

# 50

IDEIAS DE  
 Planeta  
**QUIMICA**

QUE VOCÊ PRECISA CONHECER

*Tradução*  
Helena Londres

 Planeta

Trecho antecipado para divulgação. Venda proibida.

# Sumário

Introdução	5	27 Química	
01 Átomos	6	computacional	110
02 Elementos	10	28 Carbono	114
03 Isótopos	14	29 Água	118
04 Compostos	18	30 Origem da vida	122
05 Juntando tudo	22	31 Astroquímica	126
06 Mudança de fases	26	32 Proteínas	130
07 Energia	30	33 Ação enzimática	134
08 Reações químicas	34	34 Açúcares	138
09 Equilíbrio	38	35 DNA	142
10 Termodinâmica	42	36 Biossíntese	146
11 Ácidos	46	37 Fotossíntese	150
12 Catalisadores	50	38 Mensageiros químicos	154
13 Oxirredução	54	39 Gasolina	158
14 Fermentação	58	40 Plásticos	162
15 Craqueamento	62	41 CFCs	166
16 Síntese química	66	42 Compósitos	170
17 O processo Haber	70	43 Células solares	174
18 Quiralidade	74	44 Drogas	178
19 Química verde	78	45 Nanotecnologia	182
20 Separação	82	46 Grafeno	186
21 Espectros	86	47 Impressão em 3-D	190
22 Cristalografia	90	48 Músculos artificiais	194
23 Eletrólise	94	49 Biologia sintética	198
24 Microfabricação	98	50 Combustíveis futuros	202
25 Automontagem	102	A tabela periódica	206
26 Laboratório num chip	106	Índice	209

# Introdução

A química é frequentemente considerada a coitadinha das ciências. Eu estava outro dia mesmo conversando com uma química que me disse estar cansada de seu objeto de estudo ser visto como “apenas um punhado de gente perdendo tempo com coisas malcheirosas em laboratórios”. Por algum motivo, a química é tida como menos relevante do que a biologia e menos interessante do que a física.

Então, como autora de um livro de química, meu desafio é ajudar você a passar por cima desse problema de imagem e acabar com essa ideia de coitadinho. Porque – e não é muita gente que sabe disso – a química é, na realidade, a melhor ciência.

A química está no núcleo de praticamente tudo. Seus componentes – os átomos, as moléculas, os compostos e as misturas – constituem cada grama de matéria neste planeta. Suas reações são responsáveis pela sustentação da vida e pela criação de tudo de que a vida depende. Seus produtos marcam o progresso de nossa existência moderna – da cerveja aos shorts de Lycra.

O motivo pelo qual a química tem um problema de imagem, eu acho, é que, em vez de focalizarmos as coisas interessantes e relevantes, nós nos atolamos tentando aprender um conjunto de regras sobre como a química funciona, fórmulas de estruturas moleculares, receitas de reações e daí por diante. E, embora os químicos possam argumentar que essas regras e receitas são importantes, a maior parte irá concordar que elas não são especialmente empolgantes.

Então, neste livro não vamos lidar muito com regras. Você pode verificá-las em algum outro lugar, se quiser. Tentei manter o foco naquilo que acho relevante e interessante com respeito à química. E nesse percurso tentei canalizar o espírito do meu professor de química, o senhor Smailes, que me mostrou como fazer sabão e *nylon*, e que usava algumas gravatas realmente excelentes.

# 01 Átomos

**Os átomos são os tijolos de construção da química e do nosso Universo. Eles constituem os elementos, os planetas, as estrelas e você. O conhecimento dos átomos, do que eles são feitos e como interagem uns com os outros, permite explicar praticamente tudo o que acontece nas reações químicas – no laboratório e na natureza.**

Bill Bryson celebrenemente escreveu que cada um de nós pode estar carregando até um bilhão de átomos que já pertenceram a William Shakespeare. Você pode muito bem pensar, “Uau! Isso é um monte de átomos mortos de Shakespeare”. Bem, é e não é. Por um lado, um bilhão (1.000.000.000) é mais ou menos o número de segundos que cada um de nós terá vivido no nosso 33º aniversário. Por outro lado, um bilhão é o total de grãos de sal que encheria uma banheira comum, e é menos que um bilionésimo de um bilionésimo do número de átomos no seu corpo inteiro. Isso serve para explicar como um átomo é pequeno – há mais de um bilhão vezes um bilhão vezes um bilhão deles só em você –, e sugere que você não tem átomos mortos de Shakespeare em número suficiente sequer para formar uma célula cerebral.

**A vida é um pêssego** Os átomos são tão minúsculos que, até recentemente, era impossível vê-los. Isso mudou com o desenvolvimento de microscópios de super-resolução, a ponto de, em 2012, cientistas australianos terem sido capazes de tirar uma fotografia da sombra projetada por um único átomo. Mas nem sempre foi necessário que os químicos os vissem para compreenderem que, em algum nível fundamental, os átomos poderiam explicar a maior parte do que acontece no laboratório e na vida. Grande parte da química compreende atividades ainda menores, partículas subatômicas chamadas elétrons, que constituem as camadas externas dos átomos.

Se você conseguisse segurar um átomo na mão, como se ele fosse um pêssego, o caroço no meio seria o que é chamado de núcleo, contendo os prótons e os nêutrons, e a polpa suculenta seria formada de elétrons. De fato, se seu

## linha do tempo

**c. 400 a.C.**

O filósofo grego Demócrito se refere a partículas indivisíveis semelhantes ao átomo

**1803**

John Dalton propõe uma teoria atômica

**1904**

Joseph John Thomson apresenta o modelo do átomo como um “pudim de passas”

Trecho antecipado para divulgação. Venda proibida.

pêssego fosse realmente como um átomo, a maior parte dele seria polpa, e o caroço seria tão pequeno que você poderia engoli-lo sem perceber – isso representa quanto do átomo é ocupado pelos elétrons. Mas é aquele núcleo que impede o átomo de se desmanchar. Ele contém prótons, partículas carregadas positivamente, que exercem uma atração suficiente sobre os elétrons carregados negativamente para que eles não saiam voando em todas as direções.

### Por que um átomo de oxigênio é um átomo de oxigênio?

Nem todos os átomos são iguais. Você já pode ter percebido que um átomo não compartilha tantas similaridades com um pêssigo, mas vamos levar a analogia com as frutas um pouco mais longe. Os átomos se apresentam em muitas variedades ou sabores diferentes. Se nosso pêssigo fosse um átomo de oxigênio, então uma ameixa poderia ser, digamos, um átomo de carbono. Ambos são bolinhas de elétrons rodeando um caroço de próton, mas com características inteiramente diferentes. Os átomos de oxigênio flutuam em pares ( $O_2$ ), enquanto os átomos de carbono se aglomeram numa massa para formar substâncias duras, como diamante e grafite (C). O que os torna elementos diferentes (ver página 10) é o seu número de prótons. O oxigênio, com oito prótons, tem dois a mais que o carbono. Elementos realmente grandes, pesados, como o seabórgio e o nobélio, têm mais de cem prótons em seu núcleo atômico. Quando há tantas cargas positivas comprimidas no espaço quase inexistente, de tão pequeno, do núcleo, cada uma repelindo a outra, o equilíbrio é facilmente perturbado e os elementos pesados, como resultado, ficam instáveis.

Em geral, um átomo, seja lá qual for seu sabor, terá o mesmo número de elétrons que os de prótons no seu núcleo. Se faltar um elétron, ou se o átomo capturar mais um, as cargas positivas e negativas já não se equilibram e o átomo se torna o que os químicos chamam de um “íon” – um átomo ou molécula carregados. Os íons são importantes porque suas cargas ajudam a unir

## Teoria atômica e reações químicas

Em 1803, o químico inglês John Dalton deu uma palestra na qual propunha uma teoria da matéria baseada em partículas indestrutíveis chamadas átomos. Ele disse, em essência, que elementos diferentes são feitos de átomos diferentes, os quais podem se combinar para formar compostos, e que reações químicas envolvem um rearranjo desses átomos.

**1911**

Ernest Rutherford descreve o núcleo atômico

**1989**

Pesquisadores da IBM manipulam átomos individuais para escrever “IBM”

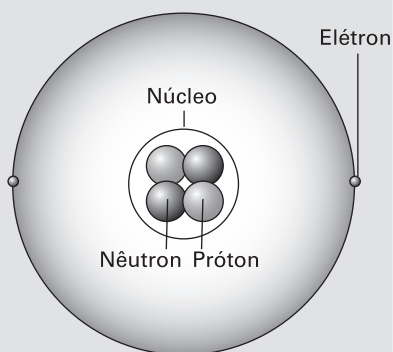
**2012**

A descoberta do bóson de Higgs contribui com o modelo padrão do átomo

Trecho antecipado para divulgação. Venda proibida.

## Divisão do átomo

O modelo primitivo de “pudim de passas” do átomo, de J. J. Thomson, era visto como um “pudim” maciço e homogêneo carregado positivamente, com “passas” carregadas negativamente (elétrons) distribuídas ao redor de maneira uniforme. Esse modelo mudou: agora sabemos que os prótons e outras partículas subatômicas, chamadas nêutrons, formam o centro do átomo, minúsculo, denso, e que os elétrons formam uma nuvem em torno deles. Sabemos, além disso, que os prótons e os nêutrons contêm partículas ainda menores, chamadas quarks. Os químicos em geral não lidam com essas partículas menores – elas são de interesse dos físicos, que despedaçam átomos em aceleradores de partículas para encontrá-las. Mas é importante lembrar que o modelo de átomo da ciência – e como a matéria se encaixa no nosso Universo – ainda está evoluindo. A descoberta do bóson de Higgs, em 2012, por exemplo, confirmou a existência de uma partícula que os físicos já tinham incluído em seu modelo e usaram para fazer previsões a respeito de outras partículas; entretanto, ainda há trabalho a ser feito para determinar se é o mesmo tipo de bóson de Higgs que eles estão procurando.



O núcleo incrivelmente denso e pequeno de um átomo contém prótons carregados positivamente e nêutrons neutros, orbitados por elétrons carregados negativamente.

todo tipo de substância, como o cloreto de sódio, do sal de cozinha, e o carbonato de cálcio, do calcário.

**Os tijolos da vida** Além de constituir ingredientes da despensa, os átomos formam tudo o que rasteja ou respira ou lança raízes, construindo moléculas assombrosamente complexas, como o DNA, e as proteínas que formam nossos músculos, ossos e cabelo. Eles fazem isso unindo-se (ver página 22) a outros átomos. O que é interessante a respeito de toda a vida na Terra, no entanto, é que, apesar de sua tremenda diversidade, ela possui, sem exceção, um sabor específico de átomo: carbono.

Da bactéria que se agarra à vida em torno de fissuras nas partes mais profundas e mais escuras do oceano a pássaros voando no alto do céu, não há uma única coisa viva no planeta que não partilhe aquele elemento comum, o carbono. Mas, como ainda não descobrimos vida em nenhum outro lugar, não podemos dizer se foi por um evento aleatório que a vida se desenvolveu desse jeito, ou se a vida

poderia prosperar usando outros tipos de átomos. Os fãs de ficção científica estarão bem familiarizados com biológicas alternativas – seres com base de silício apareceram em *Star trek* e *Guerra nas estrelas* como formas de vida alienígenas.

**Átomo por átomo** Progressos na área da nanotecnologia (ver página 182) – que promete tudo, desde painéis solares mais eficientes até drogas que buscam e destroem células cancerosas – trouxeram o mundo do átomo para um foco mais distinto. Os instrumentos da nanotecnologia operam numa escala de um bilionésimo de metro – ainda maior do que um átomo, mas nessa escala é possível pensar em manipular átomos e moléculas individualmente. Em 2013, pesquisadores da IBM fizeram a menor animação quadro a quadro do mundo, apresentando um garoto brincando com uma bola. Tanto o garoto quanto a bola eram feitos de átomos de cobre, tudo visível individualmente no filme. Enfim a ciência está começando a trabalhar numa escala que combina com a visão que o químico tem do nosso mundo.

**“A beleza de uma coisa viva não são os átomos de que ela é feita, mas o modo como esses átomos estão unidos.”**

**Carl Sagan**



# Planeta

## A ideia condensada: Tijolos de construção

Trecho antecipado para divulgação. Venda proibida.

# 02 Elementos

**Os químicos vão a extremos para descobrir novos elementos, as substâncias químicas mais básicas. A Tabela Periódica nos permite organizar essas descobertas, mas ela não é apenas um catálogo. Há padrões na Tabela Periódica que fornecem indícios a respeito da natureza de cada elemento e de como eles podem se comportar quando encontram outros elementos.**

O alquimista do século XVII Hennig Brand aplicou um golpe do baú. Depois de se casar, ele abandonou o emprego como oficial do exército e usou o dinheiro da esposa para financiar uma pesquisa em busca da Pedra Filosofal – uma substância mística, ou mineral, que os alquimistas procuravam havia séculos. Segundo a lenda, a Pedra tinha o poder de “transmutar” metais comuns, como ferro e chumbo, em ouro. Depois que sua primeira mulher morreu, Brand encontrou outra esposa e continuou sua pesquisa mais ou menos da mesma maneira. Aparentemente, tinha passado pela cabeça dele que a Pedra Filosofal poderia ser sintetizada a partir de fluidos corporais, e Brand, para extraí-la, adquiriu então nada menos do que 1.500 galões de urina humana. Finalmente, em 1669, ele fez uma descoberta assombrosa, mas não era a Pedra. Por meio de suas experiências, que envolviam a fervura e separação da urina, Brand tinha, sem querer, se tornado a primeira pessoa a descobrir um elemento usando meios químicos.

Brand produziu um composto contendo fósforo, a que ele se referia como “fogo frio”, porque brilhava no escuro. Mas foi só nos anos 1770 que o fósforo foi reconhecido como um elemento novo. A essa altura, os elementos estavam sendo descobertos aos montes, com os químicos isolando oxigênio, nitrogênio, cloro e manganês, tudo no intervalo de uma década.

Em 1869, dois séculos depois da descoberta de Brand, o químico russo Dmitri Mendeleev criou a Tabela Periódica, e o fósforo tomou seu devido lugar nela, entre o silício e o enxofre.

## linha do tempo

**1669**

Primeiro elemento – fósforo – descoberto por meios químicos

**1869**

Mendeleev publica a primeira encarnação de sua Tabela Periódica

**1913**

Henry Moseley define elementos por seu número atômico

Trecho antecipado para divulgação. Venda proibida.



**O que é um elemento?** Durante muito tempo, o fogo, o ar, a água e a terra foram considerados “os elementos”. Um misterioso quinto elemento, o éter, foi acrescentado para explicar as estrelas, já que elas não poderiam, como argumentava o filósofo Aristóteles, ser feitas de qualquer elemento terrestre. A palavra “elemento” vem do latim (*elementum*), significando “primeiro princípio” ou “a forma mais básica” – uma descrição nada ruim, mas que nos deixa pensando na diferença entre elementos e átomos.

A diferença é simples. Elementos são substâncias, em qualquer quantidade; átomos são unidades fundamentais.

Um pedaço sólido do fósforo de Brand – incidentalmente, uma matéria química tóxica e um componente de gás neurológico – é uma coleção de átomos de um elemento em particular. No entanto, curiosamente, nem todos os pedaços de fósforo são iguais, porque seus átomos podem estar arranjados de modos diferentes, mudando a estrutura interna e também a aparência externa. Dependendo de como os átomos estão dispostos no fósforo, este pode ser branco, preto, vermelho ou violeta. Essas variedades também se comportam de modo distinto, por exemplo, fundindo-se em temperaturas completamente diferentes. O fósforo branco derrete ao Sol em um dia muito quente, enquanto o fósforo preto precisaria ser aquecido numa fornalha acima de 600 °C para se fundir. Entretanto, os dois são feitos dos mesmos átomos com 15 prótons e 15 elétrons.

**Padrões na Tabela Periódica** Para o observador não treinado, a Tabela Periódica (ver páginas 206-7) tem a aparência de um jogo de Tetris ligeiramente não ortodoxo, no qual – dependendo da versão que você está olhando – alguns blocos não caíram bem até o fundo. Parece que precisa de uma boa arrumação. Na verdade, é uma bagunça bem organizada, e qualquer químico consegue rapidamente encontrar o que está procurando no

## Decodificação da Tabela Periódica

Na Tabela Periódica (ver páginas 206-7), os elementos são representados por letras. Algumas são abreviações evidentes, como o Si para o silício, enquanto outras, como W para tungstênio, parecem não ter sentido – casos como esse costumam ser referência a nomes arcaicos. O número acima da letra é o número de massa – o número de núcleons (prótons e nêutrons) no núcleo de um elemento. O número subscrito é seu número de prótons (número atômico).

**1937**

Primeiro elemento produzido artificialmente – tecnécio

**2000**

Cientistas russos descobrem o elemento superpesado livermório

**2010**

Anunciada a descoberta do elemento de número atômico 117: ununséptio [atualmente esse elemento se chama tenesso]

Trecho antecipado para divulgação. Venda proibida.

meio da desordem aparente. Isso porque o projeto perspicaz de Mendeleev contém padrões ocultos que ligam os elementos de acordo com suas estruturas atômicas e seu comportamento químico.

Ao longo das fileiras da tabela, da esquerda para a direita, os elementos estão arrumados em ordem de número atômico – o número de prótons que cada elemento tem em seu núcleo. Mas o gênio da invenção de Mendeleev foi perceber quando as propriedades dos elementos começam a se repetir, e aí aparece uma nova fileira. É por meio das colunas, portanto, que algumas percepções mais sutis são compreendidas. Veja a coluna na extrema direita, que vai do hélio ao oganessônio. Esses são gases nobres, todos gases incolores sob condições normais e particularmente preguiçosos quando se trata de

**“O mundo das reações químicas é feito um palco... os atores são os elementos.”**

**Clemens Alexander Winkler,**  
descobridor do elemento germânio

se envolverem em qualquer tipo de reação química. O neônio, por exemplo, é tão inerte que não se consegue convencê-lo a entrar em um composto com qualquer outro elemento. Os motivos para isso estão relacionados aos elétrons. Dentro de qualquer átomo, os elétrons estão dispostos em camadas concêntricas, que só podem ser ocupadas por determinado número de elétrons. Uma vez que uma camada está completa, elétrons adicionais têm de começar a preencher outra camada, mais externa. Como o número de elétrons em qualquer elemento dado aumenta com a elevação do número atômico, cada elemento tem uma configuração eletrônica diferente. A característica principal dos gases nobres é que todas as suas camadas exteriores estão completas. Essa estrutura completa é muito estável, significando que os elétrons são difíceis de ser incitados à ação.

Podemos reconhecer muitos outros padrões na Tabela Periódica. À medida que você vai da esquerda para a direita, na direção dos gases nobres, e de baixo para cima, é preciso mais esforço (energia) para extrair um elétron de um átomo de cada elemento.

O meio da tabela é ocupado principalmente por metais, que se tornam mais metálicos conforme você se aproxima do canto mais à esquerda. Os químicos usam seu conhecimento desses padrões para prever como os elementos vão se comportar nas reações.

**Superpesados** Uma das poucas coisas em comum entre a química e o boxe é que ambos têm seus superpesados. Ao mesmo tempo que os pesos-mosca flutuam no topo da Tabela Periódica – os átomos de hidrogênio e hélio portando apenas três prótons entre eles –, os das fileiras de baixo afundaram em virtude de suas pesadas cargas atômicas. A tabela cresceu ao longo de muitos anos incorporando novas descobertas de elementos mais

## A caça pelo mais pesado superpesado

Ninguém gosta de trapaceiros, mas eles são encontrados em todas as profissões, e a ciência não é uma exceção. Em 1999, cientistas no laboratório Lawrence Berkely, na Califórnia, publicaram um artigo científico comemorando a descoberta dos elementos superpesados 116 (livermório) e 118 (ununóctio) [atualmente, esse elemento se chama oganessônio]. Mas algo não fazia sentido. Depois de ler o artigo, outros cientistas tentaram repetir a experiência e, não importava o que fizessem, não conseguiam chegar a um único átomo do 116. Ocorreu que um dos “descobridores” tinha inventado os dados, levando uma agência governamental norte-americana a fazer um desmentido embaraçoso quanto a declarações a respeito da ciência de alto nível que estava financiando. O artigo foi recolhido e os louros pela descoberta do livermório foram para um grupo russo um ano mais tarde. Os cientistas que falsificaram os dados originais foram demitidos. Hoje em dia, o prestígio associado à descoberta de um novo elemento é tal que cientistas estão dispostos a pôr em jogo toda a sua carreira.

pesados. Mas o número 92, o elemento radioativo urânio, foi realmente o último a ser encontrado na natureza. Embora o decaimento natural do urânio gere o plutônio, as quantidades são ínfimas. O plutônio foi descoberto em um reator nuclear, e outros superpesados são gerados pela colisão de átomos em aceleradores de partículas. A caça ainda não terminou, mas certamente se tornou muito mais complicada do que ferver fluidos corporais.

## A ideia condensada: As substâncias mais simples

Trecho antecipado para divulgação. Venda proibida.