

12º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2021

O CRÂNIO DE LUZIA E A DATAÇÃO POR DECAIMENTO RADIOATIVO

LARA BINI CAVALHEIRO¹, MÁIRA PERES ALVES SANTIM²

¹ Discente em Licenciatura em Matemática, IFSP, Câmpus Birigui, larabinicavalheiro@gmail.com

² Mestre em Engenharia Elétrica, professora, Câmpus Birigui, maira.santim@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.01.02.04-3 Equações Diferenciais Ordinárias

RESUMO: A datação por decaimento radioativo se baseia na razão de carbono-14 por carbono-12, que é uma constante. Quando um ser de origem orgânica morre, esse para de absorver carbono-14 e essa razão, que era constante, começa a decair. Então através deste método é possível datar objetos de origem orgânica com mais de 100 anos e menos de 40.000 anos com precisão. Em particular, Luzia, considerada a primeira habitante das Américas até o momento, possui datação entre 11.000 e 11.500 anos. Nesse contexto, o trabalho consiste em obter a concentração de carbono-14 no crânio de Luzia através da utilização de equações diferenciais ordinárias aplicadas à química e à arqueologia, de modo a desenvolver uma modelagem capaz de nos fornecer o resultado.

PALAVRAS-CHAVE: Lei de Decaimento Radioativo; Carbono-14; Equação diferencial ordinária; Datação;

THE SKULL OF LUZIA AND DATING RADIOACTIVE DECAY

ABSTRACT: Radioactive decay dating is based on the ratio of carbon-14 to carbon-12, which is a constant. When a being of organic origin dies it, stops absorbing carbon-14 and this ratio, which was constant, begins to decay. So through this method it's possible date objects of organic origin more than 100 years and less than 40,000 years with precision. In particular, Luzia, considered to be the first inhabitant of the Americas to date, has been dated to be between 11,000 and 11,500 years old. In this context, the work consists in obtaining the concentration of carbon-14 in Luzia's skull through the use of ordinary differential equations applied to chemical and archaeology, in order to develop the modeling capable of providing us with the result.

KEYWORDS: Radioactive decay law; Carbon-14; Ordinary differential equation; Dating;

INTRODUÇÃO

Luzia, como ficou conhecida a habitante mais antiga das Américas, é um crânio pré-histórico que foi escavado em Minas Gerais no ano de 1970 (NETO GASPARG; SANTOS, 2009), considerada uma peça importante da história, pois colocou em prova todos os estudos acerca da ocupação das Américas.

A modelagem matemática consiste em transformar problemas reais em linguagem matemática e interpretar os resultados no mundo real (BASSANEZI, 2014). É possível modelar tais problemas com o uso de equações diferenciais, neste trabalho será abordado apenas equações diferenciais ordinárias (EDOs), que envolvem funções de uma variável independente e suas derivadas (NAGLE; SAFF; SNIDER, 2012).

A datação por decaimento radioativo é uma aplicação de EDO que relaciona a arqueologia, química e conseqüentemente a matemática. Existem duas formas de datar a idade de um objeto, a relativa, que apenas compara objetos onde não há certeza e a técnica absoluta, que é o método de datação por decaimento radioativo (ALVES, 2010), a qual será abordado neste trabalho. Os átomos são compostos da combinação de nêutrons e prótons, muitas destas combinações são instáveis, o que acarreta o decaimento ou a transmutação do átomo em outra substância (ZILL, 2016). Esse processo ocorre no nitrogênio, fazendo com que o átomo transmute para o carbono-14.

Desse modo, o trabalho visa determinar a concentração de carbono-14 contida em Luzia através da datação por decaimento radioativo do carbono-14, a partir do desenvolvimento de uma EDO segundo a Lei de Decaimento Radioativo.

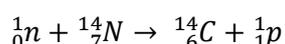
MATERIAL E MÉTODOS

Para a determinação da concentração de carbono-14 foi realizada pesquisa bibliográfica em teses, artigos e livros, a fim de compreender os conteúdos de equações diferenciais ordinárias, modelagem matemática, a Lei de Decaimento Radioativo, radioatividade, datação por carbono-14 e, também, sobre a história do crânio de Luzia. Vale ressaltar que esta técnica de datação é válida apenas para objetos de origem orgânica. Como o trabalho aborda decaimento radioativo é preciso a princípio saber o que é radioatividade.

Denomina-se *radioatividade* a capacidade que certos átomos possuem de emitir radiações eletromagnéticas e partículas de seus núcleos instáveis com o propósito de adquirir estabilidade. Entende-se, portanto, que radioatividade é um fenômeno nuclear, isto é, as reações nucleares são processos em que o núcleo de um átomo sofre alteração. (SCARPELLINI; ANDREATTA, 2011, p. 320)

Radioatividade é o elemento base dessa aplicação. Portanto, antes de adentrarmos no processo, faz-se necessário conhecer alguns termos como semidesintegração, ou meia-vida. Meia-vida é o tempo em que um dado elemento radioativo demora para reduzir sua massa à metade da massa original. Logo, o processo por decaimento radioativo está diretamente relacionado ao tempo com que o material demora para atingir meias-vidas e, com esta análise, consegue-se datar a idade de um objeto de origem orgânica. Então, é válido destacar, que a meia-vida do carbono-14 é de 5.730 anos.

O planeta Terra recebe raios cósmicos do Sol e de outras estrelas. Quando nêutrons se chocam com a atmosfera, transmuda o nitrogênio em carbono-14, isto é,



em que,

n – nêutron;

N – Nitrogênio;

C – Carbono-14;

p – próton.

Quando o nêutron se choca no núcleo de nitrogênio, libera um próton e, quando isso ocorre, transmuda o nitrogênio numa molécula de 6 prótons, ou seja, um carbono-14, que é um isótopo radioativo. O carbono-14 é absorvido pelos seres humano de forma indireta. Quando plantas e vegetais fazem fotossíntese absorvem CO_2 (gás carbônico) que foram formados de carbono-12 ou carbono-14. Nesse processo ou o animal se alimenta de plantas e o ser humano ingere a carne animal, ou o ser humano se alimenta das verduras e vegetais.

A datação é baseada na razão de carbono-14 (C-14) por carbono-12 (C-12) sendo ela uma constante (cte) (ALVES, 2010). Sempre que um carbono-14 emite uma partícula radioativa, ele volta a ser um nitrogênio, então o ser humano ingere outro carbono-14, seja por plantas ou animais. Assim, esse isótopo radioativo é sempre repostado, mantendo-o como uma constante em nosso organismo. Essa razão

de C-14 por C-12 é equivalente a 10 ppb (partes por bilhão), isto é, a cada 1 bilhão de carbono-12, 10 são carbono-14.

Compreende-se que quando um organismo morre, ele para de absorver carbono-12, continuando com a mesma quantidade, e o carbono-14 começa a decair por ser radioativo, iniciando-se aqui um processo que permite datar com precisão a idade desse ser de origem orgânica (ALVES, 2010). Ademais, o método em questão se mostra eficaz apenas para objetos de origem orgânica com mais de 100 e menos de 40 mil anos.

A Lei de Decaimento Radioativo se baseia no fato de que certos materiais radioativos se desintegram (ou decaem) a uma taxa de variação proporcional à quantidade presente no material, isto é, o número de átomos que se decompõem por unidade de tempo numa massa de átomos instáveis dependem do total dos átomos existentes. (ALVES, 2010, p. 38)

A lei de decaimento radioativo pode ser expressa pela derivada do número de núcleos radioativos em relação ao tempo (ZILL, 2016):

$$\frac{dA}{dt} = -kA \quad (1)$$

em que,

k – constante de decaimento radioativo, anos;

A = A(t) – número de núcleos radioativos no momento t, porcentagem;

t – tempo, anos.

A equação (1) é uma EDO linear, que pode ser resolvida a partir da separação de variáveis. Considerando a condição inicial de que $A(0) = A_0$, obtêm-se que:

$$A = e^{-kt} \cdot e^c \Leftrightarrow A(t) = A_0 \cdot e^{-kt} \quad (2)$$

em que,

A_0 – quantidade inicial de núcleos radioativos, porcentagem;

e – número de Euler.

Para que se consiga trabalhar com tal modelagem e determinar a quantidade de núcleos radioativos, é necessário a constante de decaimento radioativo (k). Segundo Dantas *et al.* (2019), essa constante vale aproximadamente $1,2097 \times 10^{-4}$ anos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1, são apresentados o crânio de Luzia e sua reconstrução facial. Através de processos de datação, determinou-se que a primeira habitante das Américas possui idade entre 11.000 e 11.500 anos. Com esses dados consegue-se determinar a concentração de carbono-14, fazendo o processo inverso que muitas das vezes são realizados nas datações.



FIGURA 1. Reconstrução facial de Luzia e seu crânio.

Fonte: Disponível em: <https://oglobo.globo.com/epoca/o-cranio-de-luzia-mais-antiga-habitante-das-americas-pode-ter-desaparecido-no-incendio-do-museu-nacional-23045647>. Acesso em: 03 ago. 2021.

Estabeleçamos o que estes dados significam na equação (2). Primeiramente será determinado a quantidade de núcleos radioativos para 11.000 anos, desse modo, segue que:

$$\begin{aligned}
 k &= 1,2079 \times 10^{-4}; \\
 A(11.000) &= \text{número de núcleos radioativos em 11.000 anos;} \\
 t &= 11.000; \\
 A_0 &= \text{quantidade inicial de núcleos radioativos;} \\
 e &= 2,718281.
 \end{aligned}$$

$$A(11.000) = A_0 \cdot e^{-0,00012097 \cdot 11000} \Leftrightarrow \frac{A(11.000)}{A_0} \cong 26,43\%$$

De forma análoga, consegue-se determinar a quantidade de núcleos radioativos para a variação da datação de com mais 500 anos.

$$\begin{aligned}
 k &= 1,2079 \times 10^{-4}; \\
 A(11.500) &= \text{número de núcleos radioativos em 11.500 anos;} \\
 t &= 11.500; \\
 A_0 &= \text{quantidade inicial de núcleos radioativos;} \\
 e &= 2,718281.
 \end{aligned}$$

$$A(11.500) = A_0 \cdot e^{-0,00012097 \cdot 11500} \Leftrightarrow \frac{A(11.500)}{A_0} \cong 24,88\%$$

Portanto, como descrito no processo de datação por decaimento radioativo do carbono-14, foi possível determinar que o crânio de Luzia, quando foi realizado o processo de datação possuía de 26,43% a 24,88% aproximadamente da quantidade inicial de núcleos radioativos.

CONCLUSÕES

Com a análise desta quantidade de núcleos radioativos, modelagem matemática e equações diferenciais ordinárias, consegue-se datar a idade de Luzia e outros inúmeros artefatos de origem orgânica que contam a história de povos. Através do uso de equações diferenciais ordinárias, vinculadas a química e

arqueologia, foi evidenciado uma forma de utilização destas equações fora do ambiente acadêmico. Luzia, um fóssil importante para a América, passou por processos de datação, assim como muitos outros objetos arqueológicos de origem orgânica passam. A modelagem matemática utilizada como ferramenta foi capaz de determinar a idade do fóssil e com ela, fomos capazes de determinar a quantidade de núcleos radioativos do crânio de mais de 11 mil anos.

REFERÊNCIAS

ALVES, Wendel Botelho. Sobre a datação por Decaimento Radioativo. **Connection Line- revista eletrônica da UNIVAG**. [s.l], n. 5, p. 33-43, mar. ISSN 1980-7341. Disponível em: <<https://www.periodicos.univag.com.br/index.php/CONNECTIONLINE/article/view/122/373>>. Acesso em: 25 jul. 2021.

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia**. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2014.

DANTAS, Jaqueline Soares; *et al.* Derivadas na química: decaimento radioativo do carbono-14 para determinar a idade de um fóssil. **SECITEC-Semana de Educação, Ciência e Tecnologia**, Brasil, out. 2019. Disponível em: <<http://eventos.ifg.edu.br/secitecitumbiara/wp-content/uploads/sites/9/2020/02/RE-09-Derivadas-na-Qu%C3%ADmica-Decaimento-radioativo-do-carbono-14.pdf>> . Acesso em: 03 ago. 2021.

GASPAR NETO, Verlan Valle; SANTOS, Ricardo Ventura. A cor dos ossos: narrativas científicas e apropriações culturais sobre "Luzia", um crânio pré-histórico do Brasil. **Mana**, v.15, n.2, p. 449-480, out. 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/mana/a/yXHphFx8mLSY3TkxzDCqL6d/?lang=pt>>. Acesso em: 01 ago. 2021.

NAGLE, R. Kent; SAFF, Edward B.; SNIDER, A. David. **Equações diferenciais**. 8. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

SCARPELLINI, Carminella; ANDREATTA, Vinícius Barbosa. **Manual Compacto de Química: Ensino Médio**. São Paulo: Rideel, 2011. p. 320-335.

ZILL, Denis G. **Equações diferenciais com aplicações em modelagem**. Tradução de Márcio Koji Umezawa. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning. 2016, 437 p.