se pudesse safar-se com isso, “preferiria” desempenhar sempre o papel masculino, porque é o mais económico. Dito de outra forma, um indivíduo que conseguisse convencer o parceiro a desempenhar o papel feminino a maior parte do tempo obteria todos os benefícios do investimento económico “dela” nos óvulos, enquanto “ele” manteria recursos para outras atividades, como acasalar com outros peixes, por exemplo.

De facto, o que Fischer observou foi que os peixes operam um sistema de alternância bastante rigoroso. Isto é precisamente o que esperaríamos se estivessem a jogar *Olho por Olho*. E é plausível que assim seja, porque o jogo parece ser um verdadeiro Dilema do Prisioneiro, ainda que algo complexo. Jogar a carta da cooperação significa desempenhar o papel feminino quando chega a sua vez. Tentar desempenhar o papel masculino quando é a sua vez de ser fêmea equivale a jogar a carta da defecção. A deserção está sujeita

a retaliação: o parceiro pode recusar desempenhar o papel feminino na próxima vez que for “a sua” vez, ou “ela” pode simplesmente pôr termo à relação. Fischer observou efetivamente que os pares com partilhas desiguais dos papéis sexuais tendiam a separar-se.

Uma pergunta que sociólogos e psicólogos por vezes colocam é: por que razão é que os dadores de sangue (em países como o Reino Unido, onde não são pagos) dão sangue? Custa-me acreditar que a resposta esteja na reciprocidade ou no egoísmo disfarçado, num sentido simples. Não é como se os dadores regulares de sangue recebessem tratamento preferencial quando precisam de uma transfusão. Nem sequer recebem pequenas estrelas douradas para ostentar. Talvez eu seja ingênuo, mas sinto-me tentado a ver nisto um caso genuíno de altruísmo puro e desinteressado. Seja como for, a partilha de sangue entre morcegos-vampiro parece enquadrar-se bem no modelo de Axelrod. Aprendemos isto com o trabalho de G. S. Wilkinson.

Os vampiros, como é sabido, alimentam-se de sangue durante a noite. Não é fácil conseguirem uma refeição, mas, quando conseguem, é provável que seja abundante. Quando amanhece, alguns indivíduos terão tido azar e voltam completamente de estômago vazio, enquanto os que conseguiram encontrar uma vítima terão provavelmente absorvido um excedente de sangue. Na noite seguinte, a sorte pode virar. Assim, parece um bom caso para um pouco de altruísmo recíproco. Wilkinson descobriu que os indivíduos que tiveram sorte numa determinada noite efetivamente doavam sangue, por regurgitação, aos seus companheiros menos afortunados. Das 110 regurgitações que Wilkinson testemunhou, 77

podiam ser facilmente compreendidas como casos de mães a alimentar os seus filhos, e muitos outros casos de partilha de sangue envolviam outros tipos de parentes genéticos. Ainda assim, restavam alguns exemplos de partilha de sangue entre morcegos não aparentados, casos em que a explicação “o sangue é mais espesso do que a água” não encaixava nos factos. Significativamente, os indivíduos envolvidos tendiam a ser companheiros frequentes de poleiro — tinham todas as oportunidades para interagir repetidamente, como é necessário para um Dilema do Prisioneiro Iterado. Mas estarão satisfeitas as restantes condições para um Dilema do Prisioneiro? A matriz de recompensas da Figura D é aquilo que esperaríamos se assim fosse.

		O Que Você Faz	
		Cooperar	Defectar
O Que Eu Faço	Cooperar	Razoavelmente bom RECOMPENSA Recebo sangue nas minhas noites de azar, o que me salva de passar fome. Tenho que dar sangue nas minhas noites de sorte, o que não me custa muito.	Muito mau RECOMPENSA DO TOTÓ Eu pago o preço de salvar a sua vida na minha boa noite. Mas na minha má noite você não me alimenta e corro um risco real de morrer de fome.
	Defectar	Muito bom TENTAÇÃO Salvou-me a vida na minha noite má. Mas depois tenho o benefício adicional de não ter de pagar o pequeno custo de o alimentar na minha boa noite.	Razoavelmente mau PUNIÇÃO Não tenho de pagar os pequenos custos de o alimentar nas minhas noites boas. Mas corro um risco real de passar fome nas minhas noites más.

Figura D. Esquema de doação de sangue nos morcegos-vampiro: ganhos para mim consoante os diferentes desfechos

Será que a economia dos vampiros corresponde mesmo a esta tabela? Wilkinson analisou a taxa a que os vampiros famintos perdem peso. A partir daí, calculou o tempo que um morcego

saciado levaria a morrer de fome, o tempo que um morcego em jejum levaria a morrer, e todos os casos intermédios. Isso permitiu-lhe converter sangue na moeda de horas de vida prolongada. Descobriu — sem grande surpresa — que a taxa de câmbio varia conforme o grau de fome do morcego. Uma certa quantidade de sangue acrescenta mais horas de vida a um morcego muito faminto do que a um menos faminto. Por outras palavras, embora o ato de doar sangue aumente ligeiramente o risco de morte do doador, esse aumento é pequeno em comparação com o aumento das probabilidades de sobrevivência do recetor. Economicamente falando, parece plausível que a economia dos vampiros se conforme às regras de um Dilema do Prisioneiro. O sangue que a doadora abdica (os grupos sociais nos vampiros são formados por fêmeas) é-lhe menos precioso do que essa mesma quantidade de sangue seria para a recetora. Nas suas noites de azar, a doadora beneficiaria enormemente de um dom de sangue. Mas, nas suas noites de sorte, também beneficiaria — ainda que ligeiramente — se conseguisse escapar à obrigação, ou seja, recusando-se a doar sangue. Claro que “escapar à obrigação” só faz sentido se os morcegos estiverem a adotar algum tipo de estratégia *Olho por Olho*. Estarão então reunidas as outras condições necessárias para a evolução da reciprocidade *Olho por Olho*?

Em particular, conseguem estes morcegos reconhecer-se uns aos outros como indivíduos? Wilkinson realizou uma experiência com morcegos em cativeiro, provando que sim. A ideia básica foi retirar um morcego durante uma noite e deixá-lo em jejum, enquanto os restantes eram alimentados. O morcego faminto era então devolvido ao abrigo, e Wilkinson observava quem, se alguém,

lhe dava alimento. A experiência foi repetida várias vezes, com os morcegos a revezarem-se no papel de vítima esfomeada. O ponto-chave é que esta população de morcegos em cativeiro era composta por dois grupos distintos, vindos de cavernas separadas por muitos quilómetros. Se os vampiros são capazes de reconhecer os seus “amigos”, então o morcego faminto deveria ser alimentado apenas por indivíduos da sua caverna de origem.

E foi, de facto, isso que aconteceu. Observaram-se treze casos de doação. Em doze desses treze, a doadora era uma “velha amiga” da vítima faminta, proveniente da mesma caverna; apenas num dos casos a vítima recebeu sangue de uma “nova amiga”, oriunda de outra caverna. Claro que isto poderia ser uma coincidência, mas é possível calcular a probabilidade de tal distribuição ocorrer por acaso. O resultado é inferior a 1 em 500. Podemos, portanto, concluir com segurança que os morcegos demonstraram uma clara tendência para alimentar velhos amigos, em detrimento de estranhos.

Os vampiros são grandes criadores de mitos. Para os devotos do gótico vitoriano, são forças sombrias que aterrorizam a noite, sugando fluidos vitais e sacrificando vidas inocentes apenas para saciar a sede. Juntando a isto outro mito vitoriano — a natureza “vermelha de dentes e garras” — os vampiros surgem como a própria encarnação dos nossos medos mais profundos sobre o mundo do gene egoísta. Quanto a mim, sou cético em relação a todos os mitos. Se queremos saber onde reside a verdade, num caso particular, temos de observar. O corpo doutrinal darwiniano não nos oferece previsões detalhadas sobre organismos específicos.

Oferece-nos algo mais subtil e valioso: a compreensão de princípios. Mas, se temos mesmo de ter mitos, os factos reais sobre os vampiros poderiam inspirar uma moral bem diferente. Para os próprios morcegos, o sangue não é apenas mais espesso do que a água. Eles transcendem os laços de parentesco, formando vínculos duradouros de irmandade sanguínea e lealdade. Os vampiros poderiam ser a vanguarda de um novo mito confortante: um mito de partilha, de cooperação mutualista. Poderiam anunciar a ideia benigna de que, mesmo com genes egoístas ao leme, os “bons rapazes” podem acabar por vencer.

CAPÍTULO 13

O Alcance Longínquo do Gene

Uma tensão incômoda perturba o coração da teoria do gene egoísta. É a tensão entre o gene e o corpo individual como agente fundamental da vida. Por um lado, temos a imagem sedutora dos replicadores de ADN independentes, saltitando como cabras montesas, livres e desenfreados através das gerações, reunidos temporariamente em máquinas de sobrevivência descartáveis, espirais imortais que se libertam de uma sucessão interminável de espirais mortais enquanto avançam rumo às suas eternidades separadas. Por outro lado, observamos os corpos individuais em si mesmos, e cada um é, obviamente, uma máquina coerente, integrada, imensamente complexa, com uma unidade de propósito bem vincada. Um corpo não se assemelha ao produto de uma federação frouxa e temporária de agentes genéticos em conflito, que mal têm tempo de se conhecer antes de embarcarem num espermatozoide ou óvulo rumo à próxima etapa da grande diáspora genética. Possui um cérebro determinado, que coordena uma cooperativa de membros e órgãos sensoriais para alcançar um fim comum. O corpo parece e comporta-se como um agente bastante impressionante por si só.

Em alguns capítulos deste livro, considerámos de facto o organismo individual como um agente, a esforçar-se por maximizar

o seu sucesso na transmissão dos seus genes. Imaginámos animais individuais a fazer complicados cálculos económicos como se ponderassem os benefícios genéticos de diversos cursos de ação. Contudo, noutros capítulos, a justificação fundamental foi apresentada do ponto de vista dos genes. Sem a perspetiva do “olhar do gene” sobre a vida, não há razão particular para que um organismo deva “importar-se” com o seu sucesso reprodutivo e o dos seus parentes, em vez, por exemplo, da sua própria longevidade.

Como resolveremos este paradoxo das duas formas de olhar para a vida? A minha própria tentativa de o fazer está exposta em *O Fenótipo Alargado*, o livro que, mais do que qualquer outro feito na minha vida profissional, é o meu orgulho e alegria. Este capítulo é uma breve destilação de alguns dos temas desse livro, mas, na verdade, quase preferia que parasse de ler agora e passasse diretamente para *O Fenótipo Alargado*!

De qualquer ponto de vista sensato, a seleção darwinista não atua diretamente sobre os genes. O ADN está envolto em proteínas, embrulhado em membranas, protegido do mundo e invisível à seleção natural. Se a seleção tentasse escolher diretamente as moléculas de ADN, dificilmente encontraria um critério para o fazer. Todos os genes parecem iguais, tal como todas as fitas de gravação parecem iguais. As diferenças importantes entre os genes emergem apenas nos seus efeitos. Isto significa, geralmente, efeitos sobre os processos do desenvolvimento embrionário e, portanto, sobre a forma corporal e o comportamento. Os genes bem-sucedidos são aqueles que, no ambiente influenciado por todos os outros genes

num embrião partilhado, têm efeitos benéficos sobre esse embrião. “Benéficos” significa que tornam esse embrião mais propenso a desenvolver-se num adulto bem-sucedido, um adulto com maior probabilidade de se reproduzir e transmitir exatamente os mesmos genes às gerações futuras. A palavra técnica *fenótipo* é usada para designar a manifestação corporal de um gene — o efeito que um gene, em comparação com os seus alelos, tem sobre o corpo, através do desenvolvimento. O *efeito fenotípico* de um dado gene poderá ser, por exemplo, a cor verde dos olhos. Na prática, a maioria dos genes tem mais do que um efeito fenotípico — digamos, cor verde dos olhos e cabelo encaracolado. A seleção natural favorece alguns genes em detrimento de outros, não pela natureza dos genes em si, mas pelas suas consequências — os seus efeitos fenotípicos.

Os darwinistas têm geralmente preferido discutir genes cujos efeitos fenotípicos beneficiam, ou prejudicam, a sobrevivência e a reprodução de corpos inteiros. Tendem a não considerar benefícios para o gene em si. É em parte por isso que o paradoxo no coração da teoria normalmente não se manifesta. Por exemplo, um gene pode ser bem-sucedido por melhorar a velocidade de corrida de um predador. O corpo inteiro do predador, incluindo todos os seus genes, torna-se mais bem-sucedido por correr mais depressa. A sua velocidade ajuda-o a sobreviver até ter descendência; e, assim, mais cópias de todos os seus genes, incluindo o gene para correr depressa, são transmitidas. Neste caso, o paradoxo desaparece convenientemente, porque o que é bom para um gene é bom para todos.

Mas e se um gene exercesse um efeito fenotípico que fosse bom para si próprio, mas mau para os restantes genes no corpo? Isto não é um exercício de fantasia. Casos assim são conhecidos, por exemplo o fenómeno intrigante denominado impulso meiótico. A meiose, lembre-se, é o tipo especial de divisão celular que reduz para metade o número de cromossomas e dá origem a espermatozoides ou óvulos. A meiose normal é uma lotaria completamente justa. De cada par de alelos, apenas um pode ser o sortudo que entra num dado espermatozoide ou óvulo. Mas ambos têm igual probabilidade, e, se fizermos a média sobre muitos espermatozoides (ou óvulos), verifica-se que metade contém um alelo e a outra metade o outro. A meiose é justa, como o lançamento de uma moeda. Contudo, embora pensemos proverbialmente no lançamento de uma moeda como aleatório, mesmo isso é um processo físico influenciado por uma infinidade de circunstâncias — o vento, a força exata com que se lança a moeda, etc. A meiose também é um processo físico, e pode ser influenciada por genes. E se surgisse um gene mutante que tivesse um efeito, não sobre algo óbvio como a cor dos olhos ou a ondulação do cabelo, mas sobre a própria meiose? Suponhamos que esse gene influenciasse a meiose de tal forma que ele, o gene mutante, tivesse maior probabilidade do que o seu alelo parceiro de acabar no óvulo. Existem genes assim, e são chamados distorcedores de segregação. Têm uma simplicidade diabólica. Quando um distorcedor de segregação surge por mutação, espalha-se inexoravelmente pela população, à custa do seu alelo. É isto que se designa por impulso meiótico. E acontece mesmo que os efeitos sobre o bem-estar corporal, e sobre o bem-estar dos restantes genes do corpo, sejam desastrosos.

Ao longo deste livro, estivemos atentos à possibilidade de organismos individuais “trapacearem” subtilmente os seus companheiros sociais. Aqui, falamos de genes individuais que trapaceiam os outros genes com os quais partilham um corpo. O geneticista James Crow chamou-lhes “genes que vencem o sistema”. Um dos distorcedores de segregação mais conhecidos é o chamado gene *t* em ratos. Quando um rato possui dois genes *t*, morre jovem ou é estéril. O gene *t* é, portanto, considerado “letal” no estado homozigótico. Se um rato macho tiver apenas um gene *t*, será um rato normal e saudável, exceto num aspeto notável. Se examinar os espermatozoides desse macho, verá que até 95% deles contêm o gene *t*, e apenas 5% o alelo normal. Isto representa uma distorção grosseira da proporção de 50% que esperaríamos. Sempre que, numa população selvagem, um alelo *t* surge por mutação, espalha-se de imediato como um incêndio. Como não haveria de se espalhar, se tem tamanha vantagem injusta na lotaria meiótica? Espalha-se tão depressa que, em pouco tempo, um grande número de indivíduos na população herda o gene *t* em dose dupla (ou seja, de ambos os progenitores). Esses indivíduos morrem ou são estéreis, e, em pouco tempo, é provável que toda a população local seja levada à extinção. Há indícios de que populações selvagens de ratos tenham, no passado, sido extintas por epidemias de genes *t*.

Nem todos os distorcedores de segregação têm efeitos colaterais tão destrutivos quanto o *t*. Ainda assim, a maioria apresenta pelo menos algumas consequências adversas. (Quase todos os efeitos colaterais genéticos são maus, e uma nova mutação só se disseminará normalmente se os seus efeitos negativos forem

superados pelos positivos. Se tanto os bons como os maus efeitos se aplicarem ao corpo inteiro, o efeito líquido pode ainda ser positivo para o corpo. Mas, se os maus efeitos forem sobre o corpo e os bons apenas sobre o gene, do ponto de vista do corpo o efeito líquido é todo negativo.) Apesar dos seus efeitos secundários nefastos, se um distorcedor de segregação surge por mutação, tenderá seguramente a espalhar-se na população. A seleção natural (que, afinal, atua ao nível génico) favorece o distorcedor de segregação, mesmo que os seus efeitos ao nível do organismo individual sejam provavelmente prejudiciais.

Embora existam distorcedores de segregação, não são muito comuns. Podemos então perguntar por que razão não são comuns — o que equivale a perguntar por que motivo o processo de meiose é normalmente justo, tão escrupulosamente imparcial como o lançamento de uma boa moeda. Descobriremos que a resposta emerge naturalmente assim que compreendermos por que existem organismos.

O organismo individual é algo cuja existência a maioria dos biólogos dá por adquirida, provavelmente porque as suas partes cooperam de forma tão unida e integrada. As questões sobre a vida são, convencionalmente, questões sobre organismos. Os biólogos perguntam por que razão os organismos fazem isto ou aquilo. Perguntam frequentemente por que motivo os organismos se organizam em sociedades. Não perguntam — embora devessem — por que razão a matéria viva se organiza em organismos, em primeiro lugar. Por que razão o mar não continua a ser um campo de batalha primordial de replicadores livres e independentes? Por

que motivo os antigos replicadores se agruparam para formar, e habitar, robôs pesadões, e por que são esses robôs — corpos individuais, você e eu — tão grandes e tão complexos?

É difícil para muitos biólogos sequer reconhecer que há aqui uma questão. Isto porque é segunda natureza para eles formular as suas perguntas ao nível do organismo individual. Alguns biólogos chegam ao ponto de ver o ADN como um dispositivo utilizado pelos organismos para se reproduzirem, tal como um olho é um dispositivo utilizado pelos organismos para ver! Os leitores deste livro reconhecerão que essa atitude é um erro de profunda magnitude. É a verdade virada desastrosamente do avesso. Reconhecerão também que a atitude alternativa — a perspetiva do gene egoísta — tem um problema profundo próprio. Esse problema — quase o inverso do primeiro — é o de por que razão existem organismos individuais, especialmente sob uma forma tão grande e coerentemente intencional que chega a induzir os biólogos em erro, levando-os a inverter a verdade. Para resolver o nosso problema, temos de começar por purgar as nossas mentes das velhas atitudes que implicitamente tomam o organismo individual como um dado adquirido; caso contrário, estaremos a pressupor a resposta. O instrumento com o qual iremos purgar as nossas mentes é a ideia a que chamo *fenótipo alargado*. É para isso, e para o que significa, que me volto agora.

Os efeitos fenotípicos de um gene são normalmente vistos como todos os efeitos que ele tem no corpo em que se encontra. Esta é a definição convencional. Mas veremos agora que os efeitos fenotípicos de um gene devem ser pensados como todos os efeitos

que ele tem no mundo. Pode ser que, na realidade, os efeitos de um gene fiquem confinados à sucessão de corpos em que o gene se encontra. Mas, se assim for, será apenas um facto. Não deverá ser algo que faça parte da nossa definição fundamental. Em tudo isto, recorde que os efeitos fenotípicos de um gene são as ferramentas através das quais ele se impõe na geração seguinte. Tudo o que vou acrescentar é que essas ferramentas podem ir para além da parede do corpo individual. O que poderá significar, na prática, falar de um gene como tendo um efeito fenotípico alargado no mundo fora do corpo em que se encontra? Exemplos que surgem são artefactos como barragens de castores, ninhos de aves e “casas” de caddis.

As moscas caddis são insetos bastante insignificantes, de cor castanha apagada, que a maioria de nós nem repara quando voam de forma desajeitada sobre os rios. Isso acontece quando são adultas. Mas antes de emergirem como adultas, têm uma encarnação bastante mais longa como larvas a andar pelo fundo do rio. E as larvas de caddis são tudo menos insignificantes. São umas das criaturas mais notáveis da Terra. Usando um cimento da sua própria fabricação, constroem habilidosamente casas tubulares para si próprias com materiais que recolhem do leito do riacho. A casa é uma habitação móvel, carregada à medida que a larva anda, como a concha de um caracol ou de um caranguejo-eremita, com a diferença de que o animal a constrói, em vez de ela crescer com ele ou ser encontrada. Algumas espécies de caddis usam paus como material de construção, outras, fragmentos de folhas mortas, outras, pequenas conchas de caracol. Mas talvez as casas de caddis mais impressionantes sejam as construídas em pedra local. A larva

escolhe cuidadosamente as pedras, rejeitando as que são demasiado grandes ou pequenas para o espaço atual na parede, chegando mesmo a rodar cada pedra até obter o encaixe mais perfeito.

A propósito, por que é que isto nos impressiona tanto? Se nos obrigássemos a pensar de forma mais desapegada, devíamos ficar mais impressionados com a arquitetura do olho da frigânea ou da sua articulação do cotovelo do que com a arquitetura, comparativamente modesta, da sua casa de pedra. Afinal, o olho e a articulação são muito mais complexos e “projetados” do que a casa. No entanto, talvez por o olho e a articulação se desenvolverem de forma semelhante aos nossos próprios olhos e articulações — um processo de construção intra-uterino pelo qual não nos atribuímos mérito —, somos illogicamente mais impressionados pela casa.

Tendo-me já afastado tanto do tema, não resisto a ir um pouco mais longe. Por mais que fiquemos impressionados com a casa da frigânea, ficamos, paradoxalmente, menos impressionados do que ficaríamos com feitos equivalentes em animais mais próximos de nós. Imagine as manchetes se um biólogo marinho descobrisse uma espécie de golfinho que tecesse redes de pesca grandes e intrincadamente entrelaçadas, com um diâmetro de vinte comprimentos de golfinho! No entanto, tomamos a teia de aranha como garantida — um incómodo doméstico mais do que uma das maravilhas do mundo. E pense na agitação se Jane Goodall voltasse do curso do Gombe com fotografias de chimpanzés selvagens a construir as suas próprias casas, bem cobertas e isoladas, com

pedras criteriosamente selecionadas, unidas e argamassadas com precisão! E, no entanto, as larvas de frigânea, que fazem precisamente isso, despertam apenas interesse passageiro. Diz-se por vezes, como forma de justificar este duplo critério, que as aranhas e as frigâneas realizam as suas obras arquitetónicas por “instinto”. Mas e depois? De certa forma, isso torna-as ainda mais impressionantes.

Voltemos ao argumento principal. A casa da frigânea é, sem dúvida, uma adaptação evoluída por seleção darwiniana. Deve ter sido favorecida pela seleção, de forma muito semelhante, por exemplo, à forma como foi favorecida a carapaça dura das lagostas. Trata-se de uma cobertura protetora do corpo. Como tal, é benéfica para o organismo no seu todo e para todos os seus genes. Mas hoje ensinamo-nos a ver os benefícios para o organismo como incidentais, no que diz respeito à seleção natural. Os benefícios que realmente contam são os que se aplicam aos genes que conferem à carapaça as suas propriedades protetoras. No caso da lagosta, é a história habitual. A carapaça faz obviamente parte do seu corpo. Mas e a casa da frigânea?

A seleção natural favoreceu aqueles genes ancestrais de frigânea que levavam os seus portadores a construir casas eficazes. Os genes atuavam sobre o comportamento, presumivelmente influenciando o desenvolvimento embrionário do sistema nervoso. Mas aquilo que um geneticista observaria seria o efeito dos genes na forma e outras propriedades das casas. O geneticista deveria reconhecer genes “para” a forma das casas no mesmo sentido em que reconhece genes para, por exemplo, a forma das pernas. É

certo que ninguém estudou ainda a genética das casas das frigâneas. Para o fazer, seria necessário manter registos de genealogias de frigâneas criadas em cativeiro — o que é difícil. Mas não é preciso estudar genética para ter certeza de que existem, ou existiram, genes a influenciar as diferenças entre casas de frigânea. Tudo o que se precisa é de bons motivos para acreditar que a casa da frigânea é uma adaptação darwiniana. E, nesse caso, têm de ter existido genes a controlar variações nas casas das frigâneas, pois a seleção não pode produzir adaptações sem haver diferenças hereditárias entre as quais seleccionar.

Embora os geneticistas possam achar a ideia estranha, é, por isso, sensato falarmos de genes “para” a forma da pedra, o tamanho da pedra, a dureza da pedra, e assim por diante. Qualquer geneticista que se oponha a esta linguagem terá, para ser coerente, de se opor a expressões como genes para a cor dos olhos, ou para o enrugamento das ervilhas, por exemplo. Uma razão para que a ideia pareça estranha, no caso das pedras, é que as pedras não são matéria viva. Além disso, a influência dos genes sobre as propriedades das pedras parece especialmente indireta. Um geneticista poderá alegar que a influência direta dos genes se dá sobre o sistema nervoso que media o comportamento de escolha das pedras, não sobre as pedras em si. Mas convido tal geneticista a considerar cuidadosamente o que poderá significar falar da influência de um gene sobre um sistema nervoso. Tudo o que os genes podem, de facto, influenciar diretamente é a síntese proteica. A influência de um gene sobre um sistema nervoso — ou, já agora, sobre a cor de um olho ou o enrugamento de uma ervilha — é sempre indireta. O gene determina uma sequência de proteínas que

influencia X, que influencia Y, que influencia Z, que, eventualmente, influencia o enrugamento da semente ou a configuração celular do sistema nervoso. A casa da frigânea é apenas uma extensão adicional deste tipo de sequência. A dureza da pedra é um efeito fenotípico alargado dos genes da frigânea. Se é legítimo dizer que um gene afeta o enrugamento de uma ervilha ou o sistema nervoso de um animal (e todos os geneticistas concordam que é), então também tem de ser legítimo dizer que um gene afeta a dureza das pedras na casa de uma frigânea. É um pensamento desconcertante, não é? Mas o raciocínio é inescapável.

Estamos prontos para o próximo passo no argumento: os genes de um organismo podem ter efeitos fenotípicos alargados sobre o corpo de outro organismo. As casas das frigâneas ajudaram-nos a dar o passo anterior; as conchas dos caracóis ajudar-nos-ão a dar este. A concha desempenha para o caracol o mesmo papel que a casa de pedra para a larva da frigânea. É segregada pelas células do próprio caracol, pelo que um geneticista convencional falará, com naturalidade, de genes “para” qualidades da concha, como a espessura. Mas, como se verifica, os caracóis parasitados por certos tipos de tremátodes (platelmintos) têm conchas extraordinariamente espessas. O que poderá significar esse espessamento? Se os caracóis parasitados tivessem conchas mais finas, explicá-lo-íamos de bom grado como um efeito debilitante óbvio na constituição do caracol. Mas uma concha mais espessa? Uma concha mais espessa protege presumivelmente melhor o caracol. Parece que os parasitas estão, na verdade, a ajudar o hospedeiro, melhorando-lhe a concha. Mas será assim?

Precisamos de pensar com mais cuidado. Se conchas mais espessas fossem mesmo melhores para o caracol, por que é que ele não as teria por defeito? A resposta estará, provavelmente, na economia. Produzir uma concha é dispendioso para o caracol. Requer energia. Requer cálcio e outros químicos que têm de ser extraídos de alimentos arduamente obtidos. Todos esses recursos, se não fossem usados para fabricar substância de concha, poderiam ser usados noutras finalidades, como produzir mais descendência. Um caracol que gaste muitos recursos a fabricar uma concha espessa compra segurança para o seu corpo. Mas a que custo? Pode viver mais tempo, mas será menos bem-sucedido a reproduzir-se e pode falhar na transmissão dos seus genes. Entre os genes que falharão em ser transmitidos estarão os que codificam conchas extraespessas. Por outras palavras, é possível que uma concha seja demasiado espessa, tal como pode ser demasiado fina. Assim, quando um tremátode induz um caracol a segregar uma concha mais espessa, o tremátode não está a prestar um favor ao caracol — a não ser que assuma o custo económico desse espessamento. E podemos apostar, com segurança, que não o está a fazer. O tremátode exerce alguma influência química oculta sobre o caracol, que o obriga a afastar-se da espessura “preferida” da concha. Pode prolongar a vida do caracol, mas não está a ajudar os genes do caracol.

O que ganha o tremátode com isso? Por que o faz? A minha conjectura é a seguinte. Tanto os genes do caracol como os genes do tremátode têm interesse na sobrevivência do corpo do caracol, tudo o resto sendo igual. Mas sobrevivência não é o mesmo que reprodução, e há provavelmente um compromisso entre ambas.

Enquanto os genes do caracol têm interesse na reprodução do caracol, os genes do tremátode não têm. Isto porque qualquer tremátode em particular não tem expectativas especiais de que os seus genes venham a estar presentes na descendência do hospedeiro atual. Podem estar — mas também podem estar os de qualquer rival. Dado que a longevidade do caracol tem de ser adquirida ao custo de uma perda na sua capacidade reprodutiva, os genes do tremátode “aceitam” que o caracol pague esse preço, já que não têm interesse na reprodução do caracol. Os genes do caracol não aceitam esse custo, pois o seu futuro a longo prazo depende da reprodução do caracol. Assim, sugiro que os genes do tremátode influenciam as células secretoras da concha do caracol — uma influência que os beneficia, mas que é onerosa para os genes do caracol. Esta teoria é testável, embora ainda não tenha sido testada.

Estamos agora em posição de generalizar a lição das frigâneas. Se tenho razão quanto ao que os genes do tremátode fazem, segue-se que podemos legitimamente falar de genes de tremátodes a influenciar os corpos dos caracóis, da mesma forma que genes de caracóis influenciam os seus próprios corpos. É como se os genes se estendessem para além do “seu” corpo e manipulassem o mundo exterior. Tal como no caso das frigâneas, esta linguagem pode causar desconforto entre geneticistas. Estão habituados a ver os efeitos de um gene como limitados ao corpo onde reside. Mas, tal como no caso das frigâneas, um olhar atento sobre o que realmente se entende por “efeitos” de um gene mostra que tal desconforto é injustificado. Basta aceitarmos que a alteração na concha do caracol é uma adaptação do tremátode. Se for, teve de ter surgido por

seleção darwiniana de genes do tremátode. Demonstrámos que os efeitos fenotípicos de um gene podem estender-se não apenas a objetos inanimados, como pedras, mas também a outros corpos vivos.

A história dos caracóis e dos tremátodes é apenas o início. Sabe-se há muito que parasitas de todos os tipos exercem influências fascinantemente insidiosas sobre os seus hospedeiros. Uma espécie de protozoário microscópico chamado *Nosema*, que infesta as larvas do escaravelho-da-farinha, “descobriu” como fabricar uma substância química muito especial para os escaravelhos. Como outros insetos, estes escaravelhos têm uma hormona chamada hormona juvenil, que mantém as larvas no estado larvar. A transição normal de larva para adulto é desencadeada pela cessação da produção dessa hormona. O parasita *Nosema* conseguiu sintetizar (ou um análogo químico muito próximo) dessa hormona. Milhões de *Nosema* associam-se para produzir em massa hormona juvenil no corpo da larva, impedindo-a de se tornar adulta. Em vez disso, continua a crescer, acabando por se transformar numa larva gigante com mais do dobro do peso de um adulto normal. Nada útil para a propagação dos genes do escaravelho — mas uma cornucópia para os parasitas *Nosema*. O gigantismo nas larvas do escaravelho é um efeito fenotípico alargado dos genes do protozoário.

Os efeitos fenotípicos de um gene são normalmente entendidos como todos os efeitos que tem sobre o corpo em que reside. Esta é a definição convencional. Mas veremos agora que os efeitos fenotípicos de um gene devem ser considerados como todos os

efeitos que exerce sobre o mundo. Pode acontecer que os efeitos de um gene, por acaso, fiquem confinados à sucessão de corpos em que o gene se encontra. Mas, se assim for, será apenas uma contingência factual. Não será algo que deva fazer parte da nossa própria definição. Em tudo isto, lembre-se de que os efeitos fenotípicos de um gene são as ferramentas com que se projeta na geração seguinte. Tudo o que vou acrescentar é que essas ferramentas podem estender-se para além da parede do corpo individual. O que poderá significar, na prática, falar de um gene como tendo um efeito fenotípico alargado sobre o mundo exterior ao corpo em que reside? Os exemplos que me ocorrem são artefactos como barragens de castores, ninhos de aves e “casas” de caddis.

E aqui está um caso clínico capaz de provocar ainda mais ansiedade freudiana do que os escaravelhos Peter Pan — castração parasítica! Os caranguejos são parasitados por uma criatura chamada *Sacculina*. A *Sacculina* está relacionada com as cracas, embora, ao olhar para ela, se possa pensar que é uma planta parasita. Desenvolve um elaborado sistema radicular que se estende profundamente pelos tecidos do infeliz caranguejo e suga o alimento do seu corpo. Provavelmente não será por acaso que os primeiros órgãos que ataca são os testículos ou ovários do caranguejo; poupa os órgãos de que o caranguejo precisa para sobreviver — em oposição aos da reprodução — para mais tarde. O caranguejo é, na prática, castrado pelo parasita. Tal como um boi engordado, o caranguejo castrado desvia energia e recursos da reprodução para o seu próprio corpo — um festim para o parasita, à custa da reprodução do caranguejo. É, em grande medida, a

mesma história que conjecturei para a *Nosema* no escaravelho da farinha e para o dístoma no caracol. Nos três casos, as alterações no hospedeiro, se aceitarmos que são adaptações darwinianas em benefício do parasita, devem ser vistas como efeitos fenotípicos alargados dos genes do parasita. Os genes, então, estendem-se para além do seu “próprio” corpo, influenciando fenótipos noutros corpos.

Em larga medida, os interesses dos genes do parasita e dos genes do hospedeiro podem coincidir. Do ponto de vista do gene egoísta, podemos considerar tanto os genes do dístoma como os genes do caracol como “parasitas” no corpo do caracol. Ambos beneficiam por estarem rodeados pela mesma carapaça protetora, embora divirjam quanto à espessura exata da carapaça que “preferem”. Essa divergência surge, fundamentalmente, do facto de o seu método de abandonar o corpo do caracol e entrar noutro corpo ser diferente. Para os genes do caracol, o método de saída é através dos espermatozoides ou óvulos. Para os genes do dístoma é muito diferente. Sem entrar nos detalhes (que são distraidamente complicados), o que importa é que os seus genes não saem do corpo do caracol através dos espermatozoides ou óvulos do caracol.

Sugiro que a questão mais importante a colocar sobre qualquer parasita é esta: os seus genes são transmitidos às gerações futuras através dos mesmos veículos que os genes do hospedeiro? Se não forem, espero que causem danos ao hospedeiro, de uma forma ou de outra. Mas, se forem, o parasita fará tudo o que puder para ajudar o hospedeiro, não só a sobreviver, mas também a reproduzir-se. Ao longo do tempo evolutivo, deixará de ser um

parasita, cooperará com o hospedeiro e poderá eventualmente fundir-se nos tecidos do hospedeiro, tornando-se irreconhecível como parasita. Talvez, como sugeri na página 232, as nossas células tenham percorrido uma grande parte deste espectro evolutivo: somos todos relíquias de antigas fusões parasíticas.

Vejamos o que pode acontecer quando os genes do parasita e os genes do hospedeiro partilham uma via comum de saída. Os escaravelhos perfuradores de madeira ambrosia (da espécie *Xyleborus ferrugineus*) são parasitados por bactérias que não só vivem no corpo do hospedeiro como também utilizam os ovos do hospedeiro como transporte para um novo hospedeiro. Os genes de tais parasitas beneficiam, portanto, das mesmas circunstâncias futuras que os genes do seu hospedeiro. Pode esperar-se que os dois conjuntos de genes “remem para o mesmo lado” pelas mesmas razões que todos os genes de um organismo individual normalmente o fazem. É irrelevante que alguns sejam “genes de escaravelho” e outros “genes bacterianos”. Ambos os conjuntos de genes estão “interessados” na sobrevivência do escaravelho e na propagação dos seus ovos, porque ambos “veem” os ovos do escaravelho como o seu passaporte para o futuro. Assim, os genes bacterianos partilham um destino comum com os genes do hospedeiro e, na minha interpretação, devemos esperar que as bactérias cooperem com os escaravelhos em todos os aspetos da vida.

Acontece que “cooperar” é dizer pouco. O serviço que prestam aos escaravelhos dificilmente poderia ser mais íntimo. Estes escaravelhos são haplodiplóides, como as abelhas e as formigas

(ver Capítulo 10). Se um ovo for fertilizado por um macho, desenvolve-se sempre numa fêmea. Um ovo não fertilizado desenvolve-se num macho. Os machos, por outras palavras, não têm pai. Os ovos que lhes dão origem desenvolvem-se espontaneamente, sem serem penetrados por um espermatozoide. Mas, ao contrário dos ovos das abelhas e das formigas, os ovos dos escaravelhos ambrosia precisam de ser penetrados por alguma coisa. É aqui que entram as bactérias. Elas picam os ovos não fertilizados, provocando o seu desenvolvimento em escaravelhos machos. Estas bactérias são, evidentemente, precisamente o tipo de parasita que, argumentei, deve deixar de ser parasita e tornar-se mutualista, precisamente porque são transmitidas nos ovos do hospedeiro, juntamente com os genes “próprios” do hospedeiro. Em última análise, os seus “próprios” corpos tenderão a desaparecer, fundindo-se por completo com o corpo do “hospedeiro”.

Um espectro revelador pode ainda ser observado hoje entre espécies de *hydra* — pequenos animais sedentários, com tentáculos, semelhantes a anémonas-do-mar de água doce. Os seus tecidos tendem a ser parasitados por algas. (O “g” deve ser pronunciado como som forte. Por razões desconhecidas, alguns biólogos, sobretudo nos Estados Unidos, passaram recentemente a dizer *Algy*, como em *Algernon*, não só para o plural “algae”, o que é — por pouco — perdoável, mas também para o singular, “alga”, o que não é.) Nas espécies *Hydra vulgaris* e *Hydra attenuata*, as algas são verdadeiros parasitas das hydras, causando-lhes doença. Já na *Chlorohydra viridissima*, por outro lado, as algas estão sempre presentes nos tecidos das hydras e contribuem positivamente para o seu bem-estar, fornecendo-lhes oxigénio. Agora vem o ponto

interessante. Tal como devíamos esperar, na Chlorohydra, as algas transmitem-se à geração seguinte através do ovo da hydra. Nas outras duas espécies, não. Os interesses dos genes das algas e dos genes da Chlorohydra coincidem. Ambos estão interessados em fazer tudo o que puderem para aumentar a produção de ovos da Chlorohydra. Mas os genes das outras duas espécies de hydra não “concordam” com os genes das suas algas. Pelo menos, não na mesma medida. Ambos os conjuntos de genes podem ter interesse na sobrevivência dos corpos das hydras. Mas só os genes das hydras se preocupam com a reprodução das hydras. Assim, as algas persistem como parasitas debilitantes em vez de evoluírem para uma cooperação benigna. O ponto-chave, para repeti-lo, é que um parasita cujos genes aspiram ao mesmo destino que os genes do hospedeiro, partilha todos os interesses do hospedeiro e acabará por deixar de agir como parasita.

Destino, neste caso, significa gerações futuras. Os genes da Chlorohydra e os genes das algas, os genes dos escaravelhos e os genes das bactérias, só podem chegar ao futuro através dos ovos do hospedeiro. Por conseguinte, quaisquer “cálculos” que os genes do parasita façam sobre a política ideal, em qualquer departamento da vida, irão convergir exatamente, ou quase exatamente, com os “cálculos” semelhantes feitos pelos genes do hospedeiro. No caso do caracol e dos seus parasitas dístomas, concluímos que as espessuras de carapaça preferidas divergiam. No caso do escaravelho ambrosia e das suas bactérias, o hospedeiro e o parasita concordarão em preferir o mesmo comprimento de asa, e todas as outras características do corpo do escaravelho. Podemos prever isto sem conhecer quaisquer detalhes sobre o uso que os

escaravelhos possam dar às suas asas, ou a qualquer outra coisa. Podemos prevê-lo simplesmente com base na nossa lógica de que tanto os genes do escaravelho como os genes bacterianos tomarão todas as medidas ao seu alcance para criar os mesmos acontecimentos futuros — acontecimentos favoráveis à propagação dos ovos do escaravelho.

Podemos levar este argumento à sua conclusão lógica e aplicá-lo aos genes “próprios” normais. Os nossos próprios genes cooperam entre si, não porque são “nossos”, mas porque partilham a mesma via de saída — esperma ou óvulo — para o futuro. Se alguns genes de um organismo, como um ser humano, descobrissem uma forma de se propagarem que não dependesse da via convencional do esperma ou do óvulo, aproveitá-la-iam e seriam menos cooperativos. Isto porque estariam a beneficiar de um conjunto diferente de resultados futuros do que os outros genes do corpo. Já vimos exemplos de genes que tendem a influenciar a meiose em seu próprio favor. Talvez existam também genes que escaparam por completo às “vias apropriadas” do esperma/óvulo e tenham inaugurado uma rota lateral.

Há fragmentos de ADN que não estão incorporados em cromossomas, mas flutuam livremente e multiplicam-se no fluido das células, especialmente células bacterianas. Têm vários nomes, como viroídes ou plasmídeos. Um plasmídeo é ainda mais pequeno do que um vírus e normalmente consiste em apenas alguns genes. Alguns plasmídeos conseguem integrar-se perfeitamente num cromossoma. Tão perfeita é a junção que não se vê a emenda: o plasmídeo torna-se indistinguível de qualquer outra parte do

cromossoma. Os mesmos plasmídeos também conseguem cortar-se e sair novamente. Esta capacidade do ADN de se cortar e colar, de saltar para dentro e fora dos cromossomas a qualquer momento, é um dos factos mais entusiasmantes que vieram à luz desde a primeira edição deste livro. Na verdade, as evidências recentes sobre plasmídeos podem ser vistas como um belíssimo apoio às conjeturas perto do final da página 232 (que pareciam um pouco ousadas na altura). De certos pontos de vista, não importa realmente se estes fragmentos tiveram origem como parasitas invasores ou rebeldes desertores. O seu comportamento previsível será o mesmo. Falarei de um fragmento rebelde para enfatizar o meu ponto.

Imagine um trecho rebelde de ADN humano capaz de se recortar do seu cromossoma, flutuar livremente na célula, talvez multiplicando-se em muitas cópias, e depois integrar-se noutra cromossoma. Que rotas alternativas e não ortodoxas para o futuro poderia tal replicador rebelde explorar? Estamos constantemente a perder células da pele; grande parte do pó nas nossas casas é constituído por células descamadas. Devemos estar a respirar as células uns dos outros o tempo todo. Se passar a unha pelo interior da boca, ela sairá com centenas de células vivas. Os beijos e carícias dos amantes devem transferir multidões de células em ambas as direcções. Um trecho de ADN rebelde poderia aproveitar boleia em qualquer uma dessas células. Se os genes descobrissem uma brecha, uma rota não ortodoxa para outro corpo (a par ou em vez da rota ortodoxa do esperma ou do óvulo), devemos esperar que a seleção natural favoreça o seu oportunismo e o aperfeiçoe. Quanto aos métodos exatos que utilizam, não há razão para que sejam

diferentes das maquinações — totalmente previsíveis para um teórico do gene egoísta/fenótipo alargado — dos vírus.

Quando temos uma constipação ou uma tosse, normalmente pensamos nos sintomas como subprodutos incómodos da atividade do vírus. Mas, em alguns casos, parece mais provável que esses sintomas sejam deliberadamente provocados pelo vírus para o ajudar a viajar de um hospedeiro para outro. Em vez de se contentar em ser simplesmente expelido para a atmosfera, o vírus faz-nos espirrar ou tossir de forma explosiva. O vírus da raiva transmite-se através da saliva quando um animal morde outro. Nos cães, um dos sintomas da doença é que animais normalmente pacíficos e amigáveis tornam-se mordedores ferozes, espumando pela boca. E, de forma inquietante, em vez de permanecerem a cerca de um quilómetro de casa, como é habitual, tornam-se errantes inquietos, propagando o vírus por vastas distâncias. Chegou mesmo a ser sugerido que o conhecido sintoma da hidrofobia incentiva o cão a sacudir a espuma húmida da boca — e com ela, o vírus. Não conheço quaisquer provas diretas de que as doenças sexualmente transmissíveis aumentem a libido dos doentes, mas conjeturo que seria interessante investigar essa possibilidade. Certamente, pelo menos um alegado afrodisíaco, a Mosca Espanhola, diz-se atuar provocando comichão... e fazer comichão é exatamente o tipo de coisa em que os vírus são exímios.

O ponto da comparação entre ADN humano rebelde e vírus parasitas invasores é que, na verdade, não existe qualquer diferença importante entre eles. É bem possível que os vírus tenham, de facto, tido origem como coleções de genes dissidentes.

Se quisermos estabelecer alguma distinção, esta deverá ser entre genes que passam de corpo em corpo pela via ortodoxa do esperma ou do óvulo, e genes que passam de corpo em corpo por vias não ortodoxas, “laterais”. Ambas as classes podem incluir genes que tiveram origem como genes cromossômicos “próprios”. E ambas as classes podem incluir genes que tiveram origem como parasitas externos e invasores. Ou talvez, como especulei na página 232, todos os genes cromossômicos “próprios” devam ser considerados mutuamente parasitas uns dos outros. A diferença importante entre as duas classes de genes reside nas circunstâncias divergentes das quais eles “esperam” beneficiar no futuro. Um gene de vírus da constipação e um gene cromossômico humano dissidente concordam entre si ao “desejarem” que o hospedeiro espirre. Um gene cromossômico ortodoxo e um vírus venéreo concordam entre si ao “desejarem” que o hospedeiro copule. É uma ideia intrigante que ambos queiram que o hospedeiro seja sexualmente atraente. Mais ainda, um gene cromossômico ortodoxo e um vírus que é transmitido no interior do óvulo do hospedeiro concordariam em querer que o hospedeiro tivesse sucesso não apenas na corte, mas em todos os aspectos detalhados da sua vida, até ser um progenitor e até mesmo um avô dedicado e leal.

O tricóptero vive dentro da sua casa, e os parasitas de que falei até agora vivem dentro dos seus hospedeiros. Os genes, assim, estão fisicamente próximos dos seus efeitos fenotípicos estendidos, tão próximos quanto normalmente estão dos seus fenótipos convencionais. Mas os genes podem atuar à distância; os fenótipos estendidos podem estender-se muito longe. Um dos mais longos de que me consigo lembrar atravessa um lago. Tal como uma teia de

aranha ou uma casa de tricóptero, uma barragem de castor está entre as verdadeiras maravilhas do mundo. O seu propósito darwiniano não é inteiramente claro, mas certamente deve existir, pois os castores despendem muito tempo e energia a construí-la. O lago que a barragem cria serve, provavelmente, para proteger o abrigo do castor contra predadores. Também fornece uma via aquática conveniente para viajar e transportar troncos. Os castores usam a flutuação pela mesma razão que as madeiras canadenses usam rios e que os mercadores de carvão do século XVIII usavam canais. Quaisquer que sejam os seus benefícios, um lago de castores é uma característica conspícua e característica da paisagem. É um fenótipo, tanto quanto os dentes e a cauda do castor, e evoluiu sob a influência da seleção darwiniana. A seleção darwiniana precisa de variação genética para atuar. Aqui, a escolha terá sido entre bons lagos e lagos menos bons. A seleção favoreceu os genes de castores que criavam bons lagos para transportar árvores, tal como favoreceu genes que criavam bons dentes para as abater. Os lagos de castores são efeitos fenotípicos estendidos dos genes de castores, e podem estender-se por várias centenas de metros. Um alcance longo, sem dúvida!

Também os parasitas não têm de viver dentro dos seus hospedeiros; os seus genes podem expressar-se em hospedeiros à distância. Os juvenis do cuco não vivem dentro de pisco ou rouxinóis-do-caniço; não lhes sugam o sangue nem devoram os tecidos, e mesmo assim não hesitamos em classificá-los como parasitas. As adaptações do cuco para manipular o comportamento dos pais adotivos podem ser vistas como ações fenotípicas estendidas à distância por parte dos genes do cuco.

É fácil empatizar com os pais adotivos enganados a incubar os ovos do cuco. Colecionadores de ovos humanos também foram iludidos pela semelhança espantosa dos ovos do cuco com os de, por exemplo, petinhas-dos-campos ou rouxinóis-do-canço (diferentes raças de fêmeas de cuco especializam-se em diferentes espécies hospedeiras). O que é mais difícil de compreender é o comportamento dos pais adotivos mais tarde na estação, em relação aos jovens cucos quase prontos a voar. O cuco é geralmente muito maior, em alguns casos grotescamente maior, do que o seu "progenitor". Estou a olhar para uma fotografia de um ferreirinho-comum adulto, tão pequeno em comparação com o seu monstruoso filho adotivo que tem de se empoleirar nas suas costas para o alimentar. Aqui, sentimos menos simpatia pelo hospedeiro. Espantamo-nos com a sua estupidez, a sua ingenuidade. Certamente qualquer idiota deveria perceber que há algo de errado com uma "cria" daquelas.

Creio que os juvenis de cuco fazem muito mais do que simplesmente "enganar" os seus hospedeiros, mais do que fingirem ser algo que não são. Eles parecem agir sobre o sistema nervoso do hospedeiro de forma muito semelhante à de uma droga viciante. Isto não é difícil de compreender, mesmo para quem não tem experiência com drogas aditivas. Um homem pode ser excitado, até à ereção, por uma fotografia impressa do corpo de uma mulher. Ele não está "enganado" a pensar que o padrão de tinta impressa é realmente uma mulher. Sabe que está apenas a olhar para tinta sobre papel, e mesmo assim o seu sistema nervoso responde de forma semelhante à que responderia a uma mulher real. Podemos achar irresistível a atração por um determinado membro do sexo

oposto, mesmo que o melhor juízo do nosso “eu” mais sensato nos diga que uma ligação com essa pessoa não é do interesse a longo prazo de ninguém. O mesmo se aplica às atrações irresistíveis de alimentos pouco saudáveis. O ferreirinho provavelmente não tem qualquer consciência dos seus interesses a longo prazo, por isso é ainda mais fácil compreender que o seu sistema nervoso possa achar certos tipos de estímulo irresistíveis.

Tão sedutora é a abertura vermelha de um juvenil de cuco que não é incomum os ornitólogos observarem uma ave a largar alimento na boca de um cuco bebé que está no ninho de outra espécie! Uma ave pode estar a voar para casa, levando alimento para os seus próprios filhotes. De repente, pelo canto do olho, vê o superabismo vermelho de um jovem cuco, no ninho de uma ave de espécie completamente diferente. É desviada para o ninho alheio, onde deposita na boca do cuco o alimento que se destinava aos seus próprios filhos. A “teoria da irresistibilidade” encaixa-se bem com as opiniões de ornitólogos alemães do início do século, que se referiam aos pais adotivos como comportando-se como “viciados” e ao cuco como o seu “vício”. É justo acrescentar que este tipo de linguagem é hoje menos aceite entre os investigadores modernos. Mas não há dúvida de que, se assumirmos que a abertura do cuco é um superestímulo poderoso, semelhante a uma droga, torna-se muito mais fácil explicar o que está a acontecer. Torna-se mais fácil simpatizar com o comportamento do pequeno progenitor empoleirado nas costas do seu monstruoso filho. Ele não está a ser estúpido. “Enganado” não é a palavra certa. O seu sistema nervoso está a ser controlado, tão irresistivelmente como se fosse um

viciado impotente, ou como se o cuco fosse um cientista a ligar elétrodos ao seu cérebro.

Mas mesmo que agora sintamos mais simpatia pessoal pelo progenitor manipulado, podemos ainda perguntar por que razão a seleção natural permitiu que os cucos escapassem impunes. Por que é que os sistemas nervosos dos hospedeiros não evoluíram resistência à droga da abertura vermelha? Talvez a seleção ainda não tenha tido tempo de fazer o seu trabalho. Talvez os cucos só tenham começado a parasitar os seus atuais hospedeiros nos últimos séculos e venham a ser forçados, dentro de alguns séculos, a mudar para outras espécies. Há algumas evidências que apoiam esta teoria. Mas não posso deixar de sentir que há mais do que isso.

Na “corrida armamentista” evolutiva entre cucos e qualquer espécie hospedeira, há uma espécie de injustiça incorporada, resultante de custos desiguais em caso de falha. Cada juvenil de cuco é descendente de uma longa linhagem de cucos jovens, todos e cada um dos quais teve de manipular com sucesso o seu progenitor adotivo. Qualquer cuco juvenil que perdesse o controlo, mesmo que por um instante, sobre o seu hospedeiro, teria morrido. Mas cada progenitor adotivo é descendente de uma longa linhagem de ancestrais dos quais muitos nunca encontraram um cuco nas suas vidas. E os que encontraram um cuco no seu ninho podem ter sucumbido a ele e ainda assim vivido para criar outra ninhada na época seguinte. O ponto é que há uma assimetria no custo do fracasso. Genes que falham em resistir à escravidão por cucos podem ser facilmente transmitidos pelas gerações de piscos ou ferreirinhos. Genes que falham em escravizar progenitores adotivos

não podem ser transmitidos pelas gerações de cucos. É isto que quero dizer com “injustiça incorporada” e “assimetria no custo do fracasso”. O ponto é resumido numa das fábulas de Esopo: “O coelho corre mais depressa do que a raposa, porque o coelho corre pela sua vida, enquanto a raposa corre apenas pelo seu jantar.” O meu colega John Krebs e eu chamámos a isto o princípio da vida/jantar.

Por causa do princípio da vida/jantar, os animais podem por vezes comportar-se de formas que não estão nos seus melhores interesses, manipulados por outro animal. Na realidade, num certo sentido, estão a agir nos seus próprios interesses: todo o ponto do princípio da vida/jantar é que teoricamente poderiam resistir à manipulação, mas seria demasiado dispendioso fazê-lo. Talvez para resistir à manipulação de um cuco seja necessário ter olhos maiores ou um cérebro maior, o que implicaria custos energéticos acrescidos. Rivals com uma tendência genética para resistir à manipulação seriam, na verdade, menos bem-sucedidos a transmitir os seus genes, por causa dos custos económicos dessa resistência.

Mas recorregámos novamente para ver a vida do ponto de vista do organismo individual em vez dos seus genes. Quando falámos de tremátodes e caracóis, habituámo-nos à ideia de que os genes de um parasita podem ter efeitos fenotípicos sobre o corpo do hospedeiro, exatamente da mesma forma que os genes de qualquer animal têm efeitos fenotípicos sobre o seu corpo “próprio”. Mostrámos que a própria ideia de um corpo “próprio” é uma suposição enviesada. Num certo sentido, todos os genes num corpo

são genes “parasitas”, quer gostemos de os chamar de genes “próprios” ou não. Os cucos entraram na discussão como um exemplo de parasitas que não vivem dentro dos corpos dos seus hospedeiros. Manipulam os seus hospedeiros de forma muito semelhante aos parasitas internos, e essa manipulação, como agora vimos, pode ser tão poderosa e irresistível como qualquer droga ou hormona interna. Tal como no caso dos parasitas internos, devemos agora reformular toda a questão em termos de genes e fenótipos estendidos.

Na corrida armamentista evolutiva entre cucos e hospedeiros, os avanços de cada lado assumiram a forma de mutações genéticas surgidas e favorecidas pela seleção natural. Seja o que for que exista na abertura do bico do cuco que atue como uma droga no sistema nervoso do hospedeiro, deve ter tido origem numa mutação genética. Esta mutação funcionava através do seu efeito, por exemplo, na cor e na forma da abertura do bico do jovem cuco. Mas mesmo esse não era o seu efeito mais imediato. O efeito mais imediato dava-se ao nível de acontecimentos químicos invisíveis dentro das células. O efeito dos genes sobre a cor e a forma da abertura do bico é ele próprio indireto. E aqui está o ponto essencial: apenas um pouco mais indireto é o efeito desses mesmos genes de cuco sobre o comportamento do hospedeiro enfeitado. No mesmo sentido em que se pode falar dos genes do cuco a terem efeitos (fenotípicos) sobre a cor e a forma da abertura do bico, também se pode falar desses genes como tendo efeitos (fenotípicos estendidos) sobre o comportamento do hospedeiro. Genes de parasitas podem ter efeitos sobre os corpos dos hospedeiros, não apenas quando o parasita vive dentro do hospedeiro e o manipula

por meios químicos diretos, mas também quando está completamente separado do hospedeiro e o manipula à distância. De facto, como estamos prestes a ver, até as influências químicas podem atuar fora do corpo.

Os cucos são criaturas notáveis e instrutivas. Mas quase qualquer maravilha entre os vertebrados pode ser superada pelos insetos. Estes têm a vantagem de serem simplesmente tantos; o meu colega Robert May observou com propriedade que “numa boa aproximação, todas as espécies são insetos”. Os “cucos” insetos desafiam qualquer listagem; são tão numerosos e o seu comportamento foi reinventado tantas vezes. Alguns dos exemplos que iremos explorar ultrapassam o cucoísmo familiar para dar corpo às fantasias mais delirantes que *O Fenótipo Estendido* poderia ter inspirado.

Uma ave-cuco põe o seu ovo e desaparece. Algumas fêmeas cuco entre as formigas fazem-se sentir de forma bem mais dramática. Não costumo apresentar nomes em latim, mas *Bothriomyrmex regicidus* e *B. decapitans* contam uma história. Estas duas espécies são parasitas de outras espécies de formigas. Entre todas as formigas, como se sabe, as crias são alimentadas não pelos pais, mas pelas operárias; são estas, portanto, que qualquer cuco aspirante deve enganar ou manipular. Um passo inicial útil é livrar-se da mãe das operárias, com a sua tendência para produzir ninhadas concorrentes. Nestes dois casos, a rainha parasita, sozinha, infiltra-se no ninho de outra espécie de formiga. Procura a rainha hospedeira e cavalga-lhe o dorso enquanto executa calmamente, citando a subtil, mas macabra expressão de Edward

Wilson, “o único ato para o qual está exclusivamente especializada: cortar lentamente a cabeça da sua vítima”. A assassina é então adotada pelas operárias órfãs, que, sem desconfiança, cuidam dos seus ovos e larvas. Algumas destas desenvolvem-se em operárias que, gradualmente, substituem a espécie original no ninho. Outras tornam-se rainhas, que partem em voo à procura de novas paragens e de mais cabeças coroadas por decapitar.

Mas serrar cabeças é uma tarefa trabalhosa. Os parasitas não costumam cansar-se quando podem coagir um substituto. A minha personagem preferida em *The Insect Societies* de Wilson é *Monomorium santschii*. Esta espécie perdeu, ao longo do tempo evolutivo, a sua casta de operárias por completo. As operárias hospedeiras fazem tudo pelos parasitas, até mesmo a mais terrível das tarefas. A mando da rainha parasita invasora, chegam ao ponto de cometer o ato de assassinar a própria mãe. A usurpadora nem sequer precisa de usar as mandíbulas. Usa controlo mental. Como o faz é um mistério; provavelmente emprega um composto químico, já que os sistemas nervosos das formigas estão geralmente bastante sintonizados com substâncias químicas. Se a sua arma for, de facto, química, então trata-se de uma droga tão insidiosa como qualquer outra conhecida pela ciência. Pense no que ela consegue. Infiltra-se no cérebro da formiga operária, toma o controlo dos seus músculos, seduz-lhe os instintos mais profundos e fá-la voltar-se contra a própria mãe. Para as formigas, o matricídio é um ato de especial loucura genética, e deveras poderosa deve ser a droga que as leva a cometê-lo. No mundo do fenótipo estendido, não se pergunte como o comportamento de um animal beneficia os

seus genes; pergunte-se, em vez disso, de quem são os genes que esse comportamento está a beneficiar.

Não é de estranhar que as formigas sejam exploradas por parasitas — não apenas por outras formigas, mas por uma espantosa menagerie de oportunistas especializados. As operárias canalizam um fluxo rico de alimento, recolhido numa vasta área, para um armazém central que se torna um alvo ideal para os parasitas. As formigas também são bons agentes de proteção: estão bem armadas e são numerosas. Os pulgões do Capítulo 10 podiam ser vistos como pagando néctar em troca da contratação de guarda-costas profissionais. Diversas espécies de borboletas passam o seu estágio de lagarta dentro de ninhos de formigas. Algumas são meras saqueadoras. Outras oferecem algo em troca da proteção. Muitas vezes, estão literalmente equipadas com dispositivos para manipular os seus protetores. A lagarta de uma borboleta chamada *Thisbe irenea* possui um órgão sonoro na cabeça para chamar as formigas e um par de esporões telescópicos na extremidade traseira que expelem néctar sedutor. Nos ombros, ergue-se outro par de bicos, que lançam um feitiço mais subtil. A sua secreção não parece ser alimento, mas uma poção volátil que tem um impacto dramático sobre o comportamento das formigas. Uma formiga sob a influência dessa substância salta no ar, abre as mandíbulas e torna-se agressiva, muito mais disposta do que o habitual a atacar, morder e picar qualquer coisa em movimento. Excetuando, significativamente, a lagarta responsável pela sua intoxicação. Além disso, uma formiga sob o efeito da lagarta traficante entra, por fim, num estado chamado “ligação”, no qual se torna inseparável da lagarta durante vários dias. Tal como os

pulgões, a lagarta emprega as formigas como guarda-costas, mas vai um passo mais além. Enquanto os pulgões se apoiam na agressividade normal das formigas contra predadores, a lagarta administra uma droga que estimula essa agressividade — e parece oferecer-lhes algo com efeito viciante e de longo prazo.

Escolhi exemplos extremos. Mas, de formas mais modestas, a natureza está repleta de animais e plantas que manipulam outros da mesma ou de diferentes espécies. Em todos os casos em que a seleção natural favoreceu genes que manipulam, é legítimo falar desses mesmos genes como tendo efeitos (fenotípicos estendidos) sobre o corpo do organismo manipulado. Não importa em que corpo reside fisicamente um gene. O alvo da sua manipulação pode ser o mesmo corpo ou outro diferente. A seleção natural favorece os genes que manipulam o mundo de forma a garantir a sua própria propagação. Isto leva-nos ao que chamei o teorema central do fenótipo estendido:

O comportamento de um animal tende a maximizar a sobrevivência dos genes “para” esse comportamento, estejam ou não esses genes no corpo do animal que o executa.

Na altura, eu escrevia no contexto do comportamento animal, mas o teorema pode aplicar-se, é claro, à cor, ao tamanho, à forma — a qualquer coisa.

É finalmente altura de regressar ao problema com que começámos: a tensão entre o organismo individual e o gene como candidatos concorrentes ao papel central na seleção natural. Em

capítulos anteriores, parti do princípio de que não havia problema, pois a reprodução individual era equivalente à sobrevivência dos genes. Assumi então que se podia dizer quer “O organismo trabalha para propagar todos os seus genes”, quer “Os genes trabalham para forçar uma sucessão de organismos a propagá-los”. Pareciam duas formas equivalentes de dizer a mesma coisa, e a escolha de palavras parecia uma questão de gosto. Mas, de alguma forma, a tensão permanecia.

Uma maneira de clarificar esta questão é utilizar os termos “replicador” e “veículo”. As unidades fundamentais da seleção natural, as entidades básicas que sobrevivem ou deixam de sobreviver, que formam linhagens de cópias idênticas com mutações aleatórias ocasionais, são chamadas replicadores. As moléculas de ADN são replicadores. Geralmente, por razões que veremos adiante, elas agrupam-se em grandes máquinas cooperativas de sobrevivência, ou “veículos”. Os veículos que melhor conhecemos são corpos individuais como o nosso. Um corpo, então, não é um replicador; é um veículo. Devo frisar isto, pois o ponto tem sido mal compreendido. Os veículos não se replicam; trabalham para propagar os seus replicadores. Os replicadores não têm comportamentos, não percebem o mundo, não caçam presas nem fogem de predadores; eles fabricam veículos que fazem todas essas coisas. Para muitos fins, é conveniente que os biólogos se concentrem no nível do veículo. Para outros, é mais útil que se concentrem no nível do replicador. Gene e organismo individual não são rivais pelo papel principal no drama darwinista. Estão atribuídos a papéis diferentes, complementares e, sob muitos

aspectos, igualmente importantes: o papel de replicador e o papel de veículo.

A terminologia replicador/veículo é útil de várias formas. Por exemplo, esclarece uma polémica irritante sobre o nível em que atua a seleção natural. À primeira vista, pode parecer lógico situar a “seleção individual” numa espécie de escada de níveis de seleção, a meio caminho entre a “seleção genética” defendida no Capítulo 3 e a “seleção de grupo” criticada no Capítulo 7. A “seleção individual” parece ser um caminho intermédio entre dois extremos, e muitos biólogos e filósofos foram seduzidos por este raciocínio fácil, tratando-o como tal. Mas agora podemos ver que não é assim. Podemos agora perceber que o organismo e o grupo de organismos são rivais reais pelo papel de veículo na história — mas nenhum deles é sequer candidato ao papel de replicador. A controvérsia entre “seleção individual” e “seleção de grupo” é uma verdadeira disputa entre veículos alternativos. Já o contraste entre seleção individual e seleção genética não é uma controvérsia de todo, pois gene e organismo são candidatos a papéis diferentes e complementares na narrativa: o replicador e o veículo.

A rivalidade entre o organismo individual e o grupo de organismos pelo papel de veículo, sendo uma rivalidade real, pode ser resolvida. Acontece que, na minha opinião, o desfecho é uma vitória clara para o organismo individual. O grupo é uma entidade demasiado difusa. Um rebanho de veados, um bando de leões ou uma alcateia de lobos possui alguma coerência rudimentar e unidade de propósito. Mas isto é insignificante em comparação com a coerência e unidade de propósito do corpo de um leão, lobo ou

veado individual. Esta constatação é hoje amplamente aceite, mas porquê? Fenótipos estendidos e parasitas podem, mais uma vez, ajudar-nos.

Vimos que, quando os genes de um parasita cooperam entre si, mas em oposição aos genes do hospedeiro (que também cooperam entre si), isso acontece porque os dois conjuntos de genes têm métodos diferentes de abandonar o veículo partilhado — o corpo do hospedeiro. Os genes do caracol saem do veículo comum através do esperma e dos óvulos do caracol. Como todos os genes do caracol têm a mesma aposta em cada espermatozoide e cada óvulo, como todos participam na mesma meiose imparcial, colaboram em prol do bem comum e, por isso, tendem a tornar o corpo do caracol um veículo coerente e com propósito. A verdadeira razão pela qual uma duela é reconhecidamente separada do seu hospedeiro, a razão pela qual não funde os seus propósitos e identidade com os do hospedeiro, é que os genes da duela não partilham o método dos genes do caracol para abandonar o veículo partilhado e não participam na lotaria meiótica do caracol — têm uma lotaria própria. Por conseguinte, nessa medida, e apenas nessa, os dois veículos permanecem separados: um caracol e uma duela reconhecidamente distinta dentro dele. Se os genes da duela fossem transmitidos nos óvulos e espermatozoides do caracol, os dois corpos evoluiriam para se tornarem uma só carne. Talvez nem conseguíssemos perceber que alguma vez existiram dois veículos distintos.

Organismos “individuais” como nós próprios são a derradeira manifestação de muitas dessas uniões. O grupo de organismos — o

bando de aves, a alcateia de lobos — não se funde num único veículo, precisamente porque os genes no bando ou na alcateia não partilham um método comum de abandonar o veículo presente. É verdade que alcateias podem dar origem a novas alcateias. Mas os genes da alcateia progenitora não passam para a alcateia filha num único recipiente em que todos tenham uma quota igual. Os genes numa alcateia de lobos não têm todos algo a ganhar com o mesmo conjunto de acontecimentos futuros. Um gene pode promover o seu próprio bem-estar futuro ao favorecer o seu lobo individual, em detrimento de outros lobos individuais. Um lobo individual, portanto, é um veículo digno desse nome. Uma alcateia de lobos não o é. Geneticamente falando, a razão disto é que todas as células, exceto as células sexuais, no corpo de um lobo possuem os mesmos genes, enquanto que, no que toca às células sexuais, todos os genes têm a mesma probabilidade de estar em cada uma delas. Mas as células numa alcateia de lobos não possuem os mesmos genes, nem têm a mesma probabilidade de estar presentes nas células de subalcateias que se destacam. Têm tudo a ganhar em competir contra rivais noutros corpos de lobo (embora o facto de uma alcateia de lobos ser provavelmente um grupo de parentes atenua essa luta).

A qualidade essencial que uma entidade precisa de possuir, se quiser tornar-se num veículo eficaz de genes, é esta: deve ter um canal de saída imparcial para o futuro, para todos os genes que contém. Isto é verdade para um lobo individual. O canal é o fio estreito de espermatozoides ou óvulos que este fabrica por meiose. Não é verdade para a alcateia de lobos. Os genes têm algo a ganhar ao promover egoisticamente o bem-estar dos seus próprios corpos

individuais, em detrimento de outros genes da alcateia. Uma colmeia, quando enxameia, parece reproduzir-se por uma espécie de brotamento em frente alargada, tal como uma alcateia. Mas, se olharmos com mais atenção, verificamos que, no que diz respeito aos genes, o seu destino é largamente partilhado. O futuro dos genes no enxame está, pelo menos em grande medida, alojado nos ovários de uma única rainha. É por isso — apenas outra forma de expressar a mensagem dos capítulos anteriores — que a colónia de abelhas parece e comporta-se como um verdadeiro veículo único e integrado.

Por toda a parte verificamos que a vida, na prática, está agrupada em veículos discretos e individualmente orientados, como lobos e colmeias. Mas a doutrina do fenótipo alargado ensinou-nos que não tinha de ser assim. Fundamentalmente, tudo o que temos o direito de esperar da nossa teoria é um campo de batalha de replicadores, empurrando-se, competindo, lutando por um futuro no além genético. As armas da luta são os efeitos fenotípicos — inicialmente, efeitos químicos diretos nas células, mas que eventualmente se tornam penas, presas e até efeitos ainda mais remotos. A verdade inegável é que estes efeitos fenotípicos acabaram, na sua maioria, por ser agrupados em veículos discretos, cada um com os seus genes disciplinados e ordenados pela perspectiva de um gargalo partilhado de espermatozoides ou óvulos que os canaliza para o futuro. Mas este não é um facto que se deva dar por garantido. É um facto que merece ser questionado e admirado por si só. Por que é que os genes se juntaram em grandes veículos, cada um com uma única via genética de saída? Por que é que os genes decidiram aliar-se para construir grandes corpos nos

quais viver? Em *O Fenótipo Alargado*, tento desenvolver uma resposta para este problema difícil. Aqui só poderei esboçar parte dessa resposta — embora, como seria de esperar ao fim de sete anos, possa também levá-la um pouco mais além.

Dividirei a questão em três partes: Por que é que os genes se aliaram em células? Por que é que as células se agruparam em corpos multicelulares? E por que é que os corpos adotaram aquilo a que chamarei um ciclo de vida “gargalado”?

Primeiro então: por que é que os genes se aliaram em células? Por que é que aqueles replicadores antigos abdicaram da liberdade cavalheiresca da sopa primordial e optaram por formar colónias gigantescas? Por que cooperam eles? Podemos ver parte da resposta observando como as moléculas modernas de ADN cooperam nas fábricas químicas que são as células vivas. As moléculas de ADN fabricam proteínas. As proteínas funcionam como enzimas, catalisando reações químicas específicas. Muitas vezes, uma única reação química não é suficiente para sintetizar um produto final útil. Numa fábrica farmacêutica humana, a síntese de um químico útil requer uma linha de produção. A substância inicial não pode ser transformada diretamente no produto desejado. É necessário sintetizar uma série de intermediários em sequência rigorosa. Grande parte da engenhosidade de um químico investigador é dedicada a conceber percursos viáveis de intermediários entre os químicos de partida e os produtos finais. Do mesmo modo, as enzimas isoladas numa célula viva normalmente não conseguem, por si só, produzir um produto útil a partir de uma substância inicial. É necessário um conjunto completo de enzimas:

uma para catalisar a transformação da matéria-prima no primeiro intermediário, outra para converter o primeiro no segundo, e assim sucessivamente.

Cada uma dessas enzimas é fabricada por um gene. Se for necessário um conjunto de seis enzimas para um determinado percurso sintético, todos os seis genes correspondentes têm de estar presentes. Agora, é perfeitamente possível que existam dois percursos alternativos para chegar ao mesmo produto final, cada um exigindo seis enzimas diferentes, sem que haja preferência entre eles. Isto acontece nas fábricas químicas. O percurso escolhido pode ser fruto do acaso histórico ou resultado de planeamento deliberado dos químicos. Na química da natureza, essa escolha nunca será deliberada. Resultará, em vez disso, da seleção natural. Mas como pode a seleção natural garantir que os dois percursos não se misturem, e que surjam grupos cooperantes de genes compatíveis? De modo muito semelhante ao que sugeri na minha analogia com os remadores alemães e ingleses (Capítulo 5). O importante é que um gene para uma etapa no percurso 1 prosperará na presença dos genes para as outras etapas do percurso 1, mas não na presença dos genes do percurso 2. Se a população estiver já dominada pelos genes do percurso 1, a seleção favorecerá os restantes genes do percurso 1 e penalizará os do percurso 2. E vice-versa. Por muito tentador que seja, é incorreto afirmar que os genes das seis enzimas do percurso 2 são selecionados “enquanto grupo”. Cada um é selecionado como um gene egoísta separado, mas prospera apenas na presença do conjunto certo de outros genes.

Atualmente, esta cooperação entre genes ocorre no interior das células. Deve ter começado como uma cooperação rudimentar entre moléculas autorreplicantes na sopa primordial (ou qualquer que tenha sido o meio primordial). As paredes celulares talvez tenham surgido como mecanismo para manter os químicos úteis juntos e evitar que se dispersassem. Muitas das reações químicas na célula ocorrem de facto na estrutura das membranas; uma membrana atua como uma correia transportadora combinada com um suporte de tubos de ensaio. Mas a cooperação entre genes não ficou limitada à bioquímica celular. As células agruparam-se (ou não se separaram após a divisão celular) para formar corpos multicelulares.

Isto leva-nos à segunda das três perguntas: Por que é que as células se agruparam? Por que os robôs desajeitados? Esta é outra questão sobre cooperação. Mas o domínio passou do mundo molecular para uma escala maior. Os corpos multicelulares ultrapassam o microscópio. Podem até tornar-se elefantes ou baleias. Ser grande não é necessariamente uma vantagem: a maioria dos organismos são bactérias, e muito poucos são elefantes. Mas quando todos os modos de subsistência acessíveis a organismos pequenos estão ocupados, continuam a existir modos de vida prósperos para os organismos maiores. Organismos grandes podem comer os pequenos, por exemplo, e podem evitar ser comidos por eles.

As vantagens de pertencer a um “clube” de células não se esgotam no tamanho. As células do clube podem especializar-se, tornando-se assim mais eficientes na execução da sua tarefa

particular. As células especializadas servem outras células no clube e beneficiam também da eficiência das restantes especialistas. Havendo muitas células, algumas podem especializar-se como sensores para detetar presas, outras como nervos para transmitir a mensagem, outras como células urticantes para paralisar a presa, células musculares para mover os tentáculos e capturar a presa, células secretoras para a dissolver, e ainda outras para absorver os sucos. Não devemos esquecer que, pelo menos em corpos modernos como o nosso, as células são um clone. Todas contêm os mesmos genes, embora genes diferentes sejam ativados nas diversas células especializadas. Os genes em cada tipo celular beneficiam diretamente as suas próprias cópias na minoria de células especializadas na reprodução — as células da linhagem germinativa imortal.

Resta-nos a terceira pergunta: Por que é que os corpos participam num ciclo de vida “gargalado”?

Para começar, o que quero dizer com “gargalado”? Por mais células que existam no corpo de um elefante, o elefante começou como uma única célula, um óvulo fecundado. O óvulo fecundado é um gargalo estreito que, durante o desenvolvimento embrionário, se alarga até aos triliões de células de um elefante adulto. E, independentemente do número de células, ou do número de tipos especializados de células que cooperam para realizar a tarefa inimaginavelmente complexa de gerir um elefante adulto, os esforços de todas essas células convergem num objetivo final: a produção de células únicas novamente — espermatozoides ou óvulos. O elefante não só tem o seu início numa única célula, um

óvulo fecundado. O seu fim — no sentido de objetivo ou produto final — é a produção de células únicas, óvulos fecundados da geração seguinte. O ciclo de vida do elefante, largo e maciço, começa e termina com um gargalo estreito. Este gargalo é característico dos ciclos de vida de todos os animais multicelulares e da maioria das plantas. Porquê? Qual é o seu significado? Não podemos responder sem considerar como seria a vida sem esse gargalo.

Será útil imaginar duas espécies hipotéticas de algas marinhas, chamadas alga-garrafa e alga-derramada. A alga-derramada cresce sob a forma de ramos amorfos e espalhados no mar. De tempos a tempos, ramos partem-se e flutuam. Essas quebras podem ocorrer em qualquer ponto da planta, e os fragmentos podem ser grandes ou pequenos. Tal como as estacas num jardim, são capazes de crescer tal como a planta original. Este desprendimento de partes é o método reprodutivo da espécie. Como se nota, não é realmente diferente do seu método de crescimento, exceto pelo facto de as partes em crescimento se tornarem fisicamente separadas entre si.

A alga-garrafa tem o mesmo aspeto e cresce da mesma forma desordenada. Há, no entanto, uma diferença crucial: reproduz-se libertando esporos unicelulares que flutuam no mar e crescem em novas plantas. Estes esporos são apenas células da planta, como quaisquer outras. Tal como no caso da alga-derramada, não há envolvimento de sexo. As filhas de uma planta consistem em células que são clones das células da planta-mãe. A única diferença entre as duas espécies é que a alga-derramada se reproduz por desprendimento de pedaços de si própria compostos por um

número indeterminado de células, enquanto a alga-garrafa se reproduz por desprendimento de pedaços compostos sempre por células únicas.

Ao imaginarmos estes dois tipos de planta, conseguimos identificar com precisão a diferença crucial entre um ciclo de vida gargalado e um não gargalado. A alga-garrafa reproduz-se ao espremer-se, a cada geração, através de um gargalo unicelular. A alga-derramada simplesmente cresce e divide-se em duas. Mal se pode dizer que possui “gerações” discretas, ou que consiste em “organismos” discretos, sequer. E a alga-garrafa? Irei explicá-lo em breve, mas já conseguimos vislumbrar parte da resposta. A alga-garrafa não parece já ter um carácter mais discreto, mais “organísmico”?

Como vimos, a alga-derramada reproduz-se pelo mesmo processo através do qual cresce. Na verdade, mal se pode dizer que se reproduza. A alga-garrafa, por outro lado, estabelece uma separação clara entre crescimento e reprodução. Identificámos a diferença — mas e depois? Qual é a sua importância? Por que é que isso interessa? Pensei muito sobre isto e creio saber a resposta. (Aliás, foi mais difícil perceber que havia uma pergunta do que pensar na resposta!) A resposta pode ser dividida em três partes, sendo que as duas primeiras dizem respeito à relação entre evolução e desenvolvimento embrionário.

Em primeiro lugar, pense no problema de evoluir um órgão complexo a partir de um mais simples. Não precisamos de ficar pelas plantas, e nesta fase do argumento poderá até ser melhor

mudar para animais, dado que têm órgãos mais obviamente complicados. Novamente, não há necessidade de pensar em termos de reprodução sexual — a distinção entre reprodução sexual e assexual é aqui uma falsa pista. Podemos imaginar os nossos animais a reproduzirem-se enviando esporos não sexuais, células únicas que, salvo mutações, são geneticamente idênticas entre si e a todas as outras células do corpo.

Os órgãos complicados de um animal avançado como um humano ou um bicho-de-conta evoluíram gradualmente a partir de órgãos mais simples dos seus antepassados. Mas os órgãos ancestrais não se transformaram literalmente nos órgãos dos descendentes, como espadas a serem batidas até se tornarem arados. Não só isso não aconteceu — o ponto que quero destacar é que, na maioria dos casos, isso não poderia ter acontecido. Existe apenas uma quantidade limitada de mudança que pode ser conseguida por transformação direta nesse estilo de “espada em arado”. Alterações verdadeiramente radicais só podem ser alcançadas ao “voltar à prancheta”, deitando fora o projeto anterior e começando de novo. Quando os engenheiros voltam à prancheta e criam um novo projeto, não deitam necessariamente fora todas as ideias do antigo. Mas também não tentam deformar literalmente o objeto físico antigo para fazer dele o novo. O objeto antigo está demasiado carregado com o entulho da sua história. Talvez se consiga bater uma espada até a transformar num arado — mas tente bater um motor de hélice até o transformar num motor a jato! Não dá. Tem de deitar fora o motor de hélice e voltar à prancheta.

Os seres vivos, naturalmente, nunca foram desenhados em pranchetas. Mas fazem de facto novos começos. Iniciam cada geração com uma página em branco. Cada novo organismo começa como uma única célula e cresce de novo. Herda as ideias do projeto ancestral, na forma do programa de ADN, mas não herda os órgãos físicos dos seus antepassados. Não herda o coração do progenitor e remodela-o para se tornar num coração novo (e eventualmente melhorado). Começa do zero, como uma única célula, e desenvolve um novo coração, utilizando o mesmo programa de projeto do coração do progenitor — ao qual podem ser acrescentadas melhorias. Estás a ver a conclusão a que quero chegar. Um dos aspetos importantes de um ciclo de vida gargalado é que torna possível o equivalente a voltar à prancheta.

O gargalo no ciclo de vida tem uma segunda consequência, relacionada com a anterior. Fornece um “calendário” que pode ser usado para regular os processos da embriologia. Num ciclo de vida gargalado, cada nova geração percorre aproximadamente a mesma sucessão de acontecimentos. O organismo começa como uma única célula. Cresce por divisão celular. E reproduz-se ao emitir células-filhas. Presumivelmente, acaba por morrer — mas isso é menos importante do que nos parece a nós, mortais; para os efeitos desta discussão, o ciclo atinge o seu fim quando o organismo atual se reproduz e se inicia o ciclo da nova geração. Embora, em teoria, o organismo pudesse reproduzir-se em qualquer altura durante a fase de crescimento, é de esperar que eventualmente surja um momento ótimo para a reprodução. Organismos que libertassem esporos quando ainda fossem demasiado jovens ou já demasiado velhos acabariam por ter menos descendentes do que rivais que

acumulassem força e depois libertassem uma quantidade maciça de esporos no auge da vida.

O argumento começa a encaminhar-se para a ideia de um ciclo de vida estereotipado e regularmente repetido. Cada geração não começa apenas com um gargalo unicelular. Tem também uma fase de crescimento — uma espécie de “infância” — com duração relativamente fixa. Essa duração fixa, essa estereotipia da fase de crescimento, torna possível que certas coisas ocorram em momentos específicos durante o desenvolvimento embrionário, como se regidas por um calendário rigorosamente seguido. Em graus diferentes consoante o tipo de criatura, as divisões celulares durante o desenvolvimento ocorrem numa sequência rígida — uma sequência que se repete em cada iteração do ciclo de vida. Cada célula tem o seu próprio local e momento de aparecimento na ordem das divisões celulares. Em alguns casos, aliás, esta precisão é tal que os embriologistas conseguem atribuir um nome a cada célula, e uma célula dada num organismo individual pode ser considerada como tendo um equivalente exato noutro organismo.

Assim, o ciclo de crescimento estereotipado fornece um relógio, ou calendário, através do qual os acontecimentos embriológicos podem ser desencadeados. Pense em como usamos com facilidade os ciclos da rotação diária da Terra e da sua translação anual à volta do Sol para estruturar e organizar as nossas vidas. Do mesmo modo, os ritmos de crescimento repetidos até ao infinito, impostos por um ciclo de vida gargalado, irão — parece quase inevitável — ser utilizados para ordenar e estruturar a embriologia. Genes específicos podem ser ativados e desativados em momentos

específicos porque o calendário gargalo/crescimento garante que exista uma tal coisa como um “momento específico”. Essa regulação bem temperada da atividade genética é pré-requisito para a evolução de embriologias capazes de esculpir tecidos e órgãos complexos. A precisão e complexidade do olho de uma águia ou da asa de uma andorinha não poderiam emergir sem regras temporais rigorosas sobre o quê deve ser formado quando.

A terceira consequência de um ciclo de vida com gargalo é de natureza genética. Aqui, o exemplo do alga-fivela e da erva-explosiva volta a servir-nos. Suponhamos, mais uma vez para simplificar, que ambas as espécies se reproduzem assexuadamente. Pense em como poderão evoluir. A evolução requer alteração genética — mutação. A mutação pode ocorrer em qualquer divisão celular. Na erva-explosiva, as linhagens celulares têm uma frente ampla, o oposto de um gargalo. Cada ramo que se solta e se afasta é composto por várias células. É, por isso, perfeitamente possível que duas células de uma mesma “filha” sejam parentes mais distantes entre si do que cada uma delas é em relação às células da planta-mãe. (Por “parentes”, quero dizer literalmente primos, netos e assim por diante. As células têm linhas de descendência bem definidas, e essas linhas são ramificadas, pelo que expressões como “primo em segundo grau” podem ser usadas a propósito de células num corpo, sem qualquer embaraço.) A alga-fivela difere fortemente da erva-explosiva neste ponto. Todas as células de uma planta-filha descendem de uma única célula-esporo, o que significa que todas as células de uma dada planta são parentes mais próximas umas das outras do que de qualquer célula de outra planta.

Esta diferença entre as duas espécies tem consequências genéticas importantes. Pense no destino de um gene recém-mutado, primeiro na erva-explosiva, depois na alga-fivela. Na erva-explosiva, a nova mutação pode surgir em qualquer célula, em qualquer ramo da planta. Como as plantas-filhas são produzidas por rebentação em frente ampla, os descendentes em linha dessa célula mutante podem acabar por partilhar plantas-filhas e plantas-netas com células não-mutadas que são parentes relativamente distantes. Já na alga-fivela, o ancestral comum mais recente de todas as células de uma planta não é mais antigo do que o esporo que deu origem ao início gargalado da planta. Se esse esporo contiver o gene mutante, todas as células da nova planta o terão. Se o esporo não o contiver, nenhuma o terá. As células da alga-fivela serão, assim, geneticamente mais uniformes dentro da planta do que as da erva-explosiva (salvo uma mutação reversa ocasional). Na alga-fivela, a planta individual será uma unidade com identidade genética, merecendo verdadeiramente o nome de indivíduo. As plantas da erva-explosiva terão menos identidade genética e estarão menos aptas a merecer o nome de “indivíduo” do que as suas congêneres da alga-fivela.

Isto não é meramente uma questão de terminologia. Na presença de mutações, as células de uma planta de erva-explosiva não partilharão necessariamente os mesmos interesses genéticos. Um gene numa célula da erva-explosiva pode beneficiar promovendo a reprodução da sua própria célula, e não necessariamente a reprodução da planta “individual” onde se encontra. A mutação tornará improvável que as células de uma planta sejam geneticamente idênticas, pelo que não colaborarão de

forma plena na fabricação de órgãos e novas plantas. A seleção natural atuará sobre as células, e não sobre as “plantas”, no caso da erva-explosiva. Na alga-fivela, pelo contrário, todas as células de uma planta tenderão a partilhar os mesmos genes, já que só mutações muito recentes poderão diferenciá-las. Por isso, cooperarão de bom grado na construção de máquinas de sobrevivência eficientes. As células de plantas diferentes são mais propensas a apresentar genes diferentes, já que passaram por gargalos distintos — e isso significa que a maioria dos genes diferirá. A seleção, assim, avaliará plantas rivais, e não células rivais como na erva-explosiva. Podemos, portanto, esperar a evolução de órgãos e dispositivos que sirvam toda a planta.

A propósito — para os que tenham interesse profissional — há aqui uma analogia com o argumento da seleção de grupo. Podemos pensar num organismo individual como um “grupo” de células. Uma forma de seleção de grupo pode funcionar, desde que se encontre algum mecanismo para aumentar a relação entre a variação entre grupos e a variação dentro do grupo. O hábito reprodutivo da alga-fivela tem exatamente o efeito de aumentar essa relação; o da erva-explosiva produz exatamente o efeito oposto. Existem também semelhanças — potencialmente reveladoras, mas que não explorarei — entre o “gargalo” e duas outras ideias que dominaram este capítulo. Primeiro, a ideia de que parasitas cooperarão com os hospedeiros na medida em que os seus genes passem à geração seguinte nas mesmas células reprodutivas que os genes do hospedeiro — ou seja, que atravessem o mesmo gargalo. Em segundo lugar, a ideia de que as células de um corpo de reprodução

sexuada cooperam entre si apenas porque a meiose é escrupulosamente justa.

Para resumir, vimos três razões pelas quais um ciclo de vida com gargalo tende a favorecer a evolução do organismo como veículo discreto e unitário. Podemos nomeá-las, respetivamente, como:

1. Voltar à estaca zero
2. Ciclo temporal ordenado
3. Uniformidade celular

Qual surgiu primeiro: o gargalo do ciclo de vida ou o organismo discreto? Gostaria de pensar que evoluíram em conjunto. De facto, suspeito que a característica essencial e definidora de um organismo individual é ser uma unidade que começa e termina num gargalo unicelular. Se os ciclos de vida se tornam gargalados, o material vivo parece inevitavelmente tender a ser encapsulado em organismos discretos e unitários. E quanto mais o material vivo for encapsulado em máquinas de sobrevivência discretas, mais as células dessas máquinas se concentrarão no esforço de servir aquela classe especial de células destinadas a transportar os seus genes partilhados através do gargalo até à próxima geração. Os dois fenómenos — ciclos de vida com gargalo e organismos discretos — caminham lado a lado. À medida que cada um evolui, reforça o outro. São mutuamente potenciadores, como os

sentimentos crescentes de uma mulher e de um homem durante o desenrolar de um caso amoroso.

O Fenótipo Alargado é um livro extenso, e o seu argumento não pode ser facilmente comprimido num único capítulo. Fui obrigado aqui a adotar um estilo condensado, algo intuitivo, até impressionista. Espero, contudo, ter conseguido transmitir o sabor do argumento.

Permita-me terminar com um breve manifesto, um resumo de toda a visão da vida baseada no gene egoísta e no fenótipo alargado. Trata-se de uma visão que, sustento, se aplica a todos os seres vivos em qualquer parte do universo. A unidade fundamental, o motor primeiro de toda a vida, é o replicador. Um replicador é qualquer entidade no universo da qual se fazem cópias. Os replicadores surgem, em primeiro lugar, por acaso, através do choque aleatório de partículas menores. Uma vez que um replicador surge, é capaz de gerar um conjunto indefinidamente grande de cópias de si próprio. Nenhum processo de cópia é perfeito, e a população de replicadores começa a incluir variedades que diferem entre si. Algumas dessas variedades perdem a capacidade de se autorreplicar, e a sua estirpe deixa de existir quando elas próprias desaparecem. Outras continuam a replicar-se, mas com menor eficácia. Outras ainda revelam-se dotadas de novas artimanhas: tornam-se replicadores ainda melhores do que os seus predecessores e contemporâneos. É a sua descendência que passa a dominar a população. Com o passar do tempo, o mundo enche-se dos replicadores mais poderosos e engenhosos.

Gradualmente, descobrem-se formas cada vez mais elaboradas de ser um bom replicador. Os replicadores sobrevivem não só pelas suas propriedades intrínsecas, mas também pelas suas consequências no mundo. Estas consequências podem ser bastante indiretas. Tudo o que é necessário é que, no fim de contas, essas consequências — por mais tortuosas ou indiretas que sejam — se repercutam no sucesso do replicador em fazer-se copiar.

O sucesso de um replicador no mundo dependerá do tipo de mundo em que se encontra — das condições pré-existentes. Entre as mais importantes dessas condições estarão outros replicadores e as suas consequências. Tal como os remadores ingleses e alemães, replicadores mutuamente benéficos tenderão a predominar na presença uns dos outros. A certa altura na evolução da vida na Terra, essa aliança entre replicadores compatíveis começou a formalizar-se na criação de veículos discretos — células e, mais tarde, corpos multicelulares. Os veículos que evoluíram ciclos de vida gargalados prosperaram e tornaram-se mais discretos e “veiculares”.

Este embalamento do material vivo em veículos discretos tornou-se um traço tão saliente e dominante que, quando os biólogos surgiram e começaram a colocar questões sobre a vida, as suas perguntas incidiram principalmente sobre os veículos — os organismos individuais. O organismo individual surgiu em primeiro lugar na consciência do biólogo, enquanto os replicadores — hoje conhecidos como genes — eram vistos como parte da maquinaria usada pelos organismos. É necessário um esforço mental deliberado

para reverter esta perspetiva e lembrar-nos de que os replicadores vêm primeiro — em importância e em história.

Uma maneira de o fazer é lembrar que, mesmo hoje, nem todos os efeitos fenotípicos de um gene estão confinados ao corpo individual onde se encontra. Em princípio — e de facto —, o gene estende-se para além da parede corporal, manipulando objetos no mundo exterior: alguns inanimados, outros seres vivos, e alguns até muito distantes. Com apenas um pouco de imaginação, podemos ver o gene como estando no centro de uma teia radiante de poder fenotípico alargado. E um objeto no mundo é o centro de uma teia convergente de influências oriundas de muitos genes alojados em muitos organismos. O longo alcance do gene não conhece fronteiras óbvias. Todo o mundo está atravessado por setas causais que ligam genes a efeitos fenotípicos, próximos e distantes.

É um facto adicional — demasiado importante na prática para ser chamado de incidental, mas não necessário em teoria para ser considerado inevitável — que essas setas causais se tenham aglutinado. Os replicadores já não estão dispersos livremente pelo mar; estão embalados em vastas colónias — os corpos individuais. E as consequências fenotípicas, em vez de estarem distribuídas uniformemente pelo mundo, condensaram-se, em muitos casos, nesses mesmos corpos. Mas o corpo individual, tão familiar para nós neste planeta, não tinha de existir. A única entidade que precisa de existir para que a vida surja, em qualquer parte do universo, é o replicador imortal.

Epílogo da Edição do 40º Aniversário

Os cientistas, ao contrário dos políticos, podem sentir prazer em estar errados. Um político que muda de opinião é acusado de “volte-face” (dar meia-volta). Tony Blair gabava-se de que “não tinha marcha-atrás”. Os cientistas, em geral, preferem ver as suas ideias confirmadas, mas uma inversão ocasional granjeia respeito, especialmente quando reconhecida com elegância. Nunca ouvi nenhum cientista ser difamado por ser incoerente.

De certo modo, até gostaria de encontrar formas de renegar a mensagem central de *O Gene Egoísta*. Tantas coisas entusiasmantes estão a acontecer rapidamente no mundo da genómica que pareceria quase inevitável — até aliciante — que um livro com a palavra “gene” no título necessitasse, quarenta anos depois, de uma revisão drástica, senão mesmo de ser descartado por completo. Isso poderia, de facto, ser o caso, se não fosse pelo facto de “gene” ser usado neste livro num sentido especial, adaptado à evolução e não à embriologia. A minha definição é a de George C. Williams, um dos heróis reconhecidos do livro, agora perdido para nós, juntamente com John Maynard Smith e Bill Hamilton: “Um gene é definido como qualquer porção de material cromossómico que potencialmente perdura por gerações suficientes para servir como unidade de seleção natural.” Levei isto até uma conclusão algo jocosa: “Para sermos rigorosos, este livro deveria chamar-se... O bocadinho algo egoísta do cromossoma grande e o bocadinho ainda mais egoísta do cromossoma pequeno.” Em contraste com a preocupação do embriologista sobre como os genes afetam os fenótipos, temos aqui a preocupação neodarwinista com as mudanças nas frequências de entidades em populações. Essas entidades são genes no sentido de Williams (que mais tarde designou esse sentido como “código”). Os genes podem ser contados, e a sua frequência é a medida do seu sucesso. Uma das mensagens centrais deste livro é que o organismo individual não possui essa propriedade. Um organismo tem uma frequência de um e, portanto, não pode “servir como unidade de seleção natural”. Pelo menos, não no mesmo sentido de um replicador. Se o organismo for uma unidade de seleção natural, é num sentido bastante diferente: o de “veículo” do gene. A medida do seu sucesso é a frequência dos seus genes nas gerações futuras, e a quantidade que se esforça por maximizar é o que Hamilton definiu como “aptidão inclusiva”.

Um gene alcança o seu sucesso numérico na população graças aos seus efeitos (fenotípicos) nos corpos individuais. Um gene bem-sucedido está representado em muitos corpos durante um longo período de tempo. Ajuda esses corpos a sobreviver tempo suficiente para se reproduzirem no ambiente. Mas “ambiente” significa não apenas o ambiente externo do corpo — árvores, água, predadores, etc. — mas também o ambiente interno, e especialmente os outros genes com os quais o gene egoísta partilha uma sucessão de corpos através da população e ao longo das gerações. Daqui resulta que a seleção natural favorece genes que prosperam na companhia de outros genes da população reprodutora. Os genes são de facto “egoístas” no sentido promovido neste livro. Mas também são cooperativos com os outros genes com os quais partilham, não apenas o corpo presente, mas os corpos em geral, gerados pelo fundo genético da espécie. Uma população com reprodução sexuada é um cartel de genes mutuamente compatíveis e cooperantes: cooperam hoje porque prosperaram ao cooperar através de muitas gerações de corpos semelhantes no passado ancestral. O ponto importante a compreender (é frequentemente mal interpretado) é que essa cooperação é favorecida, não porque um grupo de genes seja naturalmente selecionado como um todo, mas porque genes individuais são selecionados separadamente no contexto dos outros genes que provavelmente encontrarão num corpo — ou seja, os outros genes no fundo genético da espécie. O fundo, portanto, do qual cada indivíduo de uma espécie com reprodução sexuada extrai os seus genes como uma amostra. Os genes da espécie (mas não os de outras espécies) estão continuamente a encontrar-se — e a cooperar — numa sucessão de corpos.

Ainda não compreendemos verdadeiramente o que impulsionou a origem da reprodução sexuada. Mas uma das consequências da reprodução sexuada foi a invenção da espécie como o habitat de cartéis cooperantes de genes mutuamente compatíveis. Como explicado no capítulo intitulado *O Alcance Longínquo do Gene*, a chave da cooperação é o facto de, em cada geração, todos os genes num corpo partilharem a mesma rota de saída “estreitada” para o futuro: os espermatozoides ou óvulos nos quais aspiram a embarcar rumo à geração seguinte. *O Gene Cooperativo* teria sido um título igualmente apropriado para este livro — e o conteúdo do livro não teria mudado nada. Suspeito que muitas críticas equivocadas poderiam ter sido evitadas.

Outro bom título teria sido *O Gene Imortal*. Além de mais poético do que “egoísta”, “imortal” capta uma parte essencial do argumento do livro. A elevada fidelidade na cópia do ADN — as

mutações são raras — é essencial à evolução por seleção natural. Alta fidelidade significa que os genes, sob a forma de cópias informacionais exatas, podem sobreviver durante milhões de anos. Os bem-sucedidos, entenda-se. Os mal-sucedidos, por definição, não. Essa diferença não teria importância se a longevidade potencial de uma informação genética fosse curta, de qualquer forma. Visto de outro ângulo, cada indivíduo vivo foi construído, durante o seu desenvolvimento embrionário, por genes que conseguem traçar a sua ancestralidade através de um número vastíssimo de gerações, em muitíssimos indivíduos. Os animais vivos herdaram os genes que ajudaram um enorme número de antepassados a sobreviver. É por isso que os animais vivos têm o que é necessário para sobreviver — e reproduzir-se. Os detalhes daquilo que é necessário variam de espécie para espécie — predador ou presa, parasita ou hospedeiro, adaptado à água ou à terra, ao subsolo ou ao dossel da floresta — mas a regra geral mantém-se.

Um ponto central do livro é o desenvolvido pelo meu amigo, o grande Bill Hamilton, cuja morte ainda lamento. Espera-se que os animais cuidem não apenas da sua própria descendência, mas também de outros parentes genéticos. A forma simples de o expressar — e a que prefiro — é a “Regra de Hamilton”: um gene para o altruísmo propaga-se se o custo para o altruísta, C , for inferior ao benefício, B , para o beneficiário, desvalorizado pelo coeficiente de parentesco, r , entre eles. r é uma proporção entre 0 e 1. Tem o valor 1 para gémeos idênticos; 0,5 para filhos e irmãos plenos; 0,25 para netos, meios-irmãos e sobrinhos; 0,125 para primos direitos. Mas quando é que é zero? Qual o significado de zero nesta escala? Esta é uma questão mais difícil, mas importante, e não foi completamente esclarecida na primeira edição de *O Gene Egoísta*. Zero não significa que dois indivíduos não partilham genes em comum. Todos os humanos partilham mais de 99% dos seus genes, mais de 90% com um rato, e três quartos com um peixe. Estas percentagens elevadas confundiram muitas pessoas e levaram a interpretações erradas da seleção por parentesco, incluindo alguns cientistas conceituados. Mas esses números não correspondem ao que r significa. Quando r é 0,5 para o meu irmão (digamos), é zero para um membro aleatório da população de fundo com quem eu possa estar a competir. Para efeitos de teorizar sobre a evolução do altruísmo, r entre primos direitos é 0,125 apenas quando comparado com a população de fundo de referência ($r = 0$), que é o resto da população a quem potencialmente o altruísmo poderia ter sido dirigido: concorrentes por alimento e espaço, companheiros de jornada no tempo e no ambiente da espécie. O 0,5 (0,125, etc.) refere-se à proximidade adicional de parentesco acima da população de fundo, cuja relação se aproxima de zero.

Genes no sentido de Williams são entidades que se podem contar à medida que as gerações avançam, e a sua natureza molecular é irrelevante; não importa, por exemplo, que estejam fragmentados numa série de “exões” (expressos) separados por “intrões” maioritariamente inertes (ignorados pela maquinaria de tradução). A genómica molecular é um tema fascinante, mas não interfere significativamente com a perspetiva do “olhar do gene” sobre a evolução, que é o tema central do livro. Por outras palavras, *O Gene Egoísta* é muito provavelmente uma descrição válida da vida noutros planetas, mesmo que os genes desses planetas não tenham qualquer ligação com o ADN. No entanto, existem formas pelas quais os detalhes da genética molecular moderna, o estudo aprofundado do ADN, podem ser integrados na abordagem centrada no gene — e verifica-se que esses dados corroboram essa visão da vida, em vez de a porem em causa. Voltarei a isso após aquilo que poderá parecer uma mudança radical de assunto, começando com uma pergunta específica que, evidentemente, representa muitas outras semelhantes.

Quão próximo é, geneticamente, da Rainha Isabel II? Por acaso, sei que sou seu primo de 15.º grau duas vezes removido. O nosso antepassado comum é Ricardo Plantageneta, 3.º Duque de Iorque (1412–1460). Um dos filhos de Ricardo foi o Rei Eduardo IV, de quem a Rainha Isabel descende. Outro filho foi Jorge, Duque de Clarence, de quem eu descendo (alegadamente afogado num tonel de vinho Malvasia). Você talvez não o saiba, mas é muito provável que esteja mais próximo da Rainha do que 15.º primo — e eu também estou, e o carteiro também. Existem tantas formas diferentes de sermos primos afastados de alguém, e todos estamos ligados entre nós por muitas dessas vias. Sei que sou primo de 12.º grau duas vezes removido da minha mulher (antepassado comum: George Hastings, 1.º Conde de Huntingdon, 1488–1544). Mas é altamente provável que sejamos primos mais próximos através de outras vias desconhecidas (diversos caminhos através das respetivas ancestralidades) e é absolutamente certo que também somos primos mais distantes por muitas outras vias. Todos somos. Você e a Rainha podem ser simultaneamente primos de 9.º grau seis vezes removido, e de 20.º grau quatro vezes removido, e de 30.º grau oito vezes removido. Todos nós, independentemente de onde vivemos no mundo, somos não apenas primos uns dos outros. Somos primos de centenas de maneiras diferentes. Isto é apenas outra forma de dizer que todos pertencemos à população de fundo em que r , o coeficiente de parentesco, tende para zero. Eu poderia calcular r entre mim e a Rainha usando o único ramo para o qual existem registos, mas este seria, como a definição exige, tão próximo de zero que não faria diferença.

A razão para toda essa multiplicidade desconcertante de graus de parentesco é o sexo. Temos dois pais, quatro avós, oito bisavós, e assim sucessivamente, até números astronômicos. Se continuar a multiplicar por dois até à época de Guilherme, o Conquistador, o número dos seus antepassados (e dos meus, e dos da Rainha, e do carteiro) ultrapassaria facilmente mil milhões — mais do que a população mundial na altura. Só esse cálculo prova que, venha de onde vier, partilhamos muitos dos nossos antepassados (em última instância, todos, se recuarmos o suficiente) e somos primos uns dos outros em múltiplos graus.

Toda essa complexidade desaparece se considerar o parentesco do ponto de vista do gene (a perspetiva defendida, de diferentes maneiras, ao longo deste livro), em oposição ao ponto de vista do organismo individual (como tem sido convencional entre os biólogos). Deixa de perguntar: Que tipo de primo sou da minha esposa (do carteiro, da Rainha)? Em vez disso, coloca a questão do ponto de vista de um único gene, por exemplo, o meu gene para olhos azuis: Que relação tem o meu gene para olhos azuis com o gene para olhos azuis do carteiro? Polimorfismos como os grupos sanguíneos ABO remontam a tempos muito antigos e são partilhados com outros símios e até com macacos. O gene A num humano reconhece o gene equivalente num chimpanzé como um primo mais próximo do que o gene B num humano. Quanto ao gene SRY no cromossoma Y, que determina o sexo masculino, o meu gene SRY “vê” o gene SRY de um canguru como seu primo-irmão.

Também podemos observar o parentesco do ponto de vista de uma mitocôndria. As mitocôndrias são corpos minúsculos que abundam em todas as nossas células, vitais para a nossa sobrevivência. Reproduzem-se assexuadamente e conservam restos dos seus próprios genomas (são descendentes longínquas de bactérias de vida livre). Segundo a definição de Williams, um genoma mitocondrial pode ser considerado como um único “gene”. Herdamos as nossas mitocôndrias apenas das nossas mães. Assim, se perguntássemos agora qual é o grau de parentesco entre as suas mitocôndrias e as da Rainha, haveria uma única resposta. Podemos não saber qual é essa resposta, mas sabemos que as mitocôndrias dela e as suas são primas de uma única forma, e não de centenas de formas, como acontece do ponto de vista do corpo como um todo. Siga a sua ancestralidade ao longo das gerações, mas sempre apenas pela linha materna, e seguirá um fio estreito (mitocondrial), em oposição ao fio sempre ramificado das “árvores genealógicas do organismo inteiro”. Faça o mesmo para a Rainha, seguindo o seu fio materno estreito ao longo das gerações. Mais cedo ou mais tarde, os dois

fios encontrar-se-ão e agora, simplesmente contando as gerações ao longo dos dois fios, pode facilmente calcular o seu grau de parentesco mitocondrial com a Rainha.

O que se pode fazer com as mitocôndrias, pode-se, em princípio, fazer com qualquer gene em particular, e isto ilustra a diferença entre o ponto de vista do gene e o ponto de vista do organismo. Do ponto de vista do organismo como um todo, tem dois pais, quatro avós, oito bisavós, etc. Mas, como uma mitocôndria, cada gene tem apenas um progenitor, um avô, um bisavô, etc. Tenho um gene para olhos azuis e a Rainha tem dois. Em princípio, poderíamos rastrear as gerações anteriores e descobrir o grau de parentesco entre o meu gene para olhos azuis e cada um dos dois da Rainha. O antepassado comum dos nossos dois genes é chamado de “ponto de coalescência”. A análise de coalescência tornou-se um ramo florescente da genética – e é verdadeiramente fascinante. Consegue ver como esta perspetiva é afim da “visão do gene” que este livro inteiro defende? Já não estamos a falar de altruísmo. A visão do gene está agora a mostrar a sua força noutros domínios, neste caso olhando para trás, para a ancestralidade.

É até possível investigar o ponto de coalescência entre dois alelos no corpo de um único indivíduo. O príncipe Carlos tem olhos azuis e podemos presumir que possui um par de alelos para olhos azuis frente a frente no cromossoma 15. Quão próximos estão entre si os dois genes para olhos azuis do príncipe Carlos, um vindo do pai e outro da mãe? Neste caso, sabemos uma possível resposta, apenas porque as genealogias reais estão documentadas de uma forma que a maioria das nossas não está. A Rainha Vitória tinha olhos azuis e o príncipe Carlos descende de Vitória por duas vias: através do rei Eduardo VII, do lado materno; e através da princesa Alice de Hesse, do lado paterno. Existe uma probabilidade de 50% de que um dos genes de olhos azuis de Vitória tenha dado origem a duas cópias de si mesmo, uma das quais passou para o seu filho Eduardo VII, e outra para a sua filha Alice. Cópias adicionais desses dois genes de irmãos poderiam facilmente ter passado pelas gerações até à rainha Isabel II de um lado e ao príncipe Filipe do outro, reencontrando-se assim no príncipe Carlos. Isto significaria que o ponto de coalescência dos dois genes de Carlos seria Vitória. Não sabemos – nem podemos saber – se isto é de facto verdade para os genes de olhos azuis de Carlos. Mas estatisticamente, é certo que muitos dos seus pares de genes coalescem em Vitória. E o mesmo se aplica aos pares de genes que você tem, e aos meus também. Mesmo que não tenhamos a árvore genealógica bem documentada de Carlos, qualquer par dos seus genes poderá, em princípio, olhar para trás até ao seu ancestral

comum, o ponto de coalescência a partir do qual foram “descasados” de um mesmo gene parental.

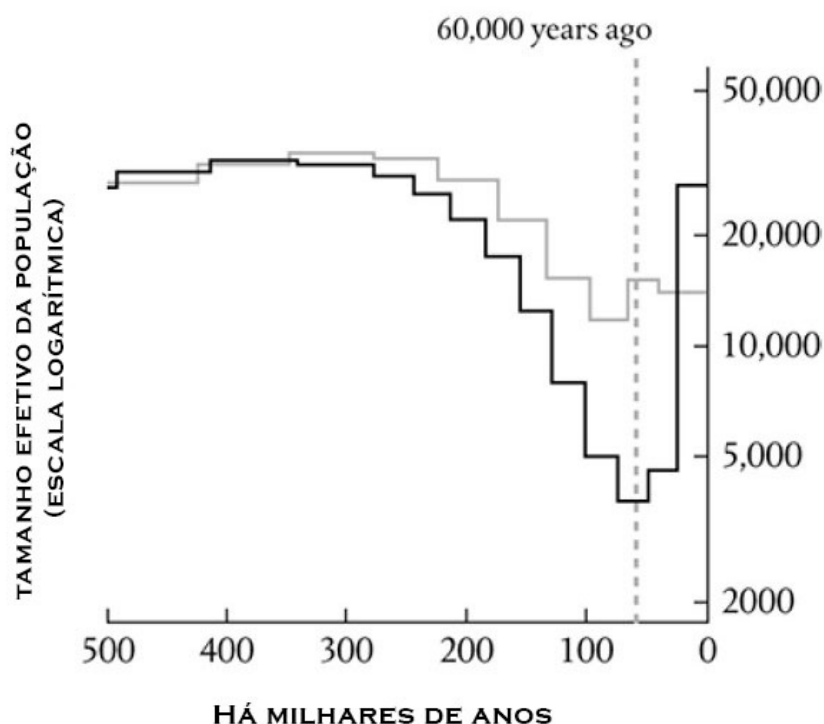
Agora, aqui está algo interessante. Embora eu não consiga estabelecer o ponto de coalescência exato de qualquer par alélico dos meus genes, os geneticistas podem, em princípio, pegar em todos os pares de genes de um dado indivíduo e, considerando todos os caminhos possíveis de volta ao passado (na verdade, não todos, porque são demasiados, mas uma amostra estatística deles), derivar um padrão de coalescência em todo o genoma. Heng Li e Richard Durbin, do Instituto Sanger em Cambridge, aperceberam-se de algo notável: o padrão de coalescência entre pares de genes no genoma de um único indivíduo fornece informação suficiente para reconstruir detalhes demográficos de momentos datáveis da pré-história de uma espécie inteira.

Na nossa discussão sobre coalescência entre pares de genes, um vindo do pai e outro da mãe, a palavra “gene” tem um significado um pouco mais fluido do que o uso habitual entre os biólogos moleculares. De facto, pode dizer-se que os geneticistas da coalescência regressaram a algo semelhante à minha definição de “um pedaço de cromossoma ligeiramente egoísta e outro mais pequeno ainda mais egoísta”. A análise de coalescência estuda segmentos de ADN que podem ser maiores ou até menores do que a conceção de um gene por parte de um biólogo molecular, mas que ainda assim podem ser vistos como primos entre si, tendo sido “descascados” de um ancestral comum há um número determinado de gerações.

Quando um gene (nesse sentido) “descasca” duas cópias de si mesmo e dá uma a cada um de dois descendentes, os descendentes dessas cópias podem, ao longo do tempo, acumular diferenças por mutação. Estas podem estar “abaixo do radar”, no sentido em que não se manifestam como diferenças fenotípicas. As diferenças mutacionais entre elas são proporcionais ao tempo decorrido desde a separação, facto de que os biólogos tiram grande proveito, em escalas de tempo bem maiores, no chamado “relógio molecular”. Além disso, os pares de genes cujo parentesco estamos a calcular nem precisam de ter os mesmos efeitos fenotípicos. Tenho um gene para olhos azuis vindo do meu pai, emparelhado com um gene para olhos castanhos da minha mãe. Embora estes genes sejam diferentes, até eles devem ter uma coalescência algures no passado: o momento em que um determinado gene num antepassado comum dos meus dois pais se dividiu em duas cópias, uma para cada filho. Essa coalescência (ao contrário das duas cópias do gene de olhos azuis de Vitória) deu-se há muito

tempo, e o par de genes teve muito tempo para acumular diferenças — entre elas, a diferença nas cores de olhos que mediam.

Ora bem, eu disse que o padrão de coalescência dentro do genoma de um único indivíduo pode ser usado para reconstruir detalhes da pré-história demográfica. Qualquer genoma individual pode fazê-lo. Acontece que sou uma das pessoas no mundo cujo genoma completo foi sequenciado. Isto foi feito para um programa de televisão chamado *Sex, Death and the Meaning of Life*, que apresentei no Channel Four em 2012. Yan Wong, o meu coautor de *The Ancestor's Tale*, de quem aprendi tudo o que sei sobre a teoria da coalescência (e muito mais), aproveitou a ocasião e fez os cálculos necessários no estilo Li/Durbin usando apenas o meu genoma para inferir dados sobre a história da humanidade. Encontrou um grande número de coalescências por volta de há 60.000 anos. Isto sugere que a população reprodutora em que os meus antepassados estavam inseridos era pequena nessa época. Havia poucas pessoas, por isso a probabilidade de dois genes modernos coalescerem no mesmo antepassado daquela altura era alta. Verificaram-se menos coalescências há 300.000 anos, o que sugere que a dimensão efetiva da população era maior. Estes dados podem ser representados num gráfico da dimensão populacional efetiva ao longo do tempo. Eis o padrão que ele encontrou, e é o mesmo que os criadores da técnica esperariam encontrar em qualquer genoma europeu.



De R. Dawkins e Y. Wong (2006) *The Ancestor's Tale*,
2ª edição Imagem cortesia de Y. Wong

A linha preta mostra as estimativas do tamanho efetivo da população em vários momentos da história com base no meu genoma (coalescências entre genes do meu pai e da minha mãe). Revela que o tamanho efetivo da população entre os meus antepassados sofreu uma queda acentuada há cerca de 60.000 anos. A linha cinzenta mostra o padrão equivalente derivado do genoma de um homem nigeriano. Também revela uma quebra populacional na mesma altura, embora menos dramática. Talvez a calamidade que causou essa redução tenha sido menos severa em África do que na Eurásia.

A propósito, o Yan foi meu aluno de licenciatura no New College, em Oxford, antes de eu começar a aprender mais com ele do que ele comigo. Tornou-se depois estudante de doutoramento de Alan Grafen, que também fora meu aluno de licenciatura, tendo posteriormente sido meu estudante de doutoramento e a quem descrevi como sendo hoje o meu mentor intelectual. Assim, o Yan é ao mesmo tempo meu aluno e meu “neto-aluno” — uma elegante analogia memética com o ponto que referi anteriormente sobre o facto de estarmos relacionados de múltiplas maneiras — embora a direção da herança cultural seja mais complexa do que esta formulação simples implica.

Em resumo, a visão da vida sob a óptica do gene — o tema central deste livro — ilumina não apenas a evolução do altruísmo e do egoísmo, tal como exposta nas edições anteriores. Ilumina também o passado profundo, de maneiras que nem sequer intuía quando escrevi *O Gene Egoísta* pela primeira vez, e que são desenvolvidas de forma mais completa nas passagens relevantes (maioritariamente escritas pelo Yan, meu coautor) da segunda edição (2016) de *O Conto do Antepassado*. Tão poderosa é a perspetiva centrada no gene que o genoma de um único indivíduo basta para se inferirem, com detalhe quantitativo, aspetos da demografia histórica. Que mais poderá ela ser capaz de revelar? Tal como sugerido pela comparação com o nigeriano, futuras análises de indivíduos de diferentes partes do mundo poderão conferir uma dimensão geográfica a estes sinais demográficos do passado.

Poderá a óptica do gene penetrar ainda mais profundamente no passado remoto? Vários dos meus livros desenvolveram uma ideia a que chamei “*O Livro Genético dos Mortos*”. O reservatório genético de uma espécie é um cartel de genes que se apoiam mutuamente e que sobreviveram em determinados ambientes do passado, tanto distantes como recentes. Isto torna-o numa espécie de impressão negativa desses ambientes. Um geneticista suficientemente conhecedor deveria ser capaz de decifrar, a partir do genoma de um animal, os ambientes nos quais os seus antepassados sobreviveram. Em princípio, o ADN de uma

toupeira (*Talpa europaea*) deveria ser eloquente quanto a um mundo subterrâneo, um mundo de escuridão húmida, cheirando a minhocas, folhas em decomposição e larvas de escaravelho. O ADN de um dromedário (*Camelus dromedarius*), se ao menos soubéssemos lê-lo, descreveria de forma codificada desertos ancestrais antigos, tempestades de areia, dunas e sede. O ADN de um golfinho-roaz (*Tursiops truncatus*), em linguagem que talvez um dia consigamos decifrar, diz: “mar aberto, persegue peixe rapidamente, evita orcas”. Mas o mesmo ADN de golfinho também contém parágrafos sobre mundos mais antigos nos quais os genes também sobreviveram: em terra, quando os antepassados escaparam às atenções de tiranossauros e alossauros durante tempo suficiente para se reproduzirem. Antes disso ainda, partes do ADN certamente descrevem feitos de sobrevivência ainda mais antigos, de volta ao mar, quando os antepassados eram peixes, perseguidos por tubarões e até por euriptéridos (escorpiões-marinhos gigantes). A investigação ativa sobre *O Livro Genético dos Mortos* pertence ao futuro. Estará ela destinada a colorir o epílogo da edição do quinquagésimo aniversário de *O Gene Egoísta*?

Bibliografia

- ALEXANDER, R. D. (1961) AGGRESSIVENESS, TERRITORIALITY, AND SEXUAL BEHAVIOR IN FIELD crickets. *Behaviour* 17, 130–223.
- ALEXANDER, R. D. (1974) The evolution of social behavior. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5, 325–83.
- ALEXANDER, R. D. (1980) *Darwinism and Human Affairs*. London: Pitman.
- ALEXANDER, R. D. (1987) *The Biology of Moral Systems*. New York: Aldine de Gruyter.
- ALEXANDER, R. D. and SHERMAN, P. W. (1977) Local mate competition and parental investment in social insects. *Science* 96, 494–500.
- ALLEE, W. C. (1938) *The Social Life of Animals*. London: Heinemann.
- ALTMANN, S. A. (1979) Altruistic behaviour: the fallacy of kin deployment. *Animal Behaviour* 27, 958–9.
- ALVAREZ, F., DE REYNA, A., and SEGURA, H. (1976) Experimental brood-parasitism of the magpie (*Pica pica*). *Animal Behaviour* 24, 907–16.
- ANON. (1989) Hormones and brain structure explain behaviour. *New Scientist* 121 (1649), 35.
- AOKI, S. (1987) Evolution of sterile soldiers in aphids. In *Animal Societies: Theories and facts* (eds. Y. ITO, J. L. BROWN, and J. KIKKAWA). Tokyo: Japan Scientific Societies Press. pp. 53–65.
- ARDREY, R. (1970) *The Social Contract*. London: Collins.

- AXELROD, R. (1984) *The Evolution of Cooperation*. New York: Basic Books.
- AXELROD, R. and HAMILTON, W. D. (1981) The evolution of cooperation. *Science* 211, 1390–6.
- BALDWIN, B. A. and MEESE, G. B. (1979) Social behaviour in pigs studied by means of operant conditioning. *Animal Behaviour* 27, 947–57.
- BARTZ, S. H. (1979) Evolution of eusociality in termites. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 76 (11), 5764–8.
- BASTOCK, M. (1967) *Courtship: A Zoological Study*. London: Heinemann.
- BATESON, P. (1983) Optimal outbreeding. In *Mate Choice* (ed. P. BATESON). Cambridge: Cambridge University Press. pp. 257–77.
- BELL, G. (1982) *The Masterpiece of Nature*. London: Croom Helm.
- BERTRAM, B. C. R. (1976) Kin selection in lions and in evolution. In *Growing Points in Ethology* (eds. P. P. G. BATESON and R. A. HINDE). Cambridge: Cambridge University Press. pp. 281–301.
- BONNER, J. T. (1980) *The Evolution of Culture in Animals*. Princeton: Princeton University Press.
- BOYD, R. and LLOYD, J. P. (1987) No pure strategy is evolutionarily stable in the repeated Prisoner's Dilemma game. *Nature* 327, 58–9.
- BRETT, R. A. (1986) *The ecology and behaviour of the naked mole rat (Heterocephalus glaber)*. Ph.D. thesis, University of London.
- BROADBENT, D. E. (1961) *Behaviour*. London: Eyre and Spottiswoode.
- BROCKMANN, H. J. and DAWKINS, R. (1979) Joint nesting in a digger wasp as an evolutionarily stable preadaptation to social life. *Behaviour* 71, 203–45.

- BROCKMANN, H. J., GRAFEN, A., and DAWKINS, R. (1979) Evolutionarily stable nesting strategy in a digger wasp. *Journal of Theoretical Biology* 77, 473–96.
- BROOKE, M. DE L. and DAVIES, N. B. (1988) Egg mimicry by cuckoos *Cuculus canorus* in relation to discrimination by hosts. *Nature* 335, 630–2.
- BURGESS, J. W. (1976) Social spiders. *Scientific American* 234 (3), 101–6.
- BURK, T. E. (1980) An analysis of social behaviour in crickets. D.Phil. thesis, University of Oxford.
- CAIRNS-SMITH, A. G. (1971) *The Life Puzzle*. Edinburgh: Oliver and Boyd.
- CAIRNS-SMITH, A. G. (1982) *Genetic Takeover*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CAIRNS-SMITH, A. G. (1985) *Seven Clues to the Origin of Life*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CAVALLI-SFORZA, L. L. (1971) Similarities and dissimilarities of sociocultural and biological evolution. In *Mathematics in the Archaeological and Historical Sciences* (eds. F. R. HODSON, D. G. KENDALL, and P. TAUTU). Edinburgh: Edinburgh University Press. pp. 535–41.
- CAVALLI-SFORZA, L. L. and FELDMAN, M. W. (1981) *Cultural Transmission and Evolution: A Quantitative Approach*. Princeton: Princeton University Press.
- CHARNOV, E. L. (1978) Evolution of eusocial behavior: offspring choice or parental parasitism? *Journal of Theoretical Biology* 75, 451–65.
- CHARNOV, E. L. and KRESS, J. R. (1975) The evolution of alarm calls: altruism or manipulation? *American Naturalist* 109, 107–12.
- CHERFAS, J. and GRIBBIN, J. (1985) *The Redundant Male*. London: Bodley Head.
- CLOAK, F. T. (1975) Is a cultural ethology possible? *Human Ecology* 3, 161–82.

- CROW, J. F. (1979) Genes that violate Mendel's rules. *Scientific American* 240 (2), 104–13.
- CULLEN, J. M. (1972) Some principles of animal communication. In *Non-verbal Communication* (ed. R. A. HINDE). Cambridge: Cambridge University Press. pp. 101–22.
- DALY, M. and WILSON, M. (1982) *Sex, Evolution and Behavior*, 2nd edition. Boston: Willard Grant.
- DARWIN, C. R. (1859) *The Origin of Species*. London: John Murray.
- DAVIES, N. B. (1978) Territorial defence in the speckled wood butterfly (*Pararge aegeria*): the resident always wins. *Animal Behaviour* 26, 138–47.
- DAWKINS, M. S. (1986) *Unravelling Animal Behaviour*. Harlow: Longman.
- DAWKINS, R. (1979) In defence of selfish genes. *Philosophy* 56, 556–73.
- DAWKINS, R. (1979) Twelve misunderstandings of kin selection. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 51, 184–200.
- DAWKINS, R. (1980) Good strategy or evolutionarily stable strategy? In *Sociobiology: Beyond Nature/Nurture* (eds. G. W. BARLOW and J. SILVERBERG). Boulder, Colorado: Westview Press. pp. 331–67.
- DAWKINS, R. (1982) *The Extended Phenotype*. Oxford: W. H. Freeman.
- DAWKINS, R. (1982) Replicators and vehicles. In *Current Problems in Sociobiology* (eds. KING'S COLLEGE SOCIOBIOLOGY GROUP). Cambridge: Cambridge University Press. pp. 45–64.
- DAWKINS, R. (1983) Universal Darwinism. In *Evolution from Molecules to Men* (ed. D. S. BENDALL). Cambridge: Cambridge University Press. pp. 403–25.
- DAWKINS, R. (1986) *The Blind Watchmaker*. Harlow: Longman.

- DAWKINS, R. (1986) Sociobiology: the new storm in a teacup. In *Science and Beyond* (eds. S. ROSE and L. APPIGNANESI). Oxford: Basil Blackwell. pp. 61–78.
- DAWKINS, R. (1989) The evolution of evolvability. In *Artificial Life* (ed. C. LANGTON). Santa Fe: Addison-Wesley. pp. 201–20.
- DAWKINS, R. (1993) Worlds in microcosm. In *Humanity, Environment and God* (ed. N. SPURWAY). Oxford: Basil Blackwell.
- DAWKINS, R. and CARLISLE, T. R. (1976) Parental investment, mate desertion and a fallacy. *Nature* 262, 131–2.
- DAWKINS, R. and KREBS, J. R. (1978) Animal signals: information or manipulation? In *Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach* (eds. J. R. KREBS and N. B. DAVIES). Oxford: Blackwell Scientific Publications. pp. 282–309.
- DAWKINS, R. and KREBS, J. R. (1979) Arms races between and within species. *Proceedings of the Royal Society of London B* 205, 489–511.
- DE VRIES, P. J. (1988) The larval ant-organs of *Thisbe irenea* (Lepidoptera: Riodinidae) and their effects upon attending ants. *Zoological Journal of the Linnean Society* 94, 379–93.
- DELIUS, J. D. (1991) The nature of culture. In *The Tinbergen Legacy* (eds. M. S. DAWKINS, T. R. HALLIDAY, and R. DAWKINS). London: Chapman and Hall.
- DENINETT, D. C. (1989) The evolution of consciousness. In *Reality Club 3* (ed. J. BROCKMAN). New York: Lynx Publications.
- DEWSBURY, D. A. (1982) Ejaculate cost and male choice. *American Naturalist* 119, 601–10.
- DIXSON, A. F. (1987) Baculum length and copulatory behavior in primates. *American Journal of Primatology* 13, 51–60.

- DOBZHANSKY, T. (1962) *Mankind Evolving*. New Haven: Yale University Press.
- DOOLITTLE, W. F. and SAPIENZA, C. (1980) Selfish genes, the phenotype paradigm and genome evolution. *Nature* 284, 601–3.
- EHRlich, P. R., EHRlich, A. H., and HOLDREN, J. P. (1973) *Human Ecology*. San Francisco: Freeman.
- EIBL-EIBESFELDT, I. (1971) *Love and Hate*. London: Methuen.
- EIGEN, M., GARDINER, W., SCHUSTER, P., and WINKLER-OSWATITSCH, R. (1981) The origin of genetic information. *Scientific American* 244 (4), 88–118.
- ELDREDGE, N. and GOULD, S. J. (1972) Punctuated equilibrium: an alternative to phyletic gradualism. In *Models in Paleobiology* (ed. J. M. SCHOPF). San Francisco: Freeman Cooper. pp. 82–115.
- FISCHER, E. A. (1980) The relationship between mating system and simultaneous hermaphroditism in the coral reef fish, *Hypoplectrus nigricans* (Serranidae). *Animal Behaviour* 28, 620–33.
- FISHER, R. A. (1930) *The Genetical Theory of Natural Selection*. Oxford: Clarendon Press.
- FLETCHER, D. J. C. and MICHENER, C. D. (1987) *Kin Recognition in Humans*. New York: Wiley.
- FOX, R. (1980) *The Red Lamp of Incest*. London: Hutchinson.
- GALE, J. S. and EAVES, L. J. (1975) Logic of animal conflict. *Nature* 254, 463–4.
- GAMLIN, L. (1987) Rodents join the commune. *New Scientist* 115 (1571), 40–7.
- GARDNER, B. T. and GARDNER, R. A. (1971) Two-way communication with an infant chimpanzee. In *Behavior of Non-human Primates 4* (eds. A. M. SCHRIER and F. STOLLNITZ). New York: Academic Press. pp. 117–84.

- GHISELIN, M. T. (1974) *The Economy of Nature and the Evolution of Sex*. Berkeley: University of California Press.
- GOULD, S. J. (1980) *The Panda's Thumb*. New York: W. W. Norton.
- GOULD, S. J. (1983) *Hen's Teeth and Horse's Toes*. New York: W. W. Norton.
- GRAFEN, A. (1984) Natural selection, kin selection and group selection. In *Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach* (eds. J. R. KREBS and N. B. DAVIES). Oxford: Blackwell Scientific Publications. pp. 62–84.
- GRAFEN, A. (1985) A geometric view of relatedness. In *Oxford Surveys in Evolutionary Biology* (eds. R. DAWKINS and M. RIDLEY), 2, pp. 28–89. Oxford: Oxford University Press.
- GRAFEN, A. (1990) Sexual selection unhandicapped by the Fisher process. *Journal of Theoretical Biology*, 144, 473–516.
- GRAFEN, A. and SIBLY, R. M. (1978) A model of mate desertion. *Animal Behaviour* 26, 645–52.
- HALDANE, J. B. S. (1955) Population genetics. *New Biology* 18, 34–51.
- HAMILTON, W. D. (1964) The genetical evolution of social behaviour (I and II). *Journal of Theoretical Biology* 7, 1–16; 17–52.
- HAMILTON, W. D. (1966) The moulding of senescence by natural selection. *Journal of Theoretical Biology* 12, 12–45.
- HAMILTON, W. D. (1967) Extraordinary sex ratios. *Science* 156, 477–88.
- HAMILTON, W. D. (1971) Geometry for the selfish herd. *Journal of Theoretical Biology* 31, 295–311.
- HAMILTON, W. D. (1972) Altruism and related phenomena, mainly in social insects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 3, 193–232.

- HAMILTON, W. D. (1975) Gamblers since life began: barnacles, aphids, elms. *Quarterly Review of Biology* 50, 175–80.
- HAMILTON, W. D. (1980) Sex versus non-sex versus parasite. *Oikos* 35, 282–90.
- HAMILTON, W. D. and ZUK, M. (1982) Heritable true fitness and bright birds: a role for parasites? *Science* 218, 384–7.
- HAMPE, M. and MORGAN, S. R. (1987) Two consequences of Richard Dawkins' view of genes and organisms. *Studies in the History and Philosophy of Science* 19, 119–38.
- HANSELL, M. H. (1984) *Animal Architecture and Building Behaviour*. Harlow: Longman.
- HARDIN, G. (1978) Nice guys finish last. In *Sociobiology and Human Nature* (eds. M. S. GREGORY, A. SILVERS, and D. SUTCH). San Francisco: Jossey Bass. pp. 183–94.
- HENSON, H. K. (1985) Memes, L5 and the religion of the space colonies. *L5 News*, September 1985, pp. 5–8.
- HINDE, R. A. (1974) *Biological Bases of Human Social Behaviour*. New York: McGraw-Hill.
- HOYLE, F. and ELLIOT, J. (1962) *A for Andromeda*. London: Souvenir Press.
- HULL, D. L. (1980) Individuality and selection. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11, 311–32.
- HULL, D. L. (1981) Units of evolution: a metaphysical essay. In *The Philosophy of Evolution* (eds. U. L. JENSEN and R. HARRÉ). Brighton: Harvester. pp. 23–44.
- HUMPHREY, N. (1986) *The Inner Eye*. London: Faber and Faber.
- JARVIS, J. U. M. (1981) Eusociality in a mammal: cooperative breeding in naked mole- rat colonies. *Science* 212, 571–3.

- JENKINS, P. F. (1978) Cultural transmission of song patterns and dialect development in a free-living bird population. *Animal Behaviour* 26, 50–78.
- KALMUS, H. (1969) Animal behaviour and theories of games and of language. *Animal Behaviour* 17, 607–17.
- KREBS, J. R. (1977) The significance of song repertoires—the Beau Geste hypothesis. *Animal Behaviour* 25, 475–8.
- KREBS, J. R. and DAWKINS, R. (1984) Animal signals: mind-reading and manipulation. In *Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach* (eds. J. R. KREBS and N. B. DAVIES), 2nd edition. Oxford: Blackwell Scientific Publications. pp. 380–402.
- KRUUK, H. (1972) *The Spotted Hyena: A Study of Predation and Social Behavior*. Chicago: Chicago University Press.
- LACK, D. (1954) *The Natural Regulation of Animal Numbers*. Oxford: Clarendon Press.
- LACK, D. (1966) *Population Studies of Birds*. Oxford: Clarendon Press.
- LE BOEUF, B. J. (1974) Male–male competition and reproductive success in elephant seals. *American Zoologist* 14, 163–76.
- LEWIN, B. (1974) *Gene Expression*, volume 2. London: Wiley.
- LEWONTIN, R. C. (1983) The organism as the subject and object of evolution. *Scientia* 118, 65–82.
- LIDICKER, W. Z. (1965) Comparative study of density regulation in confined populations of four species of rodents. *Researches on Population Ecology* 7 (27), 57–72.
- LOMBARDO, M. P. (1985) Mutual restraint in tree swallows: a test of the Tit for Tat model of reciprocity. *Science* 227, 1363–5.
- LORENZ, K. Z. (1966) *Evolution and Modification of Behavior*. London: Methuen.

- LORENZ, K. Z. (1966) *On Aggression*. London: Methuen.
- LURIA, S. E. (1973) *Life—the Unfinished Experiment*. London: Souvenir Press.
- MACARTHUR, R. H. (1965) Ecological consequences of natural selection. In *Theoretical and Mathematical Biology* (eds. T. H. WATERMAN and H. J. MOROWITZ). New York: Blaisdell. pp. 388–97.
- MACKIE, J. L. (1978) The law of the jungle: moral alternatives and principles of evolution. *Philosophy* 53, 455–64. Reprinted in *Persons and Values* (eds. J. Mackie and P. Mackie, 1985). Oxford: Oxford University Press. pp. 120–31.
- MARGULIS, L. (1981) *Symbiosis in Cell Evolution*. San Francisco: W. H. Freeman.
- MARLER, P. R. (1959) Developments in the study of animal communication. In *Darwin's Biological Work* (ed. P. R. BELL). Cambridge: Cambridge University Press. pp. 150–206.
- MAYNARD SMITH, J. (1972) Game theory and the evolution of fighting. In J. MAYNARD SMITH, *On Evolution*. Edinburgh: Edinburgh University Press. pp. 8–28.
- MAYNARD SMITH, J. (1974) The theory of games and the evolution of animal conflict. *Journal of Theoretical Biology* 47, 209–21.
- MAYNARD SMITH, J. (1976) Group selection. *Quarterly Review of Biology* 51, 277–83.
- MAYNARD SMITH, J. (1976) Evolution and the theory of games. *American Scientist* 64, 41–5.
- MAYNARD SMITH, J. (1976) Sexual selection and the handicap principle. *Journal of Theoretical Biology* 57, 239–42.
- MAYNARD SMITH, J. (1977) Parental investment: a prospective analysis. *Animal Behaviour* 25, 1–9.

- MAYNARD SMITH, J. (1978) *The Evolution of Sex*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MAYNARD SMITH, J. (1982) *Evolution and the Theory of Games*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MAYNARD SMITH, J. (1988) *Games, Sex and Evolution*. New York: Harvester Wheatsheaf.
- MAYNARD SMITH, J. (1989) *Evolutionary Genetics*. Oxford: Oxford University Press.
- MAYNARD SMITH, J. and PARKER, G. A. (1976) The logic of asymmetric contests. *Animal Behaviour* 24, 159–75.
- MAYNARD SMITH, J. and PRICE, G. R. (1973) The logic of animal conflicts. *Nature* 246, 15–18.
- MCFARLAND, D. J. (1971) *Feedback Mechanisms in Animal Behaviour*. London: Academic Press.
- MEAD, M. (1950) *Male and Female*. London: Gollancz.
- MEDAWAR, P. B. (1952) *An Unsolved Problem in Biology*. London: H. K. Lewis.
- MEDAWAR, P. B. (1957) *The Uniqueness of the Individual*. London: Methuen.
- MEDAWAR, P. B. (1961) Review of P. Teilhard de Chardin, *The Phenomenon of Man*. Reprinted in P. B. MEDAWAR (1982) *Pluto's Republic*. Oxford: Oxford University Press.
- MICHOD, R. E. and LEVIN, B. R. (1988) *The Evolution of Sex*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer.
- MIDGLEY, M. (1979) Gene-juggling. *Philosophy* 54, 439–58.
- MONOD, J. L. (1974) On the molecular theory of evolution. In *Problems of Scientific Revolution* (ed. R. HARRÉ). Oxford: Clarendon Press. pp. 11–24.

- MONTAGU, A. (1976) *The Nature of Human Aggression*. New York: Oxford University Press.
- MORAVEC, H. (1988) *Mind Children*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- MORRIS, D. (1957) 'Typical Intensity' and its relation to the problem of ritualization. *Behaviour* 11, 1–21.
- Nuffield Biology Teachers Guide IV (1966) London: Longmans. p. 96.
- ORGEL, L. E. (1973) *The Origins of Life*. London: Chapman and Hall.
- ORGEL, L. E. and CRICK, F. H. C. (1980) Selfish DNA: the ultimate parasite. *Nature* 284, 604–7.
- PACKER, C. and PUSEY, A. E. (1982) Cooperation and competition within coalitions of male lions: kin-selection or game theory? *Nature* 296, 740–2.
- PARKER, G. A. (1984) Evolutionarily stable strategies. In *Behavioural Ecology: An Evolutionary Approach* (eds. J. R. KREBS and N. B. DAVIES), 2nd edition. Oxford: Blackwell Scientific Publications. pp. 62–84.
- PARKER, G. A., BAKER, R. R., and SMITH, V. G. F. (1972) The origin and evolution of gametic dimorphism and the male–female phenomenon. *Journal of Theoretical Biology* 36, 529–53.
- PAYNE, R. S. and MCVAY, S. (1971) Songs of humpback whales. *Science* 173, 583–97.
- POPPER, K. (1974) The rationality of scientific revolutions. In *Problems of Scientific Revolution* (ed. R. HARRÉ). Oxford: Clarendon Press. pp. 72–101.
- POPPER, K. (1978) Natural selection and the emergence of mind. *Dialectica* 32, 339–55.
- RIDLEY, M. (1978) Paternal care. *Animal Behaviour* 26, 904–32.

- RIDLEY, M. (1985) *The Problems of Evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- ROSE, S., KAMIN, L. J., and LEWONTIN, R. C. (1984) *Not In Our Genes*. London: Penguin.
- ROTHENBUHLER, W. C. (1964) Behavior genetics of nest cleaning in honey bees. IV. Responses of F1 and backcross generations to disease-killed brood. *American Zoologist* 4, 111–23.
- RYDER, R. (1975) *Victims of Science*. London: Davis-Poynter.
- SAGAN, L. (1967) On the origin of mitosing cells. *Journal of Theoretical Biology* 14, 225–74.
- SAHLINS, M. (1977) *The Use and Abuse of Biology*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- SCHUSTER, P. and SIGMUND, K. (1981) Coyness, philandering and stable strategies. *Animal Behaviour* 29, 186–92.
- SEGER, J. and HAMILTON, W. D. (1988) Parasites and sex. In *The Evolution of Sex* (eds. R. E. MICHOD and B. R. LEVIN). Sunderland, Massachusetts: Sinauer. pp. 176–93.
- SEGER, J. and HARVEY, P. (1980) The evolution of the genetical theory of social behaviour. *New Scientist* 87 (1208), 50–1.
- SHEPPARD, P. M. (1958) *Natural Selection and Heredity*. London: Hutchinson.
- SIMPSON, G. G. (1966) The biological nature of man. *Science* 152, 472–8.
- SINGER, P. (1976) *Animal Liberation*. London: Jonathan Cape.
- SMYTHE, N. (1970) On the existence of 'pursuit invitation' signals in mammals. *American Naturalist* 104, 491–4.
- STERELNY, K. and KITCHER, P. (1988) The return of the gene. *Journal of Philosophy* 85, 339–61.

- SYMONS, D. (1979) *The Evolution of Human Sexuality*. New York: Oxford University Press.
- TINBERGEN, N. (1953) *Social Behaviour in Animals*. London: Methuen.
- TREISMAN, M. and DAWKINS, R. (1976) The cost of meiosis—is there any? *Journal of Theoretical Biology* 63, 479–84.
- TRIVERS, R. L. (1971) The evolution of reciprocal altruism. *Quarterly Review of Biology* 46, 35–57.
- TRIVERS, R. L. (1972) Parental investment and sexual selection. In *Sexual Selection and the Descent of Man* (ed. B. CAMPBELL). Chicago: Aldine. pp. 136–79.
- TRIVERS, R. L. (1974) Parent–offspring conflict. *American Zoologist* 14, 249–64.
- TRIVERS, R. L. (1985) *Social Evolution*. Menlo Park: Benjamin/Cummings.
- TRIVERS, R. L. and HARE, H. (1976) Haplodiploidy and the evolution of the social insects. *Science* 191, 249–63.
- TURNBULL, C. (1972) *The Mountain People*. London: Jonathan Cape.
- WASHBURN, S. L. (1978) Human behavior and the behavior of other animals. *American Psychologist* 33, 405–18.
- WELLS, P. A. (1987) Kin recognition in humans. In *Kin Recognition in Animals* (eds. D. J. C. FLETCHER and C. D. MICHENER). New York: Wiley. pp. 395–415.
- WICKLER, W. (1968) *Mimicry*. London: World University Library.
- WILKINSON, G. S. (1984) Reciprocal food-sharing in the vampire bat. *Nature* 308, 181–4.
- WILLIAMS, G. C. (1957) Pleiotropy, natural selection, and the evolution of senescence. *Evolution* 11, 398–411.

- WILLIAMS, G. C. (1966) *Adaptation and Natural Selection*. Princeton: Princeton University Press.
- WILLIAMS, G. C. (1975) *Sex and Evolution*. Princeton: Princeton University Press.
- WILLIAMS, G. C. (1985) A defense of reductionism in evolutionary biology. In *Oxford Surveys in Evolutionary Biology* (eds. R. DAWKINS and M. RIDLEY), 2, pp. 1–27. Oxford: Oxford University Press.
- WILSON, E. O. (1971) *The Insect Societies*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- WILSON, E. O. (1975) *Sociobiology: The New Synthesis*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- WILSON, E. O. (1978) *On Human Nature*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- WRIGHT, S. (1980) Genic and organismic selection. *Evolution* 34, 825–43.
- WYNNE-EDWARDS, V. C. (1962) *Animal Dispersion in Relation to Social Behaviour*. Edinburgh: Oliver and Boyd.
- WYNNE-EDWARDS, V. C. (1978) Intrinsic population control: an introduction. In *Population Control by Social Behaviour* (eds. F. J. EBLING and D. M. STODDART). London: Institute of Biology. pp. 1–22.
- WYNNE-EDWARDS, V. C. (1986) *Evolution through Group Selection*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- YOM-TOV, Y. (1980) Intraspecific nest parasitism in birds. *Biological Reviews* 55, 93–108.
- YOUNG, J. Z. (1975) *The Life of Mammals*, 2nd edition. Oxford: Clarendon Press.
- ZAHAVI, A. (1975) Mate selection—a selection for a handicap. *Journal of Theoretical Biology* 53, 205–14.

- ZAHAVI, A. (1977) Reliability in communication systems and the evolution of altruism. In *Evolutionary Ecology* (eds. B. STONEHOUSE and C. M. PERRINS). London: Macmillan. pp. 253–9.
- ZAHAVI, A. (1978) Decorative patterns and the evolution of art. *New Scientist* 8 0 (1125), 182–4.
- ZAHAVI, A. (1987) The theory of signal selection and some of its implications. In *International Symposium on Biological Evolution, Bari, 9–14 April 1985* (ed. V. P. DELFINO). Bari: Adriatici Editrici. pp. 305–27.
- ZAHAVI, A. Personal communication, quoted by permission.

Para benefício do público

Ensaio de Peter Medawar sobre *O Gene Egoísta*, publicado em 1977 no jornal *The Spectator*”

Quando confrontados com comportamentos ostensivamente altruístas ou, de qualquer modo, não egoístas em animais, os amadores de biologia — uma classe que inclui um número crescente de sociólogos — sentem-se com muita facilidade tentados a dizer que tal comportamento evoluiu «em benefício da espécie».

Existe, por exemplo, um mito bem conhecido segundo o qual os lemingues — evidentemente mais conscientes da necessidade de controlo populacional do que nós — regulam o tamanho da população lançando-se em massa de penhascos, perecendo no mar. Com certeza até o naturalista mais ingénuo já se terá perguntado como poderia tal altruísmo ter-se tornado parte do repertório comportamental da espécie, tendo em conta que as composições genéticas propensas a tal comportamento teriam necessariamente perecido com os seus portadores neste grandioso auto-de-fé demográfico. Descartar isto como mito não equivale, no entanto, a negar que ações geneticamente egoístas possam por vezes apresentar-se (como diriam os clínicos) sob a aparência de ações

desinteressadas ou altruístas. Fatores genéticos que favorecem a indulgência das avós, em contraste com a indiferença fria, podem prevalecer na evolução precisamente porque as avós bondosas promovem egoisticamente a sobrevivência e propagação da fração dos seus próprios genes que está presente nos seus netos.

Richard Dawkins, um dos mais brilhantes representantes da nova geração de biólogos, desmonta com mestria e subtileza algumas das ilusões favoritas da sociobiologia acerca da evolução do altruísmo — mas isto não deve, de forma alguma, ser entendido como um livro de demolição: é, pelo contrário, uma reformulação extremamente hábil dos problemas centrais da sociobiologia em termos da teoria genética da seleção natural. Para além disso, é erudito, espirituoso e muitíssimo bem escrito. Uma das coisas que atraiu Richard Dawkins para o estudo da zoologia foi a «simpatia geral» que sente pelos animais — uma perspetiva partilhada por todos os bons biólogos, e que transparece ao longo de todo este livro.

Embora *O Gene Egoísta* não tenha um carácter disputativo, era uma parte muito necessária do programa de Dawkins desfazer as pretensões de livros como *A Agressão* de Konrad Lorenz, *O Contrato Social* de Robert Ardrey, e *Amor e Ódio* de Irenäus Eibl-Eibesfeldt: «o problema com esses livros é que os seus autores erraram total e absolutamente... porque não compreenderam como funciona a evolução. Fizeram a suposição errónea de que o mais importante na evolução é o bem da espécie (ou do grupo), em vez do bem do indivíduo (ou do gene).»

Há verdade suficiente para uma dúzia de sermões na máxima juvenil de que «a galinha é o modo que o ovo encontrou de fazer outro ovo». Richard Dawkins formula-o assim:

O argumento deste livro é que nós, e todos os outros animais, somos máquinas criadas pelos nossos genes... Sustentarei que uma qualidade predominante a esperar de um gene bem-sucedido é o egoísmo implacável. Este egoísmo genético dará geralmente origem a comportamentos egoístas a nível individual. Contudo, como veremos, há circunstâncias especiais em que um gene pode atingir os seus objetivos egoístas de forma mais eficaz promovendo uma forma limitada de altruísmo ao nível dos animais individuais. «Especiais» e «limitada» são palavras importantes nesta última frase. Por muito que desejemos acreditar no contrário, o amor universal e o bem-estar da espécie como um todo são conceitos que simplesmente não fazem sentido do ponto de vista evolutivo.

Podemos lamentar estas verdades, diz Dawkins, mas isso não as torna menos verdadeiras. Quanto mais claramente compreendermos o egoísmo do processo genético, melhor preparados estaremos para ensinar o valor da generosidade, da cooperação e de tudo o que favorece o bem comum — e Dawkins expõe com mais clareza do que a maioria a importância especial, no caso humano, da evolução cultural ou «exogenética».

No seu último e mais importante capítulo, Dawkins lança-se ao desafio de formular um princípio fundamental que possa aplicar-se certamente a todos os sistemas evolutivos — mesmo, talvez, a organismos em que átomos de silício substituíssem os de carbono, ou a organismos como os seres humanos, nos quais grande parte da evolução se processa por canais não genéticos. Esse princípio é o da evolução através da vantagem reprodutiva líquida de entidades replicadoras. Para os organismos comuns em circunstâncias

comuns, essas entidades são as singularidades nas moléculas de ADN conhecidas como «genes». Para Dawkins, a unidade de transmissão cultural é aquilo a que chama o «meme», e no seu último capítulo expõe o que é, de facto, uma teoria darwiniana dos memes.

A este livro entusiasmantemente bom de Dawkins, acrescentarei uma nota de rodapé: a ideia de que a posse de uma função de memória é um atributo fundamental de todos os seres vivos foi inicialmente proposta por um fisiologista austríaco, Ewald Hering, em 1870. Ele referia-se à sua unidade como «mneme», uma palavra escolhida com consciência etimológica. A exposição de Richard Semon sobre o assunto (1921) é, naturalmente, completamente não-darwiniana, e hoje não pode ser vista senão como uma peça de época. Uma das ideias de Hering foi alvo de escárnio por parte de um filósofo da natureza rival, o Professor J. S. Haldane: a ideia de que deveria existir um composto com exatamente as propriedades que hoje sabemos serem atribuídas ao ácido desoxirribonucleico, o ADN.

© *The Spectator*, 1977

O Jogo da Natureza

W. D. Hamilton em *Science*, 13 de Maio de 1977 (excerto)

Este livro deve ser lido — e pode ser lido — por quase toda a gente. Descreve, com grande mestria, uma nova face da teoria da evolução. Com muito do estilo leve e descomplicado que, recentemente, tem levado ao público novas — e por vezes erróneas — interpretações da biologia, constitui, na minha opinião, uma realização mais séria. Consegue a tarefa aparentemente impossível de usar um inglês simples e não técnico para apresentar alguns temas bastante recônditos e quase matemáticos do pensamento evolutivo recente. Vistos através deste livro, na sua perspectiva ampla, esses temas surpreenderão e revitalizarão até muitos biólogos investigadores que poderiam julgar-se já bem informados. Pelo menos, assim surpreenderam este revisor. E, no entanto, repito, o livro permanece de leitura fácil para qualquer pessoa com uma mínima base científica.

Mesmo sem intenção de esnobismo, ler um livro de divulgação popular numa área próxima da nossa investigação quase obriga a enumerar erros: este exemplo mal aplicado, aquele ponto deixado ambíguo, aquela ideia errada, abandonada há anos. Este livro, da minha parte, teve quase uma folha limpa. Não quero dizer que não haja prováveis erros — dificilmente poderia ser o caso numa obra onde a especulação é, de certo modo, o produto de base — mas a sua biologia, no conjunto, está solidamente no caminho certo, e as suas afirmações questionáveis são pelo menos não dogmáticas. A

avaliação modesta que o autor faz das suas próprias ideias tende a desarmar a crítica, e aqui e ali o leitor vê-se lisonjeado por uma sugestão de que, se não gostar do modelo apresentado, construa um melhor. O facto de tal convite poder ser feito seriamente num livro de divulgação reflete vividamente a novidade do assunto. Curiosamente, há de facto a possibilidade de que ideias simples, ainda não testadas, venham em breve a resolver alguns antigos enigmas da evolução.

Qual é, então, esta nova face da evolução? Em certa medida, é como uma nova interpretação de Shakespeare: estava tudo no guião, mas, de algum modo, passou despercebido. Devo acrescentar, contudo, que a nova perspetiva em questão estava latente não tanto no guião darwiniano da evolução, mas no guião da própria natureza, e que a nossa falha de atenção é mais da ordem dos 20 anos do que de um século. Dawkins parte, por exemplo, das moléculas helicoidais variáveis que agora conhecemos razoavelmente bem; Darwin nem sequer sabia da existência dos cromossomas ou da sua estranha dança no processo sexual. Mas até 20 anos são tempo suficiente para causar surpresa.

O primeiro capítulo caracteriza de forma ampla os fenómenos que o livro procura explicar e mostra a sua importância filosófica e prática para a vida humana. Alguns exemplos animais intrigantes e alarmantes captam a nossa atenção. O segundo capítulo recua até aos primeiros replicadores na sua sopa primordial. Vemo-los multiplicar-se e tornar-se mais complexos. Começam a competir por substratos, a combater, até a lisar (destruir as membranas uns dos outros) e a devorar-se mutuamente; escondem-se a si próprios,

aos seus ganhos e às suas armas em baluartes defensivos; estes passam a servir não apenas de abrigo contra as táticas de rivais e predadores, mas também contra as durezas físicas dos ambientes que os replicadores passam a conseguir invadir. Assim, mobilizam-se, estabelecem-se, erguem formas bizarras, derramam-se sobre praias, atravessam terras e chegam mesmo a desertos e neves eternas. Entre tais fronteiras, para além das quais, por muito tempo, a vida não pode avançar, a sopa é vertida e revertida milhões de vezes em moldes cada vez mais estranhos; por fim, é vertida em formiga e elefante, mandril e homem. Este segundo capítulo conclui, a respeito de algumas coligações descendentes desses replicadores antigos: "A sua preservação é a razão última da nossa existência... Agora chamam-se genes e nós somos as suas máquinas de sobrevivência."

Forçoso e provocador, poderá o leitor pensar, mas será isto muito novo? Bem, até aqui talvez não, mas, evidentemente, a evolução não terminou com os nossos corpos. Mais importante ainda, as técnicas de sobrevivência num mundo superpovoado revelam-se inesperadamente subtis — muito mais subtis do que os biólogos estavam preparados para conceber sob o velho e já em declínio paradigma da adaptação para benefício da espécie. É essa subtileza, em traços gerais, o tema do resto do livro. Tomemos um exemplo simples: o canto das aves. Parece um arranjo muito ineficiente: um materialista ingénuo, ao procurar técnicas pelas quais uma espécie de *Turdus* sobrevive a invernos rigorosos, escassez de alimento e afins, poderia achar o canto exuberante dos machos tão improvável como ectoplasma numa sessão espírita. (Ao refletir mais, poderia achar igualmente improvável o simples facto

de a espécie ter machos — e este, de facto, é outro tema central do livro: tal como no caso do canto, a função do sexo foi racionalizada de forma demasiado simplista no passado.) No entanto, dentro de qualquer espécie de ave, toda uma equipa de replicadores se ocupou em estabelecer um guião elaborado para essa atuação. Em determinado ponto, Dawkins cita o ainda mais extraordinário canto da baleia-jubarte, que se poderá ouvir através de todo um oceano; mas sobre este canto sabemos ainda menos do que sobre o de *Turdus* — não sabemos ao certo do que trata ou a quem se dirige. Tanto quanto as provas indicam, poderia até ser um hino de unidade cetácea contra a humanidade — o que, para as baleias, talvez fosse benéfico. É claro que agora são outras equipas de equipas de replicadores que produzem concertos sinfónicos. E estes, sim, chegam por vezes a atravessar oceanos — refletidos por corpos no espaço, que por sua vez foram feitos e colocados em órbita segundo planos de equipas ainda mais complexas. O que os ilusionistas fazem com espelhos é nada comparado ao que a natureza, se Dawkins tiver razão, faz com matéria tão pouco promissora como sopa primordial solidificada. Para caracterizar o novo olhar que a biologia apresenta neste e noutros livros recentes (como *Sociobiology*, de E. O. Wilson), basta dizer que ele brilha com a esperança de que estas extensões mais remotas da vida possam em breve enquadrar-se mais compreensivelmente — na essência, se não nos detalhes (crentes religiosos e neomarxistas podem inverter a frase, se preferirem) — num padrão geral que inclua a mais simples parede celular, o corpo multicelular mais básico e o canto do melro.

Deve evitar-se, contudo, a impressão de que este livro é uma espécie de *Sociobiologia* para leigos ou para “bolsos vazios”. Em primeiro lugar, contém muitas ideias originais; em segundo, contrabalança um certo desequilíbrio no tomo massivo de Wilson, ao enfatizar fortemente o aspeto da teoria dos jogos no comportamento social, que Wilson mal mencionou. “Teoria dos jogos” não é exatamente o termo certo, sobretudo no contexto dos níveis mais básicos da evolução social, já que os genes não raciocinam sobre os seus métodos de operação; no entanto, tornou-se claro que, a todos os níveis, existem semelhanças úteis entre as estruturas conceptuais da teoria dos jogos e as da evolução social. A fertilização cruzada aqui implícita é nova e ainda está em curso: só recentemente, por exemplo, soube que a teoria dos jogos já tinha dado um nome (“equilíbrio de Nash”) a um conceito que corresponde, aproximadamente, à “estratégia evolutivamente estável”. Dawkins trata, com razão, a ideia de estabilidade evolutiva como absolutamente central para a sua nova visão da biologia social.

O elemento lúdico no comportamento e na adaptação sociais deriva da dependência, em qualquer situação social, do sucesso da estratégia de um indivíduo face às estratégias usadas pelos seus interatores. A procura de uma adaptação que retire o máximo de uma dada situação, independentemente do bem comum, pode conduzir a resultados surpreendentes. Quem suporia, por exemplo, que a importante questão de por que razão, nos peixes — ao contrário da maioria dos outros animais —, é o macho que geralmente guarda os ovos e as crias (quando algum dos sexos o faz) poderia depender de um detalhe tão trivial como qual dos sexos

é obrigado a libertar primeiro os gâmetas na água? No entanto, Dawkins e um colaborador, desenvolvendo uma ideia de R. L. Trivers, apresentaram um argumento plausível de que tal detalhe de sincronização, mesmo que de apenas alguns segundos, poderia ser crucial para todo o fenómeno. Outro exemplo: não esperaríamos que as fêmeas de aves monogâmicas, beneficiando da ajuda de um parceiro, pusessem posturas maiores do que as fêmeas de espécies poligâmicas? Na realidade, o inverso é que é verdade. Dawkins, no seu capítulo algo alarmante sobre a “batalha dos sexos”, aplica novamente a ideia de estabilidade contra exploração (neste caso, por parte do macho) e subitamente torna natural esta correlação estranha. A sua ideia, como a maioria das outras, permanece não comprovada, e podem muito bem existir outras razões mais relevantes; mas as que ele apresenta, visíveis tão claramente a partir da sua nova posição, merecem atenção.

Num manual de teoria dos jogos, não se vê mais dos jogos do que se vê de círculos e triângulos num manual de geometria moderna. À primeira vista, tudo é apenas álgebra: a teoria dos jogos é um assunto técnico desde o início. Assim, é certamente um feito literário transmitir, como este livro faz, não só a sensação exterior e a qualidade, mas até alguns detalhes internos de situações de tipo teórico-dos-jogos sem recorrer a fórmulas. R. A. Fisher, na introdução ao seu grande livro sobre evolução, escreveu: “Nenhum esforço meu poderia tornar o livro de leitura fácil.” Nessa obra, sob uma chuva de fórmulas e frases tão profundas quanto concisas, o leitor cedo se rende. Tendo lido *O Gene Egoísta*, sinto agora que Fisher poderia ter feito melhor — embora, admitamos, teria de escrever um livro de outro tipo. Parece que até as ideias

formativas da genética de populações clássica poderiam ter sido muito mais interessantes em prosa corrente do que alguma vez foram. (De facto, Haldane conseguiu algo melhor que Fisher nesse aspeto, mas foi menos profundo.) O que é realmente notável é o quanto da matemática algo árida que ocupa o fluxo principal da genética de populações, seguindo a linha de Wright, Fisher e Haldane, pode ser evitada na nova abordagem mais social aos factos da vida. Surpreendeu-me ver Dawkins partilhar a minha avaliação de Fisher como “o maior biólogo do século XX” (uma opinião rara, pensava eu); mas também me surpreendeu notar o quão pouco precisou de reiterar do livro de Fisher.

Finalmente, no último capítulo, Dawkins aborda o fascinante tema da evolução da cultura. Lança o termo “meme” (abreviação de “mimeme”) para o equivalente cultural de “gene”. Por mais difícil que este termo seja de delimitar — e certamente será mais difícil do que gene, que já é bastante — suspeito que em breve entrará no uso corrente dos biólogos e, assim espero, também de filósofos, linguistas e outros, podendo vir a ser absorvido no quotidiano até ao ponto a que chegou a palavra “gene”.

Excerto publicado com autorização de W. D. Hamilton, *SCIENCE* 196:757–59 (1977).

Genes e Memes

John Maynard Smith na *The London Review of Books*, 4–18 de fevereiro de 1982. (Extrato da crítica a *The Extended Phenotype*.)

O *Gene Egoísta* foi invulgar na medida em que, embora escrito numa linguagem popular, trouxe uma contribuição original para a biologia. Além disso, a contribuição em si era de um tipo invulgar. Ao contrário do clássico de David Lack, *The Life of the Robin* — também uma contribuição original em formato popular — *O Gene Egoísta* não reporta novos factos. Nem contém novos modelos matemáticos — de facto, não contém matemática alguma. O que oferece é uma nova visão do mundo.

Embora o livro tenha sido amplamente lido e apreciado, também suscitou forte hostilidade. Grande parte dessa hostilidade, acredito, resulta de incompreensão, ou melhor, de várias incompreensões. Das quais, a mais fundamental é o falhanço em compreender o que o livro realmente trata. É um livro sobre o processo evolutivo — não trata de moral, nem de política, nem das ciências humanas. Se não tem interesse em como a evolução aconteceu, e não consegue conceber que alguém se possa preocupar seriamente com algo que não sejam assuntos humanos, então não o leia: só o deixará desnecessariamente irritado.

Assumindo, contudo, que tem interesse em evolução, uma boa forma de entender o que Dawkins procura é apreender a natureza dos debates que ocorreram entre biólogos evolucionistas durante as décadas de 1960 e 1970. Estes debates prendiam-se com dois temas relacionados, a “seleção de grupo” e a “seleção de parentes”. O debate sobre “seleção de grupo” foi desencadeado por Wynne-Edwards [que sugeriu que adaptações comportamentais] evoluíram por “seleção de grupo” — isto é, através da sobrevivência de alguns grupos e da extinção de outros...

Quase ao mesmo tempo, W. D. Hamilton levantou outra questão sobre como a seleção natural atua. Apontou que, se um gene levasse o seu portador a sacrificar a própria vida para salvar várias vidas de parentes, poderia haver mais cópias desse gene presentes posteriormente do que se o sacrifício não tivesse sido feito... Para modelar o processo quantitativamente, Hamilton introduziu o conceito de “aptidão inclusiva”... que inclui, não só a descendência do indivíduo, mas qualquer descendência adicional criada por parentes com a ajuda desse indivíduo, devidamente ponderada pelo grau de parentesco...

Dawkins, ao reconhecer a dívida que temos para com Hamilton, sugere que este errou ao fazer uma última tentativa de reter o conceito de aptidão, e que teria sido mais sábio adotar uma visão “do ponto de vista do gene” plenamente assumida da evolução. Exorta-nos a reconhecer a distinção fundamental entre “replicadores” — entidades cuja estrutura precisa é replicada no processo de reprodução — e “veículos”: entidades que são mortais e não são replicadas, mas cujas propriedades são influenciadas

pelos replicadores. Os principais replicadores que conhecemos são as moléculas de ácido nucleico — tipicamente moléculas de ADN — de que os genes e cromossomas são compostos. Veículos típicos são os corpos de cães, moscas-da-fruta e pessoas. Suponhamos, então, que observamos uma estrutura como o olho, manifestamente adaptada para ver. Poderíamos razoavelmente perguntar em benefício de quem o olho evoluiu. A única resposta razoável, sugere Dawkins, é que evoluiu em benefício dos replicadores responsáveis pelo seu desenvolvimento. Embora, como eu, ele prefira muito mais a vantagem do indivíduo à do grupo como explicação, ele preferiria pensar apenas na vantagem do replicador.

© *John Maynard Smith, 1982*

CAPÍTULO 1

¹ Algumas pessoas, mesmo as não religiosas, sentiram-se ofendidas com a citação de Simpson. Concorro que, quando se lê pela primeira vez, soa terrivelmente filisteu, desajeitada e intolerante, um pouco como a frase de Henry Ford: "A História é mais ou menos um disparate". Mas, respostas religiosas à parte (eu conheço-as; guarde o seu selo), quando é realmente desafiado a pensar em respostas pré-darwinianas às perguntas "O que é o homem?", "Existe um sentido para a vida?", "Para que servimos?", consegue, aliás, pensar em alguma que não seja inútil hoje, exceto pelo seu (considerável) interesse histórico? Existe algo como estar simplesmente errado, e era isso que, antes de 1859, todas as respostas a estas perguntas eram.

² Os críticos, por vezes, interpretaram mal *O Gene Egoísta*, julgando tratar-se de uma defesa do egoísmo como princípio de vida! Outros, talvez por se limitarem a ler o título ou por nunca terem passado das primeiras duas páginas, acharam que eu estava a afirmar que, quer gostemos quer não, o egoísmo e outros comportamentos desagradáveis são uma parte inescapável da nossa natureza. Este erro é fácil de cometer se se pensar — como muitos, inexplicavelmente, parecem pensar — que a "determinação" genética é definitiva, absoluta e irreversível. Na realidade, os genes "determinam" o comportamento apenas num sentido estatístico (ver também pp. 36–41). Uma boa analogia é a generalização, amplamente aceite, de que "céu avermelhado ao entardecer é alegria para o pastor". Pode ser estatisticamente verdade que um belo pôr do sol avermelhado prenuncia um bom dia seguinte, mas ninguém apostaria uma grande quantia nisso. Sabemos perfeitamente que o estado do tempo é influenciado por uma imensidão de fatores complexos. Qualquer previsão meteorológica está sujeita a erro. É apenas uma previsão estatística. Não vemos os céus avermelhados como determinantes irrevogáveis de bom tempo no dia seguinte — e não deveríamos pensar que os genes determinam irrevogavelmente coisa alguma. Não há razão para que a influência dos genes não possa ser facilmente contrariada por outras influências. Para uma discussão mais aprofundada do chamado "determinismo genético" e das razões pelas quais surgiram mal-entendidos sobre o tema, ver o capítulo 2 de *O Fenótipo Alargado*, bem como o meu artigo *Sociobiology: The New Storm in a Teacup*. Já fui até acusado de afirmar que os seres humanos são, no fundo, todos como mafiosos de Chicago! Mas o ponto essencial da minha analogia com os gangsters de Chicago (p. 20) era, evidentemente, o seguinte:

o conhecimento do tipo de mundo em que um homem prosperou diz-nos algo sobre esse homem. Não tinha nada que ver com as qualidades particulares dos gangsters de Chicago. Poderia, com igual eficácia, ter recorrido à analogia de um homem que tivesse ascendido ao topo da Igreja de Inglaterra, ou que tivesse sido eleito para o Athenaeum. De qualquer forma, não eram pessoas, mas sim genes, o objeto da minha analogia.

Abordei este e outros mal-entendidos demasiado literais no meu artigo *In Defence of Selfish Genes*, de onde a citação acima foi retirada.

Devo acrescentar que algumas das observações políticas ocasionais neste capítulo me causam desconforto ao relê-las, em 1989. "Quantas vezes se terá dito isto [a necessidade de conter a ganância egoísta para evitar a destruição de todo o grupo] nos últimos anos aos trabalhadores britânicos?" (p. 4) — esta frase faz-me soar como um conservador! Em 1975, quando foi escrita, um governo socialista, que eu ajudara a eleger, lutava desesperadamente contra uma inflação de 23% e estava, evidentemente, preocupado com os elevados pedidos de aumentos salariais. A minha observação podia ter sido retirada de um discurso de qualquer ministro trabalhista da altura. Agora que o Reino Unido tem um governo da nova direita, que elevou a mesquinhez e o egoísmo ao estatuto de ideologia, as minhas palavras parecem ter adquirido uma espécie de azedume por associação, o que lamento. Não é que retire o que disse — o egoísmo míope continua a ter as consequências indesejáveis que referi. Mas, nos dias de hoje, se alguém procurasse exemplos de egoísmo míope na Grã-Bretanha, não começaria pela classe trabalhadora. Na verdade, talvez seja melhor evitar sobrecarregar uma obra científica com comentários políticos ocasionais, dado que é notável a rapidez com que esses comentários se tornam datados. Os escritos dos cientistas politicamente atentos dos anos 30 — como J. B. S. Haldane e Lancelot Hogben, por exemplo — encontram-se hoje significativamente marcados por farpas anacrônicas.

³ Aprendi este facto insólito sobre os insetos machos durante uma palestra de investigação dada por um colega sobre as frigâneas. Disse ele que gostaria de conseguir criar frigâneas em cativeiro, mas que, por mais que tentasse, não conseguia persuadi-las a acasalar. Ao que o Professor de Entomologia resmungou da primeira fila, como se fosse a coisa mais óbvia que se podia ter esquecido: — Ainda não tentou cortar-lhes a cabeça?

⁴ Desde que escrevi o meu manifesto sobre a seleção génica, tive algumas reservas quanto à possibilidade de existir também um tipo de seleção a um nível superior, que opere ocasionalmente ao longo da vasta trajetória da evolução. Apresso-me a acrescentar

que, ao dizer “nível superior”, não me refiro a nada relacionado com a “seleção de grupo”. Estou a falar de algo muito mais subtil e muito mais interessante. A minha convicção atual é que não só alguns organismos individuais são melhores a sobreviver do que outros; classes inteiras de organismos podem ser melhores a evoluir do que outras. Naturalmente, a evolução de que aqui se fala continua a ser a mesma velha evolução, mediada através da seleção de genes. As mutações continuam a ser favorecidas pelo seu impacto na sobrevivência e no sucesso reprodutivo dos indivíduos. Mas uma mutação significativa no plano embriológico de base pode também abrir novas comportas para uma evolução divergente ao longo de milhões de anos. Pode haver uma espécie de seleção a um nível superior por embriologias que se prestem à evolução: uma seleção a favor da evolubilidade. Este tipo de seleção pode até ser cumulativa e, por conseguinte, progressiva — de formas que a seleção de grupo não é. Estas ideias são desenvolvidas no meu artigo *The Evolution of Evolvability*, que foi largamente inspirado nas experiências realizadas com o Blind Watchmaker, um programa de computador que simula aspetos da evolução.

CAPÍTULO 2

¹ Existem muitas teorias sobre a origem da vida. Em vez de as explorar exaustivamente, optei, em *O Gene Egoísta*, por apresentar apenas uma, com o intuito de ilustrar a ideia principal. Mas não gostaria de dar a entender que essa era a única hipótese séria, ou sequer a melhor. Com efeito, em *O Relojoeiro Cego*, escolhi deliberadamente uma diferente para o mesmo propósito — a teoria da argila de A. G. Cairns-Smith. Em nenhum dos dois livros me comprometi com a hipótese específica escolhida. Se escrevesse outro livro, provavelmente aproveitaria a oportunidade para tentar explicar ainda outra perspetiva — a do químico matemático alemão Manfred Eigen e dos seus colegas. O que procuro sempre transmitir é algo acerca das propriedades fundamentais que têm de estar na base de qualquer boa teoria sobre a origem da vida em qualquer planeta, nomeadamente a ideia de entidades genéticas autorreplicantes.

² Vários correspondentes consternados questionaram a tradução errada de “jovem mulher” por “virgem” na profecia bíblica, exigindo de mim uma resposta. Ferir sensibilidades religiosas é, hoje em dia, um assunto perigoso, por isso é melhor que satisfaça o pedido. Na verdade, é um prazer, pois os cientistas nem sempre têm oportunidade de se envolver com o pó das bibliotecas em busca de uma verdadeira nota de rodapé académica. A questão é, de facto, bem conhecida pelos estudiosos da Bíblia, e não é por eles contestada. A palavra hebraica usada em Isaías é אַלְמָה (*‘almah*), que significa inequivocamente “jovem mulher”, sem qualquer implicação de virgindade. Se a intenção fosse dizer “virgem”, poderia ter sido usada a palavra בְּתוּלָה (*‘bethulah*). (A ambiguidade da palavra inglesa “maiden” — que pode significar tanto “jovem mulher” como “virgem” — ilustra como é fácil deslizar entre os dois significados). A “mutação” ocorreu quando a tradução grega pré-cristã conhecida como a Septuaginta verteu *almah* para παρθένος (*parthenos*), que na maioria dos casos significa realmente “virgem”. Mateus (não, evidentemente, o Apóstolo e contemporâneo de Jesus, mas o redator do evangelho, escrito muito tempo depois) citou Isaías numa versão que parece derivar diretamente da Septuaginta (catorze das quinze palavras gregas são idênticas) quando escreveu: “Ora, tudo isto aconteceu para que se cumprisse o que o Senhor dissera por intermédio do profeta: Eis que uma virgem conceberá e dará à luz um filho, e chamá-lo-ão Emanuel” (tradução autorizada em inglês). É amplamente aceite entre os estudiosos cristãos que a história do nascimento virginal de Jesus foi uma interpolação tardia, presumivelmente acrescentada por discípulos de língua grega, de modo a que a profecia (mal traduzida) parecesse cumprida. Versões modernas, como a New English Bible, traduzem corretamente “jovem mulher” em Isaías. E também corretamente mantêm “virgem” em Mateus, já que aí estão a traduzir a partir do grego.

³ Este excerto arrebatado (um raro — bem, relativamente raro — momento de indulgência) tem sido citado e recitado com entusiasmo como prova do meu suposto e feroz ‘determinismo genético’. Parte do problema reside nas associações populares, mas erróneas, da palavra “robô”. Vivemos na idade de ouro da eletrónica, e os robôs já não são idiotas autómatos inflexíveis e rígidos: são capazes de aprender, de ter inteligência e até criatividade. Ironia das ironias, mesmo já em 1920, quando Karel Čapek cunhou o termo, os “robôs” eram seres mecânicos que acabavam por desenvolver sentimentos humanos — como apaixonarem-se. As pessoas que pensam que os robôs são, por definição, mais “deterministas” do que os seres humanos estão confusas (a menos que sejam religiosas, caso em que podem coerentemente sustentar que os humanos possuem algum dom divino de livre-arbítrio, negado às meras máquinas). Mas se, como a maioria dos críticos da minha passagem do “robô trôpego”, não é religioso, então enfrente esta questão: o que pensa você que é, se não um robô — ainda que extremamente complexo? Abordei tudo isto em *The Extended Phenotype*, pp. 15–17.

O erro foi agravado por mais uma reveladora “mutação”. Tal como pareceu teologicamente necessário que Jesus tivesse nascido de uma virgem, também parece demonologicamente necessário que qualquer “determinista genético” digno desse nome acredite que os genes “controlam” todos os aspetos do nosso comportamento. Escrevi sobre os replicadores genéticos: “eles criaram-nos, corpo e mente” (p. 25), “(Na edição original de 1976, esta citação aparece na página 25 do capítulo 1. Na presente edição, e traduzido para português, encontra-se na página 41 no capítulo 2, ‘Replicadores’.). Esta frase foi devidamente deturpada (por exemplo, em *Not in Our Genes*, de Rose, Kamin e Lewontin (p. 287), e anteriormente num artigo académico de Lewontin) como “[eles] controlam-nos, corpo e mente” (sublinhado meu). No contexto do meu capítulo, penso que é óbvio o que queria dizer com

“criar”, e é algo bem diferente de “controlar”. Qualquer pessoa pode perceber que, de facto, os genes não controlam as suas criações no sentido forte que é criticado como “determinismo”. Nós desafiamos os genes com facilidade (bem, relativa facilidade) sempre que usamos contração.

CAPÍTULO 3

¹ Aqui, e também nas páginas 110–113 (Referência à página da edição original de 1976), encontra-se a minha resposta aos críticos do “atomismo” genético. Rigorosamente falando, trata-se de uma antecipação, e não de uma resposta, uma vez que antecede a crítica! Lamento ter de me citar tão extensamente, mas os excertos relevantes de *O Gene Egoísta* parecem ser desconcertantemente fáceis de ignorar! Por exemplo, em “Grupos Solidários e Genes Egoístas” (Cuidando do Polegar do Panda), S. J. Gould afirmou:

Não existe um gene “para” elementos tão inequívocos da morfologia como a sua rótula esquerda ou a sua unha. Os corpos não podem ser atomizados em partes, cada uma construída por um gene individual. Centenas de genes contribuem para a construção da maioria das partes do corpo...

Gould escreveu isto como crítica a *O Gene Egoísta*. Mas agora observa-se as minhas palavras reais (p. 46, referência à página da edição original de 1976):

A produção de um corpo é uma empreitada cooperativa de tal complexidade que é quase impossível distinguir a contribuição de um gene da de outro. Um dado gene terá muitos efeitos distintos sobre diferentes partes do corpo. Uma dada parte do corpo será influenciada por muitos genes, e o efeito de qualquer gene depende da interação com muitos outros.

E novamente (p. 46, referência à página da edição original de 1976):

Por muito independentes e livres que os genes possam ser na sua viagem através das gerações, estão longe de ser agentes livres e independentes no controlo do desenvolvimento embrionário. Eles colaboram e interagem de formas complexas e inextricáveis, tanto entre si como com o ambiente externo. Expressões como “gene para pernas compridas” ou “gene para comportamento altruísta” são figuras de estilo convenientes, mas é importante compreender o seu real significado. Não existe um gene que, sozinho, construa uma perna — longa ou curta. Construir uma perna é uma tarefa cooperativa envolvendo múltiplos genes. As influências do ambiente externo são também indispensáveis; afinal de contas, as pernas são literalmente feitas de comida! Mas pode muito bem existir um único gene que, todas as outras coisas sendo iguais, tenda a tornar as pernas mais compridas do que seriam sob a influência do alelo alternativo.

Ampliei esta ideia no parágrafo seguinte, utilizando uma analogia com os efeitos do fertilizante no crescimento do trigo. É quase como se Gould estivesse tão certo, à partida, de que eu seria um atomista ingênuo, que ignorou os extensos trechos onde expressei exatamente o mesmo ponto interacionista que ele viria a defender.

Gould prossegue:

Dawkins precisará de outra metáfora: genes a reunirem-se em caucus, a formarem alianças, a demonstrarem deferência para poderem integrar um pacto, a avaliarem os ambientes prováveis.

Na minha analogia com o remo (pp. 110–112, referência à página da edição original de 1976), eu já tinha feito precisamente o que Gould veio depois sugerir. Consulte também essa passagem do remo para perceber por que razão Gould, embora concordemos em tanto, erra ao afirmar que a seleção natural “aceita ou rejeita organismos inteiros porque conjuntos de partes, interagindo de forma complexa, conferem vantagens”. A explicação verdadeira para a “cooperatividade” dos genes é que:

Os genes são selecionados, não por serem “bons” isoladamente, mas por serem bons a trabalhar em conjunto com os restantes genes do banco genético. Um bom gene tem de ser compatível e complementar com os outros genes com quem terá de partilhar uma longa sucessão de corpos. (p. 110, referência à página da edição original de 1976)

Escrevi uma resposta mais completa às críticas ao atomismo genético em *O Fenótipo Alargado*, especialmente nas páginas 116–117 e 239–247.

² As palavras exatas de Williams, em *Adaptation and Natural Selection*, são:

Uso o termo gene para significar “aquilo que segrega e recombina com frequência apreciável”. ... Um gene poderia ser definido como qualquer informação hereditária para a qual exista uma tendência de seleção favorável ou desfavorável igual ou superior a várias vezes a sua taxa de alteração endógena.

O livro de Williams é hoje amplamente, e com razão, considerado um clássico, respeitado tanto pelos “sociobiólogos” como pelos seus críticos. Penso ser evidente que Williams nunca se viu a si próprio como estando a defender algo de novo ou revolucionário com o seu “seleccionalismo génico” — e eu também não em 1976. Ambos pensávamos estar simplesmente a reafirmar um princípio fundamental de Fisher, Haldane e Wright, os pais fundadores do “neo-darwinismo” dos anos 30. No entanto, talvez devido à linguagem sem concessões que usámos, algumas pessoas — incluindo o próprio Sewall Wright — aparentemente contestaram a nossa visão de que “o gene é a unidade de seleção”. A sua razão fundamental é que a seleção natural opera sobre organismos, não sobre os genes que neles residem. A minha resposta a visões como a de Wright encontra-se em *O Fenótipo Alargado*, especialmente nas páginas 238–247. As reflexões mais recentes de Williams sobre a questão do gene como unidade de seleção,

no seu *A Defesa do Reduccionismo na Biologia Evolutiva*, mantêm-se tão penetrantes como sempre. Alguns filósofos — por exemplo, D. L. Hull, K. Sterelny e P. Kitcher, bem como M. Hampe e S. R. Morgan — também deram recentemente contributos úteis para clarificar a questão das “unidades de seleção”. Infelizmente, há outros filósofos que a têm confundido.

³ Seguindo Williams, dei grande ênfase aos efeitos fragmentadores da meiose no meu argumento de que o organismo individual não pode desempenhar o papel de replicador na seleção natural. Agora vejo que isso era apenas metade da história. A outra metade é desenvolvida em *O Fenótipo Alargado* (pp. 97–99) e no meu artigo “Replicadores e Veículos”. Se os efeitos fragmentadores da meiose fossem toda a história, um organismo de reprodução assexuada, como uma fêmea de inseto-pau, seria um verdadeiro replicador, uma espécie de gene gigante. Mas, se um inseto-pau sofrer uma alteração — por exemplo, perder uma perna — essa mudança não é transmitida às gerações futuras. Apenas os genes são transmitidos através das gerações, quer a reprodução seja sexual ou assexual. Os genes, portanto, são de facto replicadores. No caso de um inseto-pau assexuado, o genoma inteiro (o conjunto de todos os seus genes) é um replicador. Mas o próprio inseto-pau não o é. O corpo de um inseto-pau não é moldado como uma réplica do corpo da geração anterior. O corpo de cada geração desenvolve-se de novo a partir de um ovo, sob a direção do seu genoma, que é uma réplica do genoma da geração anterior.

Todas as cópias impressas deste livro serão idênticas entre si. Serão réplicas, mas não replicadores. São réplicas não porque se copiaram mutuamente, mas porque todas copiaram as mesmas matrizes tipográficas. Não formam uma linhagem de cópias, com alguns livros a serem ancestrais de outros. Uma linhagem de cópias existiria se fotocopiássemos uma página de um livro, depois fotocopiássemos a fotocópia, e depois a fotocópia da fotocópia, e assim sucessivamente. Nessa linhagem de páginas, existiria realmente uma relação ancestral/descendente. Uma nova mancha que surgisse em qualquer ponto da série seria partilhada pelos descendentes, mas não pelos ancestrais. Uma série ancestral/descendente deste tipo tem potencial para evoluir.

À superfície, as gerações sucessivas de corpos de inseto-pau parecem constituir uma linhagem de réplicas. Mas se se altera experimentalmente um membro da linhagem (por exemplo, removendo-lhe uma perna), essa alteração não é transmitida ao longo da linhagem. Pelo contrário, se se altera experimentalmente um membro da linhagem genómica (por exemplo, por radiação com raios-X), a alteração será transmitida ao longo da linhagem. Esta, e não o efeito fragmentador da meiose, é a razão fundamental para afirmar que o organismo individual não é a “unidade de seleção” — não é um verdadeiro replicador. Trata-se de uma das consequências mais importantes do facto, universalmente aceite, de que a teoria “Lamarckiana” da herança é falsa.

⁴ Fui criticado (não, evidentemente, por Williams em pessoa, nem sequer com o seu conhecimento) por ter atribuído esta teoria do envelhecimento a P. B. Medawar, em vez de a G. C. Williams. É verdade que muitos biólogos, especialmente nos Estados Unidos, conhecem a teoria sobretudo através do artigo de Williams de 1957, “Pleiotropia, Seleção Natural e a Evolução da Senescência”. Também é verdade que Williams desenvolveu a teoria para além do tratamento dado por Medawar. No entanto, o meu juízo pessoal é que Medawar expôs o núcleo essencial da ideia já em 1952, em *An Unsolved Problem in Biology*, e em 1957, em *The Uniqueness of the Individual*. Devo acrescentar que considero o desenvolvimento da teoria por parte de Williams muito útil, uma vez que torna claro um passo necessário no argumento (a importância da “pleiotropia”, ou dos efeitos múltiplos dos genes), que Medawar não enfatizou de forma explícita. W. D. Hamilton levou recentemente este tipo de teoria ainda mais longe, no seu artigo “The Moulding of Senescence by Natural Selection”. A propósito, recebi muitas cartas interessantes de médicos, mas nenhuma, creio, comentou as minhas especulações sobre “enganar” os genes quanto à idade do corpo em que se encontram (pp. 53–4). A ideia ainda não me parece obviamente disparatada e, se estivesse certa, não seria ela de grande importância médica?

⁵ O problema de para que serve afinal o sexo continua tão intrigante como sempre, apesar de alguns livros provocadores e estimulantes, nomeadamente os de M. T. Ghiselin, G. C. Williams, J. Maynard Smith e G. Bell, bem como um volume editado por R. Michod e B. Levin. Para mim, a ideia nova mais entusiasmante é a teoria parasitária de W. D. Hamilton, que foi explicada em linguagem não técnica por Jeremy Cherfas e John Gribbin em *The Redundant Male*.

⁶ A minha sugestão de que o ADN excedentário e não traduzido poderia ser um parasita com interesses próprios foi adotada e desenvolvida por biólogos moleculares (ver os artigos de Orgel e Crick, e de Doolittle e Sapienza) sob o lema «ADN Egoísta». S. J. Gould, na obra *Hen's Teeth and Horse's Toes*, fez a afirmação provocadora (para mim!) de que, apesar das origens históricas da ideia de ADN egoísta, «As teorias dos genes egoístas e do ADN egoísta não poderiam ser mais diferentes nas estruturas explicativas que as sustentam.» Considero o seu raciocínio errado, mas interessante, o que, aliás, ele teve a amabilidade de me dizer que é, normalmente, como encontra os meus. Após um preâmbulo sobre «reduccionismo» e «hierarquia» (que, como é habitual, não considero nem errado nem interessante), Gould prossegue:

Os genes egoístas de Dawkins aumentam de frequência porque têm efeitos nos corpos, ajudando-os na sua luta pela sobrevivência. O ADN egoísta aumenta de frequência precisamente pela razão oposta — porque não tem qualquer efeito nos corpos...

Vejo a distinção que Gould está a fazer, mas não a consigo ver como fundamental. Pelo contrário, continuo a considerar o ADN egoísta como um caso especial da teoria geral do gene egoísta, que é precisamente como surgiu originalmente a ideia de ADN egoísta. (Este ponto — de que o ADN egoísta é um caso especial — talvez esteja ainda mais claro na página 232 deste livro do que

na passagem da página 57 citada por Doolittle e Sapienza, e por Orgel e Crick. Doolittle e Sapienza, a propósito, usam a expressão «genes egoístas» e não «ADN egoísta» no título do seu artigo.)

Permitam-me responder a Gould com a seguinte analogia: os genes que conferem às vespas as suas riscas amarelas e pretas aumentam de frequência porque esse padrão cromático de «aviso» estimula fortemente o cérebro de outros animais. Os genes que conferem aos tigres as suas riscas amarelas e pretas aumentam de frequência «pela razão precisamente oposta» — porque, idealmente, esse padrão (cripticamente disfarçado) não estimula de todo o cérebro de outros animais. Há, de facto, aqui uma distinção, análoga (a um nível hierárquico diferente!) à de Gould, mas trata-se de uma distinção subtil de detalhe. Dificilmente desejaríamos afirmar que os dois casos «não poderiam ser mais diferentes nas estruturas explicativas que os sustentam». Orgel e Crick acertaram em cheio ao fazer a analogia entre o ADN egoísta e os ovos de cuco: afinal, os ovos de cuco escapam à deteção precisamente por se parecerem exatamente com os ovos da espécie hospedeira.

A propósito, a edição mais recente do Oxford English Dictionary inclui um novo significado para «egoísta» como «Diz-se de um gene ou material genético: que tende a perpetuar-se ou a propagar-se embora sem efeito no fenótipo.» Esta é uma definição admiravelmente concisa de «ADN egoísta», e a segunda citação de apoio refere-se, de facto, ao ADN egoísta. Na minha opinião, contudo, a frase final — «embora sem efeito no fenótipo» — é infeliz. Os genes egoístas podem não ter efeitos fenotípicos, mas muitos deles têm. Poder-se-ia argumentar que os lexicógrafos pretendiam restringir o significado a «ADN egoísta», que de facto não tem efeitos fenotípicos. Mas a sua primeira citação de apoio, retirada de *O Gene Egoísta*, inclui genes egoístas com efeitos fenotípicos. Longe de mim, no entanto, insurgir-me contra a honra de ser citado no Oxford English Dictionary!

Abordei mais aprofundadamente o tema do ADN egoísta em *O Fenótipo Alargado* (pp. 156–164).

CAPÍTULO 4

¹ Declarações como esta preocupam os críticos de espírito literal. Têm razão, claro, ao afirmar que os cérebros diferem em muitos aspetos dos computadores. Os seus métodos internos de funcionamento, por exemplo, são bastante diferentes do tipo particular de computadores que a nossa tecnologia desenvolveu. Mas isso em nada reduz a veracidade da minha afirmação quanto à analogia funcional. Funcionalmente, o cérebro desempenha precisamente o papel de um computador de bordo — processamento de dados, reconhecimento de padrões, armazenamento de dados a curto e longo prazo, coordenação de operações, e assim por diante.

Já que falamos de computadores, as minhas observações a seu respeito tornaram-se agradavelmente — ou assustadoramente, dependendo do ponto de vista — desatualizadas. Escrevi (p. 75) que “só se poderiam encaixar algumas centenas de transístores num crânio.” Hoje, os transístores são combinados em circuitos integrados. O número de equivalentes de transístores que se poderia atualmente encaixar num crânio deve andar na casa dos milhares de milhões. Também afirmei (p. 79) que os computadores, ao jogar xadrez, tinham atingido o nível de um bom amador. Hoje em dia, programas de xadrez que vencem todos, exceto os jogadores mais sérios, são comuns em computadores domésticos baratos, e os melhores programas do mundo representam agora um desafio sério para os grandes mestres. Aqui está, por exemplo, o correspondente de xadrez do Spectator, Raymond Keene, na edição de 7 de outubro de 1988:

Ainda é algo sensacional quando um jogador titulado é derrotado por um computador, mas talvez não por muito mais tempo. O mais perigoso monstro metálico até agora a desafiar o cérebro humano é o estranhamente chamado “Deep Thought”, sem dúvida uma homenagem a Douglas Adams. A mais recente façanha de Deep Thought foi aterrorizar os adversários humanos no Campeonato Aberto dos EUA, realizado em agosto em Boston. Ainda não tenho acesso à classificação geral de DT, que será o verdadeiro teste do seu desempenho numa competição aberta em sistema suíço, mas vi uma vitória notavelmente impressionante contra o forte canadiano Igor Ivanov, um homem que em tempos derrotou Karpov! Observem com atenção; isto pode ser o futuro do xadrez.

Segue-se uma descrição, jogada a jogada, da partida. Esta é a reação de Keene ao Lance 22 de Deep Thought:

Uma jogada maravilhosa... A ideia é centralizar a dama... e esse conceito conduz a um sucesso notavelmente rápido... O resultado surpreendente... O flanco da dama das pretas está agora completamente destruído pela penetração da dama.

A resposta de Ivanov a esta jogada é descrita como:

Um lance desesperado, que o computador descarta com desprezo... A humilhação final. O DT ignora a recaptura da dama, dirigindo-se em vez disso para um xeque-mate fulminante... As pretas desistem.

Deep Thought não é apenas um dos melhores jogadores de xadrez do mundo. O que considero ainda mais impressionante é a linguagem da consciência humana que o comentador sente-se impelido a usar. Deep Thought “descarta com desprezo” o “lance desesperado” de Ivanov. Deep Thought é descrito como “agressivo”. Keene fala de Ivanov como alguém que “espera” por determinado resultado, mas a sua linguagem mostra que se sentiria igualmente confortável a usar a palavra “esperança” em relação a Deep Thought.

Pessoalmente, espero com entusiasmo que um programa de computador vença o campeonato mundial. A humanidade precisa de uma lição de humildade.

² A for (de) Andromeda” e a sua sequência, *Andromeda Breakthrough*, são inconsistentes quanto à origem da civilização alienígena — se provém da enormemente distante galáxia de Andrómeda ou de uma estrela mais próxima na constelação de Andrómeda, como referi. No primeiro romance, o planeta é situado a 200 anos-luz de distância, bem dentro da nossa própria galáxia. Na sequência, no entanto, os mesmos alienígenas localizam-se na galáxia de Andrómeda, que dista cerca de 2 milhões de anos-luz. Os leitores da minha página 80 podem substituir ‘200’ por ‘2 milhões’, consoante o gosto. Para os meus propósitos, a relevância da história permanece inalterada.

Fred Hoyle, o autor principal de ambos os romances, é um astrónomo eminente e o autor da minha história de ficção científica preferida: *The Black Cloud* (A Nuvem Negra). A visão científica excecional presente nos seus romances constitui um contraste pungente com a série de livros mais recentes que escreveu em coautoria com C. Wickramasinghe. A sua deturpação do Darwinismo (apresentando-o como uma teoria de puro acaso) e os seus ataques mordazes a Darwin em nada contribuem para apoiar as suas especulações, por vezes intrigantes (ainda que implausíveis), sobre origens interestelares da vida.

Os editores deveriam corrigir o equívoco de que a distinção de um académico numa área implica autoridade noutra. E enquanto esse equívoco persistir, os académicos de renome deveriam resistir à tentativa de o explorar.

³ Esta forma estratégica de falar sobre um animal ou planta, ou um gene, como se estivesse a trabalhar conscientemente na melhor forma de aumentar o seu sucesso — por exemplo, imaginar “machos como jogadores de alto risco e alta recompensa, e fêmeas como investidoras cautelosas” (p. 85) — tornou-se comum entre os biólogos profissionais. Trata-se de uma linguagem de conveniência, que é inofensiva a menos que caia nas mãos daqueles mal preparados para a compreender. Ou excessivamente preparados para a deturpar? Não consigo, por exemplo, encontrar outra forma de entender um artigo que critica *O Gene Egoísta*, publicado na revista *Philosophy*, por alguém chamado Mary Midgley, cujo teor é bem ilustrado pela primeira frase: “Os genes não podem ser egoístas ou altruístas, tal como os átomos não podem ser ciumentos, os elefantes abstratos, ou as bolachas teleológicas.” O meu próprio artigo, “Em Defesa dos Genes Egoístas”, publicado numa edição subsequente da mesma revista, é uma resposta completa a esse texto, incidentalmente bastante intemperado e agressivo. Parece que algumas pessoas, excessivamente dotadas de ferramentas filosóficas, não resistem a intrometer-se com o seu aparato académico onde ele não é útil. Lembro-me da observação de P. B. Medawar sobre o fascínio da “filosofia-ficção” para “uma vasta população de pessoas, muitas vezes com gostos literários e académicos bem desenvolvidos, que foram educadas para além da sua capacidade de realizar pensamento analítico”.

⁴ Discuti a ideia de cérebros a simularem mundos na minha conferência Gifford de 1988, ‘Mundos em Microcosmo’. Ainda não estou certo se isso realmente nos ajuda muito com o profundo problema da consciência em si, mas confesso que fiquei satisfeito por ter chamado a atenção de Sir Karl Popper na sua conferência sobre Darwin. O filósofo Daniel Dennett apresentou uma teoria da consciência que leva a metáfora da simulação computacional ainda mais longe. Para entender a sua teoria, temos de apreender duas ideias técnicas do mundo dos computadores: a ideia de uma máquina virtual, e a distinção entre processadores seriais e paralelos. Primeiro, terei de explicar isso.

Um computador é uma máquina real, hardware numa caixa. Mas, em qualquer momento, está a correr um programa que o faz parecer outra máquina, uma máquina virtual. Isto é verdade para todos os computadores há muito tempo, mas os computadores modernos “amigáveis ao utilizador” tornam esta ideia especialmente vívida. Na altura em que escrevo, o líder de mercado em facilidade de utilização é amplamente considerado o Apple Macintosh. O seu sucesso deve-se a um conjunto integrado de programas que fazem com que a máquina real — cujo mecanismo é, como em qualquer computador, extremamente complexo e pouco intuitivo para humanos — pareça outro tipo de máquina: uma máquina virtual, especificamente desenhada para se encaixar com o cérebro e a mão humana. A máquina virtual conhecida como Interface do Utilizador Macintosh é reconhecivelmente uma máquina. Tem botões para pressionar e controlos deslizantes, como num aparelho de som. Mas é uma máquina virtual. Os botões e os controlos não são feitos de metal ou plástico. São imagens no ecrã, e pressionamo-los ou deslizamos com um dedo virtual sobre o ecrã. Como humanos, sentimos que temos controlo porque estamos habituados a mexer nas coisas com os dedos. Tenho sido programador intensivo e utilizador de vários computadores digitais durante vinte e cinco anos, e posso atestar que usar o Macintosh (ou os seus imitadores) é uma experiência qualitativamente diferente de usar qualquer tipo de computador anterior. Existe uma sensação de naturalidade e facilidade, quase como se a máquina virtual fosse uma extensão do próprio corpo. Em grande medida, a máquina virtual permite usar a intuição em vez de consultar o manual.

Agora passo à outra ideia fundamental que precisamos importar da ciência dos computadores: a ideia de processadores seriais e paralelos. Os computadores digitais atuais são maioritariamente processadores seriais. Têm um único centro de cálculo, um único gargalo eletrónico por onde todos os dados têm de passar para serem manipulados. Conseguem criar a ilusão de fazer muitas coisas simultaneamente porque são muito rápidos. Um computador serial é como um mestre de xadrez que “simultaneamente” joga contra vinte oponentes, mas que na verdade vai alternando entre eles. Ao contrário do mestre de xadrez, o computador alterna tão rápida e silenciosamente entre as tarefas que cada utilizador tem a ilusão de receber toda a atenção exclusiva da máquina. Fundamentalmente, porém, o computador atende os utilizadores de forma serial.

Recentemente, na busca por velocidades cada vez maiores, os engenheiros criaram máquinas verdadeiramente paralelas. Uma delas é o Supercomputador de Edimburgo, que tive o privilégio de visitar recentemente. Consiste numa rede paralela de algumas centenas de ‘transputers’, cada um equivalente em poder a um computador pessoal contemporâneo. O supercomputador funciona subdividindo o problema que recebe em tarefas menores que podem ser resolvidas independentemente, distribuindo essas tarefas aos grupos de transputers. Os transputers resolvem as subtarefas, devolvem as respostas e aguardam novas tarefas. Enquanto isso, outros grupos reportam as suas soluções, permitindo ao supercomputador chegar à resposta final várias ordens de magnitude mais rápido do que um computador serial normal.

Disse que um computador serial comum pode criar a ilusão de ser um processador paralelo, girando a sua “atenção” suficientemente rápido entre várias tarefas. Podemos dizer que existe um processador paralelo virtual em cima de hardware serial. A ideia de Dennett é que o cérebro humano fez exatamente o oposto. O hardware do cérebro é fundamentalmente paralelo, tal como o do supercomputador de Edimburgo. E ele corre um software desenhado para criar a ilusão de um processamento serial: uma máquina virtual que processa serialmente em cima de uma arquitetura paralela. A característica marcante da experiência subjetiva do pensamento, segundo Dennett, é o fluxo serial “um-por-um”, ‘joyceano’, da consciência. Ele acredita que a maioria dos animais não tem esta experiência serial, usando os seus cérebros diretamente no modo paralelo nativo. Certamente, o cérebro humano também usa a sua arquitetura paralela diretamente para muitas das tarefas rotineiras de manter uma máquina de sobrevivência complexa a funcionar. Mas, além disso, o cérebro humano evoluiu um software, uma máquina virtual, para simular a ilusão de um processador serial. A mente, com o seu fluxo serial de consciência, é uma máquina virtual, uma forma “amigável ao utilizador” de experimentar o cérebro, assim como a “Interface do Utilizador Macintosh” é uma forma amigável de experimentar o computador físico dentro da caixa cinzenta.

Não é óbvio por que razão nós, humanos, precisaríamos desta máquina virtual serial, quando outras espécies parecem perfeitamente felizes com as suas máquinas paralelas simples. Talvez haja algo fundamentalmente serial nas tarefas mais difíceis que um humano selvagem tem de realizar, ou talvez Dennett esteja errado ao destacar-nos. Ele acredita ainda que o desenvolvimento do software serial foi em grande parte um fenómeno cultural, o que a mim também não me parece claro. Devo acrescentar que, na altura em que escrevo, o artigo de Dennett não está publicado e a minha descrição baseia-se em recordações da sua palestra Jacobsen de 1988 em Londres. Recomendo ao leitor consultar o próprio texto de Dennett quando for publicado, em vez de confiar na minha descrição imperfeita, impressionista — talvez mesmo embelezada.

O psicólogo Nicholas Humphrey também desenvolveu uma hipótese tentadora sobre como a evolução da capacidade de simular pode ter levado à consciência. No seu livro, *O Olho Interior*, Humphrey apresenta um argumento convincente de que animais altamente sociais como nós e chimpanzés têm de se tornar psicólogos especializados. Os cérebros têm de lidar com, e simular, muitos aspetos do mundo. Mas a maioria dos aspetos do mundo é bastante simples em comparação com os cérebros próprios. Um animal social vive num mundo de outros, um mundo de potenciais parceiros, rivais, aliados e inimigos. Para sobreviver e prosperar num mundo assim, tem de se tornar bom a prever o que esses outros indivíduos vão fazer a seguir. Prever o que vai acontecer no mundo inanimado é fácil em comparação com prever o que vai acontecer no mundo social. Psicólogos académicos, a trabalhar cientificamente, não são muito bons a prever o comportamento humano. Mas os companheiros sociais, usando minúsculos movimentos dos músculos faciais e outros sinais subtis, são muitas vezes surpreendentemente bons a ler mentes e a antecipar comportamentos. Humphrey acredita que esta capacidade “psicológica natural” evoluiu muito em animais sociais, quase como um olho extra ou outro órgão complexo. O “olho interior” é o órgão psicológico evoluído, assim como o olho exterior é o órgão visual.

Até agora, acho o raciocínio de Humphrey convincente. Ele continua argumentando que o olho interior funciona pela autoinspeção. Cada animal olha para dentro, para os seus próprios sentimentos e emoções, como meio de compreender os sentimentos e emoções dos outros. O órgão psicológico funciona pela autoinspeção. Não tenho tanta certeza se concordo que isso nos ajuda a entender a consciência, mas Humphrey é um escritor elegante e o seu livro é persuasivo.

⁵ As pessoas por vezes perturbam-se com a ideia de existirem genes “para” o altruísmo ou outros comportamentos aparentemente complexos. Pensam (erradamente) que, de certo modo, a complexidade do comportamento tem de estar contida dentro do gene. Como pode haver um único gene para o altruísmo, perguntam, se tudo o que um gene faz é codificar uma cadeia de proteínas? Mas falar de um gene “para” algo significa apenas que uma alteração no gene provoca uma alteração nesse algo. Uma simples diferença genética, ao modificar algum detalhe nas moléculas das células, provoca uma diferença nos já complexos processos embrionários e, conseqüentemente, por exemplo, no comportamento.

Por exemplo, um gene mutante nas aves “para” o altruísmo fraternal não será, certamente, o único responsável por um padrão de comportamento totalmente novo e complicado. Em vez disso, irá alterar algum comportamento já existente — e provavelmente já complicado. O antecedente mais provável, neste caso, é o comportamento parental. As aves têm, rotineiramente, o complexo aparelho nervoso necessário para alimentar e cuidar da sua própria descendência. Esse aparelho, por sua vez, foi sendo desenvolvido ao longo de muitas gerações, por meio de uma evolução lenta, passo a passo, a partir dos seus próprios antecedentes. (A propósito, os cétricos em relação à existência de genes para o cuidado fraternal são muitas vezes incoerentes: por que não são

igualmente céticos em relação à existência de genes para o igualmente complexo cuidado parental?) O padrão de comportamento pré-existente — o cuidado parental, neste caso — será mediado por uma regra prática conveniente, como por exemplo: “Alimenta todas as coisas que grasnam e abrem o bico no ninho.” O gene “para alimentar irmãos mais novos” poderia, então, funcionar acelerando a idade em que essa regra prática amadurece durante o desenvolvimento. Uma ave juvenil que possua o gene fraternal como nova mutação ativar-se-ia simplesmente a sua regra prática “parental” um pouco mais cedo do que uma ave normal. Irá tratar as coisas que grasnam e abrem o bico no ninho dos seus pais — os seus irmãos mais novos — como se fossem coisas que grasnam e abrem o bico no seu próprio ninho — os seus filhos. Longe de ser uma inovação comportamental nova e complexa, o “comportamento fraternal” surgiria originalmente como uma ligeira variante na temporização do desenvolvimento de um comportamento já existente. Como tantas vezes acontece, os erros de entendimento surgem quando esquecemos o essencial gradualismo da evolução — o facto de que a evolução adaptativa se processa por pequenas alterações, passo a passo, de estruturas ou comportamentos já existentes.

⁶ Se o livro original tivesse incluído notas de rodapé, uma delas teria sido dedicada a explicar — tal como o próprio Rothenbuhler fez com rigor — que os resultados com as abelhas não eram assim tão limpos e arrumadinhos. Entre as muitas colónias que, segundo a teoria, não deveriam ter apresentado comportamento higiénico, uma delas, no entanto, apresentou-o. Nas palavras do próprio Rothenbuhler: “Não podemos ignorar este resultado, por muito que o desejássemos, mas estamos a basear a hipótese genética nos outros dados.” Uma mutação na colónia anómala é uma explicação possível, embora não muito provável.

⁷ Neste momento, já não estou satisfeito com o modo como tratei a comunicação animal. John Krebs e eu defendemos, em dois artigos, que a maioria dos sinais animais é melhor entendida não como informativa nem como enganosa, mas antes como manipuladora. Um sinal é um meio pelo qual um animal faz uso da força muscular de outro animal. O canto do rouxinol não é informação — nem sequer informação enganosa. É persuasão, hipnose, oratória encantatória. Este tipo de argumento é levado à sua conclusão lógica em *O Fenótipo Alargado*, parte do qual resumi no Capítulo 13 deste livro. Krebs e eu argumentamos que os sinais evoluem a partir da interação entre aquilo a que chamamos leitura da mente e manipulação. Uma abordagem surpreendentemente diferente de toda esta questão dos sinais animais é a de Amotz Zahavi. Numa nota ao Capítulo 9, discuto as opiniões de Zahavi de forma muito mais simpática do que na primeira edição deste livro.

CAPÍTULO 5

¹ Gosto agora de expressar a ideia essencial de uma EEE (Estratégia Evolutivamente Estável) da seguinte forma, mais económica. Uma EEE é uma estratégia que se sai bem contra cópias de si mesma. A justificação para isto é a seguinte. Uma estratégia bem-sucedida é aquela que domina a população. Portanto, tenderá a deparar-se com cópias de si mesma. Assim, não se manterá bem-sucedida a menos que funcione bem contra cópias de si própria. Esta definição não é tão rigorosa do ponto de vista matemático como a de Maynard Smith, nem pode substituí-la, pois é, na verdade, incompleta. Mas tem a virtude de encapsular, de forma intuitiva, a ideia fundamental de uma EEE.

A forma de pensar em termos de EEE tornou-se mais difundida entre os biólogos hoje do que quando este capítulo foi escrito. O próprio Maynard Smith resumiu os desenvolvimentos até 1982 no seu livro *Evolution and the Theory of Games*. Geoffrey Parker, outro dos principais contributos neste campo, escreveu um relato ligeiramente mais recente. O livro de Robert Axelrod, *The Evolution of Cooperation*, faz uso da teoria da EEE, mas não o abordarei aqui, uma vez que um dos dois novos capítulos — “Os bonzinhos acabam primeiro” — é largamente dedicado a explicar o trabalho de Axelrod. Os meus próprios escritos sobre o tema da teoria da EEE desde a primeira edição deste livro incluem um artigo intitulado “Boa Estratégia ou Estratégia Evolutivamente Estável?”, e os artigos em coautoria sobre as vespas escavadoras, discutidos na nota da página 98 (da primeira edição de 1976).

² Esta afirmação, infelizmente, estava errada. Havia um erro no artigo original de Maynard Smith e Price, e eu repeti-o neste capítulo, agravando-o ainda ao fazer a afirmação algo insensata de que o sondador-retaliador é “quase” uma EEE (se uma estratégia é “quase” uma EEE, então não é uma EEE e será invadida). O retaliador parece, superficialmente, uma EEE porque, numa população de retaliadores, nenhuma outra estratégia se sai melhor. Mas a pomba tem um desempenho igual, pois, numa população de retaliadores, é indistinguível, no seu comportamento, do retaliador. Assim, a pomba pode infiltrar-se lentamente na população. O problema está no que acontece depois. J. S. Gale e o Rev.^o L. J. Eaves realizaram uma simulação computacional dinâmica em que acompanharam uma população de animais-modelo ao longo de muitas gerações de evolução. Demonstraram que a verdadeira EEE neste jogo é, na realidade, uma mistura estável de falcões e bulhas. Este não é o único erro na literatura inicial sobre EEE que foi exposto através deste tipo de abordagem dinâmica. Outro bom exemplo é um erro meu, discutido nas minhas notas ao Capítulo 9.

³ Atualmente, já possuímos algumas boas medições de campo sobre custos e benefícios na natureza, que foram integradas em modelos específicos de EEE. Um dos melhores exemplos provém das grandes vespas escavadoras douradas da América do Norte. As vespas escavadoras não são as vespas sociais que conhecemos, habituadas aos frascos de compota no outono, e que são fêmeas

estéreis a trabalhar para a colónia. Cada fêmea de vespa escavadora vive de forma independente e dedica a sua vida a providenciar abrigo e alimento para uma sucessão das suas larvas. Tipicamente, uma fêmea começa por escavar um longo túnel no solo, no fundo do qual se encontra uma câmara escavada. Parte então em busca de presas (catídeos ou gafanhotos-de-chifres-longos, no caso da grande vespa escavadora dourada). Quando encontra uma presa, pica-a para a paralisar e arrasta-a de volta para o seu buraco. Após acumular quatro ou cinco catídeos, põe um ovo no topo da pilha e sela o buraco. O ovo eclode numa larva que se alimenta dos catídeos. A razão pela qual a presa é paralisada em vez de morta, já agora, é que, dessa forma, não apodrece e pode ser consumida viva, permanecendo assim fresca. Foi este hábito macabro, observado nas vespas Ichneumonidae aparentadas, que levou Darwin a escrever: «Não consigo convencer-me de que um Deus benevolente e onnipotente tenha criado deliberadamente as Ichneumonidae com o propósito expresso de se alimentarem dentro dos corpos vivos das lagartas...» Poderia muito bem ter usado o exemplo de um chef francês a ferver lagostas vivas para preservar o sabor. Regressando à vida da fêmea de vespa escavadora, ela é solitária, com a exceção de que outras fêmeas trabalham independentemente na mesma área, e por vezes ocupam os buracos de outras em vez de se darem ao trabalho de escavar um novo.

A Dra. Jane Brockmann é uma espécie de equivalente, no mundo das vespas, de Jane Goodall. Veio da América trabalhar comigo em Oxford, trazendo os seus abundantes registos de praticamente todos os acontecimentos da vida de duas populações inteiras de fêmeas de vespas individualmente identificadas. Estes registos eram tão completos que se podiam elaborar orçamentos de tempo para cada vespa. O tempo é um bem económico: quanto mais tempo se dedica a uma parte da vida, menos sobra para as restantes. Alan Grafen juntou-se a nós e ensinou-nos a pensar corretamente sobre os custos temporais e os benefícios reprodutivos. Encontrámos indícios de uma verdadeira EEE mista num jogo comportamental entre fêmeas de vespas numa população do New Hampshire, embora não tenhamos encontrado tal evidência noutra população do Michigan. Em resumo, as vespas do New Hampshire ou escavam os seus próprios ninhos ou entram num ninho escavado por outra. Segundo a nossa interpretação, as vespas podem beneficiar ao entrar porque alguns ninhos são abandonados pelas escavadoras originais e são reutilizáveis. Não compensa entrar num ninho ocupado, mas uma vespa que entra não tem maneira de saber se um ninho está ocupado ou abandonado. Corre o risco de passar dias em coabitação, findos os quais poderá regressar e encontrar o buraco selado, e todo o seu esforço perdido — a outra ocupante já terá posto o seu ovo e colherá os frutos. Se houver demasiadas entradas numa população, os buracos disponíveis tornam-se escassos, a probabilidade de coabitação aumenta, e por isso passa a compensar escavar. Inversamente, se muitas vespas estiverem a escavar, a elevada disponibilidade de buracos favorece a entrada. Há uma frequência crítica de entradas na população em que escavar e entrar são igualmente rentáveis. Se a frequência real for inferior à crítica, a seleção natural favorece a entrada, pois há boa disponibilidade de buracos abandonados. Se a frequência real for superior à crítica, há escassez de buracos disponíveis e a seleção natural favorece escavar. Assim, mantém-se um equilíbrio na população. As evidências quantitativas detalhadas sugerem que se trata de uma verdadeira EEE mista, em que cada vespa individual tem uma certa probabilidade de escavar ou entrar, em vez de a população conter uma mistura de especialistas escavadoras e especialistas em entrada.

⁴ Uma demonstração ainda mais clara do fenómeno “o residente ganha sempre” do que a de Tinbergen vem da investigação de N. B. Davies sobre borboletas-da-madeira-malhadas. O trabalho de Tinbergen foi realizado antes de a teoria das Estratégias Evolutivamente Estáveis (EEE) ter sido inventada, e a minha interpretação baseada nessa teoria, apresentada na primeira edição deste livro, foi feita à posteriori. Davies concebeu o seu estudo sobre borboletas à luz da teoria das EEE. Observou que machos individuais de borboletas em Wytham Wood, perto de Oxford, defendiam manchas de luz solar. As fêmeas eram atraídas por estas manchas de sol, pelo que uma mancha de sol constituía um recurso valioso, algo pelo qual valia a pena lutar. Havia mais machos do que manchas de sol, e os excedentes aguardavam a sua oportunidade no dossel frondoso. Ao capturar machos e libertá-los um após o outro, Davies demonstrou que aquele dos dois indivíduos que fosse libertado primeiro numa mancha de sol era tratado, por ambos os indivíduos, como o “dono”. O macho que chegava em segundo lugar à mancha de sol era tratado como o “intruso”. O intruso, sempre sem exceção, cedia prontamente a derrota, deixando o dono com o controlo exclusivo. Num golpe de mestre experimental final, Davies conseguiu “enganar” ambas as borboletas, fazendo-as “pensar” que eram elas as donas e que a outra era o intrusa. Só nestas condições é que se desencadeava uma luta séria e prolongada. A propósito, em todos os casos em que, por simplicidade, falei como se houvesse um único par de borboletas, existia na realidade, claro está, uma amostra estatística de pares.

⁵ Outro episódio que, conceitualmente, poderá representar uma EEE paradoxal foi registado numa carta ao The Times (de Londres, 7 de Dezembro de 1977), enviada por um certo senhor James Dawson:

«Há vários anos que reparo que uma gaivota que utiliza um mastro como ponto de vigia cede invariavelmente o lugar a outra gaivota que deseje pousar nesse mesmo mastro, independentemente do tamanho das duas aves.»

O exemplo mais satisfatório de uma estratégia paradoxal que conheço envolve porcos domésticos numa caixa de Skinner. Esta estratégia é estável no mesmo sentido de uma EEE, mas é mais adequadamente designada por DSS (“developmentally stable strategy”, ou “estratégia estável ao nível do desenvolvimento”), porque surge durante a vida dos próprios animais e não ao longo do tempo evolutivo. Uma caixa de Skinner é um aparelho no qual um animal aprende a alimentar-se sozinho, premindo uma alavanca que aciona automaticamente a entrega de comida por um tubo. Os psicólogos experimentais estão habituados a colocar

pombos ou ratos em pequenas caixas de Skinner, onde rapidamente aprendem a premir delicadas alavancas para obter comida como recompensa. Os porcos conseguem aprender o mesmo numa versão ampliada da caixa de Skinner, com uma alavanca própria para o seu focinho nada delicado (assisti a um filme de investigação sobre isto há muitos anos e lembro-me bem de quase morrer de tanto rir). B. A. Baldwin e G. B. Meese treinaram porcos numa “cochiquier de Skinner”, mas há um detalhe adicional interessante. A alavanca para o focinho estava colocada numa extremidade da cocheira, e o dispensador de comida na outra. Assim, o porco tinha de premir a alavanca e depois correr até ao outro extremo da cocheira para obter a comida, e depois regressar à alavanca, e assim sucessivamente. Tudo isto parece funcionar bem, mas Baldwin e Meese colocaram pares de porcos dentro do aparelho. Assim, tornou-se possível que um porco explorasse o outro. O porco “escravo” corria de um lado para o outro, premindo a alavanca. O porco “mestre” ficava sentado junto ao tubo de comida e comia o que era dispensado. Os pares de porcos acabavam por estabelecer um padrão estável de “mestre/escravo” deste tipo: um trabalhava e corria, o outro comia a maior parte da comida.

E agora vem o paradoxo. Os rótulos “mestre” e “escravo” revelaram-se completamente ao contrário. Sempre que um par de porcos estabelecia um padrão estável, o porco que acabava por desempenhar o papel de “mestre” ou “explorador” era aquele que, em todos os outros contextos, era o subordinado. O suposto porco “escravo”, aquele que fazia todo o trabalho, era o porco normalmente dominante. Qualquer pessoa que conhecesse os porcos teria previsto exatamente o contrário: que o porco dominante fosse o “mestre”, comendo a maior parte da comida; e que o porco subordinado fosse o “escravo” trabalhador e quase sem comer.

Como poderia surgir esta inversão paradoxal? É fácil de entender, assim que começamos a pensar em termos de estratégias estáveis. Tudo o que temos de fazer é transpor a ideia da escala do tempo evolutivo para a escala do tempo desenvolvimental — o tempo ao longo do qual se desenvolve uma relação entre dois indivíduos. A estratégia “Se fores dominante, senta-te junto ao comedouro; se fores subordinado, trabalha na alavanca” pode parecer sensata, mas não seria estável. O porco subordinado, depois de premir a alavanca, correria rapidamente para o outro lado, apenas para encontrar o porco dominante com as patas dianteiras firmemente colocadas no comedouro, impossível de desalojar. O porco subordinado acabaria por desistir de premir a alavanca, já que esse comportamento nunca seria recompensado. Mas consideremos agora a estratégia inversa: “Se fores dominante, trabalha na alavanca; se fores subordinado, senta-te junto ao comedouro.” Esta seria uma estratégia estável, mesmo que conduza ao resultado paradoxal de o porco subordinado obter a maior parte da comida. Tudo o que é necessário é que sobre algum alimento para o porco dominante quando ele chega correndo do outro lado da cocheira. Assim que chega, não tem dificuldade em atirar o porco subordinado para fora do comedouro. Enquanto restar uma migalha para o recompensar, o seu hábito de premir a alavanca — e, inadvertidamente, alimentar o porco subordinado — persistirá. E o hábito do porco subordinado de permanecer preguiçosamente junto ao comedouro também é recompensado. Portanto, toda esta “estratégia” — “Se fores dominante, comporta-te como um ‘escravo’; se fores subordinado, comporta-te como um ‘mestre’” — é recompensada e, por isso, é estável.

⁶ Ted Burk, na altura meu estudante de pós-graduação, encontrou mais provas deste tipo de hierarquia de pseudodominância em grilos. Mostrou também que um grilo macho tem mais probabilidade de cortejar fêmeas se tiver recentemente vencido uma luta contra outro macho. Este fenómeno deveria chamar-se o “Efeito Duque de Marlborough”, em referência à seguinte entrada no diário da primeira Duquesa de Marlborough: ‘Sua Graça regressou da guerra hoje e deu-me prazer duas vezes, ainda com as botas de montar calçadas.’ Um nome alternativo poderia ser sugerido pelo seguinte relatório da revista *New Scientist* sobre variações nos níveis da hormona masculina testosterona: “Os níveis duplicaram em jogadores de ténis nas 24 horas que antecederam um grande jogo. Depois, os níveis dos vencedores mantiveram-se elevados, mas nos perdedores caíram.”

⁷ Esta frase é um pouco exagerada. Provavelmente estava a reagir em demasia à então prevalente negligência da ideia de EEE na literatura biológica contemporânea, especialmente na América. O termo não ocorre em parte alguma da imensa Sociobiologia de E. O. Wilson, por exemplo. Já não é negligenciado, e posso agora adotar uma visão mais judiciosa e menos evangelizadora. Não é realmente necessário usar a linguagem das EEE, desde que se pense com suficiente clareza. Mas é uma grande ajuda para pensar com clareza, especialmente naqueles casos — que na prática são a maioria — em que o conhecimento genético detalhado não está disponível. Por vezes diz-se que os modelos de EEE assumem que a reprodução é assexuada, mas esta afirmação é enganosa se for interpretada como uma suposição positiva de reprodução assexuada em oposição à sexual. A verdade é que os modelos de EEE não se comprometem com os detalhes do sistema genético. Em vez disso, assumem que, num certo sentido vago, o semelhante gera o semelhante. Para muitos propósitos, esta suposição é suficiente. Com efeito, a sua vagueza pode até ser benéfica, pois concentra a mente no essencial e afasta-a de detalhes, como a dominância genética, que são geralmente desconhecidos em casos concretos. O pensamento baseado em EEE é mais útil num papel negativo; ajuda-nos a evitar erros teóricos aos quais, de outro modo, poderíamos estar tentados.

⁸ Este parágrafo é um resumo razoável de uma forma de expressar a agora bem conhecida teoria do equilíbrio pontuado. Tenho de confessar, envergonhado, que, quando escrevi a minha conjectura, eu, tal como muitos biólogos em Inglaterra naquela altura, desconhecia totalmente essa teoria, embora ela tivesse sido publicada três anos antes. Desde então, por exemplo em *O Relojoeiro Cego*, tornei-me algo petulante — talvez até em demasia — relativamente à forma como a teoria do equilíbrio pontuado tem sido

promovida de forma exagerada. Se isso feriu os sentimentos de alguém, lamento. Talvez gostem de saber que, pelo menos em 1976, o meu coração estava no lugar certo.

CAPÍTULO 6

¹ Os artigos de Hamilton de 1964 já não são negligenciados. A história da sua negligência inicial e do reconhecimento posterior constitui, por si só, um interessante estudo quantitativo — um caso exemplar da incorporação de um meme na reserva de memes. Análise o percurso deste meme nas notas do Capítulo 11.

² O artifício de assumir que estamos a falar de um gene raro na população em geral foi, em certa medida, uma batota, para tornar mais fácil a explicação da medição do parentesco. Uma das principais conquistas de Hamilton foi mostrar que as suas conclusões se mantêm válidas independentemente de o gene em questão ser raro ou comum. Este revela-se, aliás, um dos aspetos da teoria que as pessoas têm mais dificuldade em compreender.

O problema da medição do parentesco leva muitos de nós ao engano da seguinte forma: quaisquer dois membros de uma espécie, estejam ou não na mesma família, partilham geralmente mais de 90 por cento dos seus genes. O que queremos então dizer quando falamos do parentesco entre irmãos como sendo de $\frac{1}{2}$, ou entre primos diretos como sendo de $\frac{1}{4}$? A resposta é que os irmãos partilham $\frac{1}{2}$ dos seus genes para além dos 90 por cento (ou lá o que for) que todos os indivíduos já partilham entre si. Existe uma espécie de nível base de parentesco, partilhado por todos os membros de uma espécie; e, de forma menos intensa, também partilhado por membros de outras espécies. O altruísmo é de esperar para com indivíduos cujo grau de parentesco excede esse nível base, seja ele qual for.

Na primeira edição, escapei a este problema utilizando a manobra de falar de genes raros. Isto está correto, até certo ponto, mas não é suficiente. O próprio Hamilton falava de genes “idênticos por descendência”, mas isso levanta dificuldades próprias, como mostrou Alan Grafen. Outros autores nem sequer reconheceram que havia um problema, e simplesmente falavam de percentagens absolutas de genes partilhados, o que constitui um erro claro e objetivo. Essa linguagem descuidada levou a mal-entendidos sérios. Por exemplo, um antropólogo de renome, no decurso de um ataque feroz à “sociobiologia”, publicado em 1978, tentou argumentar que, se levássemos a sério a seleção de parentesco, deveríamos esperar que todos os humanos fossem altruístas entre si, já que todos partilham mais de 99 por cento dos seus genes. Apresentei uma resposta breve a este erro no meu texto “Doze Mal-entendidos sobre a Seleção de Parentesco” (este corresponde ao Mal-entendido Número 5). Os outros onze mal-entendidos também merecem atenção.

Alan Grafen apresenta aquilo que poderá ser a solução definitiva para o problema da medição do parentesco no seu trabalho “Uma Visão Geométrica do Parentesco”, que não tentarei expor aqui. E noutro artigo, “Seleção Natural, Seleção de Parentesco e Seleção de Grupo”, Grafen esclarece outro problema comum e importante, nomeadamente o uso indevido generalizado do conceito de “aptidão inclusiva” de Hamilton. Ele também nos mostra a forma correta — e incorreta — de calcular custos e benefícios entre parentes genéticos.

³ Não há desenvolvimentos a registar no que toca aos tatuos, mas vieram à luz alguns factos espetaculares sobre outro grupo de animais que se “clonam” — os afídeos. Há muito se sabe que os afídeos (por exemplo, os pulgões verdes) se reproduzem tanto de forma assexuada como sexual. Se virmos um grupo de afídeos sobre uma planta, há uma grande probabilidade de serem todos membros de um clone feminino idêntico, enquanto os que se encontram na planta ao lado pertencerão a um clone diferente. Em teoria, estas condições são ideais para a evolução do altruísmo entre parentes por seleção de parentesco. No entanto, até 1977, não havia conhecimento de casos concretos de altruísmo entre afídeos, até que Shigeyuki Aoki descobriu “soldados” estéreis numa espécie japonesa de afídeos — descoberta essa feita demasiado tarde para figurar na primeira edição deste livro. Desde então, Aoki encontrou o fenómeno em várias espécies diferentes e dispõe de boas evidências de que este comportamento evoluiu, pelo menos, quatro vezes de forma independente em distintos grupos de afídeos.

Resumidamente, o relato de Aoki é o seguinte: os “soldados” afídeos constituem uma casta anatomicamente distinta, tão distinta quanto as castas dos insetos sociais tradicionais, como as formigas. São larvas que não amadurecem até à fase adulta completa e, por isso, são estéreis. Nem se assemelham nem se comportam como as suas contemporâneas larvais não-soldado, embora sejam, geneticamente, idênticas a elas. Os soldados são tipicamente maiores do que os não-soldados; têm patas dianteiras extraordinariamente grandes, que lhes conferem um aspeto quase de escorpião; e possuem cornos afiados que apontam para a frente da cabeça. Usam estas armas para combater e matar predadores em potencial. Muitas vezes morrem no processo, mas mesmo que não morram, continua a ser correto considerá-los geneticamente “altruístas”, pois são estéreis. Em termos de genes egoístas, o que se passa aqui? Aoki não especifica com exatidão o que determina quais os indivíduos que se tornam soldados estéreis e quais se tornam adultos reprodutivos normais, mas podemos afirmar com segurança que se trata de uma diferença ambiental, e não genética — evidentemente, dado que os soldados estéreis e os afídeos normais de uma mesma planta são geneticamente idênticos. No entanto, têm de existir genes que conferem a capacidade de, mediante estímulo ambiental, se desenvolverem por uma ou outra via. Por que favoreceu a seleção natural esses genes, mesmo sabendo que alguns deles acabam

por habitar corpos de soldados estéreis e, portanto, não são transmitidos? Porque, graças aos soldados, cópias desses mesmos genes foram preservadas nos corpos dos afídeos reprodutores. A lógica é exatamente a mesma que se aplica aos insetos sociais (ver Capítulo 10), com a diferença de que, nesses casos — como em formigas ou térmitas —, os genes presentes nos “altruístas” estéreis só têm uma probabilidade estatística de ajudar cópias de si mesmos nos reprodutores não-estéreis. Já os genes altruístas dos afídeos beneficiam de uma certeza, e não de uma mera probabilidade, dado que os soldados afídeos são clones das irmãs reprodutivas que protegem. Sob certos aspetos, os afídeos de Aoki constituem a ilustração real mais clara do poder das ideias de Hamilton.

Devem então os afídeos ser admitidos no clube exclusivo dos verdadeiros insetos sociais, tradicionalmente composto por formigas, abelhas, vespas e térmitas? Os conservadores da entomologia poderão rejeitá-los com base em diversos argumentos. Por exemplo, os afídeos não possuem uma rainha idosa de vida longa. Além disso, sendo verdadeiros clones, os afídeos não são mais “sociais” do que as células do nosso corpo. Há apenas um único animal a alimentar-se da planta. Acontece apenas que o seu corpo está dividido em afídeos fisicamente separados, alguns dos quais desempenham um papel defensivo especializado — à semelhança dos glóbulos brancos no corpo humano. Os “verdadeiros” insetos sociais, argumenta-se, cooperam apesar de não fazerem parte do mesmo organismo, enquanto os afídeos de Aoki cooperam precisamente porque pertencem ao mesmo “organismo”. Pessoalmente, não me deixo incomodar por esta questão semântica. A meu ver, desde que se compreenda o que se passa entre as formigas, os afídeos e as células humanas, deve-se ter a liberdade de os chamar “sociais” ou não, conforme se deseje. Quanto à minha preferência, tenho razões para considerar os afídeos de Aoki como organismos sociais, e não meramente partes de um único organismo. Existem propriedades cruciais de um organismo singular que um afídeo individual possui, mas que um clone de afídeos não possui. O argumento é desenvolvido em *O Fenótipo Alargado*, no capítulo intitulado “Redescobrimo o Organismo”, e também no novo capítulo deste livro intitulado “O longo alcance do gene”.

⁴ A confusão entre a diferença entre seleção de grupo e seleção por parentesco não desapareceu. Pode até ter-se agravado. As minhas observações mantêm-se com redobrado ênfase, exceto que, por uma escolha descuidada de palavras, introduzi uma falácia distinta no início da página 102 da primeira edição deste livro. Disse originalmente (é uma das poucas coisas que alterei no texto desta edição): “Simplesmente esperamos que primos em segundo grau tendam a receber tanto altruísmo quanto descendentes ou irmãos.” Como S. Altmann apontou, isto é obviamente errado. Está errado por uma razão que nada tem a ver com a questão que estava a tentar argumentar na altura. Se um animal altruísta tem um bolo para dar a parentes, não há razão nenhuma para dar a cada parente uma fatia, com o tamanho das fatias determinado pela proximidade da relação. De facto, isso levaria a um absurdo, já que todos os membros da espécie, para não falar de outras espécies, são pelo menos parentes distantes que poderiam reclamar cada um uma migalha cuidadosamente medida! Pelo contrário, se houver um parente próximo por perto, não há razão para dar qualquer pedaço de bolo a um parente distante. Sujeito a outras complicações, como as leis dos retornos decrescentes, o bolo todo deveria ser dado ao parente mais próximo disponível. O que eu, obviamente, queria dizer era: “Simplesmente esperamos que primos em segundo grau tenham a mesma probabilidade de receber altruísmo que descendentes ou irmãos” (p. 130), e é isto que agora permanece.

⁵ Manifestei o desejo de que E. O. Wilson alterasse a sua definição de seleção de parentesco em escritos futuros, de modo a incluir os descendentes como “parentes”. É com satisfação que informo que, na sua obra *On Human Nature*, a frase ofensiva, “com exceção dos descendentes”, foi de facto — sem que eu reivindique qualquer mérito por isso! — omitida. Ele acrescenta: “Embora os parentes sejam definidos de forma a incluir os descendentes, o termo seleção de parentesco é normalmente utilizado apenas quando alguns outros parentes, como irmãos, irmãs ou pais, também são afetados.” Esta é, infelizmente, uma afirmação exata sobre o uso comum entre biólogos, o que reflete simplesmente o facto de que muitos biólogos ainda não têm uma compreensão visceral do que é, fundamentalmente, a seleção de parentesco. Ainda a encaram erradamente como algo adicional e esotérico, para além da “seleção individual” comum. Não é. A seleção de parentesco decorre das premissas fundamentais do neo-darwinismo como a noite sucede ao dia.

⁶ A falácia de que a teoria da seleção de parentesco exige feitos irrealistas de cálculo por parte dos animais é reavivada, sem qualquer atenuação, por sucessivas gerações de estudantes. E não apenas estudantes jovens. *The Use and Abuse of Biology*, da autoria do conceituado antropólogo social Marshall Sahlins, poderia ter permanecido numa obscuridade decente, não fora ter sido aclamado como um “ataque arrasador” à “sociobiologia”. A seguinte citação, no contexto da questão de saber se a seleção de parentesco poderia funcionar nos humanos, é quase boa demais para ser verdade:

De passagem, importa referir que os problemas epistemológicos colocados pela ausência de apoio linguístico para calcular r , os coeficientes de parentesco, constituem uma falha séria na teoria da seleção de parentesco. As frações são de ocorrência muito rara nas línguas do mundo, surgindo nas línguas indo-europeias e nas civilizações arcaicas do Próximo e Extremo Oriente, mas estão geralmente ausentes entre os chamados povos primitivos. Caçadores-recolectores geralmente não possuem sistemas de contagem para além de um, dois e três. Abstenho-me de comentar o problema ainda maior de como se supõe que os animais descubram que $r[\text{ego, primos diretos}] = \frac{1}{4}$.

Não é a primeira vez que cito esta passagem altamente reveladora, e posso muito bem citar também a minha própria resposta, algo pouco caridosa, retirada de “Twelve Misunderstandings of Kin Selection”:

É pena, para Sahlins, que tenha cedido à tentação de “abster-se de comentar” como se supõe que os animais “descubram” r. A própria absurda ideia que tentou ridicularizar deveria ter feito soar os alarmes mentais. A concha de um caracol é uma espiral logarítmica requintada, mas onde é que o caracol guarda as suas tábuas de logaritmos; e como as leria, de qualquer modo, uma vez que a lente do seu olho carece de “apoio linguístico” para calcular m, o coeficiente de refração? Como é que as plantas verdes “descobrem” a fórmula da clorofila?

O facto é que, se pensássemos sobre anatomia, fisiologia ou quase qualquer outro aspeto da biologia — não apenas o comportamento — da forma como Sahlins o faz, chegaríamos ao mesmo problema inexistente que ele apresenta. O desenvolvimento embriológico de qualquer parte do corpo de um animal ou de uma planta requer matemática complexa para a sua descrição completa, mas isso não significa que o animal ou planta tenha de ser um matemático astuto! Árvores muito altas têm geralmente enormes contrafortes que se alargam como asas a partir da base dos seus troncos. Dentro de uma mesma espécie, quanto mais alta a árvore, relativamente maiores são os contrafortes. É amplamente aceite que a forma e o tamanho destes contrafortes se aproximam do ótimo económico para manter a árvore erguida, embora um engenheiro necessitasse de matemática bastante sofisticada para o demonstrar. Nunca ocorreria a Sahlins, ou a qualquer outra pessoa, pôr em causa a teoria subjacente aos contrafortes com base no facto de as árvores não possuírem perícia matemática para fazer os cálculos. Por que, então, levantar a questão no caso especial do comportamento selecionado por parentesco? Não pode ser por se tratar de comportamento em vez de anatomia, porque há muitos outros exemplos de comportamento (além do comportamento selecionado por parentesco, quero dizer) que Sahlins aceitaria alegremente sem levantar a sua objeção “epistemológica”; pense-se, por exemplo, na minha própria ilustração (p. 132) dos cálculos complicados que, de certo modo, todos devemos realizar sempre que apanhamos uma bola. Não se pode deixar de perguntar: haverá cientistas sociais que aceitam de bom grado a teoria da seleção natural em geral, mas que, por razões completamente extrínsecas — que talvez tenham raízes na história da sua disciplina — querem desesperadamente encontrar algo — qualquer coisa — de errado com a teoria da seleção de parentesco, em particular?

⁷ Todo o tema do reconhecimento de parentes tomou um grande impulso desde que este livro foi escrito. Os animais, incluindo nós próprios, parecem demonstrar capacidades notavelmente subtis para discriminar parentes de não-parentes, muitas vezes através do olfato. Um livro recente, *Kin Recognition in Animals*, resume o que se sabe atualmente. O capítulo sobre os humanos, da autoria de Pamela Wells, mostra que a afirmação anterior (“Sabemos quem são os nossos parentes porque nos dizem”) precisa de ser complementada: existe, pelo menos, evidência circunstancial de que somos capazes de usar vários indícios não verbais, incluindo o cheiro do suor dos nossos parentes. Todo este tema é, para mim, epitomizado pela citação com que ela inicia o capítulo:

todos os bons kumrads que se pode perceber

pelo cheiro altruísta deles

— e. e. cummings

Os parentes podem necessitar de se reconhecer mutuamente por razões que não se limitam ao altruísmo. Podem também querer encontrar um equilíbrio entre a exogamia e a consanguinidade, como veremos na próxima nota.

⁸ Um *gene letal* é aquele que mata o seu portador. Um letal recessivo, como qualquer gene recessivo, não exerce o seu efeito a menos que esteja presente em dose dupla. Os letais recessivos persistem no reservatório genético porque a maioria dos indivíduos que os possui tem apenas uma cópia e, portanto, nunca sofre os seus efeitos. Qualquer letal específico é raro, porque, se por acaso se tornar comum, acaba por encontrar cópias de si mesmo e eliminar os seus portadores. No entanto, pode haver muitos tipos diferentes de genes letais, o que significa que podemos todos estar repletos deles. As estimativas variam quanto ao número de diferentes genes letais presentes no reservatório genético humano. Alguns livros apontam para uma média de dois genes letais por pessoa. Se um homem escolhido ao acaso acasalar com uma mulher também escolhida ao acaso, é provável que os seus letais não coincidam com os dela e que os seus filhos não sofram consequências. Mas se um irmão acasalar com uma irmã, ou um pai com uma filha, a situação é alarmantemente diferente. Por mais raros que sejam os meus letais recessivos na população em geral, e por mais raros que sejam os letais recessivos da minha irmã, existe uma probabilidade inquietantemente elevada de que os dela e os meus sejam os mesmos. Se fizermos os cálculos, verifica-se que, para cada letal recessivo que eu possua, se eu acasalar com a minha irmã, um em cada oito dos nossos descendentes nascerá morto ou morrerá jovem. A propósito, morrer na adolescência é ainda mais “letal”, do ponto de vista genético, do que morrer ao nascer: uma criança natimorta não desperdiça tanto do tempo e energia vitais dos pais. Mas, de qualquer modo que se olhe para o assunto, o incesto próximo não é apenas levemente prejudicial. É potencialmente catastrófico. A seleção por um mecanismo ativo de evitamento do incesto pode ser tão forte como qualquer outra pressão seletiva que tenha sido medida na natureza.

Antropólogos que se opõem a explicações darwinistas para o evitamento do incesto talvez não se apercebam da força do argumento darwinista que estão a contrariar. Os seus argumentos são por vezes tão fracos que sugerem um esforço desesperado de racionalização. Costumam afirmar, por exemplo: “Se a seleção darwinista tivesse realmente construído em nós uma repulsa instintiva contra o incesto, não precisaríamos de o proibir. O tabu só surge porque as pessoas têm desejos incestuosos. Por isso, a regra contra o incesto não pode ter uma função ‘biológica’, deve ser puramente ‘social’.” Esta objeção é semelhante à seguinte: “Os carros não precisam de trancas na ignição porque já têm fechaduras nas portas. Logo, as trancas de ignição não podem ser dispositivos antirroubo; devem ter algum significado puramente ritual!” Os antropólogos também gostam de enfatizar que

diferentes culturas têm diferentes tabus e, de facto, diferentes definições de parentesco. Parecem pensar que isto também enfraquece as aspirações darwinistas de explicar o evitamento do incesto. Mas seria como dizer que o desejo sexual não pode ser uma adaptação darwinista porque diferentes culturas preferem copular em posições diferentes. A mim parece-me altamente plausível que o evitamento do incesto nos humanos, tal como noutros animais, seja consequência de uma forte seleção darwinista.

Não só é prejudicial acasalar com indivíduos geneticamente demasiado próximos. Um afastamento genético excessivo pode também ser negativo devido a incompatibilidades genéticas entre linhagens diferentes. Determinar o ponto ideal de equilíbrio não é tarefa fácil. Dever-se-á acasalar com um primo em primeiro grau? Com um primo em segundo ou terceiro grau? Patrick Bateson tentou perguntar às codornizes japonesas qual a sua preferência ao longo desse espectro. Num dispositivo experimental chamado Amsterdam Apparatus, as aves eram convidadas a escolher entre membros do sexo oposto dispostos atrás de pequenas vitrinas. Preferiam os primos em primeiro grau, em detrimento tanto dos irmãos como de indivíduos não aparentados. Experiências posteriores sugeriram que as codornizes jovens aprendem as características dos seus companheiros de ninhada e, mais tarde na vida, tendem a escolher parceiros sexuais que se assemelhem bastante a esses companheiros, mas não em demasia.

As codornizes, portanto, parecem evitar o incesto através de uma ausência interna de desejo por aqueles com quem cresceram. Outros animais evitam-no observando leis sociais, regras socialmente impostas de dispersão. Leões machos adolescentes, por exemplo, são expulsos do grupo parental, onde permanecem as fêmeas da família, potencialmente tentadoras, e só procriam se conseguirem usurpar outro grupo. Nas sociedades de chimpanzés e gorilas, tende a ser as fêmeas jovens que abandonam o grupo para procurar parceiros noutros bandos. Ambos os padrões de dispersão, bem como o sistema das codornizes, podem ser encontrados entre as várias culturas da nossa própria espécie.

⁹ É provável que isto seja verdade para a maioria das espécies de aves. No entanto, não deveríamos ficar surpreendidos ao encontrar algumas aves a parasitar ninhos da sua própria espécie. E, de facto, o fenómeno tem sido observado num número crescente de espécies. Isto é particularmente verdade agora que estão a ser introduzidas novas técnicas moleculares para estabelecer quem está relacionado com quem. Na realidade, a teoria do gene egoísta poderia até esperar que isso ocorresse com mais frequência do que aquilo que sabemos até agora.

¹⁰ A ênfase de Bertram na seleção de parentesco como principal motor da cooperação nos leões foi contestada por C. Packer e A. Pusey. Estes afirmam que, em muitos bandos, os dois leões machos não são parentes. Packer e Pusey sugerem que o altruísmo recíproco é pelo menos tão plausível quanto a seleção de parentesco como explicação para a cooperação entre leões. Provavelmente, ambos os lados têm razão. O Capítulo 12 salienta que a reciprocidade (“Olho por Olho”) só pode evoluir se, inicialmente, se conseguir reunir um quórum crítico de recíprocos. Isto assegura que um potencial parceiro tenha uma boa probabilidade de também ser um recíproco. O parentesco é talvez o meio mais óbvio para que isso ocorra. Os parentes tendem naturalmente a assemelhar-se uns aos outros, pelo que, mesmo que a frequência crítica não seja atingida na população em geral, pode sê-lo dentro da família. Talvez a cooperação entre leões tenha começado pelos efeitos de parentesco sugeridos por Bertram, e isso forneceu as condições necessárias para que a reciprocidade fosse favorecida. O desacordo quanto aos leões só pode ser resolvido com factos, e os factos, como sempre, dizem-nos apenas respeito ao caso particular, e não ao argumento teórico geral.

¹¹ É hoje amplamente compreendido que um gémeo idêntico é, teoricamente, tão valioso para si como você próprio — desde que o gémeo seja verdadeiramente idêntico. O que não é tão amplamente compreendido é que o mesmo se aplica a uma mãe garantidamente monogâmica. Se souber com certeza que a sua mãe continuará a produzir filhos do seu pai e apenas do seu pai, então ela é tão valiosa geneticamente para si como um gémeo idêntico, ou como você próprio. Pense em si como uma máquina de produção de descendência. Nesse caso, a sua mãe monogâmica é uma máquina de produção de irmãos (completos), e os irmãos completos são tão valiosos geneticamente para si como os seus próprios filhos. Claro que isto ignora toda uma série de considerações práticas. Por exemplo, a sua mãe é mais velha do que você, embora saber se isso a torna uma aposta melhor ou pior para reprodução futura do que você próprio depende das circunstâncias particulares — não podemos dar uma regra geral.

Esse argumento assume que se pode confiar que a sua mãe continuará a produzir filhos do seu pai, e não de outro macho qualquer. O grau de confiança que se pode ter nisso depende do sistema de acasalamento da espécie. Se é membro de uma espécie habitualmente promíscua, é óbvio que não pode contar que os filhos da sua mãe sejam seus irmãos completos. Mesmo nas condições idealmente monogâmicas, há uma consideração aparentemente incontornável que tende a tornar a sua mãe uma aposta pior do que você próprio: o seu pai pode morrer. Com a melhor das intenções, se o seu pai estiver morto, dificilmente se pode esperar que a sua mãe continue a produzir filhos dele, pois não?

Bem, na verdade, pode. As circunstâncias em que isto pode acontecer são obviamente de grande interesse para a teoria da seleção de parentesco. Enquanto mamíferos, estamos habituados à ideia de que o nascimento se segue à cópula depois de um intervalo fixo e bastante curto. Um homem pode gerar filhos postumamente, mas não depois de estar morto há mais de nove meses (exceto com a ajuda de congelação profunda num banco de esperma). Mas existem vários grupos de insetos em que a fêmea armazena esperma dentro de si durante toda a vida, utilizando-o gradualmente para fertilizar ovos ao longo dos anos, muitas vezes longos anos após a morte do seu parceiro. Se é membro de uma espécie que faz isso, pode potencialmente ter bastante certeza de que a

sua mãe continuará a ser uma boa “aposta genética”. Uma formiga fêmea acasala apenas uma vez, durante o voo nupcial, no início da sua vida. A fêmea então perde as asas e nunca mais acasala. É certo que, em muitas espécies de formigas, a fêmea acasala com vários machos durante o voo nupcial. Mas se pertencer a uma daquelas espécies cujas fêmeas são sempre monogâmicas, então pode realmente considerar a sua mãe pelo menos tão boa aposta genética como você próprio. A grande vantagem de ser uma formiga jovem, em vez de um mamífero jovem, é que não importa se o seu pai está morto (de facto, ele quase de certeza que está morto!). Pode ter bastante certeza de que o esperma do seu pai vive para além dele, e que a sua mãe pode continuar a produzir irmãos completos para si.

Segue-se, portanto, que, se estivermos interessados nas origens evolutivas do cuidado entre irmãos e de fenómenos como os soldados insetos, devemos prestar especial atenção às espécies em que as fêmeas armazenam esperma para a vida inteira. No caso das formigas, abelhas e vespas, há, como se discute no Capítulo 10, uma peculiaridade genética especial — a haplodiploidia — que pode tê-las predisposto a tornarem-se altamente sociais. O que estou aqui a argumentar é que a haplodiploidia não é o único factor predisponente. O hábito do armazenamento de esperma por toda a vida pode ter sido, pelo menos, tão importante. Em condições ideais, pode tornar uma mãe tão valiosa geneticamente, e tão digna de ajuda “altruísta”, como um gémeo idêntico.

¹² Este comentário agora faz-me corar de embaraço. Desde então, fiquei a saber que os antropólogos sociais não só têm coisas a dizer sobre o “efeito do irmão da mãe”: muitos deles têm falado disso quase exclusivamente há anos! O efeito que eu “previ” é um facto empírico em grande número de culturas, bem conhecido dos antropólogos há décadas. Além disso, quando sugeri a hipótese específica de que “numa sociedade com um elevado grau de infidelidade conjugal, os tios maternos deveriam ser mais altruístas do que os ‘pais’, já que têm mais motivos para confiar no seu grau de parentesco com a criança” (p. 145), lamento ter ignorado o facto de Richard Alexander já ter feito essa mesma sugestão (uma nota de rodapé a reconhecê-lo foi inserida em impressões posteriores da primeira edição deste livro). A hipótese foi testada, pelo próprio Alexander entre outros, usando contagens quantitativas retiradas da literatura antropológica, com resultados favoráveis.

CAPÍTULO 7

¹ Wynne-Edwards é geralmente tratado com mais gentileza do que aquela que costuma ser reservada aos hereges académicos. Ao estar errado de forma inequívoca, é amplamente creditado (embora eu pessoalmente ache que este ponto está algo exagerado) por ter provocado uma reflexão mais clara sobre a seleção. Ele próprio fez uma retratação magnânima em 1978, quando escreveu:

O consenso geral entre os biólogos teóricos atualmente é que não se conseguem conceber modelos credíveis em que a lenta marcha da seleção de grupo consiga ultrapassar a propagação muito mais rápida de genes egoístas que conferem vantagens à aptidão individual. Por conseguinte, aceito a sua opinião.

Magnânimos podem ter sido estes segundos pensamentos, mas infelizmente ele teve terceiros: o seu livro mais recente volta a retratar-se da retratação.

A seleção de grupo, no sentido em que todos a temos longamente compreendido, está ainda mais desacreditada entre os biólogos do que estava aquando da publicação da minha primeira edição. Poder-se-ia ser perdoado por pensar o contrário: uma geração cresceu, especialmente nos Estados Unidos, a espalhar o nome “seleção de grupo” como se fosse confettis. O termo está espalhado por todo o tipo de casos que antes eram (e que por todos nós, ainda são) clara e inequivocamente compreendidos como outra coisa, como por exemplo seleção de parentesco. Suponho que seja fútil irritar-me demasiado com estes parvenus semânticos. Contudo, toda a questão da seleção de grupo foi muito satisfatoriamente resolvida há uma década por John Maynard Smith e outros, e é irritante verificar que estamos agora perante duas gerações, bem como duas nações, divididas apenas por uma língua comum. É particularmente lamentável que os filósofos, que só agora começam a entrar neste campo, tenham iniciado o seu percurso já baralhados por esta recente extravagância terminológica. Recomendo o ensaio de Alan Grafen, *Natural Selection, Kin Selection and Group Selection*, como uma exposição clara — e espero que agora definitiva — do problema da neo-seleção de grupo.

CAPÍTULO 8

¹ Robert Trivers, cujos artigos do início da década de 1970 estiveram entre as inspirações mais importantes para mim na escrita da primeira edição deste livro, e cujas ideias dominam especialmente o Capítulo 8, publicou finalmente o seu próprio livro, *Social Evolution*. Recomendo-o, não apenas pelo conteúdo, mas também pelo estilo: pensamento claro, academicamente rigoroso, mas com um toque suficiente de irresponsabilidade antropomórfica para provocar os pomposos, temperado com apartes autobiográficos pessoais. Não resisto a citar um desses momentos: é tão característico. Trivers descreve o seu entusiasmo ao observar a relação entre dois babuínos machos rivais no Quénia: “Havia outra razão para o meu entusiasmo, e essa foi uma identificação inconsciente com o Arthur. O Arthur era um jovem macho soberbo, no auge da sua força...” O novo capítulo de Trivers sobre o conflito entre progenitor e descendente atualiza o tema. De facto, há muito pouco a acrescentar ao seu artigo de 1974, para além de alguns novos exemplos factuais. A teoria resistiu à prova do tempo. Modelos matemáticos e genéticos mais

detalhados confirmaram que os argumentos, em grande parte verbais, de Trivers decorrem efetivamente da teoria darwinista atualmente aceite.

² Alexander reconheceu generosamente, no seu livro *Darwinism and Human Affairs* (1980, p. 39), que estava errado ao defender que a vitória parental no conflito entre progenitores e descendentes decorre inevitavelmente de pressupostos darwinianos fundamentais. Parece-me agora que a sua tese — de que os pais gozam de uma vantagem assimétrica sobre a sua prole na batalha das gerações — pode ser reforçada por um argumento de natureza diferente, que aprendi com Eric Charnov.

Charnov escrevia sobre insetos sociais e a origem das castas estéreis, mas o seu argumento aplica-se de forma mais geral, e vou expô-lo nesses termos. Imagine uma fêmea jovem de uma espécie monógama — não necessariamente um inseto — prestes a entrar na vida adulta. O seu dilema é sair do ninho para se reproduzir por conta própria ou ficar e ajudar a criar os irmãos mais novos. Devido aos hábitos reprodutivos da sua espécie, sabe que a mãe continuará a dar-lhe irmãos completos durante muito tempo. Pela lógica de Hamilton, esses irmãos são-lhe tão “valiosos” geneticamente quanto seriam os seus próprios filhos. No que toca ao grau de parentesco, a jovem fica indiferente entre as duas opções; não “se importa” de ir ou ficar. Mas os pais estão longe de ser indiferentes. Do ponto de vista da mãe idosa, a escolha é entre netos ou filhos. Filhos novos valem o dobro, em termos genéticos, de netos novos. Se falarmos em conflito entre pais e filhos sobre sair ou ficar para ajudar no ninho, o ponto de Charnov é que o conflito é vencido pelos pais, pelo simples facto de que só eles o veem como conflito!

É um pouco como uma corrida entre dois atletas: a um é oferecido £1 000 apenas se ganhar; ao outro prometem £1 000 quer ganhe, quer perca. Esperamos que o primeiro corra mais e, se forem igualmente talentosos, provavelmente vencerá. Na verdade, o argumento de Charnov é mais forte do que esta analogia sugere, porque os custos de correr no máximo não chegam para dissuadir muita gente, tenha ou não recompensa. Ideais olímpicos são luxo a mais para os jogos darwinianos: esforço num sentido paga-se sempre com esforço perdido noutro. É como se quanto mais energia investes numa corrida, menos provável se torna venceres futuras corridas devido ao cansaço.

As condições variam de espécie para espécie, por isso nem sempre podemos prever os resultados dos jogos darwinianos. Ainda assim, se considerarmos apenas a proximidade genética e assumirmos sistema de acasalamento monógamo (de modo que a filha saiba que os irmãos são completos), podemos esperar que a mãe idosa consiga manipular a filha adulta jovem a ficar e ajudar. A mãe tem tudo a ganhar, enquanto a filha não tem motivo para resistir, pois está geneticamente indiferente entre as opções disponíveis.

Mais uma vez, convém salientar que este foi um argumento “*ceteris paribus*”. Mesmo que, na realidade, outras coisas raramente sejam iguais, o raciocínio de Charnov pode ainda ser útil a Alexander ou a qualquer defensor da teoria da manipulação parental. Em todo o caso, os argumentos práticos de Alexander a favor da vitória dos pais — serem maiores, mais fortes, etc. — são pertinentes.

CAPÍTULO 9

¹ Como tantas vezes acontece, esta frase inicial oculta um implícito “*ceteris paribus*” — isto é, “mantendo-se tudo o resto igual”. É óbvio que os parceiros sexuais têm muito a ganhar com a cooperação. Este facto surge repetidamente ao longo do capítulo. Afinal, é provável que os parceiros estejam envolvidos num jogo de soma não nula — um jogo em que ambos podem aumentar os seus ganhos através da cooperação, em vez de o ganho de um implicar necessariamente a perda do outro (explico esta ideia no Capítulo 12). Este é um dos pontos do livro em que o meu tom oscilou demasiado para uma visão cínica e egoísta da vida. Na altura, pareceu-me necessário, dado que a visão dominante sobre o cortejo animal tinha oscilado fortemente no sentido oposto. De forma quase universal, assumia-se, sem qualquer espírito crítico, que os parceiros cooperariam entre si de forma generosa e sem reservas. A possibilidade de exploração nem sequer era considerada. Neste contexto histórico, o aparente cinismo da minha frase inicial é compreensível, mas hoje eu adotaria um tom mais brando. De forma semelhante, as observações que faço no final deste capítulo sobre os papéis sexuais humanos parecem-me hoje formuladas de forma ingénua. Dois livros que exploram mais profundamente a evolução das diferenças sexuais humanas são *Sex, Evolution, and Behavior*, de Martin Daly e Margo Wilson, e *The Evolution of Human Sexuality*, de Donald Symons.

² Hoje em dia, parece-me enganador enfatizar a disparidade entre o tamanho do espermatozoide e do óvulo como base para os papéis sexuais. Mesmo que um espermatozoide seja pequeno e “barato”, está longe de ser barato produzir milhões deles e consegui-los injetar numa fêmea em meio a toda a concorrência. Prefiro agora a abordagem seguinte para explicar a assimetria fundamental entre machos e fêmeas.

Suponhamos que começamos com dois sexos que não possuem ainda quaisquer atributos particulares de machos ou fêmeas. Chamemo-los, de forma neutra, A e B. Tudo o que precisamos de estabelecer é que cada acasalamento tem de ocorrer entre um A e um B. Agora, qualquer animal, seja um A ou um B, enfrenta um dilema. O tempo e esforço dedicados a lutar com rivais não

pode ser aplicado a cuidar da prole existente — e vice-versa. Espera-se que qualquer animal distribua o seu esforço entre estas exigências concorrentes.

O ponto a que quero chegar é que os As podem acabar por encontrar um equilíbrio diferente do dos Bs e que, uma vez estabelecida essa diferença, é provável que a disparidade entre eles se intensifique progressivamente.

Para perceber isto, imaginemos que os dois sexos, As e Bs, diferem entre si desde o início quanto à forma mais eficaz de aumentarem o seu sucesso reprodutivo — se investindo nos filhos ou investindo na luta (uso “luta” como termo genérico para todo o tipo de competição direta entre indivíduos do mesmo sexo). Inicialmente, essa diferença pode ser mínima, já que o meu argumento é precisamente que há uma tendência inerente para essa diferença crescer. Suponhamos que, para os As, lutar contribui mais para o sucesso reprodutivo do que o comportamento parental; para os Bs, pelo contrário, o cuidado parental contribui ligeiramente mais do que a luta para a variação no sucesso reprodutivo. Isto significa, por exemplo, que embora um A beneficie, evidentemente, dos cuidados parentais, a diferença entre um A cuidador bem-sucedido e um cuidador mal-sucedido é menor do que a diferença entre um A lutador bem-sucedido e um lutador mal-sucedido. Entre os Bs, dá-se o oposto.

Assim, para um dado investimento de esforço, um A terá mais a ganhar se lutar, ao passo que um B terá mais a ganhar se desviar o seu esforço da luta para o cuidado parental.

Nas gerações seguintes, portanto, os As lutarão um pouco mais do que os seus progenitores; os Bs lutarão um pouco menos e cuidarão um pouco mais do que os seus progenitores. Com isto, a diferença entre o melhor e o pior A no que toca à luta tornar-se-á ainda maior, e a diferença no cuidado parental tornar-se-á ainda menor. Logo, um A terá ainda mais a ganhar ao investir na luta e ainda menos ao investir no cuidado. Entre os Bs, suceder-se-á o inverso com o passar das gerações.

A ideia-chave aqui é que uma pequena diferença inicial entre os sexos pode ser autorreforçada: a seleção pode começar com uma diferença ligeira e fazê-la crescer cada vez mais, até que os As se tornem aquilo a que hoje chamamos machos, e os Bs, fêmeas. Essa diferença inicial pode ser suficientemente pequena para ter surgido ao acaso. Afinal, é improvável que as condições iniciais dos dois sexos sejam exatamente idênticas.

Como reparará, esta ideia é semelhante à teoria proposta por Parker, Baker e Smith, discutida na página 187, sobre a separação precoce dos gametas primitivos em espermatozoides e óvulos. O argumento agora apresentado é mais geral. A separação entre espermatozoides e óvulos é apenas um dos aspetos de uma separação mais fundamental entre os papéis sexuais. Em vez de tratar a separação espermatozoide-óvulo como primária, e de tentar derivar todas as características dos machos e fêmeas a partir dela, temos agora um argumento que explica tanto essa separação como outros aspetos da divergência entre os sexos de forma unificada. Basta assumirmos que existem dois sexos que têm de acasalar entre si; não precisamos de saber mais nada sobre eles. A partir desta suposição mínima, podemos esperar, de forma positiva, que, por mais semelhantes que sejam os dois sexos no início, venham a divergir progressivamente, especializando-se em técnicas reprodutivas opostas e complementares. A separação entre espermatozoides e óvulos é um sintoma desta separação mais geral — não a sua causa.

³ Esta ideia de procurar uma mistura evolutivamente estável de estratégias dentro de um sexo, equilibrada por uma mistura evolutivamente estável de estratégias no outro sexo, foi agora desenvolvida por Maynard Smith, e, de forma independente, mas numa direção semelhante, por Alan Grafen e Richard Sibly. O artigo de Grafen e Sibly é tecnicamente mais avançado; o de Maynard Smith é mais fácil de explicar por palavras. Em resumo, ele começa por considerar duas estratégias — vigiar e abandonar — que podem ser adotadas por qualquer dos sexos. Tal como no meu modelo “reservada/precipitada e fiel/galanteador”, a questão interessante é: que combinações de estratégias entre machos são estáveis face a que combinações de estratégias entre fêmeas? A resposta depende da suposição que fazemos sobre as circunstâncias económicas particulares da espécie. Curiosamente, porém, por mais que variemos essas suposições económicas, não obtemos um contínuo de resultados estáveis que variam quantitativamente. O modelo tende a convergir para apenas quatro resultados estáveis. Estes quatro resultados são nomeados segundo espécies animais que os exemplificam. Temos o Pato (macho abandona, fêmea vigia), o Espinho (fêmea abandona, macho vigia), a Mosca-da-fruta (ambos abandonam) e o Gibão (ambos vigiam).

E há aqui algo ainda mais interessante. Lembra-se, no Capítulo 5, de que os modelos de Estratégias Evolutivamente Estáveis (EES) podem fixar-se em dois resultados diferentes, ambos igualmente estáveis? Pois bem, isso também é verdade no modelo de Maynard Smith. O que é especialmente interessante é que determinados pares — e não outros — destes resultados são conjuntamente estáveis sob as mesmas circunstâncias económicas. Por exemplo, sob um certo intervalo de circunstâncias, tanto o Pato como o Espinho são estáveis. Qual dos dois se manifesta realmente depende do acaso ou, mais precisamente, de acasos da história evolutiva — das condições iniciais. Noutro intervalo de circunstâncias, tanto o Gibão como a Mosca-da-fruta são estáveis. Novamente, é o acaso histórico que determina qual dos dois ocorre em determinada espécie. Mas não há circunstâncias em que o Gibão e o Pato sejam conjuntamente estáveis, nem circunstâncias em que o Pato e a Mosca-da-fruta o sejam. Esta análise de estáveis-companheiros (para usar um trocadilho duplo) sobre combinações congeniais e incongeniais de EES tem consequências interessantes para as nossas reconstruções da história evolutiva. Por exemplo, leva-nos a esperar que certos tipos de transições entre sistemas de acasalamento na história evolutiva sejam prováveis, e outros, improváveis. Maynard Smith explora estas redes

históricas num breve levantamento dos padrões de acasalamento em todo o reino animal, terminando com a memorável pergunta retórica: “Por que é que os mamíferos machos não produzem leite?”

⁴ Lamento dizer que esta afirmação está errada. No entanto, está errada de uma forma interessante, por isso deixei o erro ficar e vou agora dedicar algum tempo a expô-lo. Trata-se, na verdade, do mesmo tipo de erro que Gale e Eaves detetaram no artigo original de Maynard Smith e Price (ver nota à página 97). O meu erro foi apontado por dois biólogos matemáticos a trabalhar na Áustria, P. Schuster e K. Sigmund.

Tinha calculado corretamente as proporções entre machos fiéis e galanteadores, e entre fêmeas recatadas e disponíveis, nas quais os dois tipos de machos eram igualmente bem-sucedidos, e os dois tipos de fêmeas também. Isto constitui, de facto, um equilíbrio, mas não verifiquei se se tratava de um equilíbrio estável. Podia muito bem ser uma lâmina de faca precária em vez de um vale seguro. Para verificar a estabilidade, é necessário observar o que acontece se perturbarmos ligeiramente o equilíbrio (empurrar uma bola de uma lâmina de faca leva à sua perda; empurrá-la para longe do centro de um vale fá-la regressar). No meu exemplo numérico específico, a proporção de equilíbrio para os machos era entre fiéis e galanteadores. Agora, e se por acaso a proporção de galanteadores na população aumentasse ligeiramente acima do ponto de equilíbrio? Para que o equilíbrio possa ser considerado estável e autocorretivo, seria necessário que os galanteadores comessem imediatamente a ter um desempenho ligeiramente inferior. Infelizmente, como Schuster e Sigmund demonstraram, não é isso que acontece. Pelo contrário, os galanteadores começam a ter ainda mais sucesso! A sua frequência na população, então, em vez de se estabilizar, autoamplifica-se. Aumenta — não indefinidamente, mas apenas até certo ponto. Se simular o modelo de forma dinâmica num computador, como eu agora fiz, obtém um ciclo que se repete indefinidamente. Ironia das ironias, é precisamente o ciclo que descrevi hipoteticamente nas páginas 199–200, mas pensei que o estava a apresentar apenas como um recurso explicativo, tal como fiz com os falcões e as pombas. Por analogia com os falcões e as pombas, presumi — erradamente — que o ciclo era apenas hipotético, e que o sistema acabaria por se fixar num equilíbrio estável. A observação final de Schuster e Sigmund não deixa nada mais a dizer:

Podemos, então, tirar duas conclusões:

(a) que a batalha dos sexos tem muito em comum com a predação; e

(b) que o comportamento dos amantes oscila como a lua, e é tão imprevisível quanto o tempo.

Claro que as pessoas não precisaram de equações diferenciais para notar isto antes.

⁵ A hipótese de licenciatura de Tamsin Carlisle sobre os peixes foi agora testada comparativamente por Mark Ridley, no decurso de uma revisão exaustiva do cuidado paternal em todo o reino animal. O seu artigo é uma notável demonstração de rigor que, tal como a hipótese de Carlisle, começou também como um trabalho de licenciatura escrito para mim. Infelizmente, ele não encontrou evidências que sustentassem a hipótese.

⁶ A teoria da seleção sexual *runaway* de R. A. Fisher, que ele enunciou de forma extremamente breve, foi agora desenvolvida matematicamente por R. Lande e outros. Tornou-se um assunto complexo, mas pode ser explicado em termos não matemáticos, desde que se lhe dedique espaço suficiente. No entanto, requer um capítulo inteiro, e eu dediquei-lhe um no *The Blind Watchmaker* (capítulo 8), por isso não direi mais nada sobre isso aqui.

Em vez disso, irei tratar de um problema sobre seleção sexual que nunca enfatizei suficientemente em nenhum dos meus livros. Como é que se mantém a variação necessária? A seleção darwiniana só pode funcionar se houver uma boa reserva de variação genética sobre a qual possa operar. Se tentar criar, digamos, coelhos com orelhas cada vez mais compridas, ao início terá sucesso. O coelho médio de uma população selvagem terá orelhas de tamanho médio (segundo os padrões dos coelhos; segundo os nossos padrões, claro, terá orelhas muito compridas). Alguns coelhos terão orelhas mais curtas do que a média, outros mais compridas. Ao cruzar apenas os que têm as orelhas mais compridas, conseguirá aumentar a média nas gerações seguintes. Durante algum tempo. Mas se continuar a cruzar apenas os de orelhas mais compridas, chegará o momento em que deixará de haver a variação necessária. Todos terão as "orelhas mais compridas", e a evolução parará. Na evolução normal isto não constitui problema, porque a maioria dos ambientes não exerce uma pressão consistente e inabalável numa única direção. O “melhor” comprimento para qualquer parte de um animal não será normalmente “um pouco mais do que a média atual, seja qual for essa média”. O melhor comprimento é mais provavelmente uma quantidade fixa, digamos três polegadas. Mas a seleção sexual pode, de facto, ter a embaraçosa propriedade de perseguir um “ótimo” sempre em fuga. A moda feminina pode realmente desejar orelhas masculinas cada vez mais compridas, independentemente de quão compridas já sejam as orelhas da população atual. Assim, a variação pode, de facto, esgotar-se seriamente. E, no entanto, a seleção sexual parece ter funcionado; vemos ornamentos masculinos absurdamente exagerados. Parece que temos um paradoxo, que poderíamos chamar de paradoxo da variação que desaparece.

A solução de Lande para este paradoxo é a mutação. Ele pensa que haverá sempre mutações suficientes para alimentar uma seleção sustentada. A razão pela qual as pessoas antes duvidavam disto era porque pensavam em termos de um gene de cada vez: as taxas de mutação em qualquer locus genético individual são demasiado baixas para resolver o paradoxo da variação que desaparece. Lande lembrou-nos que “caudas” e outras características sobre as quais atua a seleção sexual são influenciadas por

um número indefinidamente grande de genes diferentes — “poligenes” — cujos pequenos efeitos se somam. Além disso, à medida que a evolução progride, será um conjunto mutável de poligenes que está em jogo: novos genes serão recrutados para o conjunto que influencia a variação no “comprimento da cauda”, e outros serão perdidos. A mutação pode afetar qualquer gene deste conjunto grande e variável, pelo que o paradoxo da variação que desaparece, desaparece por sua vez.

A resposta de W. D. Hamilton ao paradoxo é diferente. Ele responde da mesma forma que responde hoje em dia à maioria das questões: “Parasitas”. Voltemos às orelhas dos coelhos. O melhor comprimento para as orelhas de um coelho depende presumivelmente de vários fatores acústicos. Não há razão particular para esperar que esses fatores mudem numa direção consistente e sustentada ao longo das gerações. O melhor comprimento pode não ser absolutamente constante, mas ainda assim é improvável que a seleção empurre tanto numa direção específica que ultrapasse o intervalo de variação facilmente gerado pelo reservatório genético atual. Daí não haver paradoxo da variação que desaparece.

Mas agora consideremos o tipo de ambiente violentamente flutuante proporcionado pelos parasitas. Num mundo cheio de parasitas, há uma forte seleção a favor da capacidade de lhes resistir. A seleção natural favorecerá os coelhos menos vulneráveis aos parasitas que estiverem presentes no momento. O ponto crucial é que esses parasitas não serão sempre os mesmos. As pragas vão e vêm. Hoje pode ser a mixomatose, no próximo ano o equivalente à peste negra nos coelhos, no ano seguinte a sida dos coelhos, e assim por diante. Depois, digamos ao fim de um ciclo de dez anos, pode voltar a ser a mixomatose. Ou o próprio vírus da mixomatose pode evoluir para contrariar as contra-adaptações que os coelhos desenvolveram. Hamilton imagina ciclos de contra-adaptação e contra-contra-adaptação a rolar incessantemente no tempo, atualizando sempre de forma perversa a definição do “melhor” coelho.

O resultado disto tudo é que há algo de significativamente diferente nas adaptações para resistência a doenças, em comparação com as adaptações ao ambiente físico. Enquanto pode haver um “melhor” comprimento bastante fixo para as pernas de um coelho, não existe um “melhor” coelho fixo no que diz respeito à resistência a doenças. À medida que muda a doença mais perigosa do momento, muda também o “melhor” coelho do momento. Serão os parasitas as únicas forças seletivas a funcionar desta maneira? E os predadores e presas, por exemplo? Hamilton concorda que, basicamente, são como parasitas. Mas não evoluem tão rapidamente como muitos parasitas. E os parasitas têm maior probabilidade do que predadores ou presas de evoluir contra-adaptações específicas gene-a-gene.

Hamilton pega nos desafios cíclicos impostos pelos parasitas e faz deles a base para uma teoria muito mais ampla — a sua teoria sobre o porquê de o sexo existir. Mas aqui estamos interessados no uso que ele faz dos parasitas para resolver o paradoxo da variação que desaparece na seleção sexual. Ele acredita que a resistência hereditária às doenças nos machos é o critério mais importante segundo o qual as fêmeas os escolhem. A doença é um flagelo tão poderoso que as fêmeas beneficiarão imenso de qualquer capacidade que tenham de diagnosticar nos potenciais parceiros. Uma fêmea que se comporta como uma boa médica diagnóstica e escolhe apenas o macho mais saudável como parceiro tenderá a obter genes saudáveis para os seus filhos. Ora, como a definição do “melhor coelho” está sempre a mudar, haverá sempre algo importante para as fêmeas compararem, quando avaliam os machos. Haverá sempre alguns machos “bons” e outros “maus”. Não se tornarão todos “bons” após gerações de seleção, porque, entretanto, os parasitas terão mudado e, com eles, a definição de “bom” coelho. Genes para resistir a uma estirpe do vírus da mixomatose não serão eficazes para resistir à próxima estirpe que surja por mutação. E assim por diante, ao longo de ciclos indefinidos de pestilência evolutiva. Os parasitas nunca desistem, pelo que as fêmeas não podem desistir da sua busca incessante por parceiros saudáveis.

Como é que os machos reagirão ao serem escrutinados por fêmeas que atuam como médicas? Serão favorecidos os genes que simulam boa saúde? Talvez, num primeiro momento. Mas a seleção atuará depois nas fêmeas, aperfeiçoando as suas capacidades de diagnóstico e permitindo-lhes distinguir os impostores dos verdadeiramente saudáveis. No fim, acredita Hamilton, as fêmeas tornar-se-ão médicas tão competentes que os machos serão forçados, se quiserem fazer publicidade de si mesmos, a fazê-lo de forma honesta. Se alguma característica sexual se tornar exagerada nos machos, será porque é um indicador genuíno de saúde. Os machos evoluirão de forma a facilitar às fêmeas a verificação do seu bom estado de saúde — se o tiverem. Os machos realmente saudáveis ficarão satisfeitos por publicitar esse facto. Os doentes, claro, não o farão, mas que outra escolha têm? Se ao menos não tentarem exibir um certificado de saúde, as fêmeas tirarão as piores conclusões. A propósito, toda esta conversa sobre médicos seria enganadora se sugerisse que as fêmeas estão interessadas em curar os machos. O seu único interesse é o diagnóstico, e não é um interesse altruísta. E parto do princípio de que já não é necessário pedir desculpa por metáforas como “honestidade” e “tirar conclusões”.

Voltando à questão da publicidade, é como se os machos fossem forçados pelas fêmeas a evoluir com termómetros clínicos permanentemente a sair-lhes da boca, bem visíveis para leitura. Que poderão ser esses “termómetros”? Pensemos, por exemplo, na cauda espetacularmente longa de um macho de ave-do-paraíso. Já vimos a explicação elegante de Fisher para este adorno elegante. A explicação de Hamilton é muito mais terra-a-terra. Um sintoma comum de doença numa ave é a diarreia. Se tiver uma cauda longa, a diarreia tende a sujá-la. Se quiser esconder que tem diarreia, o melhor será evitar ter uma cauda comprida. Pelo mesmo princípio, se quiser publicitar que não tem diarreia, o ideal será ter uma cauda muito longa. Assim, o facto de a sua cauda

estar limpa tornar-se-á mais evidente. Se praticamente não tiver cauda, as fêmeas não conseguirão ver se está limpa ou não, e concluirão o pior. Hamilton não gostaria de se comprometer com esta explicação específica para as caudas das aves-do-paraíso, mas considera-a um bom exemplo do tipo de explicação que prefere.

Usei a símile das fêmeas a atuar como médicas de diagnóstico e dos machos a facilitar-lhes a tarefa ostentando “termómetros” por todo o lado. Pensar noutros instrumentos diagnósticos típicos de um médico, como o medidor de tensão arterial e o estetoscópio, levou-me a algumas especulações sobre a seleção sexual humana. Apresentá-las-ei brevemente, embora admita que as ache mais agradáveis do que plausíveis. Primeiro, uma teoria sobre por que é que os humanos perderam o osso peniano. Um pénis humano ereto pode ser tão duro e rígido que muitas pessoas, em tom de brincadeira, duvidam que não haja ali um osso. Na verdade, muitos mamíferos possuem um osso enrijecedor, o baculum ou os penis, que ajuda na ereção. Além disso, é comum entre os nossos parentes primatas; até o nosso parente mais próximo, o chimpanzé, tem um, embora muito pequeno — e talvez já em processo de desaparecimento evolutivo. Parece ter havido uma tendência para a redução do osso penis nos primatas; a nossa espécie, juntamente com algumas espécies de macacos, perdeu-o completamente. Portanto, livrámo-nos do osso que, nos nossos antepassados, presumivelmente facilitava ter um pénis bem rígido. Em vez disso, confiamos inteiramente num sistema hidráulico de bombeamento, que não deixa de parecer um método caro e indireto de resolver o problema. E, como é sabido, a ereção pode falhar — algo, no mínimo, desafortunado para o sucesso genético de um macho na natureza. Qual seria o remédio óbvio? Um osso no pénis, claro. Então, por que não o evoluímos? Desta vez, os biólogos da “brigada das limitações genéticas” não podem refugiar-se na desculpa de que “a variação necessária não poderia surgir”. Até há pouco tempo, os nossos antepassados possuíam exatamente esse osso e nós fizemos um esforço evolutivo para o perder! Porquê?

A ereção nos humanos é conseguida unicamente pela pressão do sangue. Não é plausível sugerir que a dureza da ereção seja equivalente ao medidor de tensão de um médico usado pelas fêmeas para avaliar a saúde dos machos. Mas não estamos presos à metáfora do medidor de tensão. Se, por qualquer razão, a falha erétil for um sinal precoce sensível de certos tipos de doença, física ou mental, uma versão desta teoria pode fazer sentido. Tudo o que as fêmeas precisam é de uma ferramenta fiável de diagnóstico. Os médicos não usam testes de ereção em exames de rotina — preferem pedir que se mostre a língua. Mas a falha na ereção é um sinal precoce conhecido de diabetes e de certas doenças neurológicas. Mais frequentemente ainda, resulta de fatores psicológicos — depressão, ansiedade, stress, excesso de trabalho, perda de confiança, etc. (Na natureza, pode imaginar-se que os machos em posição inferior na “hierarquia do bico” sejam afetados por estes estados. Alguns macacos usam o pénis ereto como sinal de ameaça.) Não é implausível que, com a seleção natural a apurar as suas competências de diagnóstico, as fêmeas pudessem recolher inúmeros indícios sobre a saúde de um macho e a sua capacidade de lidar com o stress, a partir do tom e da postura do seu pénis. Mas um osso atrapalharia! Qualquer um pode desenvolver um osso no pénis; não é preciso ser particularmente saudável ou resistente. Assim, a pressão seletiva exercida pelas fêmeas forçou os machos a perder o osso penis, porque só machos genuinamente saudáveis ou fortes poderiam apresentar uma ereção verdadeiramente rígida — e as fêmeas poderiam fazer um diagnóstico desimpedido.

Há aqui uma possível zona de contestação. Pode perguntar-se: como é que as fêmeas que impuseram essa seleção conseguiam saber se a rigidez que sentiam era óssea ou hidráulica? Afinal, começámos com a observação de que uma ereção humana pode parecer-se com um osso. Mas duvido que as fêmeas fossem assim tão facilmente enganadas. Elas também estavam sob seleção — não para perder um osso, mas para ganhar discernimento. E não nos esqueçamos: a fêmea vê o mesmo pénis quando este não está ereto, e o contraste é extremamente marcante. Os ossos não desincham (embora, admitidamente, possam retrair-se). Talvez seja essa vida dupla impressionante do pénis que garanta a autenticidade do anúncio hidráulico.

Passemos agora ao “estetoscópio”. Consideremos outro problema notório do quarto: o ressonar. Hoje em dia pode ser apenas um incómodo social. Em tempos idos, podia ser questão de vida ou de morte. No silêncio profundo da noite, o ressonar pode ser surpreendentemente alto. Poderia atrair predadores de longe até ao roncador e ao grupo entre os quais dormia. Por que é que tantas pessoas ressonam, então? Imagine um bando de antepassados nossos a dormir numa qualquer caverna do Pleistoceno, os machos a ressonar cada um num tom diferente, e as fêmeas acordadas sem nada para fazer senão escutar (suponho que é verdade que os machos ressonam mais). Estariam os machos a fornecer às fêmeas, de forma deliberada e amplificada, informação estetoscópica? Poderia a qualidade e o timbre do ressonar ser indicativos da saúde do aparelho respiratório? Não quero sugerir que se ressona apenas quando se está doente. O ressonar seria, antes, como uma frequência portadora de rádio, que continua a soar independentemente, sendo modulada, de formas sensíveis ao diagnóstico, pelo estado do nariz e da garganta. A ideia de as fêmeas preferirem a nota clara e límpida de brônquios desobstruídos aos roncamentos entupidos por vírus tem o seu encanto, mas confesso que me custa imaginar fêmeas a preferirem ativamente um roncador. Ainda assim, a intuição pessoal é notoriamente falível. Talvez, pelo menos, isto desse um bom projeto de investigação para uma médica insone. Pensando bem, talvez ela estivesse também numa boa posição para testar a outra teoria.

Estas duas especulações não devem ser levadas demasiado a sério. Terão cumprido o seu papel se servirem para ilustrar o princípio da teoria de Hamilton, segundo a qual as fêmeas tentam escolher machos saudáveis. Talvez o mais interessante nelas seja o facto de revelarem a ligação entre a teoria parasitária de Hamilton e a teoria do “handicap” de Amotz Zahavi. Se seguirmos a lógica da

minha hipótese do pénis, os machos são prejudicados pela perda do osso — e o prejuízo não é meramente acidental. O anúncio hidráulico ganha eficácia precisamente porque a ereção, às vezes, falha. Os leitores darwinistas terão certamente percebido essa implicação de “handicap” e isso pode ter-lhes despertado sérias reservas. Peço-lhes que suspendam o juízo até lerem a nota seguinte, sobre uma nova forma de olhar para o próprio princípio do “handicap”.

⁷ Na primeira edição escrevi: «Não acredito nesta teoria, embora já não esteja tão confiante no meu ceticismo como estava quando a ouvi pela primeira vez.» Ainda bem que acrescentei esse «embora», porque a teoria de Zahavi parece agora muito mais plausível do que quando escrevi essa passagem. Vários teóricos respeitados começaram recentemente a levá-la a sério. O que mais me inquieta é que entre eles está o meu colega Alan Grafen que, como já foi dito em publicações anteriores, «tem o hábito irritante de estar sempre certo». Ele traduziu as ideias verbais de Zahavi para um modelo matemático e afirma que este funciona. E que não se trata de uma versão sofisticada, esotérica e distorcida da teoria de Zahavi, como outras que já circularam, mas sim de uma tradução matemática direta da própria ideia original. Vou analisar a versão inicial do modelo de Grafen baseada na EEE, embora ele próprio esteja agora a trabalhar numa versão genética completa, que em certos aspetos poderá vir a substituir a versão EEE. Isso não significa que o modelo EEE esteja errado. Trata-se de uma boa aproximação. Na verdade, todos os modelos baseados em EEE, incluindo os que aparecem neste livro, são aproximações nesse mesmo sentido.

O princípio do handicap (desvantagem sinalizadora) é potencialmente relevante para todas as situações em que os indivíduos tentam avaliar a qualidade de outros indivíduos, mas falaremos de machos a fazer publicidade de si próprios às fêmeas. Isto por uma questão de clareza; é um daqueles casos em que o sexismo dos pronomes acaba por ser útil. Grafen identifica pelo menos quatro abordagens ao princípio do handicap. Estas podem ser designadas como: Handicap Qualificador (qualquer macho que tenha sobrevivido apesar do seu handicap deve ser bastante bom noutras áreas, por isso as fêmeas escolhem-no); Handicap Revelador (os machos executam alguma tarefa onerosa para expor capacidades que de outro modo estariam ocultas); Handicap Condicional (só os machos de elevada qualidade desenvolvem um handicap); e, por fim, a interpretação preferida de Grafen, a que chama Handicap de Escolha Estratégica (os machos possuem informação privada sobre a sua própria qualidade, informação essa que está vedada às fêmeas, e usam-na para “decidir” se desenvolvem um handicap e qual a sua dimensão).

A interpretação do Handicap de Escolha Estratégica proposta por Grafen presta-se a uma análise baseada na EEE. Não existe qualquer suposição prévia de que os anúncios feitos pelos machos tenham de ser dispendiosos ou representarem um handicap (desvantagem sinalizadora). Pelo contrário, têm liberdade para evoluir qualquer tipo de anúncio, honesto ou desonesto, caro ou barato. Mas Grafen demonstra que, dada essa liberdade inicial, um sistema baseado em handicaps tenderia a emergir como evolutivamente estável.

Os pressupostos iniciais de Grafen são os seguintes quatro:

1. Os machos variam em qualidade real. Qualidade não é aqui uma ideia vaga ou elitista, como orgulho inconsciente na antiga faculdade ou irmandade (recebi uma vez uma carta de um leitor que terminava: «Espero que não ache esta carta arrogante, mas afinal sou um homem de Balliol»). Para Grafen, qualidade significa que há machos bons e machos maus, no sentido em que as fêmeas beneficiariam geneticamente se acasalassem com os bons e evitassem os maus. Refere-se a coisas como força muscular, velocidade de corrida, capacidade de encontrar presas, de construir bons ninhos. Não estamos a falar do sucesso reprodutivo final do macho, pois esse será influenciado por saber se as fêmeas o escolhem ou não. Falar disso neste momento seria partir do fim para justificar o princípio; é algo que pode ou não emergir do modelo.

2. As fêmeas não conseguem perceber diretamente a qualidade dos machos, tendo de se fiar na sua publicidade. Nesta fase, não assumimos se os anúncios são honestos ou não. A honestidade é precisamente uma das coisas que o modelo procura esclarecer; é para isso que ele serve. Um macho, por exemplo, pode aumentar artificialmente os ombros para criar uma ilusão de tamanho e força. Cabe ao modelo mostrar-nos se tal sinal falso será evolutivamente estável ou se a seleção natural imporá padrões decentes, honestos e verídicos de publicidade.

3. Ao contrário das fêmeas que os observam, os machos “sabem”, de certo modo, a sua própria qualidade; e adotam uma “estratégia” publicitária, uma regra condicional baseada na sua qualidade. Como habitual, por “saber” não me refiro a saber cognitivo. Mas assume-se que os machos têm genes que são ativados condicionalmente consoante a sua própria qualidade (e este acesso privilegiado à informação não é uma suposição irrealista; afinal, os genes de um macho estão imersos na sua bioquímica interna e estão muito melhor posicionados do que os genes das fêmeas para responderem à sua qualidade). Diferentes machos adotam diferentes regras. Por exemplo, um macho pode seguir a regra: «Exibir uma cauda proporcional à minha verdadeira qualidade»; outro pode seguir a regra oposta. Isto dá à seleção natural a oportunidade de ajustar as regras, selecionando os machos geneticamente programados para adotar diferentes estratégias. O nível de publicidade não tem de ser proporcional à qualidade; um macho até pode seguir uma regra inversa. O que se exige é que os machos estejam programados para adotar algum tipo de regra que relacione a sua verdadeira qualidade com o nível de publicidade — o tamanho da cauda, por exemplo, ou dos chifres. Qual das possíveis regras acabará por ser evolutivamente estável, é precisamente o que o modelo se propõe descobrir.

4. As fêmeas têm uma liberdade paralela para evoluir as suas próprias regras. No caso delas, as regras dizem respeito à escolha de machos com base na intensidade da publicidade exibida pelos mesmos (recorde-se que elas, ou melhor, os seus genes, não têm acesso privilegiado à qualidade dos machos). Por exemplo, uma fêmea pode adotar a regra: «Acreditar totalmente nos machos.» Outra pode seguir: «Ignorar totalmente a publicidade dos machos.» E outra ainda pode escolher: «Assumir o oposto daquilo que a publicidade sugere.»

Assim, temos a ideia de que os machos variam nas suas regras para relacionar qualidade com nível de publicidade; e as fêmeas variam nas suas regras para relacionar essa publicidade com a escolha de parceiro. Em ambos os casos, as regras variam continuamente e são influenciadas geneticamente. Até aqui, os machos podem escolher qualquer regra que relacione qualidade com publicidade, e as fêmeas podem escolher qualquer regra que relacione publicidade com escolha. O que se procura é um par de regras que seja evolutivamente estável. Isto faz lembrar o modelo do «fiel/galanteador e recatada/precipitada», no qual se procura uma regra masculina e uma regra feminina que, estando ambas presentes, permaneçam estáveis uma perante a outra. Se conseguirmos encontrar tal par estável de regras, podemos então examiná-lo para ver como seria a vida numa sociedade onde machos e fêmeas seguissem essas regras. Especificamente: seria esse um mundo Zahaviano de handicaps (desvantagens sinalizadoras)?

Grafen propôs-se encontrar tal par mutuamente estável de regras. Se eu tentasse a mesma tarefa, provavelmente optaria por uma exaustiva simulação computacional. Colocaria no computador uma variedade de machos, variando nas suas regras que relacionam qualidade com publicidade. E colocaria também uma variedade de fêmeas, variando nas suas regras de escolha com base na publicidade masculina. Depois deixaria machos e fêmeas a interagir livremente no interior do computador, acasalando se os critérios da fêmea fossem satisfeitos, transmitindo as suas regras aos filhos e filhas. E claro, os indivíduos sobreviveriam ou não conforme a sua qualidade herdada. À medida que as gerações passassem, a sorte de cada uma das regras masculinas e femininas surgiria como alterações nas frequências populacionais. De tempos a tempos, observaria o interior do computador para ver se uma combinação estável estaria a emergir.

Esse método funcionaria em princípio, mas na prática levanta dificuldades. Felizmente, os matemáticos conseguem chegar às mesmas conclusões que uma simulação, montando um conjunto de equações e resolvendo-as. Foi isto que Grafen fez. Não reproduzirei aqui o seu raciocínio matemático nem exporei os seus pressupostos detalhados. Em vez disso, irei diretamente à conclusão: ele encontrou, de facto, um par de regras evolutivamente estável.

E agora, a grande pergunta: será que o modelo EEE (Estratégia Evolutivamente Estável) de Grafen constitui o tipo de mundo que Zahavi reconheceria como um mundo de handicaps e honestidade? A resposta é sim. Grafen demonstrou que pode, de facto, existir um mundo evolutivamente estável com as seguintes propriedades Zahavianas:

- 1. Apesar de terem liberdade estratégica para escolher o nível de publicidade, os machos optam por um nível que revela corretamente a sua verdadeira qualidade, mesmo que isso implique expor que a sua qualidade é baixa. Ou seja, em EEE, os machos são honestos.*
- 2. Apesar de terem liberdade estratégica na resposta à publicidade masculina, as fêmeas acabam por escolher a estratégia: «Acreditar nos machos». Em EEE, as fêmeas são justificadamente "confiantes".*
- 3. A publicidade é dispendiosa. Por outras palavras, se pudéssemos ignorar os efeitos da qualidade e da atratividade, um macho estaria em melhor situação se não publicitasse (poupando energia ou sendo menos visível aos predadores). E não só é dispendiosa: é precisamente por ser dispendiosa que um determinado sistema de publicidade é escolhido. É escolhido exatamente porque tem o efeito de reduzir o sucesso do publicitário — mantendo todos os outros fatores constantes.*
- 4. A publicidade é mais dispendiosa para machos de menor qualidade. O mesmo nível de publicidade aumenta o risco para um macho fraco muito mais do que para um macho forte. Machos de baixa qualidade incorrem em riscos significativamente maiores com publicidade dispendiosa do que machos de alta qualidade.*

Estas propriedades, especialmente a n.º 3, são intensamente Zahavianas. A demonstração de Grafen de que elas são evolutivamente estáveis sob condições plausíveis é muito convincente. Mas o mesmo se dizia da argumentação dos críticos de Zahavi, que influenciaram a primeira edição deste livro e que concluíam que as ideias de Zahavi não poderiam funcionar na evolução. Não devemos ficar satisfeitos com as conclusões de Grafen sem antes nos assegurarmos de que compreendemos onde — se é que houve — os primeiros críticos erraram. O que assumiram eles que os levou a conclusões diferentes? Parte da resposta parece ser que não permitiram que os seus animais hipotéticos escolhessem estratégias numa gama contínua. Muitas vezes, isso significava que estavam a interpretar as ideias verbais de Zahavi segundo uma das três primeiras abordagens listadas por Grafen — Handicap (desvantagem sinalizadora) Qualificador, Handicap (desvantagem sinalizadora) Revelador ou Handicap (desvantagem sinalizadora) Condicional. Nenhum deles considerou qualquer versão da quarta interpretação: o Handicap (desvantagem sinalizadora) de Escolha Estratégica. O resultado foi que não conseguiam fazer com que o princípio do handicap funcionasse, ou que este só funcionava sob condições abstratas e matemáticas muito especiais, sem o verdadeiro carácter paradoxal Zahaviano. Além disso, uma característica essencial da interpretação de Escolha Estratégica do princípio do handicap é que, em EEE, indivíduos de alta e baixa qualidade jogam todos a mesma estratégia: «Publicitar honestamente». Os modeladores anteriores assumiam que os machos de elevada qualidade jogavam estratégias diferentes dos machos de baixa qualidade e, por isso, criavam anúncios diferentes. Grafen, pelo contrário, assume que, em EEE, as diferenças entre os sinalizadores de alta e baixa qualidade surgem porque todos seguem a mesma estratégia — e as diferenças nos anúncios surgem porque essas diferenças de qualidade são fielmente representadas pela regra de sinalização.

Sempre admitimos que os sinais, de facto, podem ser handicaps (desvantagens sinalizadoras). Sempre compreendemos que handicaps extremos podem evoluir, sobretudo como resultado da seleção sexual, apesar de serem handicaps. A parte da teoria de Zahavi a que todos nos opúnhamos era a ideia de que os sinais poderiam ser favorecidos pela seleção precisamente por serem handicaps para quem os emite. É essa parte que Alan Grafen aparentemente confirmou.

Se Grafen estiver certo — e penso que está — trata-se de um resultado de grande importância para todo o estudo dos sinais animais. Pode até exigir uma mudança radical na nossa visão da evolução do comportamento, uma mudança radical na forma como vemos muitas das questões abordadas neste livro. A publicidade sexual é apenas um tipo de publicidade. A teoria Zahavi–Grafen, se verdadeira, pode virar do avesso as ideias dos biólogos sobre relações entre rivais do mesmo sexo, entre pais e filhos, entre inimigos de diferentes espécies. Acho essa perspetiva algo inquietante, porque significa que teorias de loucura quase ilimitada já não podem ser descartadas com base no senso comum. Se observarmos um animal a fazer algo realmente absurdo, como ficar de cabeça para baixo em vez de fugir de um leão, pode estar a fazê-lo para impressionar uma fêmea. Pode até estar a exibir-se para o próprio leão: «Sou um animal de qualidade tão elevada que estarias a perder o teu tempo se me tentasses caçar» (ver p. 222, da primeira edição de 1976).

Mas, por mais louca que algo nos pareça, a seleção natural pode ter outras ideias. Um animal fará mortais à retaguarda diante de um bando de predadores esfomeados se os riscos aumentarem mais o valor da publicidade do que ameçarem o publicitário. É precisamente o perigo envolvido que confere poder ao gesto de exibição. Claro que a seleção natural não favorecerá riscos infinitos. Quando o exibicionismo se torna verdadeiramente temerário, será penalizado. Uma performance arriscada ou dispendiosa pode parecer-nos insensata. Mas isso, na verdade, não é da nossa conta. Só a seleção natural tem autoridade para julgar.

CAPÍTULO 10

¹ Foi isso que todos pensávamos. Não tínhamos contado com os ratos-toupeira-pelados. Os ratos-toupeira-pelados são uma espécie de pequenos roedores quase cegos e sem pêlos, que vivem em grandes colónias subterrâneas em zonas áridas do Quênia, Somália e Etiópia. Parecem ser verdadeiros "insetos sociais" do mundo dos mamíferos. Os estudos pioneiros de Jennifer Jarvis sobre colónias em cativeiro na Universidade da Cidade do Cabo foram, entretanto, alargados com observações de campo de Robert Brett no Quênia; investigações adicionais em colónias cativas estão a ser conduzidas nos Estados Unidos por Richard Alexander e Paul Sherman. Estes quatro investigadores prometeram um livro em coautoria, que eu, por mim, aguardo com expectativa. Entretanto, este relato baseia-se na leitura dos poucos artigos já publicados e na audição de conferências de Paul Sherman e Robert Brett. Tive ainda o privilégio de visitar a colónia de ratos-toupeira-pelados do Jardim Zoológico de Londres, acompanhado pelo então Curador de Mamíferos, Brian Bertram.

Os ratos-toupeira-pelados vivem em extensas redes de túneis subterrâneos. As colónias são normalmente compostas por 70 a 80 indivíduos, mas podem atingir as centenas. A rede de túneis escavada por uma colónia pode estender-se por dois a três quilómetros, e cada colónia pode escavar entre três a quatro toneladas de solo por ano. A escavação é uma atividade comunitária. Um trabalhador frontal cava com os dentes, passando a terra para trás por uma correia transportadora viva — uma linha fervilhante e ruidosa de meia dúzia de pequenos animais rosados. De tempos a tempos, o trabalhador frontal é substituído por outro dos que se encontram atrás.

Apenas uma fêmea da colónia se reproduz, durante vários anos. Jarvis, legitimamente na minha opinião, adota a terminologia dos insetos sociais e chama-lhe a rainha. A rainha acasala apenas com dois ou três machos. Todos os outros indivíduos de ambos os sexos são estéreis, tal como os operários nos insetos sociais. E, como em muitas espécies de insetos sociais, se a rainha for removida, algumas fêmeas anteriormente estéreis entram em estado reprodutivo e lutam entre si pelo estatuto de rainha.

Os indivíduos estéreis são designados como "operários", e essa designação é justa. São de ambos os sexos, tal como nas térmitas (ao contrário das formigas, abelhas e vespas, onde são apenas fêmeas). O trabalho dos operários depende do seu tamanho. Os mais pequenos, que Jarvis chama "operários frequentes", escavam e transportam terra, alimentam as crias e, presumivelmente, libertam a rainha das tarefas para que se dedique à reprodução. Ela tem ninhadas maiores do que o normal para roedores do seu tamanho, o que novamente lembra as rainhas dos insetos sociais. Os maiores indivíduos não reprodutores parecem não fazer mais do que comer e dormir, enquanto os de tamanho intermédio exibem um comportamento também intermédio: há um contínuo, como nas abelhas, em vez de castas discretas, como em muitas formigas.

Jarvis chamou inicialmente aos maiores não reprodutores de não-operários. Mas será que não fazem mesmo nada? Há agora indícios, tanto de observações em laboratório como no campo, de que funcionam como soldados, defendendo a colónia quando ameaçada; as cobras são os principais predadores. Há também a possibilidade de atuarem como "reservatórios alimentares", tal como as formigas "pote-de-mel" (ver p. 222). Os ratos-toupeira-pelados são homocoprófagos, o que é uma forma delicada de dizer que comem as fezes uns dos outros (não exclusivamente: isso violaria as leis do universo). Talvez os indivíduos maiores

desempenhem um papel valioso ao armazenar fezes no corpo quando há abundância de alimento, servindo de despensa de emergência quando este escasseia — uma espécie de intendência obstipada.

Para mim, o aspeto mais intrigante dos ratos-toupeira-pelados é que, embora se assemelhem tanto aos insetos sociais, parecem não possuir nenhuma casta equivalente aos jovens reprodutores alados das formigas e térmitas. Têm, evidentemente, indivíduos reprodutores, mas estes não iniciam as suas vidas adultas alçando voo para disseminar os seus genes em novos territórios. Pelo que se sabe, as colónias de ratos-toupeira-pelados expandem-se simplesmente nas margens, alargando a rede de túneis subterrâneos. Aparentemente, não produzem indivíduos dispersores de longo alcance, equivalentes aos reprodutores alados. Isto é tão contrário à minha intuição darwiniana que me sinto tentado a especular. Tenho o pressentimento de que um dia se descobrirá uma fase de dispersão que, por algum motivo, tem passado despercebida. Seria pedir demasiado que os indivíduos dispersores literalmente desenvolvessem asas! Mas poderiam, de várias formas, estar adaptados à vida à superfície em vez de subterrânea. Poderiam, por exemplo, ser peludos em vez de nus. Os ratos-toupeira-pelados não regulam a temperatura corporal individual como os mamíferos normais; são mais semelhantes a répteis "de sangue frio". Talvez controlem a temperatura de forma social — mais uma semelhança com as térmitas e abelhas. Ou talvez explorem a temperatura constante de uma boa cave. Em todo o caso, os meus hipotéticos indivíduos dispersores poderiam muito bem, ao contrário dos operários subterrâneos, ser convencionalmente "de sangue quente". Será concebível que algum roedor peludo já conhecido, até aqui classificado como uma espécie totalmente diferente, venha a revelar-se como a casta perdida dos ratos-toupeira-pelados?

Há, afinal, precedentes para este tipo de coisa. Os gafanhotos, por exemplo. Os gafanhotos são gafanhotos modificados, e normalmente levam uma vida solitária, discreta, típica de um gafanhoto. Mas sob certas condições especiais, transformam-se completamente — e terrivelmente. Perdem a camuflagem e tornam-se vividamente listados. Quase se diria que é um aviso. Se assim for, não é em vão, pois, o seu comportamento também se altera. Abandonam os hábitos solitários e juntam-se em grupos, com resultados ameaçadores. Desde as lendárias pragas bíblicas até aos nossos dias, nenhum animal tem sido tão temido como destruidor da prosperidade humana. Enxameiam aos milhões, uma ceifeira combinada abrindo caminho por dezenas de quilómetros, por vezes deslocando-se centenas de quilómetros por dia, consumindo 2.000 toneladas de culturas por dia e deixando um rasto de fome e ruína. E agora chegamos à possível analogia com os ratos-toupeira. A diferença entre um indivíduo solitário e a sua encarnação gregária é tão grande como a diferença entre duas castas de formigas. Além disso, tal como postulámos para a "casta perdida" dos ratos-toupeira, até 1921 os gafanhotos Jekyll e os seus Hydes gregários eram classificados como espécies diferentes.

Mas, infelizmente, não parece muito provável que os especialistas em mamíferos tenham sido assim tão enganados até aos nossos dias. Devo dizer, aliás, que os ratos-toupeira-pelados ordinários e não transformados são por vezes vistos à superfície e talvez se desloquem mais longe do que se pensa. Mas antes de abandonarmos completamente a especulação da "casta reprodutora transformada", a analogia com os gafanhotos sugere outra possibilidade. Talvez os ratos-toupeira-pelados produzam mesmo reprodutores transformados, mas apenas sob certas condições — condições que não se verificaram nas últimas décadas. Em África e no Médio Oriente, as pragas de gafanhotos continuam a ser uma ameaça, tal como nos tempos bíblicos. Mas na América do Norte, o cenário é diferente. Algumas espécies de gafanhotos têm potencial para se tornarem gregárias. Mas, aparentemente devido à ausência das condições certas, não ocorreram pragas de gafanhotos na América do Norte neste século (embora as cigarras, um tipo totalmente diferente de inseto praga, continuem a eclodir regularmente e, de forma confusa, sejam chamadas "locusts" na linguagem coloquial americana). No entanto, se uma verdadeira praga de gafanhotos ocorresse hoje na América, não seria particularmente surpreendente: o vulcão não está extinto; está apenas adormecido. Mas, se não tivéssemos registos históricos escritos e informações de outras partes do mundo, seria uma surpresa desagradável, pois os animais seriam, até onde se sabia, apenas gafanhotos solitários, inofensivos e comuns.

E se os ratos-toupeira-pelados forem como os gafanhotos americanos, preparados para produzir uma casta distinta e dispersora, mas apenas sob condições que, por algum motivo, não se manifestaram neste século? A África Oriental do século XIX pode ter sofrido pragas migratórias de ratos-toupeira peludos a deslocarem-se à superfície como lemingues, sem que tenham sobrevivido registos para nós. Ou talvez estejam registadas nas lendas e sagas das tribos locais?

² A memorável engenhosidade da hipótese da "relação de parentesco" de Hamilton para o caso especial dos himenópteros revelou-se, paradoxalmente, um embaraço para a reputação da sua teoria mais geral e fundamental. A história da relação genética nos sistemas haplodiplóides é suficientemente fácil para que qualquer pessoa a compreenda com algum esforço, mas suficientemente complexa para que se sinta orgulhosa por a ter compreendido e deseje partilhá-la com outros. É um bom meme. Se aprender sobre Hamilton não através da leitura direta dos seus textos, mas numa conversa de bar, as probabilidades são muito altas de que só ouça falar sobre haplodiploidia. Atualmente, qualquer manual de biologia, por mais brevemente que aborde a seleção de parentesco, está quase garantido a incluir um parágrafo sobre a "relação de parentesco". Um colega, hoje considerado um dos maiores especialistas mundiais no comportamento social de grandes mamíferos, confessou-me que, durante anos, pensou que a teoria da seleção de parentesco de Hamilton se resumia à hipótese da relação de parentesco e nada mais! O resultado disto tudo

é que, se novos factos nos levam a duvidar da importância da hipótese da relação de parentesco, as pessoas tendem a pensar que isso constitui uma refutação de toda a teoria da seleção de parentesco. É como se um grande compositor escrevesse uma sinfonia longa e profundamente original, na qual uma melodia particular, lançada brevemente a meio, se tornasse tão cativante que todos os vendedores ambulantes a assobiassem nas ruas. A sinfonia passaria a ser identificada com essa única melodia. Se, depois, as pessoas se cansassem da melodia, pensariam que já não gostam da sinfonia inteira.

Vejamos, por exemplo, um artigo útil de Linda Gamlin sobre ratos-toupeira-pelados, publicado recentemente na revista *New Scientist*. O texto fica seriamente prejudicado pela insinuação de que os ratos-toupeira-pelados e as térmitas constituem, de alguma forma, um embaraço para a hipótese de Hamilton, simplesmente porque não são haplodiplóides! É difícil acreditar que a autora tenha sequer consultado o par clássico de artigos de Hamilton, já que a haplodiploidia ocupa apenas quatro das cinquenta páginas. Deve ter-se baseado em fontes secundárias — espero que não *O Gene Egoísta*.

Outro exemplo revelador diz respeito aos pulgões-soldado, que descrevi nas notas ao Capítulo 6. Como ali foi explicado, dado que os pulgões formam clones de gémeos idênticos, o autossacrifício altruísta é algo amplamente esperado entre eles. Hamilton já o tinha assinalado em 1964, e esforçou-se por explicar o facto incómodo de que — tanto quanto então se sabia — os animais clonais não demonstravam uma tendência especial para comportamentos altruístas. A descoberta dos pulgões-soldado, quando surgiu, não poderia ter estado mais em sintonia com a teoria de Hamilton. Contudo, o artigo original que anuncia essa descoberta trata os pulgões-soldado como se fossem uma dificuldade para a teoria de Hamilton, pelo simples facto de os pulgões não serem haplodiplóides! Uma bela ironia.

Quando nos voltamos para as térmitas — também frequentemente considerados um embaraço para a teoria de Hamilton — a ironia continua, pois, o próprio Hamilton, em 1972, foi responsável por propor uma das teorias mais engenhosas sobre a origem da sua sociabilidade, e essa teoria pode ser entendida como uma analogia inteligente à hipótese da haplodiploidia. Esta teoria, a teoria do endocruzamento cíclico, é normalmente atribuída a S. Bartz, que a desenvolveu sete anos depois de Hamilton a ter publicado. Caracteristicamente, o próprio Hamilton esqueceu-se de que tinha sido o primeiro a pensar na ‘teoria de Bartz’, e tive de lhe enfiar o seu próprio artigo à frente dos olhos para que acreditasse! Questões de prioridade à parte, a teoria é tão interessante que lamento não a ter incluído na primeira edição. Vou corrigir essa omissão agora.

Disse que a teoria era uma analogia engenhosa à hipótese da haplodiploidia. O que queria dizer é o seguinte. A característica essencial dos animais haplodiplóides, do ponto de vista da evolução social, é que um indivíduo pode estar geneticamente mais próximo de um irmão do que de um filho. Isto leva-o a permanecer no ninho parental e a criar irmãos, em vez de sair para gerar e criar os seus próprios filhos. Hamilton pensou numa razão pela qual, também nas térmitas, os irmãos poderiam estar geneticamente mais próximos uns dos outros do que os pais dos filhos. A pista está no endocruzamento. Quando os animais acasalam entre irmãos, a descendência torna-se geneticamente mais uniforme. Os ratos brancos, em qualquer estirpe laboratorial, são geneticamente quase equivalentes a gémeos idênticos. Isto porque resultam de longas séries de acasalamentos entre irmãos. Os seus genomas tornam-se altamente homozigóticos, no termo técnico: em praticamente todos os loci genéticos, os dois genes são idênticos, e também idênticos aos dos outros indivíduos da estirpe. Não vemos frequentemente longas linhas de acasalamentos incestuosos na natureza, mas há uma exceção significativa — as térmitas!

Um ninho típico de térmitas é fundado por um casal real, rei e rainha, que depois acasalam exclusivamente entre si até que um morra. O lugar vago é então ocupado por um dos seus descendentes, que acasala incestuosamente com o progenitor sobrevivente. Se ambos os membros do casal original morrerem, são substituídos por um casal incestuoso de irmãos. E assim sucessivamente. Uma colónia madura é provável que tenha perdido vários reis e rainhas, e a descendência que produz após alguns anos será bastante endogâmica, tal como os ratos de laboratório. A homozigotia média, e o coeficiente médio de parentesco, dentro de um ninho de térmitas, aumentam gradualmente à medida que os reprodutores reais são sucessivamente substituídos por filhos ou irmãos. Mas isto é apenas o primeiro passo na argumentação de Hamilton. A parte engenhosa vem a seguir.

O produto final de qualquer colónia de insetos sociais são novos reprodutores alados que saem da colónia-mãe, acasalam e fundam uma nova colónia. Quando estes novos reis e rainhas acasalam, as probabilidades de que esse acasalamento seja incestuoso são baixas. Com efeito, parece haver convenções de sincronização especiais concebidas para garantir que os diferentes ninhos de térmitas de uma área libtem reprodutores alados no mesmo dia, presumivelmente para promover o cruzamento entre colónias. Consideremos, então, as consequências genéticas de um acasalamento entre um jovem rei da colónia A e uma jovem rainha da colónia B. Ambos são altamente endogâmicos. São equivalentes a ratos brancos de laboratório endogâmicos. Mas, como provêm de programas independentes de reprodução incestuosa, serão geneticamente diferentes entre si. Serão como ratos brancos de laboratório pertencentes a estirpes distintas. Quando acasalam, os seus descendentes serão altamente heterozigóticos, mas uniformemente assim. Heterozigótico significa que, em muitos loci genéticos, os dois genes são diferentes. Uniformemente heterozigóticos significa que quase todos os descendentes serão heterozigóticos da mesma forma. Serão geneticamente quase idênticos entre si, mas ao mesmo tempo altamente heterozigóticos.

Avancemos agora no tempo. A nova colónia, com o seu casal real fundador, cresceu. Está povoada por um grande número de jovens térmitas heterozigóticos idênticos. Pense no que acontecerá quando um ou ambos os membros do casal real morrerem.

Esse velho ciclo incestuoso começará novamente, com consequências notáveis. A primeira geração produzida incestuosa será dramaticamente mais variável do que a geração anterior. Não importa se consideramos o acasalamento entre irmãos, pai e filha ou mãe e filho. O princípio é o mesmo, mas mais simples de ilustrar com irmãos. Se ambos os irmãos forem heterozigóticos idênticos, os seus descendentes serão uma mistura altamente variável de recombinações genéticas. Isto decorre da genética mendeliana elementar e aplica-se, em princípio, a todos os animais e plantas, não apenas às térmitas. Se cruzarmos indivíduos heterozigóticos uniformes entre si ou com uma das estirpes parentais homozigóticas, o resultado genético será uma verdadeira confusão. As razões podem ser encontradas em qualquer manual elementar de genética, e não me alongarei. O que importa aqui é que, nesta fase de desenvolvimento de uma colônia de térmitas, um indivíduo está, tipicamente, mais próximo geneticamente dos seus irmãos do que dos seus potenciais filhos. E isso, como vimos no caso dos himenópteros haplodiplóides, é uma condição provável para a evolução de castas de operárias altruisticamente estéreis.

Mas mesmo quando não há uma razão especial para esperar que os indivíduos estejam mais próximos dos irmãos do que dos filhos, há frequentemente boas razões para esperar que estejam tão próximos de uns como de outros. A única condição necessária para que isso seja verdade é algum grau de monogamia. De certo modo, o surpreendente, do ponto de vista de Hamilton, é que não existam mais espécies em que operárias estéreis cuidem dos irmãos mais novos. O que é amplamente difundido, como cada vez mais se reconhece, é uma versão atenuada do fenómeno das operárias estéreis, conhecida como “ajuda no ninho”. Em muitas espécies de aves e mamíferos, os jovens adultos, antes de saírem para constituir as suas próprias famílias, permanecem com os pais durante uma ou duas épocas e ajudam a criar os irmãos mais novos. Cópias dos genes para este comportamento são transmitidas nos corpos dos irmãos e irmãs. Supondo que os beneficiários são irmãos plenos (em vez de meios-irmãos), cada porção de alimento investida num irmão proporciona o mesmo retorno genético que se fosse investida num filho. Mas isso só se todas as outras condições forem iguais. Devemos procurar as desigualdades para explicar por que ocorre a ajuda no ninho em algumas espécies e não noutras.

Pense, por exemplo, numa espécie de ave que nidifica em árvores ocas. Estas árvores são valiosas, pois há uma oferta limitada. Se for um jovem adulto cujos pais ainda estão vivos, provavelmente estão na posse de uma dessas raras árvores ocas (pelo menos até há pouco tempo; caso contrário, você não existia). Portanto, é provável que viva numa árvore oca que é um empreendimento bem-sucedido, e os novos ocupantes bebés dessa maternidade produtiva são seus irmãos plenos, geneticamente tão próximos de si como os seus próprios filhos seriam. Se for embora e tentar seguir sozinho, as suas hipóteses de encontrar uma árvore oca são reduzidas. Mesmo que consiga, os descendentes que criar não estarão mais próximos de si, geneticamente, do que os seus irmãos. Um dado esforço investido na árvore oca dos seus pais tem mais valor do que o mesmo esforço investido em tentar estabelecer-se por conta própria. Estas condições podem, então, favorecer o cuidado entre irmãos — a “ajuda no ninho”.

Apesar de tudo isto, continua a ser verdade que alguns indivíduos — ou todos os indivíduos, em certos momentos — têm de sair e procurar novas árvores ocas, ou o equivalente na sua espécie. Usando a terminologia de “gerar e cuidar” do Capítulo 7, alguém tem de gerar; caso contrário, não haveria jovens para cuidar! A questão aqui não é que “caso contrário, a espécie extinguir-se-ia”. Pelo contrário, em qualquer população dominada por genes de puro cuidado, os genes de geração tendem a ter vantagem. Nos insetos sociais, o papel de geradores cabe às rainhas e aos machos. São eles que saem pelo mundo, à procura de novas “árvores ocas”, e é por isso que têm asas, mesmo nas formigas, cujas operárias são ápteras. Estas castas reprodutoras são especializadas para o seu papel durante toda a vida. As aves e os mamíferos que ajudam no ninho fazem-no de forma diferente. Cada indivíduo passa parte da sua vida (geralmente as primeiras estações adultas) como “operário”, ajudando a criar irmãos mais novos, e o resto da vida aspira a ser “reprodutor”.

E quanto aos ratos-toupeira-pelados descritos na nota anterior? Eles exemplificam na perfeição o princípio do empreendimento bem-sucedido ou da “árvore oca”, embora o seu empreendimento não envolva literalmente uma árvore oca. A chave da sua história é provavelmente a distribuição irregular da sua fonte alimentar sob a savana. Alimentam-se principalmente de tubérculos subterrâneos. Estes tubérculos podem ser muito grandes e profundamente enterrados. Um único tubérculo de determinada espécie pode pesar mais do que mil ratos-toupeira, e, uma vez encontrado, pode sustentar a colônia durante meses ou até anos. Mas o problema é encontrá-los, pois estão dispersos aleatoriamente e de forma esporádica pela savana. Para os ratos-toupeira, uma fonte de alimento é difícil de encontrar, mas vale muito a pena quando encontrada. Robert Brett calculou que um único rato-toupeira, a trabalhar sozinho, teria de escavar tanto tempo para encontrar um único tubérculo que acabaria por desgastar os dentes. Uma grande colônia social, com quilómetros de túneis patrulhados constantemente, é uma mina de tubérculos eficiente. Cada indivíduo está, economicamente, melhor integrado numa união de mineiros companheiros.

Um extenso sistema de túneis, operado por dezenas de operários cooperantes, é um empreendimento bem-sucedido tal como a nossa hipotética “árvore oca” — só que ainda mais! Dado que vive num labirinto comunal florescente, e que a sua mãe continua a produzir irmãos plenos no seu interior, a motivação para partir e constituir a sua própria família torna-se muito reduzida. Mesmo que alguns dos jovens produzidos sejam apenas meios-irmãos, o argumento do “empreendimento bem-sucedido” pode ainda ser suficientemente forte para manter os jovens adultos em casa.

³ Richard Alexander e Paul Sherman escreveram um artigo criticando os métodos e a conclusão de Trivers e Hare. Concordaram que rácios sexuais tendencialmente femininos são normais entre os insetos sociais, mas contestaram a alegação de que há uma boa correspondência com o rácio de 3:1. Preferiram uma explicação alternativa para esses rácios sexuais tendencialmente femininos — uma explicação que, tal como a de Trivers e Hare, foi inicialmente sugerida por Hamilton. Considero o raciocínio de Alexander e Sherman bastante convincente, mas confesso sentir, de forma instintiva, que um trabalho tão belo como o de Trivers e Hare não pode estar totalmente errado.

Alan Grafen chamou-me a atenção para outro problema, mais preocupante, com a explicação dos rácios sexuais nos himenópteros apresentada na primeira edição deste livro. Explico o seu ponto em *O Fenótipo Alargado* (pp. 75–76). Eis um breve excerto:

A potencial operária continua indiferente entre criar irmãos ou criar descendência, para qualquer rácio sexual populacional concebível. Suponhamos, então, que o rácio sexual populacional é tendencialmente feminino — até mesmo que corresponde ao 3:1 previsto por Trivers e Hare. Dado que a operária está mais intimamente relacionada com a sua irmã do que com o seu irmão ou com qualquer descendente seu, de qualquer dos sexos, poderá parecer que ela “preferiria” criar irmãos em vez de descendência, perante um rácio sexual tão feminizado: afinal, não estará ela a ganhar sobretudo irmãs valiosas (e apenas alguns irmãos relativamente pouco valiosos) ao optar por criar irmãos? Mas este raciocínio ignora o grande valor reprodutivo relativo dos machos numa tal população, em consequência da sua raridade. A operária poderá não estar intimamente relacionada com cada um dos seus irmãos, mas se os machos forem raros na população no seu todo, então cada um desses irmãos terá, em contrapartida, uma probabilidade elevada de vir a ser um antepassado de gerações futuras.

⁴ O ilustre filósofo, já falecido, J. L. Mackie chamou a atenção para uma consequência interessante do facto de populações compostas pelos meus “batoteiros” e “rancorosos” poderem ser simultaneamente estáveis. Pode ser simplesmente “azar” se uma população atinge um EEE que a leva à extinção; Mackie acrescenta o ponto de que certos tipos de EEE têm mais probabilidade de levar uma população à extinção do que outros. Neste exemplo em particular, tanto o Batoteiro como o Ressentido são evolutivamente estáveis: uma população pode estabilizar-se no equilíbrio dos Batoteiros ou no equilíbrio dos Ressentidos. O argumento de Mackie é que populações que, por acaso, se estabilizam no equilíbrio dos Batoteiros terão mais probabilidade de se extinguirem posteriormente. Pode, portanto, haver uma espécie de seleção a um nível superior, “entre EEE”, a favorecer o altruísmo recíproco. Isto pode ser desenvolvido num argumento a favor de uma forma de seleção de grupo que, ao contrário da maioria das teorias de seleção de grupo, pode efetivamente funcionar. Expus esse argumento no meu artigo “*In Defence of Selfish Genes*”.

CAPÍTULO 11

¹ A minha aposta de que toda a vida, em qualquer parte do universo, teria evoluído por meios darwinianos foi agora explicitada e justificada de forma mais aprofundada no meu artigo “Universal Darwinism” e no último capítulo de *The Blind Watchmaker*. Demonstro que todas as alternativas ao darwinismo que alguma vez foram sugeridas são, em princípio, incapazes de cumprir a função de explicar a complexidade organizada da vida. O argumento é de natureza geral, não baseado em factos particulares sobre a vida tal como a conhecemos. Enquanto tal, foi criticado por cientistas suficientemente pedestres para pensarem que suar sobre um tubo de ensaio quente (ou uma bota enlameada e fria) é o único método válido de descoberta em ciência. Um crítico queixou-se de que o meu argumento era “filosófico”, como se isso bastasse para o condenar. Filosófico ou não, o facto é que nem ele nem ninguém encontrou qualquer falha no que afirmei. E argumentos “em princípio” como o meu, longe de serem irrelevantes para o mundo real, podem ser mais poderosos do que argumentos baseados em investigação factual concreta. O meu raciocínio, se estiver correto, diz-nos algo importante sobre a vida em todo o universo. A investigação de laboratório e de campo só nos pode dizer algo sobre a vida tal como a amostramos aqui.

² A palavra meme parece estar a revelar-se um bom meme. Está agora bastante difundida e, em 1988, passou a integrar a lista oficial de palavras a considerar para edições futuras dos Oxford English Dictionaries. Isto torna-me ainda mais ansioso por repetir que as minhas intenções relativamente à cultura humana eram modestas — quase até ao ponto de desaparecerem. As minhas verdadeiras ambições — que, admito, são consideráveis — apontam numa direção completamente diferente. Quero reivindicar um poder quase ilimitado para entidades autorreplicantes ligeiramente imprecisas, uma vez que surjam em qualquer parte do universo. Isto porque tendem a tornar-se a base da seleção darwiniana que, dadas gerações suficientes, constrói cumulativamente sistemas de grande complexidade. Acredito que, dadas as condições certas, os replicadores se agrupam automaticamente para criar sistemas, ou máquinas, que os transportam e operam no sentido de favorecer a sua replicação contínua. Os primeiros dez capítulos de *O Gene Egoísta* concentraram-se exclusivamente num tipo de replicador: o gene. Ao discutir os memes no capítulo final, procurava defender a ideia de replicadores em geral e mostrar que os genes não eram os únicos membros dessa classe importante. Se o meio da cultura humana possui realmente as condições necessárias para desencadear uma forma de darwinismo, não sei ao certo. Mas, em todo o caso, essa questão é secundária relativamente à minha preocupação principal. O Capítulo 11 terá cumprido o seu objetivo se o leitor fechar o livro com a sensação de que as moléculas de ADN não são as únicas entidades que podem servir de base à evolução darwiniana. O meu propósito era reduzir o gene à sua devida dimensão, mais do que esculpir uma grande teoria sobre a cultura humana.

³ O ADN é uma peça de hardware autorreplicante. Cada peça tem uma estrutura particular, diferente das peças rivais de ADN. Se os memes nos cérebros forem análogos aos genes, então devem ser estruturas cerebrais autorreplicantes — padrões reais de conexões neuronais que se reconstituem de um cérebro para outro. Sempre me senti algo desconfortável ao explicitar isto em voz alta, porque sabemos muito menos sobre cérebros do que sobre genes, e, por isso, somos forçados a manter uma certa vaguidade quanto ao que poderá ser, na prática, uma tal estrutura cerebral. Por isso, fiquei aliviado ao receber recentemente um artigo muito interessante de Juan Delius, da Universidade de Konstanz, na Alemanha. Ao contrário de mim, Delius não tem de sentir-se na obrigação de pedir desculpa, porque é um neurocientista conceituado, enquanto eu não sou, de todo, um cientista do cérebro. Fico, portanto, encantado por ele ter a ousadia de reforçar o ponto de vista ao publicar uma imagem detalhada do que poderá ser o hardware neuronal de um meme. Entre outras contribuições interessantes, ele explora — de forma bem mais profunda do que eu havia feito — a analogia entre memes e parasitas; para ser mais preciso, com o espectro no qual os parasitas malignos se situam num extremo e os “simbiontes” benignos no outro. Tenho particular apreço por esta abordagem devido ao meu próprio interesse nos efeitos “fenotípicos estendidos” dos genes de parasitas sobre o comportamento do hospedeiro (ver o Capítulo 13 deste livro e, especialmente, o Capítulo 12 de *O Fenótipo Estendido*). Delius, a propósito, enfatiza a clara separação entre os memes e os seus efeitos (“fenotípicos”). E reitera a importância dos complexos de memes coadaptados, nos quais os memes são selecionados pela sua compatibilidade mútua.

⁴ “Auld Lang Syne” foi, sem querer, um exemplo reveladoramente feliz da minha parte. Isto porque, quase universalmente, é entoado com um erro, uma mutação. O refrão é, atualmente e essencialmente, cantado como “*For the sake of auld lang syne*”, enquanto Burns escreveu efetivamente “*For auld lang syne*”. Um darwinista atento à lógica memética interroga-se de imediato sobre qual terá sido o “valor de sobrevivência” da frase interpolada “the sake of”. Recordemos que não procuramos entender como é que as pessoas poderiam ter sobrevivido melhor ao cantar a canção de forma alterada. O que procuramos é perceber de que modo a própria alteração terá tido sucesso em sobreviver na piscina de memes. Todos aprendem a canção na infância, não através da leitura de Burns, mas por ouvi-la cantada na véspera de Ano Novo. Em tempos, presume-se, todos cantariam as palavras corretas. “*For the sake of*” terá surgido como uma mutação rara. A nossa pergunta é: por que razão é que essa mutação inicialmente rara se difundiu de forma tão insidiosa que se tornou a norma na piscina memética?

Creio que a resposta não é difícil de encontrar. O sibilante “s” é notoriamente intrusivo. Os coros de igreja são treinados para pronunciar os sons “s” com a maior leveza possível, sob pena de toda a igreja ecoar com silvos. Um sacerdote a murmurar no altar de uma grande catedral pode, por vezes, ser ouvido do fundo da nave apenas como uma sussurrante sucessão de “s”s. A outra consoante em “sake”, o “k”, é quase tão penetrante. Imaginemos que há 19 pessoas a cantar corretamente “*For auld lang syne*” e uma pessoa, algures na sala, insere o erróneo “*For the sake of auld lang syne*”. Uma criança, ao ouvir a canção pela primeira vez, está ansiosa por participar, mas não sabe bem as palavras. Embora quase todos estejam a cantar “*For auld lang syne*”, o silvo de um “s” e o corte de um “k” impõem-se nos ouvidos da criança, e quando o refrão volta, ela própria canta “*For the sake of auld lang syne*”. O meme mutante conquistou mais um veículo. Se houver outras crianças presentes, ou adultos inseguros quanto às palavras, é mais provável que mudem para a forma mutante da próxima vez que o refrão surgir. Não é que “prefiram” a forma mutante. Simplesmente não sabem as palavras e estão genuinamente interessados em aprendê-las. Mesmo que aqueles que sabem o correto vociferem “*For auld lang syne*” com toda a força (como eu faço!), as palavras originais não possuem consoantes conspícuas, ao passo que a forma mutante, mesmo cantada de forma suave e hesitante, é muito mais audível.

Um caso semelhante é o de “*Rule Britannia*”. A segunda linha correta do refrão é “*Britannia, rule the waves*”. No entanto, é frequentemente, embora não universalmente, cantada como “*Britannia rules the waves*”. Aqui, o sibilante “s” insistente do meme é ajudado por mais um factor. O significado pretendido pelo poeta (James Thompson) era presumivelmente imperativo (Britannia, vai e domina os mares!) ou possivelmente subjuntivo (que Britannia domine os mares). Contudo, é superficialmente mais fácil interpretar a frase como indicativa (Britannia, de facto, domina os mares). Este meme mutante, então, apresenta duas vantagens de sobrevivência distintas face à forma original que substituiu: soa de forma mais conspícua e é mais fácil de compreender.

O teste final de uma hipótese deve ser experimental. Deveria ser possível injetar deliberadamente o meme sibilante na piscina memética a uma frequência muito baixa, e depois observar a sua propagação em virtude do seu próprio valor de sobrevivência. E se apenas alguns de nós começássemos a cantar “*God saves our gracious Queen*”?

⁵ Detestaria que isto fosse interpretado como se a “facilidade de propagação” fosse o único critério para a aceitação de uma ideia científica. Afinal, algumas ideias científicas estão efetivamente certas, outras erradas! A sua correção ou incorreção pode ser testada; a sua lógica pode ser dissecada. Elas não são realmente como canções populares, religiões ou penteados punk. No entanto, existe uma sociologia, bem como uma lógica, na ciência. Algumas ideias científicas erradas podem espalhar-se amplamente, pelo menos durante algum tempo. E algumas boas ideias permanecem dormentes durante anos antes de finalmente ganharem força e colonizarem as imaginações científicas.

Podemos encontrar um exemplo principal dessa dormência seguida de propagação desenfreada numa das ideias centrais deste livro: a teoria da seleção de parentesco de Hamilton. Achei que seria um caso apropriado para experimentar a ideia de medir a propagação de um meme contando referências em revistas científicas. Na primeira edição, observei (p. 116) que “os seus dois

artigos de 1964 estão entre as mais importantes contribuições para a etologia social jamais escritas, e nunca consegui compreender por que foram tão negligenciados pelos etólogos (o seu nome nem sequer aparece no índice de dois manuais importantes de etologia, ambos publicados em 1970). Felizmente, há sinais recentes de um renascimento do interesse nas suas ideias.” Escrevi isso em 1976. Vamos seguir o percurso desse renascimento méxico ao longo da década seguinte.

O *Science Citation Index* é uma publicação algo estranha na qual se pode consultar qualquer artigo publicado e ver tabulado, para um determinado ano, o número de publicações subsequentes que o citaram. Destina-se a ajudar a localizar literatura sobre um dado tema. Os comités de contratação universitária adotaram o hábito de o usar como uma forma expedita (demasiado expedita) de comparar os méritos científicos de candidatos a cargos. Ao contar as citações dos artigos de Hamilton, em cada ano desde 1964, podemos acompanhar aproximadamente o progresso das suas ideias no seio da consciência dos biólogos (Figura 1). A dormência inicial é muito evidente. Depois, parece haver um aumento dramático de interesse pela seleção de parentesco durante os anos 70. Se houver um ponto em que a tendência ascendente começa, parece situar-se entre 1973 e 1974. O crescimento acelera então até atingir um pico em 1981, após o qual a taxa anual de citações oscila irregularmente em torno de um patamar.



Figura 1. Citações anuais de Hamilton (1964) no Science Citation Index

Cresceu um mito méxico segundo o qual o aumento do interesse pela seleção de parentesco teria sido desencadeado por livros publicados em 1975 e 1976. O gráfico, com a sua subida em 1974, parece desmentir essa ideia. Pelo contrário, os dados poderiam ser usados para sustentar uma hipótese bem diferente, nomeadamente que estamos perante uma daquelas ideias que estavam “no ar”, “cujo tempo tinha chegado”. Esses livros de meados dos anos setenta seriam, nesta perspetiva, sintomas do efeito de seguidismo, em vez de causas primárias do mesmo.

Talvez, de facto, estejamos perante um movimento de longo prazo, de arranque lento, mas com aceleração exponencial, iniciado muito mais cedo. Uma forma de testar esta simples hipótese exponencial é traçar os dados de citações de forma cumulativa numa escala logarítmica. Qualquer processo de crescimento em que a taxa de crescimento seja proporcional ao tamanho já atingido é designado crescimento exponencial. Um processo exponencial típico é uma epidemia: cada pessoa transmite o vírus a várias outras, cada uma das quais o transmite de novo ao mesmo número de pessoas, fazendo com que o número de vítimas aumente a uma taxa cada vez maior. É característico de uma curva exponencial o facto de se transformar numa linha reta quando traçada numa escala logarítmica. Não é obrigatório, mas é conveniente e convencional traçar tais gráficos logarítmicos de forma cumulativa. Se a propagação do meme de Hamilton foi realmente semelhante a uma epidemia em expansão, os pontos de um gráfico cumulativo logarítmico deveriam alinhar-se numa única linha reta. Será que se alinham?

A linha traçada na Figura 2 é a linha reta que, do ponto de vista estatístico, melhor se ajusta a todos os pontos. A aparente subida acentuada entre 1966 e 1967 deve provavelmente ser ignorada como um efeito pouco fiável de amostras demasiado pequenas — do tipo que a escala logarítmica tende a exagerar. A partir daí, o gráfico é uma aproximação razoável a uma única linha reta, embora também se possam discernir padrões secundários sobrepostos. Se a minha interpretação exponencial for aceite, o que temos aqui é uma única explosão de interesse de combustão lenta, que se estende desde 1967 até ao final dos anos 1980. Livros e artigos individuais devem ser vistos simultaneamente como sintomas e causas desta tendência de longo prazo.

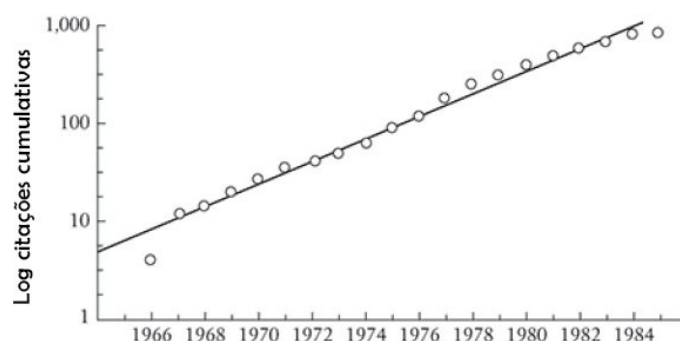


Figura 2. Log de citações cumulativas de Hamilton (1964)

Não pense, a propósito, que este padrão de crescimento é de algum modo trivial, no sentido de ser inevitável. Qualquer curva cumulativa subiria, claro, mesmo que a taxa de citações por ano se mantivesse constante. Mas, na escala logarítmica, subiria a um ritmo progressivamente mais lento: tenderia a esmorecer. A linha espessa no topo da Figura 3 mostra a curva teórica que obteríamos se cada ano tivesse uma taxa de citação constante (igual à taxa média real de citações de Hamilton, cerca de 37 por ano). Esta curva em declínio pode ser comparada diretamente com a linha reta observada na Figura 2, que indica uma taxa de crescimento exponencial. Estamos, de facto, perante um caso de crescimento sobre crescimento, e não de uma taxa de citação constante.

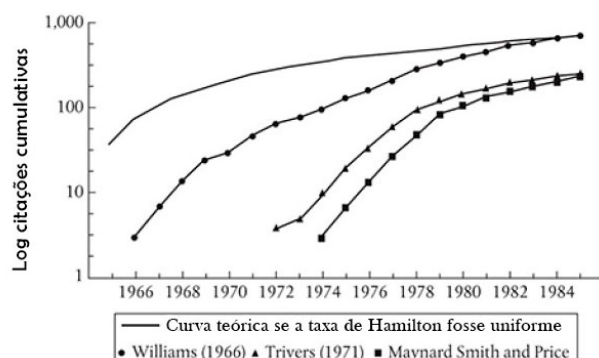


Figura 3. Log de citações cumulativas de três obras que não são de Hamilton, comparadas com a curva “teórica” de Hamilton (detalhes explicados no texto)

Em segundo lugar, poder-se-ia ficar tentado a pensar que há algo, senão inevitável, pelo menos trivialmente expectável num aumento exponencial. Não estará toda a taxa de publicação de artigos científicos, e, portanto, as oportunidades para citar outros artigos, a aumentar ela própria de forma exponencial? Talvez o tamanho da comunidade científica esteja a crescer exponencialmente. Para demonstrar que há algo de especial no meme de Hamilton, o modo mais simples é traçar o mesmo tipo de gráfico para outros artigos. A Figura 3 mostra também as frequências de citação cumulativas em escala logarítmica de três outras obras (que, aliás, também influenciaram profundamente a primeira edição deste livro). São elas: o livro de Williams de 1966, *Adaptation and Natural Selection*; o artigo de Trivers de 1971 sobre altruísmo recíproco; e o artigo de Maynard Smith e Price de 1973 que introduz a ideia de EEE (Estratégia Evolutivamente Estável). As três apresentam curvas que claramente não são exponenciais ao longo de todo o período analisado. Ainda assim, também nestas obras as taxas anuais de citação estão longe de ser uniformes, e durante parte do seu percurso podem até ser exponenciais. A curva de Williams, por exemplo, é aproximadamente uma linha reta na escala logarítmica a partir de cerca de 1970, o que sugere que também ela entrou numa fase explosiva de influência.

Tenho vindo a minimizar a influência de livros específicos na disseminação do meme de Hamilton. No entanto, há um pós-escrito aparentemente sugestivo nesta pequena análise mémica. Tal como nos casos de *Auld Lang Syne* e *Rule Britannia*, temos aqui um erro mutante revelador. O título correto do par de artigos de Hamilton de 1964 era *The genetical evolution of social behaviour*. Em meados e finais da década de 1970, uma vaga de publicações, *Sociobiology* e *The Selfish Gene* entre elas, citou-o erroneamente como *The genetical theory of social behaviour*. Jon Seger e Paul Harvey procuraram a primeira ocorrência desta mutação mémica, pensando que seria um marcador engenhoso, quase como uma etiqueta radioativa, para rastrear a influência científica.

Conseguiram traçar a mutação até ao influente livro *Sociobiology*, de E. O. Wilson, publicado em 1975, e encontraram até alguma evidência indireta que apoia essa linhagem sugerida.

Por muito que admire a façanha de Wilson — gostava que as pessoas o lessem mais e falassem menos sobre ele — sempre me arrepiou a sugestão completamente falsa de que o seu livro influenciou o meu. Contudo, dado que o meu livro também continha a citação mutante — a “etiqueta radioativa” — começou a parecer alarmantemente provável que pelo menos um meme tivesse viajado de Wilson para mim! Isso não seria particularmente surpreendente, já que *Sociobiology* chegou ao Reino Unido precisamente quando eu estava a concluir *The Selfish Gene*, o momento exato em que estaria a trabalhar na bibliografia. A bibliografia massiva de Wilson teria parecido uma dádiva dos céus, poupando-me horas na biblioteca. A minha frustração transformou-se em júbilo, portanto, quando tropecei num antigo folheto datilografado que entreguei aos estudantes numa palestra em Oxford, em 1970. Lá estava, bem visível: *The genetical theory of social behaviour*, cinco anos antes da publicação de Wilson. Wilson não poderia, de forma alguma, ter visto a minha bibliografia de 1970. Não havia dúvida: Wilson e eu introduzimos independentemente o mesmo meme mutante!

Como poderia ter acontecido tal coincidência? Mais uma vez, tal como no caso de *Auld Lang Syne*, não é difícil encontrar uma explicação plausível. O livro mais famoso de R. A. Fisher intitula-se *The Genetical Theory of Natural Selection*. Este título tornou-se tão familiar no mundo dos biólogos evolucionistas que é difícil ouvirmos as duas primeiras palavras sem automaticamente acrescentarmos a terceira. Suspeito que tanto Wilson como eu fizemos precisamente isso. Esta é uma conclusão feliz para todos os envolvidos, já que ninguém se importa de admitir ter sido influenciado por Fisher!

⁶ Era obviamente previsível que os computadores eletrónicos fabricados também acabariam por acolher padrões de informação autorreplicantes — memes. Os computadores estão cada vez mais interligados em redes complexas de partilha de informação. Muitos estão literalmente ligados uns aos outros através de correio eletrónico. Outros partilham informação quando os seus utilizadores trocam disquetes. É um meio perfeito para programas autorreplicantes florescerem e se espalharem. Quando escrevi a primeira edição deste livro, fui ingénuo ao supor que um meme informático indesejável teria de surgir por um erro espontâneo na cópia de um programa legítimo, e considerei tal acontecimento improvável. Ai, esses eram tempos de inocência. Epidemias de “vírus” e “vermes”, deliberadamente libertados por programadores maliciosos, são agora perigos familiares para os utilizadores de computadores em todo o mundo. Sei que o meu próprio disco rígido foi infetado por dois vírus diferentes no último ano, e essa é uma experiência bastante típica entre utilizadores intensivos de computadores. Não mencionarei os nomes de vírus em particular, por receio de dar qualquer satisfação, por mais insignificante que seja, aos seus perpetradores mesquinhos. Digo “mesquinhos”, porque o seu comportamento me parece moralmente indistinguível do de um técnico num laboratório de microbiologia que deliberadamente contamina a água potável e gera epidemias para depois se rir das pessoas que adoecem. Digo “insignificantes”, porque estas pessoas são mentalmente insignificantes. Não há nada de engenhoso em criar um vírus informático. Qualquer programador minimamente competente conseguiria fazê-lo, e programadores minimamente competentes são às dezenas por cêntimo no mundo moderno. Eu próprio sou um. Nem sequer me darei ao trabalho de explicar como funcionam os vírus informáticos. É demasiado óbvio.

O que não é tão fácil é saber como combatê-los. Infelizmente, alguns programadores de grande competência têm tido de desperdiçar o seu tempo precioso a escrever programas de deteção de vírus, de imunização, e assim por diante (a analogia com a vacinação médica, aliás, é surpreendentemente próxima, até ao ponto de envolver a injeção de uma “estirpe enfraquecida” do vírus). O perigo é que se desenvolva uma corrida ao armamento, em que cada avanço na prevenção de vírus seja igualado por contra-avanços em novos programas virais. Até agora, a maioria dos programas antivírus tem sido escrita por altruístas e disponibilizada gratuitamente como um serviço. Mas prevejo o crescimento de toda uma nova profissão — dividida em especializações lucrativas como qualquer outra profissão — de “médicos de software”, de prevenção e urgência, com malas negras cheias de disquetes diagnósticas e curativas. Uso o termo “médicos”, mas os médicos reais resolvem problemas naturais que não foram deliberadamente criados pela malícia humana. Os meus médicos de software, por outro lado, serão, tal como os advogados, especialistas em resolver problemas criados pelo próprio ser humano e que nunca deveriam ter existido. Na medida em que os criadores de vírus têm algum motivo discernível, presumivelmente sentem um vago impulso anarquista. Faço-lhes um apelo: querem mesmo abrir caminho para uma nova profissão de graxistas bem pagos? Se não, deixem de brincar aos memes idiotas e ponham os vossos modestos talentos de programação ao serviço de algo melhor.

⁷ Recebi a previsível vaga de cartas das vítimas da fé, protestando contra as minhas críticas a ela. A fé é um agente de lavagem cerebral extremamente eficaz a seu próprio favor, especialmente sobre as crianças, e é por isso difícil quebrar o seu domínio. Mas o que é, afinal, a fé? É um estado mental que leva as pessoas a acreditar em algo — não importa o quê — na total ausência de provas que sustentem essa crença. Se houvesse boas provas de apoio, então a fé seria supérflua, pois as provas compeli-los-iam a acreditar de qualquer forma. É isso que torna tão ridícula a afirmação, tantas vezes repetida como um papagaio, de que «a própria evolução é uma questão de fé». As pessoas acreditam na evolução não porque queiram acreditar arbitrariamente, mas por causa das provas esmagadoras e publicamente acessíveis.

Disse que «não importa o quê» os crentes acreditam, o que sugere que as pessoas têm fé em coisas completamente disparatadas e arbitrarias, como o monge elétrico na deliciosa obra *Dirk Gently's Holistic Detective Agency*, de Douglas Adams. Ele fora concebido de propósito para acreditar por si, e era muito eficaz nessa tarefa. No dia em que o encontramos, acredita inabalavelmente, contra todas as evidências, que tudo no mundo é cor-de-rosa. Não pretendo argumentar que as coisas em que um determinado indivíduo tem fé são necessariamente disparatadas. Podem sê-lo ou não. A questão é que não há maneira de decidir se o são, nem forma de preferir um artigo de fé em detrimento de outro, porque as provas são explicitamente rejeitadas. Na verdade, o facto de a verdadeira fé não precisar de provas é elevado à categoria de virtude suprema; foi essa a razão de eu ter citado a história de Tomé, o Incrédulo — o único membro verdadeiramente admirável dos doze apóstolos.

A fé não pode mover montanhas (embora gerações de crianças sejam solenemente ensinadas do contrário e acreditem nisso). Mas é capaz de levar as pessoas a tais loucuras perigosas que, para mim, a fé qualifica-se como uma espécie de doença mental. Leva as pessoas a acreditar em seja lá o que for com tal intensidade que, em casos extremos, estão dispostas a matar e a morrer por isso, sem necessidade de mais nenhuma justificação. Keith Henson cunhou o termo *memeoide* para designar «as vítimas que foram tomadas por um meme a tal ponto que a sua própria sobrevivência se torna irrelevante... Vê muitos desses indivíduos no noticiário da noite, em sítios como Belfast ou Beirute.»

A fé é poderosa o suficiente para imunizar as pessoas contra todos os apelos à compaixão, ao perdão, aos sentimentos humanos decentes. Chega mesmo a imunizá-las contra o medo, se acreditarem honestamente que a morte como mártir as enviará diretamente para o céu. Que arma! A fé religiosa merece um capítulo próprio nos anais da tecnologia bélica, ao lado do arco longo, do cavalo de guerra, do tanque e da bomba de hidrogénio.

⁸ O tom otimista da minha conclusão suscitou ceticismo entre críticos que consideram que ele é inconsistente com o restante do livro. Em alguns casos, a crítica provém de sociobiólogos doutrinários, zelosos defensores da importância da influência genética. Noutros casos, a crítica provém de um quadrante paradoxalmente oposto: sumos sacerdotes da esquerda, zelosos defensores de um ícone demonológico predileto! Rose, Kamin e Lewontin, na obra *Not in Our Genes*, possuem um bicho-papão particular chamado “reducionismo”; e todos os bons reducionistas são também, supostamente, “deterministas”, de preferência “deterministas genéticos”.

Os cérebros, para os reducionistas, são objetos biológicos determinados cujas propriedades produzem os comportamentos que observamos e os estados de pensamento ou intenção que inferimos a partir desses comportamentos... Tal posição está, ou deveria estar, totalmente de acordo com os princípios da sociobiologia defendidos por Wilson e Dawkins. Contudo, adotá-la implicaria enfrentar o dilema de, primeiro, argumentar a favor da inatidade de muitos comportamentos humanos que, sendo homens liberais, claramente consideram pouco atrativos (como a malícia, a doutrinação, etc.) e, depois, enredarem-se nas preocupações éticas liberais relativas à responsabilidade por atos criminosos, se estes, como todos os outros, forem biologicamente determinados. Para evitar esse problema, Wilson e Dawkins invocam um livre-arbítrio que nos permite ir contra os ditames dos nossos genes, se assim o desejarmos... Isto é, essencialmente, um regresso descarado ao cartesianismo — um deus ex machina dualista.

Penso que Rose e os seus colegas nos acusam de comer o bolo e ficar com ele. Ou somos “deterministas genéticos”, ou acreditamos no “livre-arbítrio”; não podemos ter as duas coisas. Mas — e aqui presumo falar em nome do Professor Wilson, assim como em meu próprio nome — só aos olhos de Rose e dos seus colegas é que somos “deterministas genéticos”. O que eles não compreendem (aparentemente, embora seja difícil de acreditar) é que é perfeitamente possível sustentar que os genes exercem uma influência estatística sobre o comportamento humano e, ao mesmo tempo, acreditar que essa influência pode ser modificada, contrariada ou revertida por outras influências. Os genes têm necessariamente de exercer uma influência estatística sobre qualquer padrão de comportamento que evolua por seleção natural. Presume-se que Rose e os seus colegas concordam que o desejo sexual humano evoluiu por seleção natural, na mesma acepção em que qualquer coisa alguma vez evolui por seleção natural. Terão, portanto, de concordar que existiram genes que influenciaram o desejo sexual — na mesma medida em que os genes influenciam qualquer coisa. E, no entanto, presumivelmente não têm qualquer dificuldade em refrear os seus desejos sexuais quando é socialmente necessário fazê-lo. O que é que há de dualista nisso? Obviamente, nada. E não é mais dualista da minha parte defender a rebelião “contra a tirania dos replicadores egoístas”. Nós — ou seja, os nossos cérebros — somos suficientemente separados e independentes dos nossos genes para nos rebelarmos contra eles. Como já foi referido, fá-lo-emos, ainda que modestamente, sempre que usamos contraceptivos. Não há razão alguma para que não o façamos também de forma mais abrangente.