

BRIAN CHRISTIAN E TOM GRIFFITHS

# Algoritmos para viver

*A ciência exata das decisões humanas*

*Tradução*

Paulo Geiger



Copyright © 2016 by Brian Christian e Tom Griffiths  
Todos os direitos reservados.

*Grafia atualizada segundo o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990,  
que entrou em vigor no Brasil em 2009.*

*Título original*

Algorithms to Live By: The Computer Science of Human Decisions

*Capa*

Rodrigo Maroja

*Preparação*

Osvaldo Tagliavini Filho

*Índice remissivo*

Luciano Marchiori

*Revisão*

Renata Lopes Del Nero

Carmen T. S. Costa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

---

Christian, Brian

Algoritmos para viver : a ciência exata das decisões humanas /  
Brian Christian e Tom Griffiths ; tradução Paulo Geiger. — 1<sup>a</sup> ed. —  
São Paulo : Companhia das Letras, 2017.

Titulo original: Algorithms to Live By : The Computer Science  
of Human Decisions  
ISBN 978-85-359-2930-0

1. Algoritmos de computadores 2. Decisões 3. Comportamento  
humano 4. Matemática - Aspectos psicológicos 5. Resolução de  
problemas 6. Tomada de decisões i. Griffiths, Tom. II. Título.

---

17-03901

CDD-150

Indice para catálogo sistemático:

1. Comportamento humano : Psicologia

150

[2017]

Todos os direitos desta edição reservados à

EDITORA SCHWARZ S.A.

Rua Bandeira Paulista, 702, cj. 32

04532-002 — São Paulo — SP

Telefone (11) 3707-3500

[www.companhiadasletras.com.br](http://www.companhiadasletras.com.br)

[www.blogdacompanhia.com.br](http://www.blogdacompanhia.com.br)

[facebook.com/companhiadasletras](http://facebook.com/companhiadasletras)

[instagram.com/companhiadasletras](http://instagram.com/companhiadasletras)

[twitter.com/cialetras](http://twitter.com/cialetras)

*Para nossas famílias*

# Sumário

Introdução: Algoritmos para viver.....	9
1. Parada ótima: Quando parar de procurar.....	21
2. Explorar (prospectar)/ explorar (obter resultados):	
Os mais recentes vs. os melhores.....	54
3. Ordenação: Pondo ordem nas coisas .....	97
4. Armazenamento em cache: Esqueça isso.....	137
5. Programação e agendamento: As primeiras coisas em primeiro lugar.....	168
6. Regra de Bayes: Prevendo o futuro.....	205
7. Sobreajuste: Quando pensar menos.....	237
8. Relaxamento: Deixe rolar .....	267
9. Aleatoriedade: Quando deixar ao sabor do acaso .....	287
10. Trabalhando em rede: Como nos conectamos.....	321
11. Teoria dos jogos: As mentes dos outros.....	357
Conclusão: Gentileza computacional.....	398
 <i>Agradecimentos</i> .....	409
<i>Notas</i> .....	413

<i>Referências bibliográficas</i> .....	483
<i>Índice remissivo</i> .....	511

# Introdução

## *Algoritmos para viver*

Imagine que você está procurando um apartamento em San Francisco — indiscutivelmente a cidade americana em que isso é mais penoso. O florescente ramo da tecnologia e as rígidas leis de zoneamento que restringem novas construções têm conspirado para fazer a cidade tão cara quanto Nova York, e em muitos aspectos mais competitiva. Opções novas de imóveis aparecem e desaparecem em minutos, residências disponíveis são assediadas por multidões, e muitas vezes as chaves acabam nas mãos de quem tem condição de, fisicamente, ser o primeiro a depositar um cheque em favor do senhorio.

Um mercado tão selvagem deixa pouco espaço para o tipo de pesquisa e deliberação que em teoria deveria caracterizar as ações de um consumidor racional. Não é o caso, digamos, de um cliente num shopping center ou de um comprador on-line, que podem comparar suas opções antes de tomar uma decisão, o aspirante a ser um morador de San Francisco tem de decidir instantaneamente entre uma coisa e outra: pode ficar com o apartamento que está

olhando agora, abandonando todos os outros, ou pode ir embora para nunca mais voltar.

Suponhamos, por um momento, em nome da simplicidade, que a única coisa que lhe importa seja maximizar sua chance de conseguir o melhor apartamento disponível. Seu objetivo é reduzir ao mínimo os arrependimentos gêmeos do tipo Cila e Caríbdis — o de quem “foi embora” e o de quem “não desvirou a pedra”.\* Cai-se num dilema logo de saída: como é que se vai saber se um apartamento é realmente o melhor antes de se ter uma base de comparação para avaliá-lo? E como estabelecer essa base a menos que se visite (e se *perca*) um certo número de apartamentos? Quanto mais informação se reunir, será mais fácil identificar a oportunidade certa quando ela aparecer — mas aumenta a probabilidade de já se ter passado por ela.

Então, o que fazer? Como tomar uma decisão informada quando o próprio ato de se informar prejudica o resultado? É uma situação cruel, que beira o paradoxo.

Ao deparar com esse tipo de problema, a maioria das pessoas dirá de modo intuitivo algo no sentido de que isso requer alguma forma de equilíbrio entre o olhar e o salto — que se devem olhar apartamentos o bastante para estabelecer um padrão, e depois ficar com qualquer um que satisfaça o padrão estabelecido. A noção de equilíbrio é, de fato, perfeitamente acertada. O que a maioria das pessoas *não* diz com alguma certeza é onde está esse meio-termo. A boa notícia é que há uma resposta para isso.

*Trinta e sete por cento.*

\* Referência à lenda da mitologia grega de Cila, um monstro marinho, uma mulher com seis cabeças que devorava tripulantes dos barcos que passavam por ela, e Caríbdis, outro monstro, em forma de redemoinho, que afugentava os barcos para que fossem apanhados por Cila. Ou seja, um dilema sem saída para quem deseja fugir. E “não desvirar a pedra” é uma expressão que significa não explorar todas as possibilidades. (N. T.)

Se você quer ter as maiores probabilidades de conseguir o melhor apartamento, empregue 37% de sua busca a um apartamento (onze dias, se você se concedeu um mês para isso) explorando opções sem se comprometer. Deixe o talão de cheques em casa; você está apenas calibrando. Mas uma vez atingido esse ponto, prepare-se para se comprometer de imediato — com depósito e tudo — com o primeiro lugar visitado que for melhor do que qualquer um dos outros que já foi. Isso não é apenas um compromisso intuitivamente satisfatório entre o olhar e o salto. É a solução *provavelmente ótima*.

Sabemos disso porque o problema de encontrar um apartamento pertence à classe de problemas matemáticos conhecidos como problemas de “parada ótima”. A Regra dos 37% define uma série simples de passos — que os cientistas da computação chamam de “algoritmo” — para resolver esses problemas. Como acaba se demonstrando, a procura por apartamento é apenas um dos modos pelos quais essa parada ótima se manifesta na vida cotidiana. Comprometer-se com uma opção ou deixar passar uma sucessão de opções constitui uma estrutura que surge na vida repetidas vezes, em encarnações ligeiramente diferentes. Quantas voltas dar no quarteirão antes de se decidir onde estacionar? Até que ponto arriscar a sorte num negócio incerto antes de pegar a sua parte e cair fora? Quanto tempo aguardar por uma oferta melhor por uma casa ou um carro?

O mesmo desafio aparece também num contexto ainda mais incidente: o namoro. A parada ótima é a ciência de uma monogamia em série.

Algoritmos simples oferecem solução não apenas na procura de apartamento, mas em todas as situações na vida nas quais enfrentamos questões de parada ótima. Pessoas lidam com essas questões todos os dias — embora, com certeza, os poetas tenham gasto mais tinta com as tribulações do namoro do que com as

do estacionamento —, e elas fazem isso, em alguns casos, com considerável angústia. Mas a angústia é desnecessária. Matematicamente, ao menos, são problemas resolvidos.

Todo atormentado inquilino, motorista e enamorado que você encontra à sua volta durante a semana está essencialmente reinventando a roda. Eles não precisam de um terapeuta; precisam de um algoritmo. O terapeuta lhes diz que encontram o equilíbrio certo e confortável entre a impulsividade e a reflexão.

O algoritmo lhes diz que esse equilíbrio é 37%.

Existe um conjunto específico de problemas que todas as pessoas enfrentam, problemas que resultam diretamente do fato de que nossas vidas são vividas em espaço e tempo finitos. O que devemos fazer, e o que deixar de fazer, num dia ou numa década? Que grau de desordem devemos aceitar e em que ponto a ordem se torna excessiva? Que medida de equilíbrio entre experiências *novas* e experiências *preferidas* contribui para uma vida mais gratificante?

Esses problemas podem parecer exclusivos dos humanos, mas não são. Por mais de meio século, cientistas da computação têm enfrentado, e em muitos casos resolvido, os equivalentes desses dilemas cotidianos. Como deve um processador distribuir sua “atenção” para realizar tudo que o usuário está querendo dele, com um mínimo de desperdício com seu próprio funcionamento e no menor tempo possível? Como deve ficar se dividindo entre tarefas diferentes, e quantas tarefas deve assumir, para começar? Qual a melhor maneira de ele empregar seus recursos de memória, que são limitados? Deve coletar mais dados ou agir com base nos dados dos quais já dispõe? Aproveitar melhor o dia pode ser um desafio para humanos, mas computadores, em toda a nossa volta, estão aproveitando milissegundos,

com facilidade. E há muita coisa que podemos aprender com a forma como eles fazem isso.

Falar de algoritmos para nossas vidas pode parecer uma estranha justaposição. Para muita gente, a palavra “algoritmo” evoca as misteriosas e inescrutáveis maquinações de grandes dados, grandes governos e grandes negócios — cada vez mais uma parte da infraestrutura do mundo moderno, mas dificilmente uma fonte de sabedoria prática ou um guia para as questões humanas. Mas um algoritmo é apenas uma sequência finita de passos que se usa para resolver um problema, e algoritmos são muito mais amplos — e muito mais antigos — do que o computador. Muito antes de serem usados por máquinas, os algoritmos eram usados por pessoas.

A palavra “algoritmo”\* vem do nome do matemático persa al-Khwārizmī, autor de um livro do século IX sobre técnicas para fazer matemática à mão. (Seu livro intitulou-se *al-Jabr wa'l-Muqābala* — *Livro compêndio sobre cálculo por restauração e balançamento* —, e o “al-Jabr” do título é, por sua vez, a fonte de nossa palavra “álgebra”).<sup>1</sup> No entanto, os primeiros algoritmos matemáticos conhecidos precedem até mesmo a obra de al-Khwārizmī: um tablette de barro sumério com 4 mil anos encontrado perto de Bagdá descreve um esquema para uma longa operação de divisão.<sup>2</sup>

Mas algoritmos não estão restritos apenas à matemática. Quando se está assando um pão a partir de uma receita, está-se seguindo um algoritmo. Quando se tricota um suéter a partir de um modelo, está-se seguindo um algoritmo. Quando se cria um gume afiado numa lasca de pedra executando uma sequência precisa de golpes com a extremidade de uma galhada<sup>3</sup> — processo-chave na feitura de boas ferramentas de pedra —, está-se se-

\* E também, em português, “algarismo”. (N. T.)

guindo um algoritmo. Algoritmos têm sido parte da tecnologia humana desde a Idade da Pedra.

Neste livro, vamos explorar a ideia de um *sistema de algoritmos humano* que busca as melhores soluções para desafios com que as pessoas se deparam todos os dias. Ver as questões da vida cotidiana a partir da lente da ciência da computação tem consequências em escalas variadas. De modo mais imediato, isso nos oferece sugestões práticas, concretas, de como resolver problemas específicos. O conceito da parada ótima nos diz quando olhar e quando dar o salto. A negociação explorar (prospectar)/explorar (obter resultados)\* nos diz como encontrar o equilíbrio entre tentar coisas novas e aproveitar as que são nossas favoritas. A teoria da arrumação nos diz como (e se) arrumar nossos escritórios. A teoria do armazenamento nos diz como preencher nossos armários. A teoria do agendamento nos diz como ocupar nosso tempo.

No nível seguinte, a ciência da computação nos oferece um vocabulário para compreender os princípios mais profundos que estão em jogo em cada um desses domínios. Como disse Carl Sagan, “ciência é muito mais um modo de pensar do que um corpo de conhecimentos”.<sup>4</sup> Mesmo em casos nos quais a vida é confusa demais para que possamos contar com uma análise estritamente numérica ou uma pronta resposta, o uso de intuições e conceitos que se aprimoraram nas formas mais simples desses problemas nos proporciona uma maneira de compreender as questões-chave e fazer progressos.

Numa visão mais ampla, olhar através da lente da ciência da computação pode nos ensinar muita coisa sobre a natureza da

\* Em inglês, *explore/exploit*. (N. T.)

mente humana, o sentido da racionalidade e a questão mais antiga de todas: a de como viver. O exame da cognição como um meio de resolver os problemas em sua origem computacionais que nosso entorno nos apresenta pode mudar completamente o modo como pensamos sobre a racionalidade humana.<sup>5</sup>

A noção de que o estudo do funcionamento interno de computadores pode revelar como pensar e como decidir, em que acreditar e como se comportar pode chocar muita gente por parecer não apenas desabridamente reducionista, mas de fato equivocada. Mesmo que a ciência da computação tenha algo a dizer sobre como devemos pensar e agir, estaremos dispostos a ouvir? Olhamos para a inteligência artificial e os robôs da ficção científica e nos parece que a vida deles não é uma vida que qualquer um de nós gostaria de viver.

Em parte, isso se dá porque quando pensamos em computadores estamos pensando em sistemas friamente mecânicos, determinísticos: máquinas que aplicam uma rígida lógica dedutiva, tomando decisões mediante uma enumeração exaustiva de opções e triturando-as até obter a resposta precisa e correta, não importa quanto longa e duramente tenham de pensar. De fato, a pessoa que primeiro imaginou um computador devia ter imaginado algo assim. Alan Turing definiu a própria noção da computação com uma analogia com um matemático humano que trabalha percorrendo de forma cuidadosa as etapas de cálculos prolongados, para colher uma resposta inequivocamente correta.<sup>6</sup>

Assim, poderia ser uma surpresa constatar que não é isso que os computadores modernos estão de fato fazendo quando se deparam com um problema difícil. O emprego direto da aritmética, é claro, não é particularmente desafiador para um computador moderno. Em vez disso, são tarefas como conversar com pessoas, reparar um arquivo corrompido ou ganhar um jogo de tabuleiro — problemas nos quais as regras não são claras, algumas informa-

ções necessárias estão faltando, ou para os quais encontrar as respostas exatas requer que se considere um número astronômico de possibilidades — que hoje se constituem nos maiores desafios à ciência da computação. E os algoritmos que os pesquisadores desenvolveram para resolver as classes mais difíceis de problemas têm afastado os computadores de uma extrema confiabilidade de seus cálculos exaustivos. Em vez disso, atacar as tarefas do mundo real requer que se esteja confortável com probabilidades, trocar a exatidão por tempo livre e usar aproximações.

À medida que ficavam mais sintonizados com o mundo real, os computadores forneciam não só algoritmos que as pessoas podiam tomar emprestado para suas próprias vidas, mas um padrão melhor pelo qual balizar a própria condição humana. Na última década, ou duas, a economia comportamental tem contado uma história muito particular sobre os seres humanos: a de que somos irracionais e propensos ao erro, o que é devido em grande parte ao defeituoso e idiosincrático hardware do cérebro.<sup>7</sup> Essa história autodepreciativa foi se tornando cada vez mais familiar, mas certas questões continuam a incomodar. Por que crianças com quatro anos de idade, por exemplo, ainda são melhores que supercomputadores de milhões de dólares em incontáveis tarefas, inclusive a visão, a linguagem e o raciocínio causal?

As soluções de problemas do dia a dia que vêm da ciência da computação contam uma história diferente sobre a mente humana. A vida é cheia de problemas que são, dizendo isso simplesmente, *difíceis*. E os erros cometidos por pessoas muitas vezes dizem mais das dificuldades intrínsecas do problema do que da falibilidade do cérebro humano. Pensar com algoritmos sobre o mundo, aprender sobre as principais estruturas dos problemas que enfrentamos e sobre as propriedades de suas soluções pode nos ajudar a enxergar quão bons nós realmente somos e a compreender melhor os erros que cometemos.

Na verdade, seres humanos estão sendo consistentemente confrontados com alguns dos problemas mais difíceis estudados pelos cientistas da computação. Muitas vezes, pessoas têm de tomar decisões enquanto lidam com incertezas, limitações de tempo, informações incompletas e um mundo em rápida mutação. Em alguns desses casos, mesmo a mais avançada ciência da computação ainda não chegou a algoritmos eficazes e sempre corretos. Para determinadas situações, parece que esses algoritmos sequer existem.

Mas até mesmo onde não se acharam algoritmos perfeitos, a batalha entre gerações de cientistas da computação e os mais intratáveis problemas do mundo real resultou numa série de insights. Esses preceitos obtidos a duras penas estão em desacordo com nossas intuições sobre racionalidade, e em nada se parecem com as estreitas prescrições de um matemático que tenta enquadrar à força o mundo em linhas claras e formais. Eles dizem: não leve em conta sempre todas as suas opções. Não vá atrás todas as vezes necessariamente do resultado que lhe pareça ser o melhor. Faça uma bagunça de vez em quando. Vá com calma. Deixe as coisas esperarem. Confie em seus instintos e não fique pensando por muito tempo. Relaxe. Tire cara ou coroa. Perdoe, mas não esqueça. Seja fiel a seu próprio *eu*.

Viver segundo a sabedoria da ciência da computação não parece ser tão ruim, afinal. E seus conselhos, diferentemente da maioria dos outros, são confirmados por provas.

Assim como a atividade de projetar algoritmos para computadores ficava originalmente nos interstícios entre as disciplinas — um estranho híbrido de matemática e engenharia —, da mesma forma projetar algoritmos para humanos é um tópico que não tem uma disciplina natural na qual se encaixar. Hoje em dia, o

projeto de algoritmos envolve não só ciência da computação, matemática e engenharia, mas também campos correlatos como estatística e pesquisa operacional. E ao considerar que algoritmos projetados para máquinas podem ter relação com mentes humanas, também precisamos dar uma olhada em ciência cognitiva, psicologia, economia e muito mais.

Nós, seus autores, estamos familiarizados com o território interdisciplinar. Brian estudou ciência da computação e filosofia antes de ir para sua pós-graduação em inglês e para uma carreira na interseção dessas três. Tom estudou psicologia e estatística antes de ser professor em Berkeley, onde passa a maior parte de seu tempo pensando na relação entre a cognição humana e a computação. Mas ninguém pode ser um especialista em todos os campos que são relevantes para que se projetem algoritmos melhores para os humanos. Assim, como parte de nossa busca de algoritmos para viver, conversamos com pessoas que criaram os algoritmos mais famosos dos últimos cinquenta anos. E nós perguntamos a elas, algumas das pessoas mais inteligentes no mundo, como sua pesquisa influenciou o modo com que levavam a própria vida — desde escolher os cônjuges até organizar as meias.

As próximas páginas começam com nossa jornada através de alguns dos maiores desafios enfrentados tanto por computadores como por mentes humanas: como administrar um espaço finito, um tempo finito, uma atenção limitada, desconhecimentos desconhecidos, informação incompleta e um futuro imprevisível; como fazer isso com graça e confiança; e como fazer isso numa comunidade com outros que estão todos tentando, ao mesmo tempo, fazer a mesma coisa. Vamos aprender sobre a estrutura matemática fundamental desses desafios e sobre como a engenharia dos computadores é concebida — às vezes ao contrário do que imaginamos — para criar a maioria deles. E vamos aprender como funciona a mente, sobre as maneiras distintas mas profundamente

relacionadas com que aborda o mesmo conjunto de questões e lida com as mesmas restrições. No final, o que podemos ganhar com isso não é apenas um conjunto de soluções prontas para os problemas que nos cercam, não apenas uma nova maneira de ver as elegantes estruturas que estão por trás até mesmo dos mais cabeludos dilemas humanos, não apenas um reconhecimento das labutas de humanos e computadores como fortemente conjugadas, mas algo ainda mais profundo: um novo vocabulário para o mundo que nos cerca e uma oportunidade para estudar algo realmente novo sobre nós mesmos.