

**Figura 1** Imagem gerada no computador pelo sistema de inteligência artificial [mage.space](https://www.mage.space/).

*Caro leitor,*

*A newsletter “Ciência em Panorama” tem periodicidade mensal. Para você receber as próximas edições, se inscreva mandando um e-mail para*

*[onody@ifsc.usp.br](mailto:onody@ifsc.usp.br)*

*colocando o seu nome e o seu e-mail.*

*Comentários, críticas e sugestões serão sempre bem-vindos e podem ser enviados ao meu e-mail.*

*As referências estão em hipertexto (cor verde). Para abri-las basta clicar sobre elas.*

**Prof. R. N. Onody, abril 2023**

**Boa Leitura!**

## Nesta Edição

- **Química**

1. [As esponjas líquidas](#)
2. [Azida de azidoazida](#)

- **Matemática**

[A agulha de Buffon e o número  \$\pi\$](#)

- **Biologia**

[Vivo, congelado e vivo de novo!](#)

- **Astronomia**

[A estrela Trappist-1 e seus 7 exoplanetas](#)

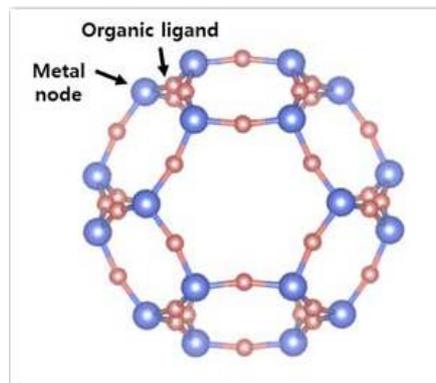
## • Química

### 1. As esponjas líquidas

Quando nos referimos a *materiais porosos*, logo pensamos em materiais sólidos. Eles podem absorver e armazenar líquidos, como o petróleo que fica preso em rochas porosas ou água e detergente, absorvidos e conduzidos pela nossa maravilhosa esponja de cozinha.

Mas, sólidos porosos também podem armazenar gases. O carvão ativado adsorve gases intestinais, diminuindo a dor e o inchaço; as peneiras moleculares, materiais microporosos como silicato de cálcio (sódio) alumínio, que separam moléculas gasosas pelo seu tamanho e os MOFs (abreviação para Metal Organic Frameworks) que são redes organometálicas com uma distribuição de poros bastante uniforme e tamanhos ajustáveis.

A síntese dos MOFs teve início no final da década de 1990. Um MOF é uma estrutura cristalina formada por aglomerados metálicos que estão cercados e fortemente ligados a moléculas orgânicas. Aglomerados metálicos se formam através de ligações metal-metal (em geral, metais de transição) que junto, com as moléculas orgânicas, se estruturam, de maneira rígida e periódica. O resultado é um material muito poroso.

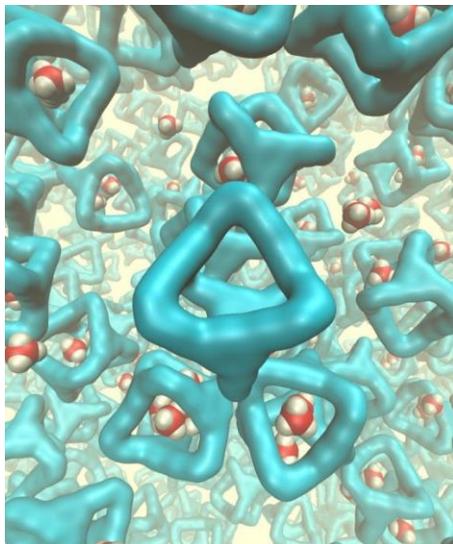


**Figura 2** Esquema ilustrativo do MOFs. Hoje, mais de 90.000 diferentes estruturas de MOFs já foram sintetizadas. Podem filtrar gases perigosos como dióxido de nitrogênio e armazenar amônia. Podem capturar ou liberar gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono e o metano, simplesmente alterando a sua temperatura.

Fonte: KAIST

Os *líquidos comuns* possuem porosidade (extrínseca) não permanentes, com cavidades transientes. Nesses poros efêmeros, se diluem gases como o oxigênio respirado pelos peixes. Em 2007, Stuart et al. propuseram os *líquidos porosos*, com porosidade (intrínseca) permanente. São as *esponjas líquidas* que absorvem gás.

Duas maneiras possíveis de se 'fabricar' líquidos porosos são fundindo ou dissolvendo MOFs (que são sólidos). Como os MOFs têm temperaturas de fusão altas e os solventes utilizados não podem fechar ou bloquear os poros já existentes do material, foi somente em [2015](#) que surgiram os primeiros líquidos porosos. Várias técnicas especiais têm sido desenvolvidas para a fabricação de líquidos porosos (veja [aqui](#), para uma revisão).



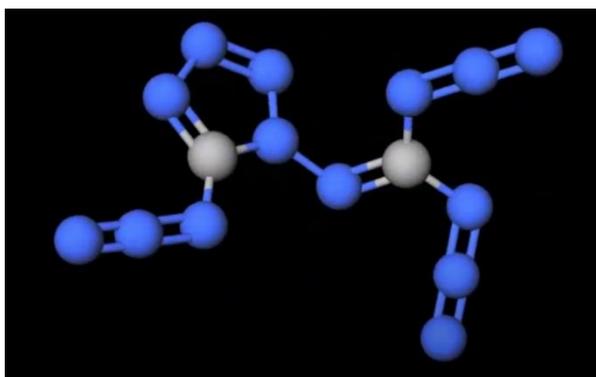
**Figura 3** Esponjas líquidas serão extremamente úteis no sequestro do dióxido de carbono produzidos pela indústria e na separação do gás natural extraído nos poços de petróleo. Outra aplicação muito importante, será na extração econômica do gás inerte xenônio (utilizado em anestésicos e lâmpadas) diretamente do [lixo nuclear](#).

Fonte: Queen's University Belfast

## 2. [Azida de Azidoazida](#)

Azida é o nome que se dá a um composto químico que contenha 3 átomos de nitrogênio ( $N_3$ ) e que pode combinar com outro elemento ou radical. A azida de azidoazida é o nome popular de *uma das substâncias mais explosivas* que se conhece: a 1-diazidocarbamoyl-5-azidotetrazole.

Sintetizada (e patenteada) pela primeira vez em 1961, teve sua estrutura química determinada *incorretamente*. Somente em 2011, um grupo de químicos da [Universidade de Munique](#) obteve, através de difração de raios-x, a disposição correta dos seus 2 átomos de carbono e 14 átomos de nitrogênio ( $C_2 N_{14}$ ).



**Figura 4** A molécula da Azida de Azidoazida: 14 átomos de nitrogênio (em azul) e 2 átomos de carbono (em cinza).

Um químico experiente, ao olhar para a composição da molécula com quase 90% de átomos de nitrogênio, já prevê seu caráter explosivo – o nitrogênio é um elemento que gosta da liberdade do seu estado gasoso.

A Azida de Azidoazida adora detonar. Ela explode ao ser tocada, movimentada, dissolvida e aquecida. Quando se estudava suas propriedades químicas, ela explodiu vários espectrômetros Raman e detonou até quando foi atingida por raios infravermelhos! Não se conhece, até agora, nenhuma utilidade para a substância.

## • Matemática

### A agulha de Buffon e o número $\pi$

As mais antigas civilizações do mundo, como as da Babilônia, China e Egito, já sabiam que a divisão do *perímetro* de uma circunferência pelo seu *diâmetro* resulta na *constante*  $\pi = 3,14\dots$

O matemático grego Arquimedes, por volta de 250 A.C., foi o primeiro a propor um método aproximado para a determinação do valor de  $\pi$ . Ele calculou o perímetro de sucessivos polígonos inscritos e circunscritos de um círculo, começando por um hexágono e dobrando o número de arestas até chegar ao polígono de 96 lados. Durante quase mil anos, essa forma geométrica (algoritmo de polígonos) para se calcular o valor de  $\pi$  foi dominante.

Entre as centenas de fórmulas matemáticas que existem para se estimar o valor de  $\pi$ , eu gostaria de citar três. A primeira é uma *fração contínua generalizada* proposta em meados do século XVII por William Brouncker (primeiro presidente da Royal Society of London); a segunda é um *produto infinito* proposto por John Wallis em 1655 e a terceira é uma *soma infinita* do inverso do quadrado dos números naturais calculada por Leonhard Euler em 1735 (Figura 5).

$$\frac{4}{\pi} = 1 + \frac{1^2}{2 + \frac{3^2}{2 + \frac{5^2}{2 + \frac{7^2}{2 + \frac{9^2}{2 + \dots}}}}}$$

(a)

$$\frac{\pi}{2} = \left(\frac{2}{1} \cdot \frac{2}{3}\right) \cdot \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{4}{5}\right) \cdot \left(\frac{6}{5} \cdot \frac{6}{7}\right) \cdot \left(\frac{8}{7} \cdot \frac{8}{9}\right) \dots \quad \frac{\pi^2}{6} = \frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \dots$$

(b)

(c)

**Figura 5** (a) Fração contínua generalizada (William Brouncker; (b) Produto infinito (John Wallis) ; (c) Soma infinita (Leonhard Euler).

Nos EUA, graças ao fato de eles escreverem primeiro o mês do ano e, em seguida, o dia do mês, existe o *dia do Pi* que é comemorado dia 14 de março (3/14). Curiosidade - Albert Einstein nasceu em 14 de março.

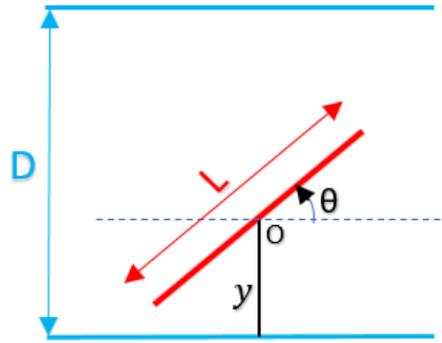
Com o advento dos supercomputadores, o número Pi foi calculado (até agora) com 62,8 trilhões de casas decimais!

Em 1777, George-Louis Leclerc, conde de Buffon, biólogo e matemático francês propôs e resolveu (utilizando simultaneamente, cálculo de probabilidade e cálculo integral) o chamado “*problema da agulha de Buffon*”. A solução desse problema, abriu caminho para se determinar experimentalmente o valor de  $\pi$  (usando o que chamaríamos hoje, de método de Monte Carlo).

Enunciado do problema da agulha de Buffon: *Numa folha de papel, trace linhas paralelas e igualmente separadas por uma distância  $D$ . Deixe cair (aleatoriamente) sobre essa folha, uma agulha de comprimento  $L$ . Qual é a probabilidade  $P$  da agulha cruzar uma linha?*

Experimentalmente, a resposta é muito simples. Se deixarmos cair  $N$  vezes a agulha e encontrarmos que ela cruza uma linha  $M$  vezes, então, a probabilidade de ela cruzar uma linha é  $P = M/N$ . Para medir  $P$  com maior precisão, basta aumentar o número de ensaios  $N$ . Mas como  $P$  se relaciona com  $\pi$ ?

Analisemos a situação  $L < D$ , ou seja, a condição necessária para que a agulha cruze apenas *uma única linha*. Na Figura 6, mostramos a agulha entre duas linhas. Para descrever sua posição usaremos duas variáveis randômicas independentes:  $y$ , a distância do seu centro  $O$  à *linha mais próxima* e  $\theta$ , o ângulo que a agulha faz com as linhas.



**Figura 6** As variáveis randômicas  $y$  e  $\theta$  descrevem o posicionamento da agulha em relação à linha mais próxima. O cruzamento da linha impõe o vínculo  $0 \leq y \leq \frac{L}{2} \text{sen}(\theta)$

Como são variáveis contínuas, teremos as densidades de probabilidade constantes e normalizadas  $P'(y)$  e  $\bar{P}(\theta)$  :

$$P'(y) = \begin{cases} \frac{2}{L}, & \text{para } 0 \leq y \leq \frac{L}{2} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

e

$$\bar{P}(\theta) = \frac{2}{\pi}, \quad \text{para } 0 \leq \theta \leq \pi/2$$

Para a agulha cruzar a linha é necessário que  $y \leq \frac{L}{2} \text{sen}(\theta)$ . Portanto, a probabilidade de a agulha cruzar uma linha é dada por

$$P = \int_0^{\pi/2} \int_0^{\frac{L}{2} \text{sen}(\theta)} \frac{4}{\pi L} dy d\theta = \frac{2L}{\pi D}$$

Para ver uma simulação de Monte Carlo vá para [este site](#)

## • **Biologia**

### **Vivo, congelado e vivo de novo!**

Em geral, os organismos vivos, sejam eles animais ou vegetais, têm pouca tolerância a um processo de congelamento. Isso porque, com o abaixamento da temperatura do corpo, a água contida no seu interior forma pequenos cristais que acabam destruindo a parede e as estruturas celulares. Poucos animais e

plantas sobrevivem a um congelamento total. Os que têm sucesso são organismos pequenos como o tardígrado e o musgo da Antártica, ou unicelulares, como os espermatozoides e óvulos.

Há, porém, um peixe conhecido como Amur Sleeper (*Perccottus Glenii*), que congela junto com as águas (do rios da Ásia central), mas que ressuscita completamente, no fim do inverno. Não se deve confundir essa *tolerância ao congelamento* com a [hibernação ou torpor](#). Enquanto este inclui mamíferos e aves, aquele se refere a animais ectotérmicos (isto é, que não controlam sua própria temperatura) como os peixes.

O rio Amur fica na fronteira da China com a Rússia. E, de lá, esse peixe, o Amur Sleeper, se espalhou para quase toda Europa Oriental, já habitando países como a Hungria, Polônia, Sérvia e Lituânia.

Normalmente, com a chegada do inverno, os peixes migram para locais mais quentes ou sobrevivem sob a crosta de gelo. Mas, não o Amur Sleeper. Ele congela junto com a água do rio. Esse mecanismo metabólico que lhe permite sobreviver ao seu congelamento tem duas vantagens estratégicas: dispensa alimentação durante o inverno (como os animais que hibernam) e afasta os predadores.

[Recentemente](#), um grupo de pesquisadores chineses fez um estudo comparativo dos genomas do Amur Sleeper e de seu primo *Neodonbutis hainanensis* (que não sobrevive ao congelamento). Essas duas espécies, segundo a pesquisa, tiveram um ancestral comum há cerca de 15 milhões de anos atrás.

Segundo os cientistas, os genes associados ao hipometabolismo e proteção criogênica tiveram [seleção positiva e rápida evolução](#) no genoma do Amur Sleeper. Eles identificaram vários carboidratos, álcoois e aminoácidos responsáveis pela proteção criogênica do Amur Sleeper. Os resultados dessa investigação poderão ser muito úteis no desenvolvimento de novas técnicas de preservação criogênica.



**Figura 7** O peixe Amur Sleeper não morre quando congelado. Ele pesa cerca de 250g e, quando adulto, tem aproximadamente 20 cm. Natural da China, Coreia do Norte e do leste da Rússia. Ele é bastante invasivo e já foi [encontrado](#) nos rios de vários países do leste europeu. Imagem: Michal Grabowski

- **Astronomia**

### A estrela Trappist-1 e seus 7 exoplanetas

Se a massa de uma determinada estrela estiver entre 1% e 8 % da massa do Sol, ela será uma *anã marrom*. Ela também é conhecida por *subestrela*, porque que ela faz fusão de deutério e não de hidrogênio.

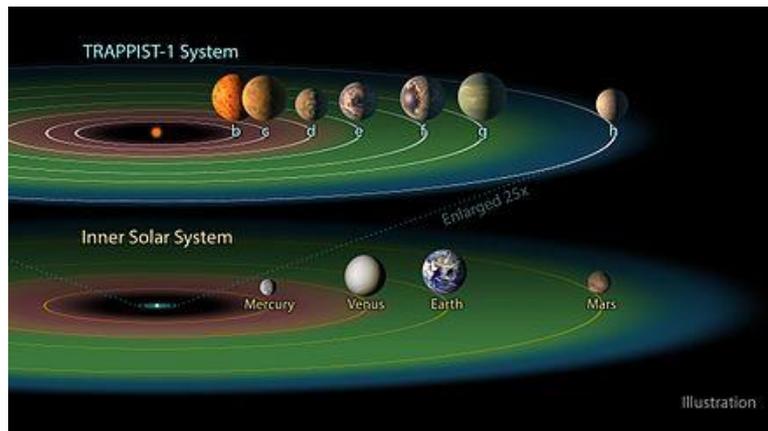
Se a massa da estrela estiver entre 8% e 60% da massa solar, ela será uma *anã vermelha*. Estima-se que 60% das estrelas da nossa Via-Láctea sejam anãs vermelhas! A estrela que está (atualmente) mais próxima do Sol, a Proxima Centauri, é uma anã vermelha.

Mas, hoje focaremos nossa discussão em outra anã vermelha muito interessante – a *Trappist-1*. Essa estrela foi descoberta em 1999 e, em 2016, no Observatório La Silla (Chile), foi confirmada a presença de 2 exoplanetas pelo telescópio belga TRAPPIST (para Transiting Planets and Planetesimals Small Telescope e também, claro, uma homenagem à deliciosa cerveja produzida pelos monges trapistas – a La Trappe).

A Trappist-1 está a uma distância de 40,7 anos-luz (aproximadamente, dez vezes mais distante do que a Proxima Centauri) e tem, pasmem, um sistema planetário (conhecido) composto por 7 planetas rochosos! Sua massa e diâmetro são menores, apenas 9% e 12% da do Sol, respectivamente, e ela é mais velha, cerca de 7,6 bilhões de anos (contra 4,5 bilhões de anos do Sol). Se nenhum acidente cósmico ocorrer, deverá brilhar por mais *dez trilhões de anos* (cerca de 700 vezes a idade do universo atual).

Trappist-1 é fria, sua superfície está a 2.300°C (contra 5.800 °C do Sol), não tem estrela companheira (como o Sol). Em 2017, mais 5 exoplanetas foram identificados e nomeados Trappist-1 b, c, d, f, g e h. Os diâmetros dos 7 exoplanetas variam de 75% a 150% do diâmetro terrestre e eles são um pouquinho *menos densos* do que a Terra.

Naturalmente, a abundância de exoplanetas que orbitam essa estrela e a sua proximidade da Terra, tornaram Trappist-1 um alvo e sistema ideal para buscar vida extraterrestre. Usando critérios baseados na *nossa concepção de vida*, dizemos que uma região em torno de uma estrela é habitável se ela permitir, quando sob pressão apropriada, a existência de água líquida na superfície do planeta (Figura 8).



**Figura 8** O sistema Trappist-1 cabe todinho no interior da órbita de Mercúrio. A distância da estrela Trappist-1 ao seu exoplaneta mais próximo (Trappist-1b) é a mesma do planeta Júpiter à sua lua Calisto. Ilustração comparativa das regiões habitáveis (em verde) do sistema solar e do sistema Trappist-1.

Como sabemos, anãs vermelhas emitem intensamente no comprimento de luz do infravermelho. Dessa maneira, o sistema Trappist-1 foi bastante estudado por telescópios espaciais que operam no infravermelho como os telescópios (já desativados) Kepler e Spitzer e o legendário (e ainda ativo) Hubble. O lançamento do telescópio James Webb no final de 2021, tendo a bordo sofisticados instrumentos de captação do infravermelho, abriu uma nova oportunidade de se estudar em detalhes o sistema Trappist-1.

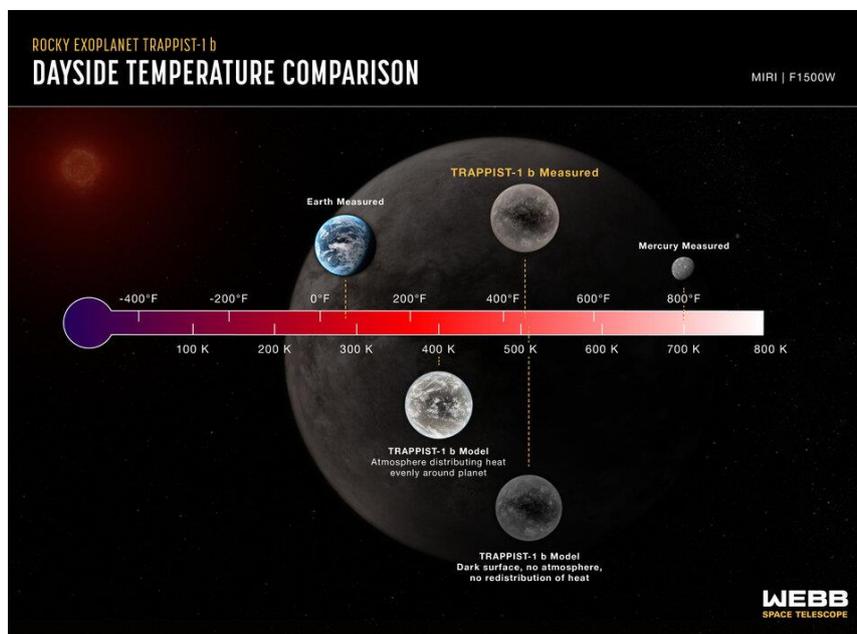
Foi exatamente o que fizeram um grupo de pesquisadores norte-americanos e franceses em publicação recente na revista [Nature](#). Devido à pequena distância dos exoplanetas à estrela Trappist-1, o efeito maré está presente, sincronizando o período próprio de rotação com o período de rotação em torno da estrela. O resultado faz com que o exoplaneta tenha sempre a mesma face voltada para a estrela (como acontece nos sistemas Lua-Terra e Mercúrio-Sol, por exemplo).

Divido aqui com o leitor informação que encontrei no [arXiv](#) de março/2023 (repositório com artigos submetidos). Simulações computacionais mostraram que o efeito maré pode corresponder a situações de *equilíbrio metaestável*. Em outras palavras, o planeta pode exibir a mesma face para a sua estrela por centenas de milhares de ano e, repentinamente, rotacionar, com a face escura trocando de lugar com a face iluminada.

A anã vermelha Trappist-1 emite luz mais intensamente na faixa de frequências do infravermelho, aquecendo os exoplanetas ao seu redor. Parte dessa luz é absorvida e parte é refletida por eles. Podemos medir a *intensidade*

*total* de luz infravermelha (que é a soma da emitida pela estrela com a refletida pelo exoplaneta) que atinge o telescópio espacial James Webb. Se essa medição também for feita durante um *eclipse do exoplaneta* (em que ele se posiciona atrás da estrela, ficando invisível para o J. Webb) teremos somente a contribuição da luz oriunda da estrela. Subtraindo o valor da intensidade luminosa medido com e sem o eclipse, podemos determinar a intensidade de luz refletida somente pelo exoplaneta e, assim, avaliar a temperatura de sua superfície.

Modelos teóricos preveem diferentes temperaturas (na superfície da face iluminada) do exoplaneta dependendo de ele possuir ou não uma atmosfera. Ela será *mais alta* se o exoplaneta não tiver atmosfera e *mais baixa*, caso contrário (veja Figura 9). A existência de uma atmosfera permitiria *a redistribuição* de calor a partir da face iluminada.



**Figura 9** O exoplaneta Trappist-1b teve a temperatura da superfície (da face iluminada pela anã vermelha) calculada em cerca de 230°C (~ 500 K). Na ilustração acima, vemos que esse resultado descarta a existência de uma atmosfera nesse exoplaneta.

O exoplaneta Trappist-1b é o mais próximo da estrela. Ele dá uma volta completa em torno da Trappist-1 em apenas 1,5 dias terrestres! Isso permite fazer uma série de medidas em bem pouco tempo. O valor estimado para a temperatura da face iluminada do exoplaneta foi de cerca de 230°C, o que torna bastante improvável que ele possua uma atmosfera.

