

A Química do Tempo: Carbono-14



Robson Fernandes de Farias

Uma visão geral sobre a técnica de datação de objetos através de medidas do decaimento radioativo do isótopo com número de massa 14 do carbono é apresentada, resumindo-se os princípios e fundamentos da técnica, bem como sua importância para a sociedade, como técnica de grande utilidade na pesquisa histórica.

► carbono-14, isótopos, arqueologia ◀

Submetido em 17/05/01; aceito em 19/02/02

6

Em 1998, o chamado “Sudário de Turim”, supostamente o santo sudário (ver figuras), o manto que teria sido utilizado para cobrir o corpo de Cristo após a crucificação, foi analisado através da técnica do isótopo com número de massa 14 do carbono (carbono-14, radioativo). Os resultados mostraram que o linho utilizado na confecção do sudário cresceu entre os anos 1260 e 1390. Assim, ficou demonstrado que o Sudário de Turim não podia ser o santo sudário, tratando-se portanto de uma fraude.

A técnica de datação através do carbono-14

Em certos casos, a idade de um dado material pode ser determinada com base na taxa de decaimento de um isótopo radioativo. O melhor exemplo da aplicação desse tipo de fenômeno é a datação de materiais através da medida do decaimento do carbono-14. A técnica do radiocarbono é hoje largamente utilizada em arqueologia e antropologia, para a determinação da idade aproximada dos mais diversos artefatos.

A técnica de datação através da medida do decaimento radioativo do

carbono-14 foi desenvolvida por Willard Frank Libby (1908-1980), em 1946, o que lhe valeu o Prêmio Nobel de Química de 1960.

A maior parte do carbono presente na Terra é composta de uma mistura de dois isótopos estáveis: 98,9% de carbono-12 e 1,1% de carbono-13. Contudo, amostras naturais de carbono sempre contêm traços de um terceiro isótopo, o carbono-14, radioativo, o qual emite radiação β^- e possui um tempo de meia vida de 5.730 anos. O carbono-14 está presente na Terra numa proporção de um para cada 10^{12} átomos, sendo que 1 g de carbono apresenta aproximadamente 14 dpm (desintegrações por minuto), uma quantidade ínfima de radiação, que, contudo, pode ser facilmente detectada utilizando-se técnicas modernas.

Libby desenvolveu a técnica de datação através do carbono-14 utilizando contadores Geiger muito sensíveis, que ele mesmo desenvolveu, nos

quais media-se a radiação β^- emitida pela amostra, requerendo-se quantidades relativamente grandes da mesma. Contudo, na versão moderna da técnica, utiliza-se um espectrômetro de massas como equipamento, no qual os átomos de carbono são convertidos em íons C^- , mediante bombardeio da amostra com átomos de césio. Os números de átomos de carbono com as diversas massas são assim determinados, obtendo-se a relação $^{14}C/^{12}C$, que diminui com o tempo.

Utilizando-se o espectrômetro de massas, necessita-se de poucos miligramas de amostra para efetuar-se uma análise.

O ciclo do carbono-14

Uma vez que o tempo de meia vida do carbono-14 é de “apenas” 5.730 anos,

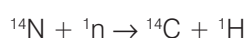
seria válido perguntarmos como ainda existe algum carbono-14 presente na Terra, tendo-se em vista os bilhões de anos de idade do planeta. A resposta é que há uma renovação constante da quantidade de carbono-14 em nosso

A técnica do carbono-14 é largamente utilizada em arqueologia e antropologia, para a determinação da idade aproximada dos mais diversos artefatos. Ela foi desenvolvida por Willard Frank Libby (1908-1980), em 1946, o que lhe valeu o prêmio Nobel de Química de 1960



Figura 1: O sepultamento de Cristo, Guercino (Giovanni Francesco Barbieri), óleo sobre tela, 1656. Instituto de Arte de Chicago, EUA.

planeta, de acordo com a reação:



a qual ocorre nas camadas mais altas da atmosfera, com a participação dos chamados raios cósmicos que, após colidirem com núcleos presentes no ar, geram nêutrons, que então colidem com o isótopo com número de massa 14 do nitrogênio, formando o carbono-14. Estima-se que 7,5 kg de carbono-14 são produzidos a cada ano a partir da radiação cósmica.

Uma vez formado, o carbono-14 é oxidado a $^{14}\text{CO}_2$, tornando-se parte do chamado ciclo do carbono, o que faz que circule pelo mundo todo, através da atmosfera, oceanos e biosfera. Assim, a quantidade de carbono-14 no planeta é aproximadamente constante, estando relacionada ao seu tempo de formação e decaimento.

O carbono-14 na biosfera

Através da fotossíntese, as plantas absorvem o carbono-14 presente na atmosfera (CO_2), convertendo-o em compostos orgânicos, incorporando-o assim a tecidos vivos (ciclo de Calvin e ciclo de Calvin-Benson). À medida que a planta cresce, mais aumenta a quantidade de carbono-14 por ela incorporada, até que se estabeleça um equilíbrio, com a quantidade de C-14 na planta tornando-se igual à presente na atmosfera, cerca de 14 dpm g^{-1} . Contudo, uma vez que a planta tenha morrido, não ocorrerá mais a incorporação de carbono-14 aos seus tecidos e, assim, tendo-se em vista o decaimento

radioativo do isótopo, sua quantidade diminuirá progressivamente, até tornar-se praticamente nula. Ou seja, é como se, uma vez morto o organismo vivo, um cronômetro fosse disparado. Tendo-se em vista o tempo de meia vida do isótopo, após 5.730 anos sua atividade

cairá de 14 dpm g^{-1} para 7 dpm g^{-1} e, após 11.460 anos, cairá para apenas $3,5 \text{ dpm g}^{-1}$, e assim por diante. Uma vez que se conhece o tempo de meia vida do carbono-14, basta medir sua atividade para saber quando a planta morreu.

Através das plantas, o carbono-14 termina sendo incorporado pelos animais vegetarianos e, através destes, pelos carnívoros, terminando assim por ser assimilado por seres vivos de todos os níveis tróficos.

Limitações da técnica

A técnica de datação através do carbono-14 do carbono tem, contudo, suas limitações. Uma delas é a consideração de que a quantidade total de carbono-14 na atmosfera permaneceu constante ao longo do tempo (milhares de anos), o que pode não ser totalmente verdadeiro. Além disso, um objeto com “apenas” cem anos de idade não poderia ser convenientemente datado,

uma vez que, nesse período de tempo, a quantidade de radiação emitida terá diminuído muito pouco para ser detectada alguma diferença. Assim, a incerteza na medida efetuada será de ± 100 anos. Além disso, objetos com mais de 40.000 anos (ou, seja, aproximadamente, sete “meias-vidas”), também não podem ser datados com grande segurança, uma vez que, após esse lapso de tempo, a radiação emitida terá sido reduzida a praticamente zero. Logo, a técnica aplica-se com boa margem de segurança para objetos que tenham entre 100 e 40.000 anos de idade.

Um exemplo: os manuscritos do Mar Morto

Em 1947, um pastor chamado Mohamed Adh-Dhib perdeu uma cabra, que fugiu, subindo um conjunto de rochas escarpadas. Após procurá-la sem êxito, Adh-Dhib sentou-se para descansar e acabou descobrindo uma caverna estreita de onde, no dia seguinte, com a ajuda de um amigo,



Figura 2: Sudário de Turim - detalhe.

retirou um conjunto de pergaminhos de viriam a ser conhecidos como os "Manuscritos do Mar Morto". O local do achado dista uma milha de Khirbert Qumram (ruínas de Qumram).

A coleção de manuscritos é realmente grande, tendo sido encontrados fragmentos de todos os livros da Bíblia Hebraica (Velho Testamento), com exceção única do livro de Ester.

Uma vez provada a autenticidade dos pergaminhos, a questão de sua datação tornou-se fundamental, tendo-se utilizado o método do carbono-14 (o próprio Libby ficou encarregado das análises). A atividade do carbono-14 nos manuscritos era de aproximadamente 11 dpm g⁻¹. Assim, a idade dos mesmos pôde ser calculada através da equação:

$$\ln(N/N_0) = -kt$$

onde N é a atividade radioativa do car-

bono-14 na amostra quando da realização da análise, N_0 é a atividade radioativa do carbono-14 no tecido vivo (que é a mesma da atmosfera, ou seja, 14 dpm g⁻¹) e k é a constante de velocidade do decaimento radioativo. Como o decaimento radioativo é uma reação de primeira ordem, $k = 0,693/t_{1/2}$. Neste caso,

$$k = 0,693/5,73 \times 10^3 = 1,21 \times 10^{-4} \text{ ano}^{-1}$$

Logo, $\ln(11/14) = -(1,21 \times 10^{-4})t$ e, assim, $t = 2,0 \times 10^3$ anos, ou seja, dois mil anos, comprovando-se que os manuscritos do Mar Morto remontam ao tempo da vida e pregação de Cristo.

Robson Fernandes de Farias (robdefarias@bol.com.br), licenciado e mestre em Físico-Química pela UFRN, doutor em Química Inorgânica pela Unicamp, é docente do Departamento de Química da UFRR e Secretário Regional da SBQ.

Referências bibliográficas

ATKINS, P. e JONES, L. *Chemistry*. Nova Iorque: W.H Freeman, 1997.

GARRET, R.H e GRISHAM, C.M. *Biochemistry*. Nova Iorque: Saunders College Publishing, 1995.

JAMES, L.K. (Ed.). *Nobel laureates in chemistry 1901-1992*. Salem: American Chemical Society and The Chemical Heritage Foundation, 1993.

KOTZ, J.C. e TREICHEL Jr., P. *Chemistry & chemical reactivity*. Nova Iorque: Saunders College Publishing, 1999.

RITTER, P. *Biochemistry*. Nova Iorque: Brooks/Cole Publishing Company, 1996.

SERWAY, R.A. *Physics*. Nova Iorque: Saunders College Publishing, 1996.

Para saber mais

ATKINS, P.W. *O reino periódico*. Trad. A. Tort. Rio de Janeiro: Rocco, 1996.

IHDE, A. J. *The development of modern chemistry*. Nova Iorque: Dover, 1984.

LANGFORD, C.H. e BEEBE, R. A. *The development of chemical principles*. Nova Iorque: Dover, 1995.

Abstract: *The Chemistry of Time: Carbon-14* - A general overview of the dating of objects through measurements of the radioactive decay of the carbon isotope of mass number 14 is presented, summarizing the principles and fundamentals of the technique, as well as its importance for society, as a very useful technique in historical research.

Keywords: carbon-14, isotopes, archeology

Portal do Professor de Química

Visite o novo portal da Divisão de Ensino de Química da SBQ dedicado aos professores de Química do Ensino Médio e Fundamental, **atualizado semanalmente!**

Tenha acesso a todos os artigos de *Química Nova na Escola* publicados nos números 1 a 12, bem como a diversas ferramentas *on line*:

- Tabelas periódicas personalizadas
- Gráficos de propriedades de elementos
- Gráficos de solubilidade vs. temperatura
- Explicação sobre medição de propriedades
- Questões de vestibular
- Novidades da Química
- Grupo de discussão

Acesse já:

www.s bq.org.br/ensino

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| busca | | | | | | mapa do site | perguntas frequentes | contato |
|  sbq :: divisão de ensino de química | | | | | | | | |
| SOBRE A DIVISÃO | | REVISTA QUÍMICA NOVA NA ESCOLA | | INTERATIVO: PARA PROFESSORES E LICENCIANDOS | | | | |
| ORIENTAÇÃO A ALUNOS | | GRAFICOS | QUESTÕES DE VESTIBULAR | | TABELA PERIÓDICA | ARTIGOS QNESC | FORUM | |
| <p>interativo: para educadores e estudantes</p> <p>Este espaço é dedicado a você professor, que sempre busca enriquecer suas aulas de Química, e aos licenciandos que já estejam se iniciando na profissão ou procurando suporte para uma compreensão mais ampla do ensino de química nos níveis fundamental e médio.</p> <p>Pretendemos abrir aqui também um espaço à discussão do ensino de química, além de disponibilizar materiais, dados, questões para uso nas aulas de química.</p> <p>Esperamos contar com sua criatividade no uso dessas informações, uma vez que não estamos apresentando "fórmulas prontas" mas o acesso interativo a informações que a maioria dos materiais didáticos dessa disciplina não apresenta, ou apresenta de forma deficiente.</p> <p>Como se pode notar trata-se de um espaço para o profissional da química mas cremos que os alunos do ensino médio poderão também obter nele informações preciosas para suas pesquisas escolares.</p> <p>Nas demais áreas do site você sempre encontrará textos orientando-o sobre o uso e as informações disponibilizadas. Contamos com a sua colaboração para a melhoria desse site, enviando-nos sugestões e opiniões.</p> | | | | | | | | |
|  <p>ESTRUTURA CRISTALINA PARA METAL CERÂMICO OU SEMICONDUTOR</p> | | | | | | | | |
| FOMENTO | | REALIZAÇÃO | | | APOIO | | | |
|  | |  | | |  | |  | |
| copyright © 1999-2002 divisão de ensino - sbq | | | | | | | | |