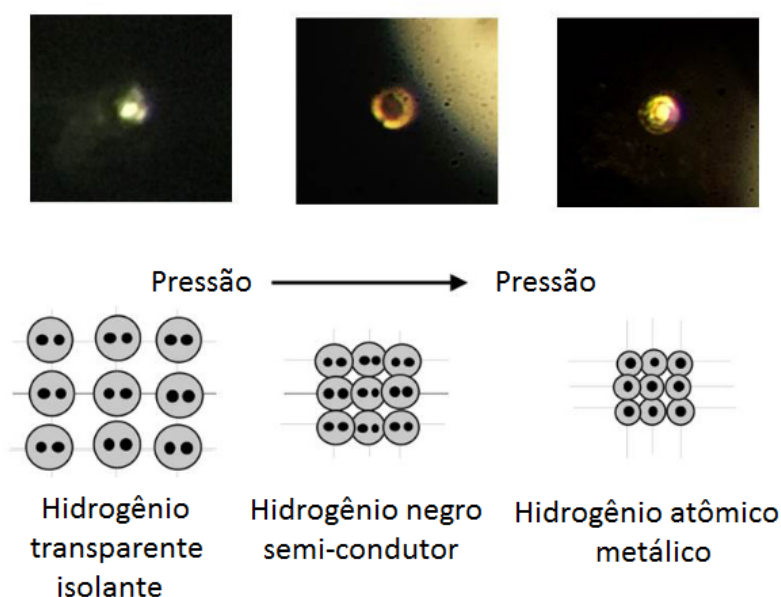


## Hidrogênio metálico?!

Muito se fala sobre os feitos e a vida do famoso general francês Napoleão Bonaparte. Parte dessas histórias tem um fundo de verdade, outras, porém, não passam de mitos. Uma dessas histórias conta que a derrota do exército de Napoleão iniciada pelo embate com soldados russos em 1812 teria se completado com o esfacelamento dos botões de estanho das fardas dos soldados franceses por conta do frio. Esta história tem tudo para ser um grande mito, pois embora o estanho realmente sofra uma transição alotrópica, deixando de ser um sólido brilhante prateado, maleável e moderadamente dúctil (estanho branco) para se tornar um sólido cinza escuro não metálico na forma de pó (estanho cinza), isso ocorre abaixo de  $13,2^{\circ}\text{C}$  (à pressão de 1 atm). Ora, no inverno europeu, temperaturas bem inferiores a essa são comuns por todo o continente, inclusive em Paris de onde saiu o exército de Napoleão, que certamente teria notado algo de estranho nos botões de seus uniformes logo de cara, não?

Mesmo sendo um provável mito, essa história ilustra a existência de substâncias como o estanho, por exemplo, que podem apresentar características metálicas ou não metálicas dependendo das condições de pressão e temperatura em que se encontram. Isso sinaliza também que, teoricamente, mesmo uma substância tipicamente não metálica como o gás hidrogênio, pode adquirir propriedades metálicas se submetida às condições apropriadas.

E é exatamente isso que uma dupla de físicos da Universidade de Harvard, EUA, alega ter conseguido. Isaac Silvera e Ranga Dias resfriaram uma pequena amostra de gás hidrogênio a cerca de  $-270^{\circ}\text{C}$  em uma célula, uma espécie de caixa, feita de diamante e a submeteram progressivamente a altas pressões, chegando à incrível pressão de 495 bilhões de Pascals, cerca de 5 milhões de atmosferas! Os pesquisadores relataram que próximo de 2 milhões de atmosferas a amostra já se apresentava em estado sólido, sendo ainda transparente; a 4 milhões de atmosferas ela então se tornou escura e opaca; a cerca de 5 milhões de atmosferas, ela começou a refletir 90% da luz incidida sobre ela, o que seria uma evidência de que o hidrogênio havia adquirido propriedades metálicas!



Fotos da transformação do hidrogênio comprimido com aumento de pressão desde a forma molecular transparente, passando para a forma molecular negra até o hidrogênio atômico metálico. Esquema da transformação em questão. Disponível em: <<http://www.harvardmagazine.com/2017/01/metallic-hydrogen>>. Acesso em fev. 2017.

Essa transformação já era prevista desde 1935 pelos físicos Hillard Huntington e Eugene Wigner, mas eles haviam estimado uma pressão significativamente menor do que as usadas por Silvera e Dias. Entretanto, assim como seus antecessores, os físicos de Harvard também acreditam que o hidrogênio, uma vez tendo adquirido características metálicas, deve permanecer assim mesmo após a pressão extrema ser retirada, assim como o diamante obtido ao se submeter grafite a altas pressões e altas temperaturas. Será? Ainda não se sabe. Mas por que isso é importante?

Com as propriedades típicas de um metal, o agora hidrogênio metálico poderia ser usado como um material supercondutor, já que praticamente não apresentaria resistência, afinal cada átomo de hidrogênio contém apenas um próton e um elétron. Outra aplicação possível baseada na supercondutibilidade seria na levitação magnética de trens de alta velocidade, o que revolucionaria completamente o setor de transportes! Ainda seria possível também utilizar o hidrogênio metálico como combustível para foguetes, razão pela qual a NASA financiou parte da pesquisa de Harvard. A energia teórica que poderia ser fornecida pelo hidrogênio metálico o coloca como o propelente de foguetes mais poderoso já conhecido, cerca de quatro vezes mais potente que o hidrogênio molecular (!), que é atualmente o mais eficiente dos combustíveis de foguete.

Todo esse espectro de utilização, no entanto, deve aguardar a caracterização mais precisa do material que, por enquanto, permanece dentro da prensa de diamante sob altíssima pressão no laboratório de Harvard. Além da caracterização, é preciso a confirmação fundamental de que o hidrogênio metálico permanecerá estável quando estiver submetido a condições ambientes de temperatura e pressão. Mas se isso acontecer, prepare-se: uma tremenda revolução energética se apresenta no horizonte!

## Perguntas

1. A transformação mencionada no texto é uma mudança alotrópica do hidrogênio, conduzida de forma extrema, com o auxílio de altas pressões e baixas temperaturas. Que outras transições alotrópicas são citadas no texto? E em que condições elas ocorrem?
2. Nas fases condensadas, líquida e sólida, qual a principal força intermolecular no hidrogênio molecular? Qual a relação entre esse tipo de interação e a tendência do hidrogênio molecular se apresentar na forma de gás em condições comuns de temperatura e pressão?
3. O hidrogênio molecular vem sendo utilizado não só como propelente de foguetes, por meio de sua combustão, mas também em células de combustível a hidrogênio, por meio de sua oxidação controlada. Qual a principal vantagem em se utilizar o hidrogênio para geração de energia?
  - a) Sua oxidação controlada nas células de combustível converte a energia acumulada nas moléculas de água do sistema em energia química, sem emissão de gases poluentes.
  - b) Tanto a sua queima quanto a sua oxidação controlada gera apenas como produto a água, portanto, não causa danos ao meio ambiente.
  - c) Sua combustão produz vapor de água que pode ser reaproveitado na combustão do diesel em motores de caminhões e ônibus.
  - d) Tanto a sua queima quanto a sua oxidação consome gás carbônico, diminuindo a concentração desse gás na atmosfera, o que minimiza o problema do aquecimento global.
  - e) Sua oxidação controlada nas células de combustível converte a energia elétrica oriunda dos combustíveis fósseis em energia química contida nos gases poluentes gerados no processo.

## Respostas

1. São citadas também no texto a transição alotrópica do estanho branco para o estanho cinza, que ocorre em temperatura abaixo de 13,2°C à pressão de 1 atm e a transformação do grafite em diamante, sob altas pressões e temperaturas.
2. A principal força intermolecular do hidrogênio molecular nas formas condensadas é o dipolo instantâneo-dipolo induzido, já que o hidrogênio é formado por moléculas apolares. Como a intensidade desse tipo de interação depende do tamanho da nuvem eletrônica da molécula, ela é particularmente fraca para a molécula de hidrogênio que apresenta apenas dois elétrons. Assim, suas moléculas interagem fracamente umas com as outras em condições comuns de temperatura e pressão e a substância tende a se apresentar na forma gasosa.
3. Alternativa B. Tanto na combustão quanto na oxidação controlada do hidrogênio, a reação em questão é:  $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ . Portanto, o único produto formado é água, que não causa impactos ambientais.

## Referências

- SHAW, J. A Breakthrough in High-Pressure Physics? *Harvard Magazine*, 26-01-2017. Disponível em <<http://www.harvardmagazine.com/2017/01/metalllic-hydrogen>>. Acesso em fev. 2017.
- FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E.; OLIVEIRA, N. Os Alótropos do Estanho: Ocorrências do Estanho  $\alpha$  e as Novas Soldas sem Chumbo Usadas em Eletrônicos. *Química Nova na Escola*, Vol. 34, N° 3, p. 124-130, agosto 2012. Disponível em <[http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34\\_3/04-AQ-45-11.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_3/04-AQ-45-11.pdf)>. Acesso em fev. 2017.
- FAPESP na Mídia. O hidrogênio, um novo metal. 19-04-1996. Disponível em <<http://www.bv.fapesp.br/namidia/noticia/20876/hidrogenio-metal/>>. Acesso em fev. 2017.
- BAIMA, C. Anúncio da fabricação de hidrogênio metálico atrai expectativa e ceticismo. Dupla de Harvard afirma ter tido sucesso na produção de material que pode revolucionar o mundo, *O Globo*, 28-01-2017. Disponível em <<http://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/anuncio-da-fabricacao-de-hidrogenio-metalico-atrai-expectativa-ceticismo-20837432>>. Acesso em fev. 2017.
- Harvard Magazine. A Breakthrough in High-Pressure Physics? Disponível em: <<http://www.harvardmagazine.com/2017/01/metalllic-hydrogen>>. Acesso em fev. 2017.