

# RADÔNIO

Júlio Carlos Afonso



Número Atômico	Z = 86
Massa Molar (isótopo mais estável)	M = 222,02 g/mol
Ponto de Fusão	T <sub>f</sub> = -71 °C
Ponto de Ebulição	T <sub>e</sub> = -62 °C
Densidade	9,73 g/L (1 atm e 0 °C)

Em 1899, Pierre Curie (1859-1906, prêmio Nobel de Física em 1903) e Marie Sklodowska Curie (1867-1934, prêmio Nobel de Física em 1903 e de Química em 1911) observaram que o ar que circundava os sais de rádio tornava-se radioativo. No mesmo ano, Robert Bowie Owens (1870-1940) e Ernest Rutherford (1871-1937, prêmio Nobel de Química em 1908) observaram que o dióxido de tório exposto ao ar tinha níveis variáveis de radioatividade. Rutherford, em 1904, notou que os compostos de tório liberavam um gás radioativo, que ele chamou de “emanação do tório”. Em 1900, Friedrich Ernest Dorn (1848-1916) verificou o mesmo fato com o rádio, denominando o gás de “emanação do rádio”. Em 1903, de forma independente, Fritz Geisel (1852-1927) e André-Louis Debierne (1874-1949) detectaram liberação de gás a partir de compostos de actínio (“emanação do actínio”). Esses fatos eram notáveis porque a radioatividade era até então apenas conhecida em compostos sólidos (e suas soluções).

De início, supunha-se que tais emanações eram simplesmente tório, rádio ou actínio em estado de vapor. Em 1901, Rutherford e sua assistente Harriet Brooks fizeram um experimento no qual tentaram isolar e determinar a massa molar da “emanação do rádio”. O valor obtido situava-se entre 40 e 100 g/mol. Embora longe da realidade, esse experimento ajudou Rutherford a acreditar que, com a emissão radioativa, pudesse ocorrer uma transmutação de elementos, levando à suposição de que o átomo era divisível, algo até então impensável. Esse experimento também pode ser considerado o primeiro isolamento bem-sucedido do radônio, por isso, é mais correto creditar a eles a descoberta do novo elemento, em contraposição à maioria das referências que dão o pioneirismo para Friedrich Dorn. Em 1904, William Ramsay (1852-1916, prêmio Nobel de Química em 1904) verificou que as linhas espectrais da “emanação do rádio” eram similares às daquelas dos elementos argônio, criptônio e xenônio, devendo corresponder a um novo elemento da família dos gases “nobres”. O isolamento do radônio em quantidades visíveis (da ordem de 0,1 mm<sup>3</sup>) ocorreu pela primeira vez em 1910 por Ramsay e Robert Whytlaw-Gray (1887-1958). Eles verificaram que ele era o gás mais denso conhecido e estimaram a massa molar em torno de 222,5 g/mol.

De início, cada “emanação” tinha um nome próprio: em 1904, Ramsay e J. Noram Collie (1859-1942) propuseram os

nomes “extradio”, “exthorio” e “exactínio”. Em 1910, Ramsay sugeriu o nome “niton” (símbolo Ni) para a “emanação do rádio” (do latim *nitens* – brilhante –, relativo à propriedade de o gás exibir fosforescência quando solidificado). Essa denominação foi aceita pela Comissão Internacional para Pesos Atômicos em 1912. Em 1923, com base nas propostas de Curt Schmidt (1918) e Elliot Quincy Adams (1920), a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) adotou as seguintes denominações: “emanação do rádio” – radônio (do latim *radonium*, derivado do rádio, símbolo Rn); “emanação do tório” – torônio (de *thorium*, derivado do tório, símbolo Tn); “emanação do actínio” – actinônio (de *actinonium*, derivado do actínio, símbolo An). Mais tarde, com a estruturação do conceito de isótopo, notou-se que as emanações pertenciam a um mesmo elemento químico. Rn corresponde ao isótopo <sup>222</sup>Rn (meia vida 3,823 dias), Tn é o isótopo <sup>220</sup>Rn (meia vida 55,6 segundos), e An se trata do isótopo <sup>219</sup>Rn (meia vida 3,96 segundos). Todos eles desintegram-se emitindo partículas alfa, produzindo isótopos do elemento polônio (Z = 84). O nome do elemento foi fixado como radônio em função do isótopo <sup>222</sup>Rn ser o de meia-vida mais longa. O termo “emanação” ainda foi bastante usado até a década de 1960.

O radônio é um gás insípido, inodoro e incolor à temperatura ambiente, mas quando resfriado abaixo do ponto de fusão, exibe uma fosforescência brilhante que se torna avermelhada a cerca de -180 °C. Sua densidade é cerca de oito vezes a do ar (1,217 g/L a 1 atm e 0 °C), sendo o gás mais denso conhecido. Seus pontos de fusão e de ebulição são muito baixos frente a compostos de massa molar similar. É pouco solúvel em água, mas é o mais solúvel dentre todos os gases nobres. A solubilidade em solventes orgânicos é maior do que em água. Embora pouco reativo, sua primeira energia de ionização (1037 kJ/mol) é baixa o bastante para reagir com flúor, como ocorre com o xenônio e o criptônio. Em 1962, foi sintetizado o primeiro composto, fluoreto de radônio (presumivelmente RnF<sub>2</sub>). Contudo, dada a meia-vida muito curta de seus isótopos, é difícil preparar e estudar em detalhe a química dos compostos de radônio, mas se pressupõe que os tipos de compostos formados sejam os mesmos que o xenônio produz.

Estima-se sua abundância na atmosfera da Terra em uma parte em 10<sup>21</sup> (uma parte por sextilhão). Muitas águas minerais e termais contêm radônio, e as águas subterrâneas contêm mais radônio do que as superficiais devido à reposição constante, principalmente pelo decaimento do rádio. O radônio aparece também em alguns petróleos, concentrando-se

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.

especialmente nas linhas de produção do propano (pontos de ebulição próximos). Segundo a Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), cerca de 55% da radiação incidente sobre o ser humano provém do radônio e de seus produtos de decaimento, mas a concentração desse gás no ar varia muito de lugar para lugar devido à variabilidade da composição do solo e das rochas.

O risco do radônio se deve à inalação. Embora as partículas alfa tenham pouco poder de penetração, elas são altamente ionizantes. Nos pulmões, além de liberar toda a energia contida durante a desintegração atômica, provocando lesões cuja gravidade varia conforme a quantidade inalada do gás, os produtos dessa desintegração – sólidos: polônio, chumbo etc. – são altamente tóxicos tanto do ponto de vista químico como radiológico. A Agência Norte-Americana de Proteção ao Meio Ambiente (US EPA) calcula que o radônio é a segunda causa de morte de câncer pulmonar nos Estados Unidos (21 mil mortes/ano), perdendo apenas para o cigarro. Essa substância é agente cancerígeno classe I para o homem segundo a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC).

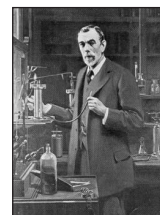
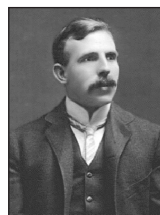
Existem registros sobre a saúde de mineiros que trabalhavam em minas contendo materiais radioativos muito antes de se descrever a radioatividade. Por volta de 1400, começou a extração de minérios em regiões da Europa Central – Schneeberg (Saxônia) e Joachimsthal – cujos mineiros morriam precocemente, geralmente de problemas respiratórios (a chamada “doença da montanha”). Na exploração das minas de urânio, o material é britado e pulverizado. No mineral bruto, o gás dificilmente escapa, pois fica enclausurado na estrutura da rocha, mas a britagem e a pulverização facilitam sobremaneira a liberação do radônio. Como ele é mais denso que o ar, ele tende a se difundir pelas camadas baixas da atmosfera, depositando seus produtos de desintegração sobre a vegetação, cursos d’água e solo. Em 1879, relacionaram-se tais mortes ou estados de invalidez a cânceres pulmonares. As suspeitas sobre o radônio surgiram pela primeira vez em 1921, sendo confirmadas na década seguinte. Em 1926, os governos da então Tchecoslováquia e da Alemanha reconheceram que a doença que afetava os mineiros era o câncer pulmonar. Seis anos depois, era considerada doença ocupacional passível de aposentadoria por invalidez. A partir desses estudos, passou-se a ventilar as minas e a realizar exames periódicos nos mineiros. Curioso é que Georgius Agrícola (1494-1555) já recomendava a ventilação das minas em pleno século XVI! Esses estudos se aprofundaram à medida que a exploração das minas de urânio se intensificava ao longo das décadas de 1940 a 1970 por conta da Guerra Fria e do desenvolvimento da energia nuclear.

Nos anos 1980, nos Estados Unidos, surgiu uma nova preocupação envolvendo o radônio: o acúmulo (“build up”) em áreas habitadas. O radônio difunde-se e acumula-se em ambientes com pouca ventilação (como cavernas e minas), mas também foram detectadas altas concentrações em residências (áreas confinadas e próximo ao chão), dependendo da composição do solo sobre o qual se acha o prédio e do uso de materiais de construção e decoração contendo elementos radioativos. Isso levou ao desenvolvimento de instrumentos de coleta e medição desse gás para uso doméstico. A Organização Mundial de Saúde admite uma concentração máxima de radônio no ar equivalente a 100 Bq/m<sup>3</sup> (Bq = Becquerel, uma desintegração por segundo) e sugere medidas de precaução se a radioatividade devida ao

radônio exceder 0,1 Bq/L na água potável.

No Brasil, as pesquisas envolvendo o radônio são relativamente recentes, mas são bastante numerosas: foram pesquisadas as concentrações desse elemento em águas subterrâneas dos estados do Paraná e São Paulo; em cavernas do parque do Alto Ribeira (São Paulo); em materiais de construção comercializados no Paraná; em pedras ornamentais para exportação; em áreas de Campinas, Itu, Baixada Santista e Serra de São Vicente (São Paulo); e no complexo lagunar da Região dos Lagos (Rio de Janeiro). A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) vem desenvolvendo metodologias de coleta e análise do radônio, sendo aplicadas na mineração de jazidas brasileiras de urânio. O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) estima que a concentração de radônio na atmosfera no Brasil varie entre 0,6 e 28 Bq/m<sup>3</sup>. Não existe uma legislação específica para o radônio, mas o Ministério da Saúde recomenda um valor limite de radiação alfa de 0,1 Bq/m<sup>3</sup> (incluindo o isótopo <sup>226</sup>Ra, precursor do <sup>222</sup>Rn) e 1 Bq/m<sup>3</sup> para a radiação beta.

O radônio é ainda empregado no tratamento de alguns tipos de câncer (braquiterapia), no qual fontes (de ouro) seladas contendo o gás são colocadas a pequena distância do tumor que se quer irradiar. Por ser liberado das rochas que o contêm, ele serve como indicador da ocorrência possível de falhas geológicas e de terremotos (sismógrafos). Encontra uso ocasional como indicador de fuga de gases de reservatórios e na medida da velocidade de escoamento de fluidos (traçador radioativo).



Da esquerda para a direita: Ernest Rutherford, Friedrich E. Dorn e William Ramsay, personagens na descoberta e na identificação do radônio.

**Júlio Carlos Afonso** (julio@iq.ufrj.br), graduado em Química e Engenharia Química e doutor em Engenharia Química pelo IRC/CNRS (França), é professor associado do Departamento de Química Analítica do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

## Referências

- EPA. United States Environmental Protection Agency. *Radon (Rn)*. Disponível em: <http://www.epa.gov/radon/>. Acessado em: jun. 2010.
- OHIO Radon Pro & Professional Maintenance Associates Inc. *A history of radon – 1470-1984*. Disponível em: [http://www.ohio-radonpro.com/Radon\\_History.html](http://www.ohio-radonpro.com/Radon_History.html). Acessado em: jun. 2010.
- RAMSAY, W. *The gases of the atmosphere*. 4. ed. Londres: Macmillan, 1915.
- SODDY, F. *The interpretation of radium*. Londres: John Murray, 1909.
- WEEKS, M. E. The discovery of the elements XIX. The radioactive elements. *Journal of Chemical Education*, n. 10, p. 79-90, 1933.