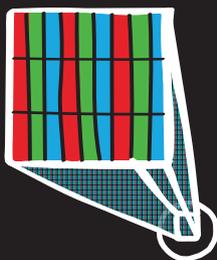
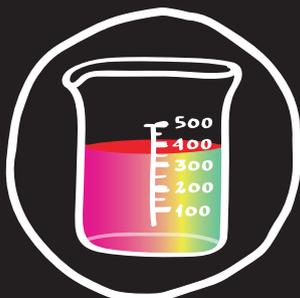




MARK MIODOWNIK

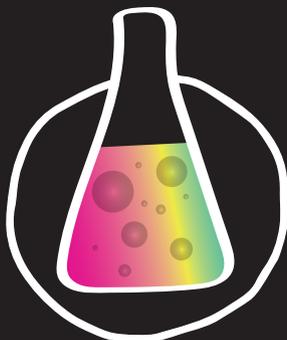
# LÍQUIDO



AS SUBSTÂNCIAS ENCANTADORAS E PERIGOSAS  
QUE FLUEM ATRAVÉS DE NOSSAS VIDAS



Blucher



# LÍQUIDO

*As substâncias encantadoras e perigosas que fluem  
através de nossas vidas*

Mark Miodownik

TRADUÇÃO

Marcelo Barbão

*Líquido: As substâncias encantadoras e perigosas que fluem através de nossas vidas*  
Título original: *Liquid: The Delightful and Dangerous Substances That Flow through Our Lives*

Original English language edition first published by Penguin Books Ltd, London

Text copyright © Mark Miodownik 2016

The author has asserted his moral rights

All rights reserved

Copyright desta edição © Editora Edgard Blücher Ltda., 2021

*Publisher* Edgard Blücher

*Editor* Eduardo Blücher

*Coordenação editorial* Jonas Eliakim

*Produção editorial* Isabel Silva

*Tradução* Marcelo Barbão

*Preparação de texto* Antonio Castro

*Diagramação* Taís Lago

*Revisão de texto* Bonie Santos

*Capa* Leandro Cunha

*Imagens da capa* iStockphoto e Leandro Cunha

# Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar

04531-934 – São Paulo – SP – Brasil

Tel.: 55 11 3078-5366

contato@blucher.com.br

www.blucher.com.br

Segundo o Novo Acordo Ortográfico, conforme

5. ed. do *Vocabulário Ortográfico da Língua*

*Portuguesa*, Academia Brasileira de Letras,

março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por  
qualquer meios sem autorização escrita da  
Editora.

Todos os direitos reservados pela Editora Edgard  
Blücher Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Angélica Ilacqua CRB-8/7057

Miodownik, Mark

Líquido : As substâncias encantadoras e perigosas que  
fluem através de nossas vidas / Mark Miodownik ; tradução  
de Marcelo Barbão. – São Paulo : Blucher, 2021.

292 p. : il.

Bibliografia

ISBN 978-65-5506-254-0 (impresso)

ISBN 978-65-5506-255-7 (eletrônico)

Título original: *Liquid: The Delightful and Dangerous  
Substances That Flow Through Our Lives*

1. Líquidos – Obras populares 2. Ciência dos materiais  
I. Título II. Barbão, Marcelo

21-1418

CDD 530.42

Índices para catálogo sistemático:

1. Ciência dos materiais

# Conteúdo

Lista de ilustrações .....	9
Introdução .....	13
1 Explosivo .....	23
2 Intoxicante .....	47
3 Profundo .....	63
4 Grudento .....	85
5 Fantástico .....	107
6 Visceral .....	123
7 Refrescante .....	139
8 Limpante .....	163
9 Refrigerante .....	185
10 Indelével .....	205
11 Nublado .....	221
12 Sólido .....	239

## LÍQUIDO

13 Sustentável .....	253
Epílogo.....	267
Leitura complementar .....	275
Agradecimentos .....	277
Créditos das imagens .....	279
Índice remissivo.....	281

# Introdução

Já tive manteiga de amendoim, mel, molho pesto, pasta de dente e, o mais doloroso, uma garrafa de uísque *single malt* confiscados pela segurança do aeroporto. Eu, inevitavelmente, perco o controle em situações como essas. Digo coisas como “quero ver seu supervisor” ou “manteiga de amendoim não é líquido”, embora eu saiba que é. Manteiga de amendoim flui e assume a forma de seu recipiente – é isso que os líquidos fazem –, portanto ela é um deles. Mesmo assim, me enfurece que, em um mundo cheio de tecnologia “inteligente”, a segurança aérea ainda não perceba a diferença entre um líquido disperso e um líquido explosivo.

Apesar de ser proibido passar com mais de 100 ml de líquido pela segurança nos aeroportos desde 2006, a nossa tecnologia de detecção não melhorou muito desde então. As máquinas de raios X podem ver através da sua bagagem para detectar objetos. Elas alertam a segurança sobre formas suspeitas: distinguem armas de secadores de cabelo e facas de canetas. Mas os líquidos não têm forma. Eles simplesmente assumem a forma daquilo que os contém. A tecnologia de varredura dos aeroportos também é capaz de

# 1. Explosivo

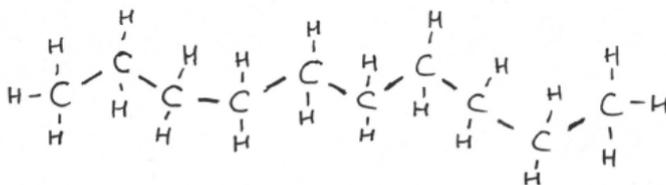
Assim que as portas da aeronave se fecharam e nos afastamos do portão do aeroporto de Heathrow, uma voz anunciou o início das instruções de segurança antes do voo.

“Boa tarde, senhoras e senhores, e sejam bem-vindos a este voo da British Airways para San Francisco. Antes da nossa partida, pedimos sua atenção enquanto a tripulação de cabine mostra as instruções de segurança a bordo deste avião.”

Sempre acho que é uma maneira desconcertante de começar um voo. Tenho certeza de que é tudo falso: as instruções de segurança não são realmente sobre segurança. Para começar, não mencionam as dezenas de milhares de litros de combustível a bordo. É a enorme quantidade de energia contida nesse líquido que nos permite voar. Sua natureza incandescente é o que impulsiona os motores do jato para que sejam capazes de transportar, no nosso caso, quatrocentos passageiros em uma aeronave de 250 toneladas, de uma corrida inicial na pista até a velocidade de cruzeiro de 500 km/h e uma altura de 40 mil pés em questão de minutos. O incrível poder desse líquido alimenta nossos sonhos mais loucos.

Permite que nos elevemos acima das nuvens e viajemos para qualquer lugar do mundo em questão de horas. É a mesma coisa que levou o primeiro astronauta, Yuri Gagarin, ao espaço em seu foguete, e que alimenta a última geração de foguetes SpaceX, que levam satélites para a atmosfera. Esse líquido se chama querosene.

O querosene é um fluido transparente e incolor que, para causar confusão, tem a mesma aparência da água. Então, onde está escondida toda essa energia, todo esse poder oculto? Por que toda essa energia crua dentro do líquido não faz com que pareça mais espesso e perigoso? E por que o querosene não é mencionado nas instruções de segurança pré-voos?



*A estrutura de uma molécula de hidrocarboneto no querosene.*

Se você ampliasse e desse uma olhada no querosene em escala atômica, veria que sua estrutura é como um espaguete. A espinha dorsal de cada fio é feita de átomos de carbono, com cada um ligado ao outro. Cada carbono está ligado a dois átomos de hidrogênio, exceto nas extremidades da molécula, que possuem três átomos de hidrogênio. Nessa escala, você poderia ver facilmente a diferença entre o querosene e a água. Na água não há uma estrutura de espaguete, mas sim uma confusão caótica de pequenas moléculas em forma de V (um átomo de oxigênio ligado a dois átomos de hidrogênio, H<sub>2</sub>O). Nessa escala, o querosene aproxima-se mais do azeite, que também é composto por moléculas à base de carbono,

todas misturadas. Mas onde os fios no querosene são mais parecidos com o espaguete, no azeite eles são ramificados e enrolados.

Como as moléculas do azeite têm uma forma mais complexa que as do querosene, é mais difícil para elas passarem umas pelas outras, e assim o líquido flui com menos facilidade – em outras palavras, o azeite é mais viscoso que o querosene. Os dois são óleos, e em um nível atômico têm alguma semelhança, mas, por causa de suas diferenças estruturais, o azeite é grudento, e o querosene flui mais como a água. Tal diferença não determina apenas a viscosidade desses óleos, mas também o quanto são inflamáveis.

O médico e alquimista persa Rasis escreveu sobre a descoberta do querosene em seu *Livro dos segredos* no século IX. Rasis se interessou pelas nascentes naturais da região, das quais não escorria água, mas um líquido denso, negro e sulfuroso. Na época, esse material semelhante ao alcatrão era extraído e usado em estradas, essencialmente como uma forma antiga de asfalto. Rasis desenvolveu procedimentos químicos especiais, que agora chamamos de destilação, para analisar o óleo negro. Ele aqueceu e coletou os gases que eram expelidos. Então resfriou esses gases novamente, transformando-os mais uma vez em líquido. Os primeiros líquidos que extraiu eram amarelos e oleosos, mas, por meio da destilação repetida, viraram uma substância clara, transparente e fluida – Rasis tinha descoberto o querosene.

Na época, ele não poderia saber quanto esse líquido acabaria contribuindo para o mundo, mas já sabia que era inflamável e produzia uma chama sem fumaça. Embora isso possa parecer uma descoberta trivial agora, criar luz interna era um grande problema para toda civilização antiga. As lâmpadas a óleo eram a mais sofisticada tecnologia de produção de luz da época, mas queimar óleo produzia tanta fuligem quanto produzia luz. Lâmpadas a óleo sem fumaça seriam uma inovação revolucionária, tanto que sua

importância é imortalizada na história de Aladim, no *Livro das mil e uma noites*. Na história, Aladim encontra uma lamparina a óleo, uma lâmpada mágica. Quando ele a esfrega, liberta um gênio poderoso. Gênios são comuns nos mitos da época e são criaturas sobrenaturais feitas de um fogo sem fumaça; esse gênio em particular é obrigado a obedecer à pessoa que possui a lâmpada – um imenso poder. O significado do novo líquido e sua capacidade de criar uma chama sem fumaça não poderiam ter sido ignorados pelo alquimista Rasis. Então, por que os persas não começaram a usar esse novo destilado? A resposta vem, em parte, da importância que as oliveiras tinham na sua economia e cultura.

No século IX, o azeite de oliva era o combustível preferido das lâmpadas a óleo na Pérsia. As oliveiras floresciam na região, eram tolerantes à seca e produziam azeitonas, que podiam ser transformadas em óleo. Eram necessárias cerca de vinte azeitonas para criar uma colher de chá de azeite, que fornecia uma hora de luz em uma lanterna de óleo típica. Assim, se uma residência média necessitasse de cinco horas de luz por noite, seriam cem azeitonas por dia, ou aproximadamente 36 mil azeitonas por ano, apenas para uma lâmpada. Para produzir óleo suficiente para iluminar o império, os persas precisavam de uma abundância de terra e tempo, uma vez que as oliveiras não costumam produzir frutos antes de completarem vinte anos. Os persas também precisavam proteger suas terras de qualquer um que quisesse aproveitar esse valioso recurso, o que significava que precisavam de cidades organizadas, e isso exigia ainda mais azeitonas para que todos pudessem ter óleo para cozinhar e iluminar. Para sustentar um exército, eles precisavam pagar impostos, o que na Pérsia geralmente significava dar ao governo uma porcentagem de sua colheita de azeitonas. Então, dá para perceber que o azeite de oliva foi fundamental para a sociedade e a cultura persas, como era para todas as civilizações do Oriente Médio, até que fosse encontrada uma fonte alternativa de

energia e receita tributária. Os experimentos de Rasis provaram que estava logo abaixo dos pés deles, mas ficaria lá por mais mil anos.



*Uma réplica de uma antiga lâmpada a óleo usada no tempo de Rasis.*

Nesse meio-tempo, as lâmpadas de óleo evoluíram. O design de uma lamparina a óleo do século IX parece simples, mas é incrivelmente sofisticado. Pense em uma tigela de azeite. Se você simplesmente tentar acendê-lo, descobrirá que é bem difícil. Isso porque o azeite tem um ponto de ebulição muito alto. O ponto de ebulição de um líquido inflamável é a temperatura na qual ele reage espontaneamente com o oxigênio do ar e começa a queimar. Para o azeite, é 315 °C, por isso cozinhar com azeite é tão seguro. Se você derramar em sua cozinha, não vai pegar fogo. Além disso, para fritar a maioria dos alimentos, você só precisa chegar a uma temperatura de cerca de 200 °C, que ainda está cem graus abaixo do ponto de ebulição do azeite, por isso é fácil cozinhar sem queimar o óleo.

Mas, a 315 °C, sua tigela de azeite vai pegar fogo e, ao fazer isso, criará muita luz. Isso não é apenas incrivelmente perigoso, mas as chamas serão de curta duração. Vão consumir todo o combustível

muito depressa. Você certamente está pensando que há uma maneira melhor de queimar azeite para conseguir luz. E ela de fato existe. Se você pegar um pedaço de barbante, mergulhar no óleo, deixar a ponta acima da superfície e acendê-lo, uma chama brilhante será criada na ponta do barbante sem precisar aquecer o pote cheio de óleo. Não é o barbante que cria a chama, é o óleo que sai do barbante. Isso é engenhoso, mas fica ainda melhor. Se você continuar a deixá-la queimar, a chama não descerá até o óleo – em vez disso, o óleo subirá pelo barbante, só queimando quando chegar ao topo. Esse sistema pode manter a chama por horas: na verdade, enquanto houver óleo na tigela. É um processo chamado absorção e parece milagroso – o óleo é capaz de desafiar a gravidade e se mover de forma autônoma –, mas é um princípio básico dos líquidos e é possível porque eles possuem algo chamado tensão superficial.

O que dá aos líquidos a capacidade de fluir é sua estrutura – eles são um estado intermediário entre o caos do gás e a prisão estática (para as moléculas) dos sólidos. Nos gases, as moléculas têm energia térmica suficiente para se separar e se mover de forma autônoma. Isso torna os gases dinâmicos – eles expandem para preencher o espaço disponível –, mas eles quase não têm estrutura. Nos sólidos, a força de atração entre os átomos e as moléculas é muito maior do que a energia térmica que eles possuem, fazendo com que se unam. Assim, os sólidos têm muita estrutura, mas pouca autonomia – quando você pega uma tigela, todos os átomos da tigela vêm junto, como um único objeto. Os líquidos são um estado intermediário entre os dois. Os átomos têm energia térmica suficiente para quebrar alguns dos laços com seus vizinhos, mas não suficiente para quebrar todos e se tornarem um gás. Assim, estão presos no líquido, mas são capazes de se mover dentro dele. É isto que é um líquido: uma forma de matéria na qual as moléculas nadam, criando e quebrando conexões umas com as outras.

As moléculas na superfície de um líquido experimentam um ambiente diferente daquele que existe dentro do líquido. Não estão completamente cercadas por outras moléculas, então experimentam, em média, menos ligações do que as que existem no meio do líquido. Esse desequilíbrio de forças entre a superfície e o interior do líquido cria uma força de tensão chamada tensão superficial. A força é pequena, mas ainda é grande o suficiente para se opor à força da gravidade em pequenas coisas: é por isso que alguns insetos são capazes de “andar” na superfície das lagoas.



*Um inseto patinador de lagoa andando sobre a água.*

Olhe atentamente para um inseto enquanto ele “anda” sobre a água e você verá que suas pernas são repelidas pelo líquido – isso acontece porque a tensão superficial entre a água e as pernas do inseto gera uma força repulsiva que age contra a gravidade. Algumas interações líquido-sólido fazem o oposto e criam uma força molecular de atração. Isso vale para a água e o vidro. Pegue um copo de água e você verá que as bordas da água são puxadas para cima onde se encontram com o vidro. Chamamos isso de menisco e também é um efeito de tensão superficial.

As plantas dominaram esse mesmo truque. Elas puxam a água contra a força da gravidade com seus corpos a partir do solo, usando um sistema de pequenos tubos que correm através de suas raízes, caules e folhas. À medida que os tubos se tornam microscópicos, aumenta também a relação entre a superfície interna do tubo e o volume de líquido, aumentando o efeito. Por isso, os fabricantes vendem panos de microfibras para limpeza de janelas que possuem microcanais semelhantes aos de uma planta. Eles sugam a água, permitindo que o tecido limpe com mais eficiência. Os panos de cozinha removem os líquidos derramados usando o mesmo mecanismo. Todos são exemplos de “absorção”, o mesmo efeito de tensão superficial que permite que o óleo suba por um barbante – ou, mais precisamente, um pavio.

Sem a absorção, as velas não funcionariam. Quando você acende o pavio de uma vela, o calor derrete a cera e cria uma poça de cera derretida. Essa cera líquida percorre o pavio através de microcanais até a chama, alimentando, assim, a chama com um novo suprimento de cera líquida para queimar. Se você escolher o material certo para o pavio, a chama vai queimar forte o suficiente para manter uma piscina de cera líquida e garantir um fluxo constante de combustível. Esse sistema enganosamente complexo é autorregulado e requer tão pouca contribuição nossa que já não consideramos as velas aparatos tecnológicos, mas é exatamente isso que elas são.

Por milhares de anos, no mundo todo, a absorção proporcionou o principal mecanismo para a iluminação interna, fosse em velas ou lâmpadas a óleo. Sem essas duas tecnologias, à noite o mundo cairia em uma escuridão sombria. Como é de se esperar, as lamparinas a óleo eram populares em lugares onde havia óleo em abundância, enquanto as velas eram usadas onde a cera ou a gordura animal estavam mais facilmente disponíveis. No entanto,

por mais engenhosas que fossem, as velas e as lâmpadas a óleo tinham suas desvantagens: obviamente havia o risco de incêndio, mas também a produção de fuligem, o fraco brilho da chama, o cheiro e o custo. Essas deficiências significavam que sempre havia pessoas procurando formas melhores, mais baratas e mais seguras de fornecer luz interna. A descoberta do querosene por Rasis no século IX teria sido a solução, se alguém tivesse percebido isso.

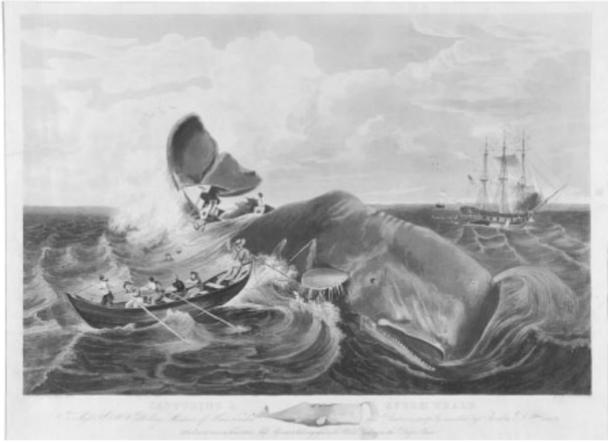
A bordo do avião, as instruções de segurança pré-voos estavam a todo vapor e os comissários também ignoravam a importância do querosene. Não haviam feito a menor menção até aquele momento, embora esse material revolucionário estivesse, naquele exato instante, sendo bombeado para dentro dos motores a jato sob as asas do avião para mover nossa aeronave enquanto ela taxiava para a pista. Em vez disso, eles estavam falando sobre o que fazer no caso de “perda de pressão da cabine”. Como inglês, agradeço a natureza atenuada dessa frase. Não parece grande coisa, mas o que isso significa é que, ao navegar em grande altitude, se aparecesse de repente um buraco ou uma rachadura na cabine, todo o ar seria sugado para fora do avião, junto com qualquer um que não estivesse preso em seu assento. Não haveria oxigênio suficiente para respirar normalmente, por isso existem as máscaras de oxigênio que são projetadas para cair do teto. O avião imediatamente iniciaria uma descida acentuada para atingir altitudes menores, onde há mais oxigênio. Qualquer um que continuasse vivo até esse ponto estaria a salvo.

A falta de oxigênio também era um problema para as antigas lâmpadas a óleo. O *design* não permitia que chegasse oxigênio suficiente ao combustível para que queimasse por completo, razão pela qual a chama emitia uma luz relativamente baixa. Esse foi um problema até o século XVIII, quando um cientista suíço chamado Ami Argand inventou um novo tipo de lâmpada a óleo

que usava um pavio em forma de manga protegido por um escudo de vidro transparente. Foi projetado para que o ar pudesse passar pelo meio da chama, melhorando radicalmente a quantidade de oxigênio fornecida e, assim, a eficiência e o brilho das lâmpadas a óleo, tornando-as equivalentes a seis ou sete velas. Essa inovação levou a muitas outras e, finalmente, ficou claro que o azeite de oliva e outros óleos vegetais não eram os melhores combustíveis. Para conseguir uma luz mais brilhante, eram necessárias temperaturas mais altas e, para isso, uma absorção mais rápida, e a velocidade da absorção é determinada pela tensão superficial e pela viscosidade do líquido. Tentar encontrar óleos baratos, mas que também tivessem baixa viscosidade, levou a mais experimentos e, infelizmente, à morte de muitas baleias.

O óleo de baleia é produzido por tiras ferventes de gordura de baleia. O óleo que a banha libera tem uma cor clara de mel. Não é bom para cozinhar ou comer por causa do seu forte sabor de peixe, mas, com um ponto de ebulição de 230 °C e baixa viscosidade, é muito bom para as lâmpadas a óleo.

O uso do óleo de baleia nas lâmpadas Argand disparou no final do século XVIII, especialmente na Europa e na América do Norte. Entre 1770 e 1775, os baleeiros de Massachusetts produziram 45 mil barris de óleo de baleia por ano para atender à demanda. A caça às baleias tornou-se uma grande indústria, alimentada pela necessidade de iluminação interna, e algumas espécies de baleias foram quase levadas à extinção por essa demanda. Estima-se que, no século XIX, mais de 250 mil baleias tenham sido mortas por seu óleo.



A captura de um cachalote, *por John William Hill (1835).*

Isso não poderia continuar, e ainda assim, a demanda por iluminação interior aumentava. À medida que as populações cresciam e enriqueciam, a educação se tornava mais importante, a cultura da leitura e do entretenimento depois do anoitecer ficava mais comum e a demanda por óleos aumentava, assim como a pressão sobre inventores e cientistas para encontrar maneiras de atender a essa necessidade. Entre eles estava James Young, um químico escocês que, em 1848, descobriu uma maneira de extrair um líquido do carvão que tinha excelentes propriedades para queimar em uma lâmpada a óleo. Young chamou seu óleo de parafina líquida. Um inventor canadense, Abraham Gesner, fez a mesma coisa e chamou seu produto de querosene. Essas descobertas podem não ter sido muito importantes, mas, como se viu, elas precederam por pouco o início da Guerra Civil Americana. Os navios baleeiros tornaram-se alvos militares e os impostos sobre outros óleos de lâmpadas criaram uma oportunidade para que essa nova indústria do querosene encontrasse uma base segura. Mas ela realmente não decolou até que os inventores começaram a experimentar, não com o carvão,

mas com o óleo negro que podia ser encontrado perto de minas de carvão. Esse óleo cru, que precisava ser bombeado do solo, é uma substância preta, fedorenta e pegajosa. Mas antes que pudessem usá-la, tinham que aproveitar a destilação, um truque antigo usado pela primeira vez por Rasis – que provou ser extremamente lucrativo. Agora o gênio realmente tinha saído da lâmpada.

Enquanto isso, a bordo do meu avião, ninguém tinha falado sobre o querosene ainda. As instruções de segurança haviam chegado perto das saídas de emergência e o comissário de bordo na minha frente estava estendendo os braços, os dedos apontados para identificar a localização das portas. Havia duas saídas atrás de mim e duas na frente do avião, e duas sobre as asas, me disseram. Eu queria acrescentar: “E há 50 mil litros de querosene no tanque debaixo dos nossos pés e outros 50 mil litros armazenados em cada uma das duas asas da aeronave”. Devo ter murmurado algo nesse sentido, porque atraí a atenção da minha vizinha, cujo nome, descobri mais tarde, era Susan. Pela primeira vez desde que entrara no avião, Susan tirou os olhos do seu livro. Ela olhou para mim por um breve momento por cima de seus óculos de aros vermelhos e depois voltou para sua leitura. Seu olhar deve ter durado menos de um segundo, mas falou muito. Dizia: “Relaxe. Voar é a forma mais segura de fazer viagens de longa distância – você sabia que diariamente há mais de um milhão de seres humanos voando na estratosfera? –, a chance de acontecer algo ruim é minúscula. Não, é menor que minúscula. Sente-se. Relaxe. Leia um livro”. Eu sei que é muita informação para ser transmitida apenas por um olhar, mas, acredite, o dela disse tudo isso.

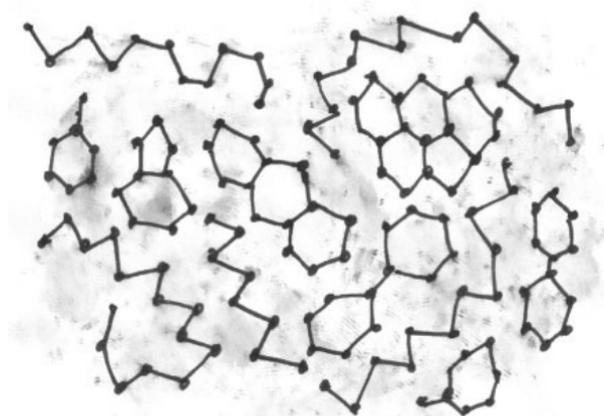


*Uma refinaria de petróleo; as colunas altas são as torres de destilação.*

Para o bem ou para o mal, porém, tudo em que eu conseguia pensar era no querosene e no notável truque que os inventores de meados do século XIX usaram para transformar o óleo cru: a destilação. Para destilar o óleo, Rasis usava um aparelho chamado alambique, que é o que, nos tempos modernos, chamamos de torre de destilação – as torres que vemos nas refinarias de petróleo.

O óleo cru é uma mistura de moléculas de hidrocarbonetos de formas diferentes, algumas longas como espaguete, algumas menores e mais compactas, outras ligadas em anéis. A espinha dorsal de cada molécula é feita de átomos de carbono, com cada um ligado ao outro. Cada átomo de carbono também tem dois átomos de hidrogênio ligados a ele, mas há uma grande variedade de formas e tamanhos: as moléculas variam de apenas cinco átomos de carbono a centenas. Há poucas moléculas de hidrocarbonetos com menos de cinco átomos de carbono, no entanto, porque moléculas tão pequenas tendem a existir como gases: são chamadas de metano, etano e butano. Quanto mais comprida a molécula, mais alto é o seu ponto de ebulição, então é mais provável que seja líquido em

temperatura ambiente. Isso é verdade para moléculas de hidrocarbonetos formadas por até quarenta átomos de carbono. Se forem maiores do que isso, dificilmente podem fluir e se transformam em alcatrão.



*Uma mistura de moléculas de hidrocarboneto contidas no óleo cru (apenas os átomos de carbono são mostrados).*

Na destilação do óleo cru, as moléculas menores são extraídas primeiro. Moléculas de hidrocarbonetos com 5 a 8 átomos de carbono formam um líquido claro e transparente que é extremamente inflamável; tem um ponto de ebulição de  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o que significa que ele vai queimar facilmente mesmo a temperaturas abaixo de zero. Tão facilmente, na verdade, que colocar esse líquido em uma lâmpada a óleo é bastante perigoso. Assim, nos primórdios da indústria petrolífera, era descartado como um resíduo. Mais tarde, quando começamos a entender melhor as virtudes desse líquido, ele foi sendo mais apreciado, especialmente pela maneira como se misturava com o ar e inflamava, produzindo gás quente o suficiente para acionar um pistão. Mais tarde, foi chamado de gasolina, e começamos a usá-lo para abastecer os motores movidos a esse óleo.

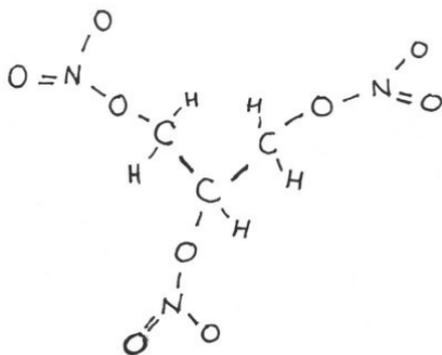
As moléculas maiores de carbono, com 9 a 21 átomos de carbono, formam um líquido claro transparente com um ponto de ebulição mais alto que o do petróleo. Evapora a uma taxa lenta e, portanto, é mais difícil de inflamar. Mas, como cada molécula é bastante grande, quando ela reage com o oxigênio, libera muita energia na forma de gás quente. Não vai inflamar, no entanto, a menos que seja pulverizado no ar, e pode ser comprimido a uma alta densidade antes de explodir em chamas. Esse foi o princípio que Rudolf Diesel descobriu em 1897, dando seu nome ao líquido que forma a base de sua tremenda invenção: o melhor motor do século XX.

Mas, nos primórdios da indústria petrolífera, em meados do século XIX, os motores a diesel ainda não tinham sido inventados e havia a necessidade urgente de uma substância inflamável para as lâmpadas a óleo. Enquanto procuravam por esse óleo, os produtores criaram um líquido que tinha moléculas de carbono com 6 a 16 átomos de carbono. Esse líquido está entre a gasolina e o diesel. Possui as virtudes do diesel – não evapora tão rapidamente a ponto de formar misturas explosivas –, mas é um fluido com uma viscosidade muito baixa, semelhante à da água. Como resultado, flui muito bem, permitindo que a chama seja muito brilhante. Era barato e eficaz e não dependia de oliveiras ou baleias. Era o querosene, o óleo para lâmpadas perfeito.

Mas é seguro? Minha mente vagou – eu estava tentando relaxar de acordo com as instruções implícitas de Susan –, mas agora minha atenção tinha voltado aos comissários de bordo. Eles haviam chegado às instruções de segurança sobre os coletes salva-vidas. Agora estavam todos colocando um colete, enquanto fingiam soprar um apito. Fiquei imaginando como seria sobreviver a um pouso de emergência no mar e flutuar na água, talvez à noite, tentando soprar o apito. Também fiquei pensando o que aconteceria

com o querosene em nossos tanques de combustível no caso de um acidente desse tipo. Poderia explodir?

Conheço um líquido que certamente explodiria: nitroglicerina. Como o querosene, a nitroglicerina é um líquido incolor, oleoso e transparente. Foi sintetizado pela primeira vez pelo químico italiano Ascanio Sobrero em 1847. Não o matou, o que é um milagre, porque é uma substância química muito perigosa e instável que pode explodir inesperadamente. Ascanio ficou tão assustado com os potenciais usos do que havia descoberto que não fez nenhum comentário sobre isso por um ano e até tentou impedir que outros o produzissem. No entanto, seu aluno Alfred Nobel enxergou o potencial: pensou que poderia substituir a pólvora. Terminou conseguindo criar a nitroglicerina de uma forma relativamente segura. Alfred transformou o líquido em um sólido que não explodiria de forma acidental (embora tenha matado seu irmão Emil), e assim criou a dinamite. Isso transformou a indústria de mineração, gerando uma fortuna para ele. Antes da dinamite, as empresas mineadoras usavam o trabalho manual para escavar seus túneis, poços e cavernas. Alfred usou sua fortuna – ou, pelo menos, uma parte dela – para criar o prêmio internacional mais famoso do mundo, o Prêmio Nobel.



*A estrutura molecular da nitroglicerina.*

Como a gasolina, o diesel e o querosene, a nitroglicerina é feita de carbono e hidrogênio. Mas também vem com extras: átomos de oxigênio e nitrogênio. A presença desses átomos e suas posições dentro da molécula tornam a nitroglicerina instável. Se a molécula estiver sob pressão por contato ou vibração, pode facilmente desmoronar. Quando isso acontece, os átomos de nitrogênio se juntam para formar um gás, e os átomos de oxigênio na molécula reagem com o carbono para formar dióxido de carbono, outro gás. Também reagem com o hidrogênio para formar vapor, e o que sobra forma ainda mais gás oxigênio. À medida que a molécula se decompõe, cria uma onda de choque na nitroglicerina, que faz com que as moléculas vizinhas também desmoronem, criando mais gás e sustentando a onda de choque. Em última análise, todas as moléculas de nitroglicerina se decompõem em uma reação em cadeia que ocorre a trinta vezes a velocidade do som, transformando o líquido em um gás quente de forma quase instantânea. Esse gás tem um volume mil vezes maior que o volume do líquido e assim se expande rapidamente, causando uma explosão enorme e quente. Grande parte da devastação da Segunda Guerra Mundial foi causada pelo uso generalizado de explosivos à base de nitroglicerina.

O limite de 100 ml para os líquidos transportados nos aviões é pensado para impedir que alguém traga a bordo uma quantidade de algum explosivo líquido, como a nitroglicerina, suficiente para destruir um avião. Essa quantidade de nitroglicerina ainda explodirá, é claro, mas não com energia suficiente para derrubar a aeronave. Mesmo assim, é preocupante pensar que o querosene contém dez vezes mais energia por litro do que a nitroglicerina e que existem dezenas de milhares de litros nos tanques de combustível de um avião.

O querosene não é um explosivo – ou seja, não explodirá espontaneamente. Ao contrário da nitroglicerina, não possui átomos

de oxigênio e nitrogênio em sua estrutura molecular. É uma molécula estável que não se decompõe com facilidade. Você pode agitar, jogar ou tomar um banho com ele e não vai explodir. Ao contrário de sua prima menos poderosa, a nitroglicerina, se você quiser aproveitar o poder do querosene, tem que trabalhar – precisa fazer com que ele reaja com o oxigênio. À medida que o querosene e o oxigênio reagem, eles criam dióxido de carbono e vapor, mas, como a reação é limitada pelo acesso ao oxigênio, a combustão pode ser controlada.

O enorme poder do querosene e nossa capacidade de queimá-lo de maneira controlada são os fatores que o tornam um líquido tão importante tecnologicamente. Hoje, a civilização global queima cerca de 1 bilhão de litros de querosene por dia, principalmente em motores a jato e foguetes espaciais, embora também ainda seja usado para iluminação e aquecimento em muitos países. Na Índia, por exemplo, mais de 300 milhões de pessoas usam lâmpadas a óleo de querosene para iluminar suas casas.

Ainda assim, por mais que gostemos de pensar que controlamos o querosene, há um lado sinistro nele. Os horrores de 11 de setembro de 2001 são um exemplo disso. Naquele dia eu estava em casa, olhando incrédulo para a televisão. Na verdade, não me lembro se vi imagens ao vivo do segundo avião voando para uma das Torres Gêmeas ou se o que vi foi uma rerepresentação da notícia, mas fiquei surpreso. Fiquei olhando perplexo para a televisão tentando compreender a cena. Os dois prédios estavam em chamas e havia relatos de outros aviões voando para alvos em outros lugares. Parecia que as coisas não poderiam piorar, e então elas pioraram: a primeira torre caiu, entrando em colapso no tipo de movimento lento que apenas objetos gigantesco conseguem fazer. E, depois, a segunda torre caiu. Estávamos prontos para isso desta vez, mas não foi menos entorpecedor.

Foi o combustível das aeronaves que causou o colapso das torres. Não foi uma explosão, porque o querosene é estável. De acordo com o relatório do FBI, o querosene reagiu com o oxigênio dos ventos que sopravam pelos andares danificados do edifício, elevando a temperatura nesses andares para mais de 800 °C. Isso não derreteu a armação de aço do edifício – o aço derrete a temperaturas superiores a 1500 °C – mas a 800 °C, a resistência do aço diminui para aproximadamente metade de sua resistência original, por isso ele começou a se curvar. Quando um dos pisos se dobrou, o peso de todo o prédio acima dele desabou sobre o andar inferior, fazendo com que este se curvasse, e assim por diante, como um castelo de cartas. No total, mais de 2.700 pessoas morreram no colapso das Torres Gêmeas, incluindo 343 bombeiros de Nova York. Esses ataques terroristas foram um momento significativo na história do mundo, não apenas porque iniciaram guerras e todos os horrores que as acompanham, mas porque a queda daquelas torres foi um símbolo muito poderoso da fragilidade da civilização democrática. E o ingrediente ativo daquele momento de destruição foi o querosene dos aviões.

Então, dá para entender por que acho que poderiam mencioná-lo nas instruções de segurança. Mas as nossas já tinham acabado, e não disseram nada sobre os 150 mil litros de querosene a bordo, nem comentaram sobre sua dupla natureza: como, por um lado, é um óleo transparente perfeitamente comum, tão estável que se poderia jogar um fósforo aceso no tanque de combustível e não queimaria. Por outro, misturado com a quantidade certa de oxigênio, torna-se um óleo dez vezes mais potente que a nitroglicerina explosiva. Minha vizinha, Susan, não parecia incomodada com isso; ela ainda estava com a cara enfiada em seu livro.

Embora o querosene não seja mencionado explicitamente nas instruções de segurança pré-voos, não posso deixar de pensar que,

de qualquer forma, ele está oculto ali. Se você pensar nisso, as instruções de segurança são o único ritual global que todos compartilhamos, qualquer que seja nossa etnia, nacionalidade, sexo ou religião. Todos participamos dele antes que o querosene se inflame e o avião decole. Os perigos para os quais as instruções advertem, como o pouso na água, são tão raros que, mesmo que você voasse todos os dias por uma vida inteira, dificilmente iria experimentar algo assim. Então, esse não é o objetivo verdadeiro. Como todos os rituais, a linguagem é codificada e envolve uma série especial de ações e o uso de adereços. Nos rituais religiosos, esses adereços geralmente são velas, queimadores de incenso e cálices; no ritual de segurança pré-voos são máscaras de oxigênio, coletes salva-vidas e cintos de segurança. A mensagem do ritual pré-voos é esta: você está prestes a fazer algo que é extremamente perigoso, mas os engenheiros tornaram tudo quase cem por cento seguro. O “quase” é enfatizado por todas as ações elaboradas envolvendo os acessórios mencionados anteriormente. O ritual traça uma linha entre a sua vida normal, em que você é responsável pela sua própria segurança, e a sua atual, em que você está cedendo o controle a um conjunto de pessoas e seus sistemas de engenharia enquanto eles usam um dos líquidos mais impressionantes do planeta para levá-lo pela atmosfera até um destino de sua escolha. Em outras palavras, você precisa confiar totalmente neles, sua vida está nas mãos deles. Assim, esse ritual, realizado antes de cada voo, é realmente uma cerimônia de confiança.

Quando a tripulação de cabine começou a caminhar pelos corredores, checando ostensivamente se os cintos de segurança dos passageiros estavam bem encaixados e as malas guardadas, eu sabia que o ritual de segurança estava chegando ao fim – essa era a bênção final. Balancei a cabeça para a aeromoça solenemente. O avião tinha chegado à pista e começara o procedimento de decolagem,

e o conhecimento acumulado de mais de mil anos seria utilizado para transformar o querosene líquido em voo.

Se você alguma vez encheu uma bexiga e depois a soltou, permitindo que voasse zunindo por uma sala, tem uma boa noção de como funciona um motor a jato. Quando o ar comprimido dispara para fora em uma direção, a bexiga é impulsionada para o lado contrário: essa é a terceira lei do movimento de Newton, que afirma que toda ação tem uma reação igual e oposta. Mas armazenar gás comprimido suficiente para mover uma aeronave seria bastante ineficiente. Felizmente, o engenheiro britânico Frank Whittle descobriu como resolver esse problema. Ele calculou que, como o céu já está cheio de gás, um avião não precisa carregá-lo, só tem que comprimir o gás que já está no céu enquanto voa e soltar pela parte de trás. Tudo que você precisa é de uma máquina para comprimir o ar. Esse compressor é o que você vê embaixo da asa ao embarcar em um avião – parece um ventilador gigante, e é, mas o que você não pode ver é que dentro dele há dez ou mais ventiladores, cada um menor que o outro. O trabalho deles é sugar o ar e comprimi-lo. A partir daí o ar comprimido vai para a câmara de combustão, no meio do motor, onde é misturado com querosene e inflamado, produzindo um jato de gás quente que sai pela parte de trás do motor. A genialidade do projeto é que, ao sair do motor, parte da energia do ar é usada para girar um conjunto de turbinas – e são essas turbinas que giram os compressores na frente do motor. Em outras palavras, o motor coleta energia do gás quente que usa para coletar e comprimir mais ar enquanto voa pelo céu.

O ar saindo pela parte traseira do motor permitiu que nosso avião, que pesava aproximadamente 250 toneladas, ganhasse velocidade. É sempre difícil perceber como você está indo rápido quando está olhando pela janela de um avião em alta velocidade. As asas balançam e oscilam desajeitadamente a cada saliência da

pista, sem dar nenhuma dica da engenharia elegante que exibirão quando estiverem no ar. A 130 km/h, a intensidade dos rangidos e chiados da cabina começa a aumentar de forma preocupante. Se eu nunca tivesse voado em um avião, a essa altura duvidaria que algum dia sairíamos do chão.

E, no entanto, a energia incorporada no querosene nos impulsionava cada vez mais rápido; um combustível com mais potência do que a nitroglicerina estava sendo aproveitado a uma taxa de quatro litros por segundo. Agora nossa aeronave estava chegando ao final da pista de três quilômetros de comprimento, viajando a 260 km/h. Este é, certamente, o momento mais perigoso de um voo. Não havia mais pista e, se não decolássemos logo, iríamos direto para os prédios, com milhares de litros de querosene líquido em nossos tanques de combustível. Mesmo assim, majestosamente, como um ganso decolando de um lago, subimos para o céu, deixando para trás todos os edifícios, carros e pessoas no chão em questão de segundos. Este é o momento de que mais gosto quando voo – especialmente quando se trata de cruzar as nuvens baixas de Londres e ser atingido pelo sol brilhante, como fizemos naquele dia. Sinto como se entrasse em outro reino da existência e nunca me canso disso.

Um avião é, de certo modo, a lâmpada mágica moderna. Seu gênio é o querosene, que lhe concederá o desejo de ir a qualquer lugar do mundo, levando-o não em um tapete mágico, mas em algo ainda melhor, uma cabine que o protege do frio e do vento extremo e é confortável o suficiente para que você possa relaxar, até dormir, durante a sua viagem.

Claro que, como todos os gênios, ele tem um lado sombrio. Nós nos apaixonamos pelo poder do querosene, mas voar e, na verdade, o uso de outros produtos dependentes do óleo cru estão causando estragos no clima do mundo inteiro, que está se aquecendo

rapidamente – o resultado das emissões de dióxido de carbono que a queima de óleos como o querosene produz. Em termos globais, atualmente consumimos 16 bilhões de litros de petróleo por dia. Se seremos inteligentes o bastante para encontrar uma maneira de colocar o gênio de volta na garrafa é certamente uma das questões mais importantes do século XXI.

Mas, acima das nuvens, eu não estava, para ser sincero, pensando nisso. Na verdade, estava maravilhado com as nuvens e ansioso para tomar uma bebida do carrinho, que agora passava alegremente pelo corredor.

**FINALISTA DO  
ROYAL SOCIETY INSIGHT  
INVESTMENT SCIENCE BOOK PRIZE**

“*Líquido* é uma discussão divertida sobre as várias maneiras como as nossas vidas são enriquecidas pelos fluidos. Da física das canetas esferográficas até a origem dos rastros de aviões a jato, o livro recompensa o leitor com fatos e ideias fascinantes. Diariamente, milhões de pessoas viajam em um avião. Felizmente, Mark Miodownik esteve recentemente em um deles.”

—*WALL STREET JOURNAL*

“Uma exposição brilhante de materiais em ciência e engenharia... Sagaz.”

—*FINANCIAL TIMES*

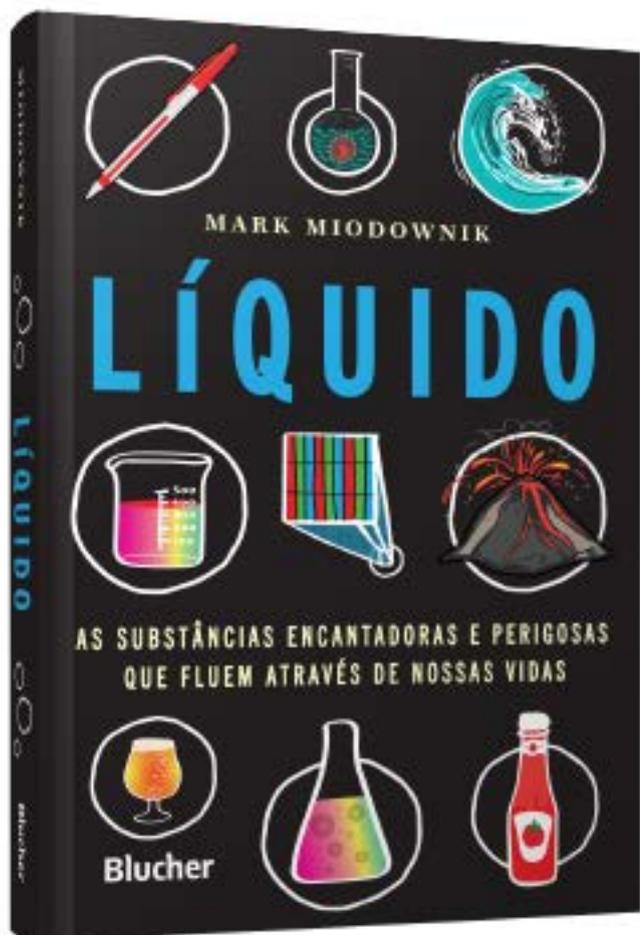
“Escrito em tom de conversa, com todo o fascínio que o entusiasmo genuíno pelo assunto proporciona [...] [Miodownik] se baseia em sua experiência como engenheiro e cientista de materiais e em suas habilidades como escritor de ciências para tornar conceitos complexos mais acessíveis e, melhor ainda, intuitivos [...] *Líquido* é divertido e informativo, o que o torna uma ferramenta útil na luta para promover a alfabetização científica. Em um momento em que tecnologia, ciência e políticas públicas estão cada vez mais em desacordo, Miodownik aumenta nossa compreensão do mundo físico com humor e ciência sólida.”

—*SCIENCE*



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

**Blucher**



Clique aqui e:

[VEJA NA LOJA](#)

## Líquido

As substâncias encantadoras e perigosas  
que fluem através de nossas vidas

---

**Mark Miodownik**

ISBN: 9786555062540

Páginas: 292

Formato: 14 x 21 cm

Ano de Publicação: 2021

Peso: 0.323 kg

---