

# Estudo do Decaimento Radioativo com o Uso da Plataforma PhET: uma Proposta para EaD

## *Study of Radioactive Decay Using PhET Platform: a Proposal for DE*

ISSN 2177-8110  
DOI: [10.18264/eadf.v10i1.925](https://doi.org/10.18264/eadf.v10i1.925)

Natália Alves Machado<sup>1</sup>  
Frederico Alan de Oliveira Cruz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Porto. Rua do Campo Alegre, s/n. Porto, Portugal.

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rodovia BR 465, Km 07, s/n. Seropédica – RJ – Brasil.

\*[nat.alves.machado@gmail.com](mailto:nat.alves.machado@gmail.com)

### Resumo

Apesar dos avanços tecnológicos, onde é possível obter informações sobre qualquer tema de interesse, o assunto “física nuclear” ainda é cercado de mitos e visto com certo receio por grande parte da população. Para facilitar a aprendizagem, um caminho é introduzir, nas diversas modalidades de ensino, as ferramentas de tecnologia digitais de informação e comunicação (TDIC), como os computadores e *smartphones*, para aumentar a discussão e o interesse pelo tema supracitado. No caso da radioatividade, característica que alguns átomos possuem, a possibilidade de visualização do fenômeno, em geral, não é possível; assim, as TDICs têm papel fundamental nessa abordagem. Deste modo, neste trabalho é apresentada a possibilidade da análise, virtual, do decaimento de um material radioativo, dentro da realidade de formação em Ensino a Distância (EaD), a partir do uso de uma simulação presente do portal *PhET Interactive Simulations*. Na avaliação do decaimento do elemento Polônio-211, verificou-se que a simulação apresenta resultados compatíveis com os dados experimentais reais, encontrados na literatura, mostrando que pode ser utilizada como atividade laboratorial, virtual, pelos estudantes de EaD. Finalmente, ressaltamos que este trabalho pode permitir a obtenção de outras informações que são consideradas pertinentes a partir dos dados coletados durante esta atividade virtual.

**Palavras-chave:** Radioatividade. Partícula alfa. Ensino de física. TDICs.



Recebido 17/ 11/ 2019  
Aceito 22/ 05/ 2020  
Publicado 27/ 05/ 2020

### COMO CITAR ESTE ARTIGO

**ABNT:** MACHADO, N.A.; CRUZ, F.A.O. Estudo do Decaimento Radioativo com o uso da Plataforma PhET: Uma Proposta Para EaD. **EaD em Foco**, V10, e925. 2020.  
doi: <https://doi.org/10.18264/eadf.v10i1.925>

## Study of Radioactive Decay Using PhET Platform: a Proposal for DE

### Abstract

*Despite technological advances, where it is possible to obtain information on any topic of interest, the subject “nuclear physics” is still surrounded by myths and is viewed with fear by a large part of the population. To facilitate learning, one way is to introduce, in the various teaching modalities, information and communication digital technologies tools (ICTs), such as computers and smartphones, to increase the discussion and interest in aforementioned theme. In the case of radioactivity, characteristic of some atoms, the possibility of visualizing phenomenon, in general, is not possible, and so ICTs have a fundamental role in this approach. Thus, this work presents the possibility of virtual analysis of the radioactive decay, within the context of distance education (DE), using a simulation present on the PhET Interactive Simulations portal. In case of the Polonium-211's decay, it was found that the simulation presents results compatible with the real experimental data, found in literature, showing that it can be used as a laboratory activity, virtual, by DE students. Finally, we emphasize that this work may allow obtaining other information that is considered relevant from data collected during this virtual activity.*

**Keywords:** Radioactivity. Alpha particle. Physics education.

## 1. Introdução

Nos cursos de graduação em Física, a discussão dos fenômenos associados aos diferentes decaimentos radioativos e de outros temas relativos aos núcleos atômicos são apresentados, em geral, dentro da disciplina de Física Moderna. A sua discussão se faz importante para que os estudantes possam compreender os princípios básicos sobre a geração de energia e o seu uso na medicina, percebendo a importância do tema no desenvolvimento da sociedade.

A questão é que, apesar dos avanços tecnológicos, onde é possível obter informações sobre qualquer tema de interesse, o assunto “física nuclear” ainda é cercado de mitos e visto com certo receio por grande parte da população, devido à possibilidade remota, nos dias atuais, de uma guerra nuclear e de acidentes ocorridos em algumas partes do mundo, em especial, o de Chernobyl<sup>1</sup>, em 1986, e o de Fukushima<sup>2</sup>, em 2011 — esse último devido a um tsunami que atingiu a central nuclear da cidade japonesa. Neste sentido, é papel dos professores apresentar de forma conveniente, independente das características e nível das instituições de ensino, os elementos para aprendizagem desses conteúdos de forma adequada, visando que o estudante possa compreender os benefícios e os eventuais riscos do uso de materiais radioativos dentro da sociedade atual.

No que diz respeito à apresentação teórica dos conceitos que permeiam o tema de física nuclear, existem boas e tradicionais fontes de consulta que suprem a necessidade dos estudantes (EISBERG; RESNICK, 1994; CUTNELL; JOHNSON, 2006; TIPLER; LLEWELLYN, 2014); no entanto, no caso das atividades experi-

1 Acidente nuclear ocorrido em um dos reatores da Usina Nuclear local em 1986, que vitimou de forma fatal pelo menos 30 pessoas e obrigou o isolamento total da região (SUGUIMOTO, CASTILHO, 2014).

2 Acidente nuclear ocorrido na Central Nuclear da cidade, devido aos danos na estrutura da usina provocado por um abalo sísmico e um grande tsunami que atingiram o Japão em 2011 (FUNABASHI, KITAZAWA, 2012).

mentais, devido ao custo de certos materiais e da necessidade de uma estrutura fixa adequada para esse fim, é possível que nem sempre elas sejam realizadas. A questão é que as aulas prático-laboratoriais, independentemente da área de conhecimento, são elementos fundamentais para aprendizagem dos estudantes (MORAIS; POLETO, 2014; SILVA JÚNIOR; PARREIRA, 2016), principalmente por permitir a conexão com a teoria que, muitas vezes, é apresentada sem qualquer contextualização nos materiais didáticos; mas também favorecer a prática letiva dos professores, ao fornecer elementos que contribuam para uma discussão mais rica sobre o que está sendo apresentado.

Um artifício interessante para contornar a falta de equipamentos e/ou espaço adequado para a realização de atividades experimentais é a utilização de simulações computacionais. De forma geral, as possibilidades dessa ferramenta são apresentadas no seguinte trecho:

[...] os experimentos virtuais permitem a visualização de conceitos abstratos; a redução do tempo necessário para a preparação, coleta de dados e execução dos experimentos; possibilitam repetir o mesmo experimento várias vezes; ampliar o número de sujeitos que podem manipular o experimento; realizar experimentos que não podem ser executados em laboratórios convencionais; manipular parâmetros físicos; garantir um feedback imediato; abordar um número maior de fenômenos num intervalo de tempo menor; comumente são interativos, flexíveis, reutilizáveis e interoperáveis; não há restrições de acesso no que diz respeito ao tempo e nem lugar; permitem o desenvolvimento de novas competências; evitam que o aparato experimental seja danificado por mau uso; e favorecem a realização de trabalhos colaborativos a distância [...] (SILVA, MERCADO, 2019, p. 1)

Como base no que foi dito até o momento, compreender as vantagens de usar essas ferramentas dentro da prática letiva, principalmente nas discussões de temas de difícil compressão para os alunos, é um elemento importante para seu efetivo emprego nas mais diferentes modalidades e níveis de ensino, visando promover uma aprendizagem mais completa e transformadora.

## 2. A importância do uso das TDICs como estratégia para o ensino

As tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), termo que surge na década de 90, promovem significativamente o processo de ensino e aprendizagem por mostrarem-se eficazes no contexto de sala de aula por inúmeros fatores, principalmente por estarem tão presentes na vida cotidiana na atual sociedade, como descrito no seguinte trecho:

As TIC são constituídas por meios técnicos para manipular informação e promover a comunicação, incluindo o *hardware* e o *software* necessários, e surgem associadas às redes computacionais. Estão também vinculadas com a telecomunicação, como meio de difusão da comunicação, e com os elementos que promovem e possibilitam o processamento e sua transmissão em distintos formatos. (RICOY, COUTO, 2012, p. 243)

A possibilidade do ganho de aprendizagem de diversos conhecimentos pelo uso das simulações computacionais, relatada anteriormente, é um elemento que pode ser visto com alguma ressalva por alguns professores, e isso pode estar relacionado a alguns fatores, um deles foi trazido por Schuhmacher, Alves Filho e Schuhmacher (2017):

[...] o professor, ao receber o estudante em sala de aula, presencia uma realidade que, para ele, foi construída diferente daquela do estudante: por vezes calcada em seu passado no qual não existia o computador. Possivelmente o computador não faça parte da sua rotina fora do ambiente da escola, mas talvez faça parte da realidade da escola em que atua. Eventualmente pode ter sido motivo de constrangimento para o professor, ou que o mesmo tenha tido experiências desagradáveis ao usá-lo. (SCHUHMACHER, ALVES FILHO, SCHUHMACHER, 2017, p. 564)

No caso do ensino presencial, essa barreira nem sempre é rompida, e as chamadas “aulas tradicionais”, de método expositivo, que têm como suporte apenas a lousa, são geralmente as mais utilizadas. A questão é que, na modalidade de ensino a distância, existe quase uma obrigatoriedade do rompimento desse modelo, como dito por Vieira (2011):

A educação a distância independente do formato que venha ter, já que cada projeto educacional é estruturado conforme suas finalidades e objetivos, ocorre sem que haja a necessidade da presença física de alunos e professores ao mesmo tempo e num mesmo lugar. O conceito de espaço e tempo é modificado, e em função desta especificidade, as TIC configuram-se como elementos norteadores da aprendizagem, potencializando a integração entre os sujeitos envolvidos e o conhecimento desejado. (VIEIRA, 2011, p. 67)

Uma vez que os estudantes de EaD são levados à construção de um papel mais autônomo durante as ações de ensino e aprendizagem (BASEGGIO, MUNIZ, 2009), as simulações possibilitam a melhora das suas bases de conhecimento acerca dos fenômenos físicos para que fiquem mais consolidados, já que estes estudantes têm o acesso mais restrito aos laboratórios.

É importante salientar que o uso dessas ferramentas não resolverá todos os problemas de aprendizagem existentes; no entanto, pode minimizar algumas dificuldades encontradas pelos professores na apresentação de alguns temas e, no caso dos estudantes, facilitar a compreensão por contribuir com a visualização de um fenômeno que antes seria discutido apenas de forma abstrata. Essa realidade é um dos grandes entraves para a aprendizagem de ciências de forma geral, como apresentado por Massi (2015) no seguinte trecho:

O ensino de ciências exige o estabelecimento de relações entre o real e o abstrato, partindo de uma análise do real para compreender sua constituição e suas interações, por meio de modelos científicos produzidos historicamente que, através de um movimento de ruptura ou continuidade, expliquem a natureza. Nessa perspectiva, a principal contribuição das TIC se relaciona ao desenvolvimento do pensamento abstrato potencializado através de visualizações do real e dos modelos científicos que não seriam acessíveis diretamente. (MASSI, 2015, p. 8)

É dentro dessa visão, onde as TDICs têm um papel importante na discussão dos fenômenos nas diferentes modalidades de ensino, que neste trabalho é apresentada uma proposta para a abordagem dos princípios básicos envolvidos num decaimento radioativo com o uso de uma simulação computacional simples e gratuita que possa ser útil aos estudantes que buscam formação nos cursos a distância.

É importante ressaltar que o tema em questão está tradicionalmente presente nas disciplinas de Estrutura da Matéria, também nomeada como Física Moderna em algumas realidades, dos cursos em EaD (UNB<sup>3</sup>, 2017; UFSC<sup>4</sup>, 2015, ULBRA<sup>5</sup>, 2016), seja como assunto específico ou dentro da discussão de conceitos de física nuclear. Assim, buscar uma forma que permita contribuir na aprendizagem desses fenômenos é elemento importante na formação dos estudantes dessa modalidade.

### 3. Compreendendo o problema físico

Antes de iniciar a discussão sobre as potencialidades da ferramenta em questão, cabe aqui uma revisão dos conceitos básicos ligados aos decaimentos radioativos visando situar o leitor e, assim, favorecer a percepção da possibilidade do uso pedagógico em realidades que discutam sobre o tema em questão.

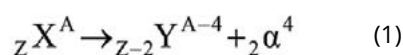
A radioatividade pode ser definida como uma característica que alguns átomos possuem, em sua estrutura nuclear, emitir energia, na forma de partículas e/ou onda, alterando, assim, a sua estrutura química até tornar-se um isótopo ou outro elemento mais estável (SILVA, 2007). Um detalhe interessante sobre o termo isótopo, frequentemente utilizado para identificar estes átomos, é trazido no seguinte relato:

O termo “isótopo” foi sugerido a Soddy em 1913 por Margaret Todd, uma médica e escritora escocesa de quem ele era parente distante. Conversando com ela, Soddy tentou explicar que, de acordo com sua pesquisa, parecia que elementos diferentes ocupavam o mesmo lugar na tabela periódica. A estudiosa Todd notou imediatamente que em grego “o mesmo lugar” é chamado *ισό-τοπος* (*iso-topos*) e sugeriu que ele o usasse. Soddy aceitou a sugestão imediatamente e desde então o termo isótopo tem sido de domínio público. (CALIFANO, 2012, p. 148, tradução do autor)

Em geral, as emissões radioativas, também chamadas de decaimento, são de três tipos básicos:

- Decaimento Alfa ( $\alpha$ )

Nesse tipo de decaimento, um átomo (X) tem uma diminuição do número de massa (A) em quatro unidades e seu número atômico (Z) diminuirá em duas unidades, tornando-se assim outro elemento (Y) (Soddy, 2011):



sendo essa partícula emitida similar ao núcleo do átomo de hélio (He).

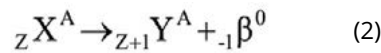
- Decaimento Beta ( $\beta$ )

Nesse tipo de decaimento, um átomo (X) mantém seu número de massa (A), mas seu número atômico (Z) é alterado em uma unidade, tornando-se outro elemento (Y), como dito por Soddy (1911). No caso de a partícula possuir carga igual a de um elétron, a equação de decaimento será escrita da seguinte forma:

3 <https://ead.unb.br/index.php/fisica>

4 <https://uab.ufsc.br/fisica/>

5 <https://www.ulbra.br/ead/graduacao/ead/fisica/licenciatura>



- Decaimento Gama ( $\gamma$ )

Nesse tipo de decaimento, o átomo (X) mantém seu número de massa (A) e seu número atômico (Z), isto é, sem se tornar outro elemento, devido à emissão de ondas eletromagnéticas. Essa radiação, descoberta por Paul Villard em 1900 (GERWARD, 1999), teve seu comprimento de onda determinado pela primeira vez em 1914, por Ernest Rutherford e Edward Andrade (FRANCIS, 2017).

Cada uma dessas radiações, devido às suas características, pode sofrer deflexão na sua trajetória devido à presença de algum campo, elétrico ou magnético, e tem poderes de penetração nos diferentes materiais existentes (RUTHERFORD, 1903). Em relação à atividade radioativa de um material, esta pode ser descrita na forma (RUTHERFORD; SODDY, 1902):

$$\frac{I(t)}{I_0} = e^{-\lambda t} \quad (3)$$

onde  $I(t)$  representa a atividade da amostra em certo instante de tempo  $t$ ,  $I_0$  a atividade no início da observação ( $t = 0$ ), ambas medidas em becquerel (Bq), e  $\lambda$  a constante de decaimento radioativo. Considerando que a atividade radioativa está diretamente relacionada ao número de átomos instáveis, é possível reescrever a expressão anterior como:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (4)$$

sendo  $N(t)$  o número de núcleos radioativos em certo instante de tempo  $t$  e  $N_0$  o número de núcleos radioativos da amostra no início da observação ( $t = 0$ ) e a constante passa a informar o número de desintegrações em cada unidade de tempo.

Um parâmetro importante que pode ser obtido diretamente da equação (4) é denominado tempo de meia vida ( $T_{1/2}$ ), que informa o intervalo de tempo necessário para que a metade dos núcleos radioativos se desintegrem, sendo obtido com o uso da relação (WEINERT, 2009):

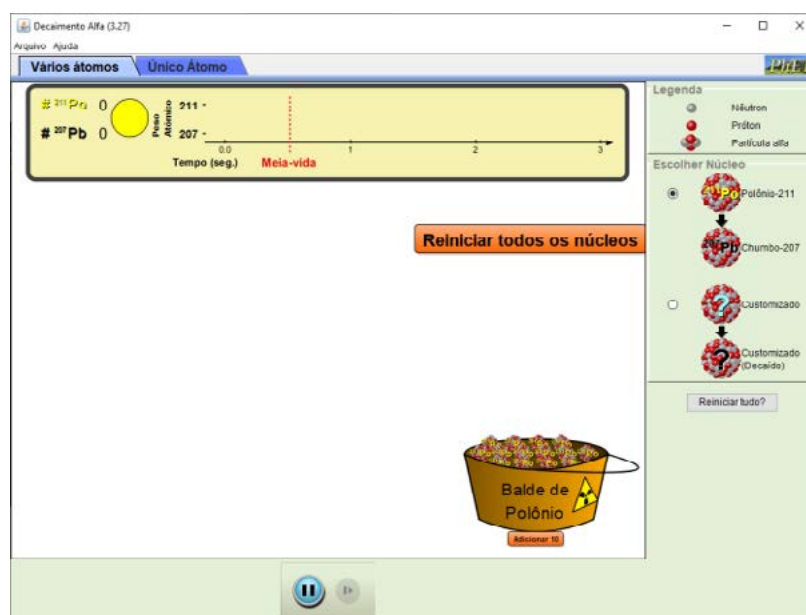
$$T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} \quad (5)$$

E esse valor é independente da quantidade inicial de material radioativo existente, não sendo afetado por mudanças de temperatura e pressão no local onde ele está localizado.

#### 4. Metodologia para utilização da simulação

A proposta deste trabalho, dentro do que já foi discutido, é mostrar a possibilidade da análise, virtual, do decaimento de um material radioativo, dentro da realidade de formação em EaD, a partir do uso da simulação "Decaimento Alfa" (figura 1), presente do portal *PhET Interactive Simulations* da Universidade do Colorado (UC<sup>6</sup>, 2012<sup>a</sup>). O objetivo principal dessa é, como o nome sugere, permitir ao usuário compreender os conceitos básicos do decaimento radioativo a partir da análise do elemento Polônio-211 ( ${}^{211}\text{Po}$ ).

6 [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)



**Figura 1:** Simulação “Decaimento Alfa” para o estudo de radiação.

Fonte: UC, 2012.

Apesar da existência de outras simulações que nos possibilitaria realizar esta atividade, a escolha da plataforma *PhET* ocorreu porque as outras não são visualmente interessantes para os estudantes e/ou não possibilitam a escolha do número de núcleos iniciais para o estudo do decaimento, como é o caso, por exemplo, do *applet* “*The law of the radioactive decay*” (FENDT, 2014).

Na página da plataforma *PhET* e fora dela existem várias propostas de atividades buscando mostrar as características do decaimento, como sugerida por Loeblein (2017) e por Soares, Moraes e Oliveria (2015); contudo, a ideia aqui é um pouco mais ampla. Loeblein leva o aluno a investigar o decaimento alfa e o tempo de meia-vida do  $^{211}\text{Po}$  pela observação e coleta de dados, sem fazer uma análise gráfica ou estatística do que está sendo estudado. Já Soares e colaboradores usam o *applet* dentro de uma sequência didática, limitando-se à discussão do fenômeno em si, e não à construção da ideia de validação das relações matemáticas associadas ao tema.

Além de perceber as características do decaimento, o objetivo desta prática é trabalhar o registro de dados, a análise desses com a inserção em um *software* que permita determinar a equação de ajuste mais adequada, compreensão do conceito de correlação matemática entre os dados e a curva de tendência e, assim, obter as demais informações relevantes sobre o decaimento radioativo que está sendo analisando.

O elemento em questão surge da série de decaimento do Urânio-235 ( $^{235}\text{U}$ ), mas para compreender um pouco do elemento químico em questão, e não apenas do que é apresentado na simulação, vamos recorrer à seguinte descrição:

O Polônio é um homólogo superior do Telúrio, e o isótopo natural de vida mais longa é o Polônio 210 com período de 138 dias. Este isótopo emite radiação alfa, essencialmente mono-energética de 5,3 MeV acompanhada de fraquíssima radiação gama. Ele não dá filiação radioativa sendo seu descendente um isótopo estável do chumbo. Estas características faziam do Polônio um elemento ideal para a obtenção de fonte de radiação alfa seja para o estudo deste tipo de radiação como para a realização de transmutações nucleares [...] (DANON, 1978, p. 16)

Os estudos que podem ser realizados são a determinação da meia vida ( $T_{1/2}$ ), apresentada na equação (5), e a atividade inicial da amostra, sendo que para isso o estudante precisará determinar o valor da constante de decaimento radioativo  $\lambda$  do material. No entanto, para o usuário obter o valor desse parâmetro, é necessário o conhecimento da curva de decaimento; sendo assim, é preciso construir o gráfico do número de núcleos radioativos em função do tempo e, a partir desses dados, encontrar a informação de interesse.

A ação inicial é definir o número de núcleos radioativos que serão colocados para análise, onde o usuário pode inserir, no mínimo, dez e, no máximo, cem, pelas características do programa. Escolhida a quantidade a ser analisada, é iniciada a simulação, e devem ser anotados, em uma tabela, os dados relativos ao número de átomos (N) existentes entre 0 s e 3 s, em quantos intervalos de tempo que considerar convenientes. Esses valores podem ser observados na barra localizada na parte superior da simulação, que apresenta o número de núcleos que já decaíram em chumbo ( $^{207}\text{Pb}$ ) e aqueles que ainda estão na forma de polônio radioativo ( $^{211}\text{Po}$ ) (figura 2).



**Figura 2:** Valores observados na simulação considerando, o início com 20 núcleos radioativos.

Fonte: UC, 2012.

A medida deverá ser realizada para, pelo menos, dois valores de núcleos distintos no início do decaimento, repetindo a medida, ao menos, três vezes para cada um deles e, a partir dos dados obtidos, deve-se construir um gráfico utilizando um *software* que permita obter a curva constante de decaimento para esse experimento e, a partir dela, determinar o tempo de meia-vida do material utilizado na simulação, comparando o valor encontrado com aquele apresentado na literatura, e avaliar a atividade de cada uma das amostras.

Um detalhe importante sobre a repetição da medida pode parecer desnecessário, mas o programa parece possuir um sistema randômico, fazendo com que, em cada simulação, sejam apresentados valores de decaimento distintos para o mesmo instante, fornecendo, assim, a ideia ao usuário de que ele está analisando diferentes amostras de certo material radioativo.

## 5. Resultados encontrados e discussão

Para que a realização do experimento virtual seja produtiva, é razoável executar a simulação em situações em que o número inicial não seja menor que vinte núcleos de polônio, analisando o número de decaimentos em intervalos de meio segundo. Apesar do instante intermediário não estar identificado na barra superior da simulação (figura 3), vale considerar que pequenos erros de medição, nessa escala de tempo, não apresentam eventuais problemas para a atividade, e isso pode fornecer um maior número de dados para a construção do gráfico, possibilitando obter um melhor valor da constante de decaimento.

De posse dos dados relativos ao número de núcleos e desvios-padrão em cada instante, considerando em ambos os casos que não é possível ocorrer meio decaimento, os valores associados a cada medida foram aproximados para números inteiros, usando regras de arredondamento básicas para adequação dos dados, para que esses fossem analisados graficamente. Essa fase foi realizada com o programa de código aberto Graph<sup>®</sup> (JOHANSEN, 2012), que é capaz de gerar gráficos de funções matemáticas e dados, para a construção do gráfico de decaimento.



Apesar de o programa possuir uma curva de ajuste exponencial, o ideal é que o usuário, conhecendo as características do problema, possa inserir dentro do programa a equação que melhor descreva o fenômeno, e que, nesse caso, é dado pela equação (4). Essa etapa foi realizada inserindo no *software*, na opção existente da barra de tarefa na sequência “Inserir linha de tendência Definida pelo usuário”, por meio da sintaxe:

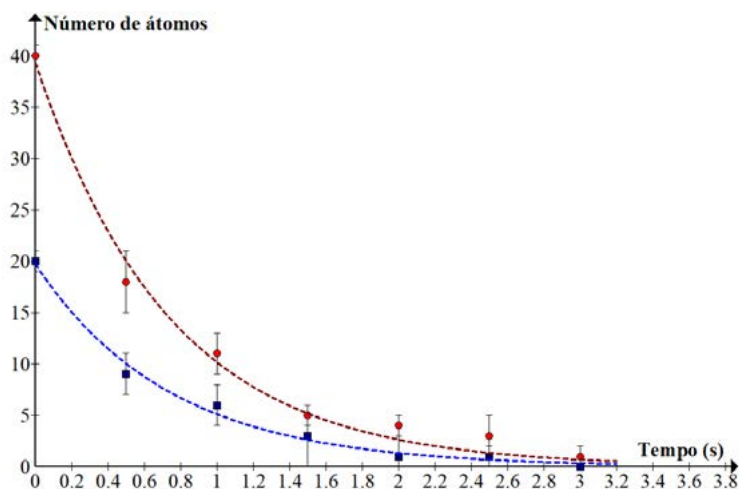
$$(\$a) * \exp(-(\$b) * x) \quad (6)$$

onde “\$a” equivale ao número inicial de núcleos ( $N_0$ ) e “\$b” é a constante de decaimento ( $\lambda$ ).

Um ponto importante desse procedimento é que o estudante, ao realizar a análise dessa forma, possa avaliar os possíveis valores desses parâmetros na equação, como visto em outro trabalho:

Valores inseridos que sejam muito destoantes ao esperado ou uma função escolhida aleatoriamente não produzirão uma equação de ajuste adequada, obrigando que os alunos possam discutir novamente quais parâmetros foram mal estipulados e dando uma noção importante sobre valores esperados em uma determinada medida. (INOCÊNCIO, CRUZ, 2019, p. 108)

No caso aqui apresentado, foram avaliados decaimentos com número inicial de 20 e 40 núcleos radioativos e, em ambos os casos, a equação de ajuste proposta apresentou um coeficiente de correlação ( $r^2$ ) aproximado de 0,99 para ambos os dados, mostrando que existe uma boa aproximação entre os valores obtidos e os pontos da curva, como era de se esperar (figura 3).



**Figura 3:** Gráfico de decaimento alfa obtido para diferentes quantidades iniciais de núcleos de  $^{211}\text{Po}^7$ .

Em relação à constante de decaimento, que em ambas as situações foi de aproximadamente  $1,3 \text{ s}^{-1}$ , foi mostrado que, independentemente do número inicial de núcleos, essa grandeza não varia para uma mesma espécie radioativa. A partir dele, é possível obter a meia-vida dos núcleos radioativos da simulação, aproximadamente, igual a 0,53 s, que difere do valor tabelado, de 0,516 s (DFN, 2014), em 3,3%, e que pode ser considerado razoável dentro das limitações da simulação.

7 Curvas relativas ao decaimento de quarenta núcleos radioativos (---) e outra a vinte núcleos radioativos (---) no início da análise.

Em relação à obtenção da atividade da amostra radioativa no início da simulação ( $I_0$ ), que pode ser obtida pelo produto entre a constante de decaimento e o número inicial de núcleos radioativos ( $\lambda \cdot N_0$ ) (CUTNELL; JOHNSON, 2006), os valores encontrados foram de aproximadamente cinquenta e duas desintegrações por segundo, ou seja, 52 Bq, para a amostra que possuía quarenta núcleos radioativos no início, e 26 Bq para a amostra com vinte. Isso é compatível com a teoria, uma vez que a atividade é proporcional ao número de partículas radioativas existentes no meio analisado, ao contrário da grandeza da meia-vida obtida na etapa anterior.

Um detalhe da proposta aqui apresentada é que ela pode também ser utilizada no estudo das emissões do tipo beta, usando a simulação denominada “Decaimento Beta” (UC, 2012<sup>b</sup>), permitindo, assim, uma discussão sobre os diferentes tipos de decaimentos radioativos com característica corpuscular.

## 6. Considerações finais

Em primeiro lugar, deve ficar claro que a utilização de uma atividade como essa deve estar associada à contextualização do fenômeno em si, bem como de um resgate do processo histórico envolvido na descoberta da radioatividade. Isso deixa claro que a utilização de uma simulação é apenas um dos elementos necessários para a aprendizagem, e não o único que será usado no processo de formação dos estudantes.

Fica evidente, durante a atividade com a simulação, que ela representa um poderoso aliado na discussão do tema relativo ao decaimento radioativo, independente da modalidade de ensino que utilize essa ferramenta. No caso dos cursos na modalidade EaD, ela pode ser usada como uma ferramenta que visa tornar a discussão menos teórica e mais ativa por parte dos estudantes, sendo um elemento importante, que pode permitir a realização de uma etapa experimental em que, em algumas situações, isso não é possível.

Deste modo, a atividade desenvolvida está em consonância com o proposto por diversos pedagogos, pois a utilização das atividades experimentais virtuais proporciona aos alunos uma aprendizagem ativa, com resultados positivos conhecidos. A exploração prática dos fenômenos experimentais estudados na Física permitem também que sejam realizadas avaliações contínuas e mais realistas da aprendizagem, garantindo que todas as etapas desenvolvidas foram significativas.

Finalmente, esse tipo de abordagem pode contribuir para uma maior compreensão dos conceitos associados ao tema, por permitir a obtenção de outras informações que considere pertinentes, a partir dos dados coletados durante a atividade virtual, que favorecerão uma discussão mais ampla e racional da radioatividade. Além disso, a atividade também habitua o futuro profissional, independente da área de atuação, a utilizar as simulações computacionais a seu favor.

## Referências

- BASEGGIO, K. R.; MUNIZ, E. P. Autonomia do aluno de EAD no processo de ensino e de aprendizagem. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 5, n. 8, p. 1-16, 2009.
- CALIFANO, S. **Pathways to Modern Chemical Physics**. Berlin: Springer-Verlag, 2012.
- CUTNELL, J. D; JOHNSON, K. W. **Física**. v. 3. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- DANON, J. A história do elemento 84, o Polônio: a química no desenvolvimento da energia nuclear. **Química Nova**, v. 1, n. 4, p. 16-21, 1978.
- DFN - Departamento de Física Nuclear (USP). **Polônio**, 2014. Disponível em: <<https://is.gd/TKOgZi>>, acesso em: 31 ago. 2019.

- EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994.
- FENDT, W. **The Law of Radioactive Decay**, 2014. Disponível em: <<https://is.gd/ardiL3>>. Acesso em: 05 fev. 2020.
- FRANCIS, C. **Light after Dark II: The Large and the Small**. Leicester: Troubador Publishing, 2017.
- FUNABASHI, Y.; KITAZAWA, K. Fukushima in review: A complex disaster, a disastrous response. **Bulletin of the Atomic Scientists**, n. 68, v. 2, p. 9-21, 2012.
- GERWARD, L. Paul Villard and his Discovery of Gamma Rays. **Physics in Perspective**, n. 1, p. 367-383, 1999.
- INOCÊNCIO, T. O.; CRUZ, F. A. O. Significando o movimento oscilatório: uma propostas exploratória com o uso de *softwares* livres. **Dynamis**, v. 25, p. 96-114, 2019.
- JOHANSEN, I. **Graph 4.4.2.**, 2012. Disponível em: <<http://www.padowan.dk/>>, acesso em: acesso em: 06 ago. 2019.
- LOEBLEIN, T. **Alpha Decay investigations**, 2017. Disponível em: <<https://is.gd/bBGodS>>, acesso em: 02 nov. 2019.
- MASSI, L. Tecnologias da informação e da comunicação na Educação em Ciências. **Tecné Epusteme y Didaxis**, n. 37, p. 7-10, 2015.
- MORAIS, E. A.; POLETTO, R. S. A experimentação como metodologia facilitadora da aprendizagem de ciências. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**. Curitiba: SEED, 2014, v. 1, p. 1-20.
- RICOY, M. C.; COUTO M. J. V. S. Os recursos educativos e a utilização das TIC no Ensino Secundário na Matemática. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 25, n. 2, p. 241-262, 2012.
- RUTHERFORD, E.; SODDY, F. The cause and nature of radioactivity - Part I. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 4, n. 21, p. 370-396, 1902.
- RUTHERFORD, E. The magnetic and electric deviation of the easily absorbed rays from radium. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 5, n. 26, p. 177-187, 1903.
- SCHUHMACHER, V. R. N.; ALVES FILHO, J. P.; SCHUHMACHER, E. As barreiras da prática docente no uso das tecnologias de informação e comunicação. **Ciência & Educação**, v. 23, n. 3, p. 563-576, 2017.
- SILVA, D. J. **Radioatividade e Proteção Radiológica**: Conceitos, Aplicações e Esclarecimentos para Alunos do Ensino Médio. Rio de Janeiro: UFRJ, 2007. 64 p.
- SILVA, I. P.; MERCADO, L. P. L. Revisão sistemática de literatura acerca da experimentação virtual no ensino de Física. **Ensino & Pesquisa**, v. 17, n. 1, p. 49-77, 2019.
- SILVA JÚNIOR, E. A.; PARREIRA, G. G. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino da Química no ensino médio. **Revista Tecnica**, v. 1, n. 1, p. 67-82, 2016.
- SOARES, A. A.; MORAES, L. E.; OLIVEIRA, F. G. Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 915-933, 2015.
- SODDY, F. **The Chemistry of the Radio-elements**. London: Longmans, Green & Co., 1911.
- SUGUIMOTO, D. Y. L.; CASTILHO, M. A. Chernobyl - A Catástrofe. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 12, n. 2, p. 316-322, 2014.
- TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

UC - University of Colorado. **Decaimento Alfa**, 2012<sup>a</sup>. Disponível em: <<https://is.gd/k40du9>>. Acesso em: 31 out. 2019.

UC - University of Colorado. **Decaimento Beta**, 2012<sup>b</sup>. Disponível em: <<https://is.gd/NAjffE>>. Acesso em: 31 out. 2019.

ULBRA - Universidade Luterana do Brasil. **Ementas das Disciplinas: Curso Ensino a Distância (EaD) de Física Licenciatura**, 2016. Disponível em: <<https://is.gd/2ShmNb>>, acesso em: 14 nov. 2019.

UNB - Universidade de Brasília. **Projeto Político Pedagógico de Curso: Licenciatura em Física – modalidade a distância**, 2017. Disponível em: <<https://is.gd/8Y3tGl>>. Acesso em: 14 nov. 2019.

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. **Estrutura da Matéria I**, 2015. Disponível em: <<https://is.gd/4izDw6>>. Acesso em: 14 nov. 2019.

VIEIRA, R. S. O Papel das tecnologias da informação e comunicação na educação a distância: um estudo sobre a percepção do professor/tutor. **Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância**, v. 10, p. 65-70, 2011.

WEINERT, F. Radioactive Decay Law (Rutherford–Soddy). In: Greenberger D., Hentschel K., Weinert F. (eds) **Compendium of Quantum Physics**. Berlin/Heidelberg: Springer, 2009.