

# FÓSFORO

**Eduardo Motta Alves Peixoto**



Fósforo, do latim *phosphorus*. Na forma pura, usualmente o fósforo é semitransparente, mole, de consistência semelhante à da cera de abelha, brilha no escuro (fosforesce) e pega fogo espontaneamente quando exposto ao ar, formando uma densa fumaça branca de óxidos de fósforo que se combinam com o vapor d'água no ar dando origem a vários ácidos.

Foi preparado pela primeira vez em 1669 pelo alquimista alemão Hennig Brand, a partir de um resíduo obtido pela evaporação da urina.

O fósforo elementar é preparado industrialmente em fornos elétricos, tendo como matéria prima uma rocha de fosfato natural, coque e pedaços de sílica ( $\text{SiO}_2$ ), que são aquecidos até serem transformados em fósforo em vapor, monóxido de carbono e um resíduo contendo silicato de cálcio impurificado. O vapor produzido é resfriado, obtendo-se o fósforo líquido ou sólido que é guardado em baixo d'água para evitar a sua ignição, caso entre em contato com o ar.

Certos compostos de fósforo acham-se presentes nos fluidos do interior das células dos tecidos vivos como íon fosfato,  $\text{PO}_4^{3-}$ , sendo um dos mais importantes constituintes minerais para a atividade celular. Os genes que dirigem a hereditariedade e outras funções celulares estão localizados no núcleo de cada célula, são partes de moléculas de DNA (*ácido desoxiribonucleico*), todas contendo fósforo. O fosfato de cálcio,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  é o principal constituinte inorgânico dos dentes e dos ossos dos seres humanos e de outros animais. Ao nos alimentarmos, parte da energia que extraímos dos alimentos é estocada nas células na forma de uma molécula conhecida como *fosfato de adenosina* (ATP). Assim, claramente o fósforo é um elemento essencial na nutrição. Cerca de 70% do fósforo absorvido pelo nosso organismo é destinado aos ossos e os restantes 30% para metabolizar gorduras e açúcares. Na infância, a deficiência de fósforo leva a uma má dentição e causa o *raquitismo*; em adultos, leva à *osteoporose*, que aliás atinge uma grande parte da nossa população.

O fósforo possui cerca de 10 variedades alotrópicas, que podem ser classificadas em três categorias principais: *branca*, *vermelha* e *preta*. O fósforo branco possui duas variedades alotrópicas: a *alfa*, que é estável à temperatura ambiente e tem estrutura cristalina cúbica, e a *beta*, que é estável somente abaixo de  $-78^\circ\text{C}$  e tem estrutura cristalina hexagonal. O fósforo branco é venenoso; quando exposto à luz solar ou ao calor, ele é convertido na variedade vermelha, que é mais inerte quimicamente. Aliás, esta variedade não só não fosforesce (não brilha no escuro) como também não queima pela simples exposição ao ar, à temperatura ambiente. O fósforo *preto*, a forma menos reativa, tem uma estrutura lamelar, semelhante à do grafite. Para obtê-la, submete-se o fósforo *branco* a altas pressões. Por sua vez, o fósforo *branco* é a forma mais reativa quimicamente; infelizmente, por esta mesma razão, tem sido usado pelas grandes potências na fabricação de artefatos militares para produzir uma cortina de fumaça, e, o que é pior, para fabricar granadas e bombas incendiárias. Quando uma pes-

Número atômico	$Z = 15$
Massa molar	$M = 30,9738 \text{ g/mol}$
Isótopo natural	$^{31}\text{P}$ (~100%)
Ponto de fusão	$T_f = 44,1^\circ\text{C}$ (branco)
Ponto de ebulição	$T_e = 280^\circ\text{C}$ (branco)

soa é atingida por uma bomba incendiária, o fósforo adere à sua pele; esta, é destruída pela alta temperatura gerada inicialmente pela oxidação do fósforo, em seguida pelo calor desprendido com a hidratação dos óxidos formados e finalmente pelo ataque direto dos ácidos fosfóricos assim formados agindo sobre o tecido da pele. É uma verdadeira arma de tortura produzida pelas nações "desenvolvidas" com o consentimento da sociedade. Por outro lado, o fósforo vermelho é de grande utilidade prática pois é usado no fabrico das lixas de caixas de fósforos de segurança.

Todo fósforo encontrado na natureza é do isótopo de massa 31. O fósforo 32 é um isótopo radioativo e sua meia-vida é de 14,3 dias. Por esta mesma razão é que os seus compostos são muito empregados como traçador radioativo e em estudos de ciclos vitais de plantas e animais, onde haja a participação de compostos contendo fósforo. Não é encontrado livre na natureza, exceto em alguns raros meteoritos. Seus compostos são encontrados em muitas rochas, minerais, plantas e animais. É o 12º elemento em abundância na crosta terrestre (0,1%), na forma de minerais fosfatados, como a *apatita*, *wavelita* e *vivianita*. A principal fonte de interesse comercial é a *fosforita*, ou *rocha fosfatada*, que nada mais é do que uma massa impura de *apatita* contendo carbonatos. O minério de fosfato tem uma enorme utilidade sócio-econômica, pois é dele que é feito o *superfosfato* e muitos outros adubos fosfatados largamente usados na agricultura. Como consequência, para a fabricação do *superfosfato* somos levados a importar grandes quantidades de enxofre para produzirmos o ácido sulfúrico necessário. Isto é, apesar de sermos grandes produtores de adubos e possuímos grandes jazidas de fosfatos, a rigor, não somos auto-suficientes. O ácido fosfórico,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , pode ser produzido diretamente a partir do fósforo como matéria prima, ou a partir da *apatita*. Estranhamente, no Brasil não há fabricação deste ácido a partir do fósforo. Por esta mesma razão, temos uma enorme dependência química externa de toda a indústria de compostos orgânicos de fósforo, como remédios e agrotóxicos fosforados. A maioria dos refrigerantes vendidos no país tem um alto teor de ácido fosfórico, o que confere a eles uma alta acidez, geralmente com  $\text{pH} < 3$ . Alguns fosfatos sintéticos são usados na formulação de detergentes e outros produtos de limpeza, pois são excelentes emulsionantes de graxas e gorduras. Por esta mesma razão, os refrigerantes sintéticos mais comuns, e que contêm estes sais ou ácidos, são "úteis" para lavar as mãos "sem usar" água... experimente! E no nosso organismo... quais são as conseqüências? Enfim, já que precisamos do fósforo, por que não fabricá-lo pelo menos para não dependermos das caixas-de-fósforos? Afinal, já se passaram quase 350 anos desde a produção do fósforo por um alquimista e... mesmo assim, ainda não conseguimos ver uma razão para produzi-lo?...

A seção "Elemento químico" traz informações científicas e tecnológicas sobre as diferentes formas sob as quais os elementos químicos se manifestam na natureza e sua importância na história da humanidade, destacando seu papel no contexto de nosso país.

**Eduardo Motta Alves Peixoto** (empeixo@attglobal.net), bacharel em química pela FFCL-USP e doutor pela Universidade de Indiana (EUA), é docente no Instituto de Química da USP, em São Paulo.