



TAPEQUIM: UMA TABELA PERIÓDICA QUE CONTRIBUI PARA O ENSINO DE RADIOISÓTOPOS NATURAIS NA PERSPECTIVA DE UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA

TAPEQUIM: A PERIODIC TABLE THAT CONTRIBUTES TO THE TEACHING OF NATURAL RADIOISOTOPES FROM THE PERSPECTIVE OF A CRITICAL MEANINGFUL LEARNING

Claudineide Maria Lina de Santana  

Universidade Federal de Pernambuco, (UFPE)

✉ clsantana_75@hotmail.com

Bruna de Oliveira Silva Rodrigues  

Universidade Federal de Pernambuco, (UFPE)

✉ brunadeoliveira@outlook.com

Fabiana da Silva Aquino  

Escola Municipal Albin Stahli (EMAS)

✉ fasiaquino@gmail.com

Elvis Joacir de França  

Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste, (CRCN-NE)

✉ eifranca@gmail.com

Kátia Aparecida da Silva Aquino  

Colégio de Aplicação, Universidade Federal de Pernambuco, (CAp/UFPE)

✉ aquino@ufpe.br

RESUMO: Pensando numa alternativa para um ensino mais dinâmico sobre a tabela periódica, desenvolveu-se a ferramenta TAPEQUIM - Tabela Periódica dos Elementos Químicos. A TAPEQUIM se trata de uma tabela periódica que tem como objetivo possibilitar aos professores e estudantes a utilização de uma ferramenta tecnológica com mobilidade e que promova a interação entre a química, a tecnologia e a sociedade. Além disso, possa também contribuir para a promoção de uma Aprendizagem Significativa Crítica e para o desenvolvimento de competências e habilidades no Ensino Médio. O diferencial desta tabela em relação a outras já existentes na *internet* consiste no fato de ela apresentar os isótopos e radioisótopos de cada elemento químico, suas aplicações, além de notícias referentes a eles. Os resultados obtidos com o uso da TAPEQUIM na sala de aula apontaram a contribuição da mesma na construção de um conhecimento significativo crítico e principalmente na desconstrução de ideias equivocadas com relação à radioatividade através das reflexões feitas pelos estudantes.

PALAVRAS-CHAVE: Tabela periódica. Competências e habilidades. Aprendizagem significativa.

ABSTRACT: The TAPEQUIM – Periodic Table of Chemical Elements was developed as an alternative for more dynamic teaching about the periodic table of chemical elements. TAPEQUIM is a periodic table that aims to enable teachers and students to use a technological tool with mobility and that promotes interaction between chemistry, technology and society. In addition to contributing to the promotion of a Critical Meaningful Learning and the development of competencies and skills provided for High School. The differential of TAPEQUIM to others consists of the fact that it presents the isotopes and radioisotopes of each chemical element, their applications, and news about them. The results obtained with the use of the TAPEQUIM in the classroom pointed out its contribution to the construction of meaningful critical knowledge and mainly in the deconstruction of mistaken ideas regarding radioactivity through their reflections made by students.

KEY WORDS: Periodic table. Skills and abilities. Meaningful learning.

Introdução

Com o constante avanço da tecnologia no mundo, observa-se que a geração atual vive em um ambiente interativo sem fronteiras, no qual as informações são ilimitadas e quase que instantâneas. Esse dinamismo entra em contraste com a monotonia de uma sala de aula tradicional, que leva a uma lacuna entre a geração do estudante e a geração do educador. Neste contexto, faz-se necessário que os professores busquem estratégias pedagógicas que amenizem esta diferença e que façam com que seus estudantes encontrem o elo entre a sua realidade e o conhecimento proposto pelo objeto de conhecimento.

Levando esta problemática para a sala de aula de química, com a abordagem do tema Tabela Periódica, pode-se observar que na maioria das vezes o método mecânico de ensino é utilizado. Neste cenário, a nova informação é mostrada de forma pronta para os estudantes, criando inicialmente uma barreira que pode dificultar os seus aprendizados e impondo muitas vezes aos mesmos a obrigatoriedade de decorar a informação. Observa-se também que o assunto sobre a Tabela Periódica é abordado, na maioria dos livros didáticos, de forma sucinta e muito aquém da sua capacidade, uma vez que a mesma é uma ferramenta importante no estudo da química, como por exemplo, na abordagem dos isótopos e suas aplicações no cotidiano.

Uma alternativa para a mudança deste quadro está na inclusão de tecnologias em conjunto com o contexto histórico, visando despertar a curiosidade dos estudantes, na direção de mostrar que o surgimento da química ocorreu por intermédio de sucessivos acontecimentos históricos e que esta ciência está mais próxima de sua realidade do que se pode imaginar. Uma analogia entre átomos dos elementos químicos e o alfabeto pode ser feita, de modo que assim como as letras agrupadas dão origem às palavras, os átomos dos diferentes elementos químicos são unidades, que agrupadas, dão origem a todas as substâncias (Santos, 2006, p. 173).

A importância do conhecimento das letras para a comunicação escrita está diretamente relacionada às informações das propriedades dos elementos contidas na Tabela Periódica. Logo, não há necessidade de decorá-la e sim saber ler as informações contidas nela, conforme discute Santos (2006). Sendo assim, a ferramenta tecnológica **TAPEQUIM - Tabela Periódica dos Elementos Químicos** foi desenvolvida a fim de viabilizar uma discussão mais contextualizada dos elementos químicos e sua inserção dentro de um tripé que une a Química, a Tecnologia e a Sociedade. Além disso, pretendeu-se demonstrar que esta ferramenta pode ser um instrumento tanto para promoção de uma Aprendizagem Significativa Crítica quanto para o desenvolvimento de competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio.

Referencial teórico

A tecnologia digital como ferramenta educativa

Com o desenvolvimento tecnológico, a sociedade torna-se a cada dia mais dependente da comodidade que esse desenvolvimento oferece. A tecnologia móvel é um bom exemplo, pois está cada vez mais presente através da interação com redes e conectividade com a *internet*, podendo ter um grande impacto para a aprendizagem. Na *Mobile Learning* ou Aprendizagem Móvel, por exemplo, são utilizados os dispositivos móveis (*notebook, tablet, iPhone* e outros) para promover o ensino. Isso permite que professores e estudantes possam se beneficiar dos recursos oferecidos pelas tecnologias móveis, dentre eles destacam-se: a acessibilidade, a visualização e a possibilidade de rever o objeto de conhecimento trabalhado independente do horário e do lugar. É o que confirma o relatório apresentado por Shuler (2009) que comprova,

através de experiências concretas, a promissora utilização da tecnologia móvel como ferramenta educativa.

Desta forma, trazer informações que discutam os elementos químicos em vários contextos, tais como: o social, o político e o econômico, contribui para um ensino mais dinâmico e que propicia a criticidade através das reflexões por parte dos estudantes. Dentre as várias ferramentas para o ensino de tabela periódica disponíveis na *internet* para professores e estudantes, pode-se citar a Tabela Periódica Completaⁱ, na qual se pode visualizar uma tabela periódica em que, clicando-se em cada elemento, obtêm-se informações a respeito do mesmo, tais como sua classificação e características. Outra ferramenta que se pode citar é a *Properties Of Elements*ⁱⁱ, uma tabela periódica em 3D que também demonstra a forma como os elementos são classificados.

De acordo com Campelo (2015), a utilização de *softwares* e simuladores de fenômenos macro e microscópicos e a visualização de conteúdo em páginas pré-selecionadas pelo professor, podem ser aliadas para a aprendizagem, bem como o fato de relacionar a química com o dia a dia e com estes ambientes interativos. Ainda segundo a autora, o estudo da tabela periódica, em especial por meio dessa tecnologia, pode ser muito viável, de modo que o estudante seja capaz de estabelecer relações entre os elementos químicos e o cotidiano, despertando a curiosidade e promovendo o debate científico. Portanto, diante do que foi visto, é notório que a inclusão de novas tecnologias no ensino de química pode ser uma alternativa para dinamizar as aulas e aplicá-las no contexto do ensino de Tabela Periódica pode propiciar uma aprendizagem mais dinâmica, interativa e acessível para os estudantes.

A Tabela Periódica como ferramenta para o desenvolvimento de competências e habilidades propostas pela BNCC para o Ensino Médio

O ensino de Ciências Exatas e da Natureza deve contribuir para a formação e desenvolvimento do estudante como sujeito crítico, capaz de compreender a realidade a sua volta e refletir sobre ela, além de ser capaz de tomar decisões responsáveis e com ética. O ensino e a reflexão sobre a Tabela Periódica perpassam estes objetivos, pois através do conhecimento dos elementos químicos, seus isótopos, radioisótopos e aplicações, o estudante pode compreender melhor o mundo que o cerca, os fenômenos da natureza e as implicações da utilização de diversos materiais.

O tema Tabela Periódica também abrange algumas competências exigidas pela BNCC para o Ensino Médio, como por exemplo: o conhecimento sobre os elementos químicos, suas propriedades químicas e físicas. Também permitem a realização de previsões sobre o comportamento de sistemas (que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento) em situações cotidianas e em processos produtivos (Brasil, 2018, EM13CNT101). Isto é muito importante, pois o desenvolvimento de tal conhecimento torna possível o posicionamento crítico do estudante a respeito dos benefícios e riscos à saúde e ao ambiente, de modo que o mesmo estaria considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles para elaborar o seu pensamento crítico (Brasil, 2018, EM13CNT104). Além disso, a Tabela Periódica também permite a análise das propriedades dos materiais para avaliar sua adequação no uso em diferentes aplicações e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano (Brasil, 2018, EM13CNT307). A compreensão sobre os radioisótopos, suas origens e características permite a avaliação das potencialidades e dos riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica, sendo esta outra competência exigida pela BNCC (Brasil, 2018, EM13CNT103).

Deste modo, o conhecimento sobre os radioisótopos e suas características se torna também importante. De acordo com Azevedo (2005), dentre as fontes naturais de radiação encontram-se os produtos de decaimento das séries do urânio (U-238) e do tório (Th-232) que podem ser encontrados nas rochas, nos solos, nos sedimentos e nos minérios, que possuem concentrações significativas de urânio (U-238) e tório (Th-232). Os radionuclídeos das séries naturais transmutam com emissão de partículas alfa ou beta acompanhado ou não de emissão gama até o último nuclídeo estável de cada série. Das séries radioativas citadas, os elementos químicos mais encontrados na natureza, dentre outros, são o urânio, polônio, o chumbo, o rádio e o radônio (Aquino & Aquino, 2012).

Os isótopos radioativos do tório e do plutônio são utilizados como matéria-prima para produção de energia elétrica em usinas nucleares, o que possibilita a discussão sobre tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, bem como a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais de sua produção (Brasil, 2018, EM13CNT106). Discussões sobre esta temática permitem ao estudante analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis, além de discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais (Brasil, 2018, EM13CNT309). A Tabela 1 apresenta algumas aplicações da radioatividade que podem ser discutidas com os estudantes por meio do estudo dos radioisótopos dos elementos químicos.

Tabela 1: Aplicações da radioatividade.

Aplicação na irradiação e esterilização de produtos	Trata-se de uma aplicação importante para a conservação de diversos produtos agrícolas, tais como: batata, cebola, alho e feijão. Batatas irradiadas podem ser armazenadas por mais de um ano sem murcharem ou brotarem. Os irradiadores operam com fontes de Co-60 .
Aplicações industriais com a técnica de gamagrafia	Trata-se da radiografia obtida através de raios gama muito utilizada na indústria e na construção. Por meio deste processo, não destrutivo, é possível detectar defeitos ou rachaduras no corpo das peças. Consiste na impressão de radiação gama em filme fotográfico.
Na datação radiométrica:	Esta técnica utiliza a lei de decaimento radiativo do radionuclídeo C-14 para estimar a idade de objetos, tais como minerais, meteoritos e formações geológicas, sendo particularmente utilizada na arqueologia. Sendo o tempo de meia-vida do C-14 de 5.730 anos, então a partir da morte do ser vivo, os fósseis de animais e vegetais que contêm átomos deste radionuclídeo tem a atividade do C-14 reduzida pela metade a cada 5.730 anos. É através da medição da proporção de C-14 que ainda existe nesses materiais que é possível saber a idade deles.
Aplicações como traçadores radioativos:	As radiações emitidas por radioisótopos podem atravessar a matéria e serem detectadas através de aparelhos chamados de detectores de radiação. Segundo a CNEN (2020) com o uso de traçadores radioativos é possível acompanhar o metabolismo das plantas, verificando suas necessidades, o que cada parte da planta absorve e onde determinado elemento químico fica retido. No combate as pragas, pode-se utilizar a marcação dos insetos com radioisótopos para identificar qual predador se alimenta de determinado inseto indesejável, utilizando o predador como instrumento de eliminação.
Aplicações na medicina terapêutica:	Na atualidade a radioterapia tem desempenhando um papel fundamental no tratamento do câncer. Fontes radioativas de céσιο-137 e cobalto-60 são usadas para destruir células de tumores, pois estas

	células são mais sensíveis à radiação do que os tecidos normais sadios.
Aplicações na medicina diagnóstica:	A Indústria Farmacêutica utiliza fontes radioativas que emitem radiações ionizantes de alta energia e muito penetrantes para esterilizar seringas, luvas cirúrgicas, gaze e material farmacêutico descartável, em geral. Entre as fontes radioativas mais importantes utilizadas podem ser citadas: (i) Tecnécio-99 e (ii) Samário-153.
Uso na geração de energia elétrica	Numa usina nuclear utiliza-se com maior frequência o processo de fissão nuclear de radioisótopos combustíveis, tais como o urânio (U-235), o tório (Th-232) e o plutônio (Pu-238), ao invés do uso de óleo combustível ou de carvão mineral para produção de energia elétrica.
Uso para perfuração de poços de petróleo	Com as fontes radioativas obtém-se perfis que avaliam densidade e porosidade, além de identificar litologias e tipos de fluidos presentes nos poros das rochas.

Fonte: Adaptado de CNEN.

Além disso, sabe-se que muitos elementos químicos chegaram à Terra por meio de meteoritos. A compreensão sobre este processo permite analisar e discutir modelos, teorias e leis propostas em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo (Brasil, 2018, EM13CNT201), compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários (Brasil, 2018, EM13CNT209).

Dentro desse contexto, pode-se discutir também uma outra fonte de origem natural de radiação eletromagnética, a radiação cósmica, proveniente do espaço sideral, que é resultado das explosões solares e estelares. De acordo com Okuno (2018), da radiação cósmica que atinge a Terra, quase 87% são prótons, cerca de 12% partículas alfa e 1%, núcleos de elementos pesados. A atmosfera freia grande parte da radiação cósmica, mas mesmo assim, uma porcentagem importante ainda consegue atingir os seres humanos. Este tipo de radiação produz os radionuclídeos cosmogênicos, que são produzidos a partir da interação dos raios cósmicos com átomos do ar e elementos radioativos naturais existentes no solo, água, dentre outros. Ao ser exposto a este tipo de radiação, diz-se que o ser humano sofreu uma exposição externa. Já a exposição interna decorre além dos radionuclídeos cosmogênicos, dos alimentos e água. As mais importantes fontes terrestres de elementos radioativos são K^{40} , Rb^{87} e U^{238} , dentre esses. É através das vias de transferência, como plantas, água, animais e seus derivados que os radionuclídeos incorporam no homem, ou seja, são definidas as rotas por onde os radioisótopos atingem um indivíduo ou uma população através do meio ambiente. Os alimentos absorvem radioisótopos pela água e solo. Pelo fato de estar presente na crosta terrestre, o urânio natural pode ser encontrado em quase todos os alimentos, inclusive carne e leite, devido a provável absorção pelas culturas de plantio (cultivos de herbáceas e gramíneas forrageiras), principalmente as desenvolvidas com adição de fertilizantes fosfatados (Aquino & Aquino, 2012).

Neste cenário, o entendimento e a compreensão das informações presentes na Tabela Periódica e a forma como estão organizadas, permite a interpretação de textos de divulgação científica que tratam de temáticas da área de Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas (Brasil, 2018, EM13CNT303). Deste modo, o aprendizado sobre os elementos químicos auxilia no desenvolvimento de uma juventude protagonista, crítica e cidadã.

A aprendizagem significativa crítica

Do ponto de vista teórico nos remetemos a Aprendizagem Significativa (AS), proposta idealizada por David Ausubel na década de sessenta. De acordo com este teórico, o conhecimento é produto de um processo psicológico cognitivo, que envolve as ideias culturalmente aprendidas (novo conhecimento) e as ideias anteriores relevantes, que estão na estrutura cognitiva do estudante (Ausubel, 2003, p. 6).

Ainda segundo Ausubel (2003) a aprendizagem é processada quando uma nova informação interage de forma não literal e não arbitrária com subsunçores (ideias âncoras) específicos existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, ou seja, seus conhecimentos prévios. A nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes já presentes naquela estrutura cognitiva. Nesta direção, para que a AS ocorra é necessário que haja as seguintes condições: material potencialmente significativo, interação cognitiva, estrutura cognitiva preexistente e disposição para aprender.

No tempo em que vivemos, no qual as mudanças ocorrem rapidamente e de forma contundente, Moreira (2010) afirma que a aprendizagem não deve ser apenas significativa, mas significativa subversiva (rotulada pelo mesmo como: Aprendizagem Significativa Crítica). Ainda segundo Moreira (2010, p. 7), o sentido da Aprendizagem Significativa Crítica (ASC) defendida por ele “é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela”. Moreira aponta também que é através desta aprendizagem que o estudante poderá lidar construtivamente com as mudanças sem deixar-se dominar por ela.

Logo, a abordagem da ASC no cotidiano destaca a importância de propiciar ao estudante as condições necessárias para a construção e a reconstrução do seu conhecimento de forma crítica, no qual favorece a percepção do que é relevante para que seja efetiva a sua participação nas transformações ocorridas no mundo. Para que isto ocorra, na perspectiva do ensino e aprendizagem da Tabela Periódica, o método abordado neste trabalho é a contextualização e a interdisciplinaridade, para então avançar para que os conceitos sobre radioisótopos para que não sejam alvo de temor e sim de muitas aplicações.

Moreira (2010) propôs alguns princípios facilitadores para a promoção de uma Aprendizagem Significativa Crítica. O princípio do conhecimento prévio propõe que o estudante deve aprender a partir do que ele já sabe. Desta maneira, o conhecimento prévio deve ser aproveitado, de modo a despertar seu interesse pela nova informação que está sendo apresentada. Este princípio se relaciona diretamente com o princípio da interação social e do questionamento, que enfatiza a importância das perguntas ao invés de respostas. Quando o estudante consegue formular uma pergunta relevante, isto significa que ele está construindo uma aprendizagem crítica sobre o assunto, baseada em seu conhecimento prévio e as novas informações trazidas pelo professor. Assim ele se torna capaz de questionar e refletir de forma crítica e substantiva sobre o tema em questão.

O princípio da não centralidade do livro texto mostra a importância da utilização de diversos recursos didáticos no processo de aprendizagem e não somente a utilização de um único livro didático. Ao serem utilizados materiais diversos, o estudante torna-se mais crítico frente as informações contidas nestes materiais, podendo fazer comparações e reflexões, além de construir um aprendizado mais rico. Este entendimento está relacionado ao princípio da incerteza do conhecimento, pois ao ler, comparar e analisar informações trazidas por diversas fontes, o estudante será capaz de compreender que todo o conhecimento adquirido e construído pela humanidade até então é incerto, possui tempo de validade e pode ser modificado com o surgimento de novas teorias que façam mais sentido que as anteriores.

Além da importância do uso de recursos didáticos diversos, Moreira (2010) propõe o princípio da não utilização do quadro-de-giz como forma de também diversificar as estratégias

instrucionais. Ao serem reduzidas as metodologias de transmissão do conhecimento, surgem oportunidades para outras metodologias, em que o estudante participe ativamente da construção do conhecimento. Isto se relaciona com o princípio do aprendiz como perceptor/representador. Este princípio rompe com a ideia do estudante como um receptor do conhecimento e o apresenta como pessoa ativa no processo de aprendizagem, pois ele percebe a informação que lhe é apresentada e a representa conforme suas vivências, conhecimento prévio e visão de mundo.

E este ato de representar a nova informação sugere que o estudante tenha oportunidade de falar e expressar o seu pensamento. Para isto é necessário que o professor fale menos e dê oportunidade ao estudante para que ele se expresse. É o que diz o princípio do abandono da narrativa, no qual o professor deixa de se posicionar como o detentor do conhecimento e, assim, o estudante deixa de ser um mero receptor. Neste contexto, o professor passa a ser o mediador no processo de aprendizagem e o estudante, o protagonista, tendo papel ativo na construção de seu conhecimento.

Por outro lado, cada ciência possui uma linguagem própria, repleta de símbolos, que expressam uma forma de ver e conhecer o mundo. Aprender a linguagem de cada área do conhecimento e conseguir observar o mundo através dela é o que propõe o princípio do conhecimento como linguagem. Tal princípio se relaciona com o princípio da consciência semântica, no qual o estudante se conscientiza que o significado está nas pessoas e não nas palavras. Cada palavra foi expressa em algum momento por uma pessoa, que pode ter diversos significados de acordo com o contexto a qual está inserida. Deste modo, o processo de ensino é uma troca de significados, construídos por cada indivíduo a partir de sua vivência e de sua percepção sobre o mundo a sua volta.

E estes significados já existentes na estrutura cognitiva do estudante podem ou não ser úteis na construção de novos conhecimentos. É necessário saber distinguir entre o que é relevante e o que não deve ser usado no processo de aprendizagem. É o que diz o princípio da desaprendizagem, que está também relacionado ao princípio da aprendizagem pelo erro. As escolas tradicionais vêm punindo há anos o erro do estudante, que se caracteriza como sendo uma resposta diferente do desejado. Todavia, toda a ciência até hoje conhecida foi construída a partir de erros, de teorias que foram substituídas por outras mais avançadas, que por sua vez podem estar incorretas também. Aprender pelo erro significa compreender que a aprendizagem é um processo, no qual as informações hoje tidas como corretas podem ser substituídas por outras no futuro, ou seja, não são definitivas.

Portanto, mediante todas estas informações, Nascimento e Aquino (2019) através dos princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica, concluem que é por meio da interação social que o professor e o estudante compartilham os significados em relação aos materiais educativos. Logo, para que a ASC seja efetiva os materiais de estudo devem ser diversos e proporcionarem ao aprendiz o desapego dos livros bases, possibilitando a criação de uma visão crítica em relação aos fenômenos que o cerca.

Metodologia

Apresentação da ferramenta

Para o desenvolvimento da Tabela Periódica interativa que chamamos de TAPEQUIM-Tabela dos Elementos Químicos, realizou-se a construção de uma página na *web* utilizando uma plataforma gratuita. A utilização da plataforma possibilitou a construção de uma ferramenta de fácil acesso para todos, cumprindo o seu objetivo tecnológico. Foram pesquisadas várias fontes atualizadas como artigos, vídeos e notícias para a construção dos hipertextos que fazem parte da composição da ferramenta.

Aplicação da ferramenta

A ferramenta TAPEQUIM foi aplicada dentro de uma sequência didática para o ensino de radioatividade para 58 (cinquenta e oito) estudantes de duas turmas do terceiro ano do ensino médio do Colégio de Aplicação da UFPE (CAp/UFPE). Eles foram divididos em 13 grupos e exploraram a ferramenta a fim de discutir o tema radioatividade natural através dos radioisótopos dos elementos químicos. Antes da aplicação da ferramenta, os estudantes já haviam discutido o tema radioatividade em sala de aula, por meio de aulas expositivas dialogadas. Contudo, a temática radioatividade natural foi especificamente trabalhada através da ferramenta TAPEQUIM.

Inicialmente, foi mostrado como acessar e manusear a ferramenta. Os estudantes foram orientados a trazer para a sala de aula *notebooks*, *tablets*, *smartphones* ou quaisquer outros dispositivos móveis que tivessem acesso à *internet*. Munidos dos seus respectivos equipamentos, os estudantes tiveram a incumbência de pesquisar sobre os radioisótopos dos elementos que fazem parte da radioatividade natural: potássio (K-40), urânio (U-238), radônio (Rn-222), rádio (Ra-226), polônio (Po-210) e chumbo (Pb-210). O número ao lado do elemento químico se refere a sua massa para identificação do radioisótopo estudado.

Em seguida, foi solicitado que os grupos desenvolvessem um texto dissertativo sobre radioatividade natural e as relações entre os referidos radioisótopos. Os textos produzidos pelos grupos foram analisados segundo os parâmetros utilizados por Oliveira (2008) que buscam nas Unidades de Registro (UR) a análise de interligações apresentadas no texto.

Resultados e Discussão

TAPEQUIM: uma ferramenta para o ensino da organização dos elementos químicos na tabela periódica

A TAPEQUIM - Tabela dos Elementos Químicos - além de atualizada, contém informações sobre todos os elementos químicos, seu contexto histórico de descoberta, suas propriedades, seus isótopos e radioisótopos, aplicações e notícias referentes a eles. Na Figura 1 é possível observar o *layout* da ferramenta na sua página inicial e na fonte informamos o endereço da mesma.

Figura 1: Página inicial da TAPEQUIM.

TAPEQUIM - Tabela Periódica dos Elementos Químicos

Seja muito bem-vindo! Neste site você irá aprender de forma interativa sobre os elementos químicos, suas características e propriedades físicas e químicas. Mas não para por aí! Você ainda terá acesso aos isótopos e radioisótopos de cada elemento e a notícias sobre eles! Muito legal não é? Então vamos juntos aprender mais sobre este tema tão interessante! Para ter acesso ao conteúdo, é só clicar no botão de cada elemento químico.

1	2											13	14	15	16	17	18	
H	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar											
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
Fr	Ra	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og		
		57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71		
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103		
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

Fonte: <https://tapequim.wixsite.com/tapequim>

Na TAPEQUIM são encontrados objetos de conhecimento sobre as principais famílias da Tabela Periódica e o estudante tem acesso às informações de cada elemento químico ao clicar nos respectivos botões. As cores, imagens, a fonte utilizada tem por objetivo trazer um aspecto mais lúdico e dinâmico ao conteúdo, podendo tornar a aprendizagem mais prazerosa e receptiva. A ferramenta se diferencia de outras tabelas periódicas disponíveis de forma *online* pelo fato de trazer os isótopos e radioisótopos de cada elemento químicos e, além disso, completar as informações com fotos, vídeos e notícias referentes aos elementos químicos.

A ferramenta ainda é mais útil porque disponibiliza uma lista de referências para cada elemento químico, com sites de pesquisa confiáveis que podem futuramente ser utilizados como fontes de outros trabalhos sobre o tema. Os vídeos também deixaram a ferramenta mais dinâmica, fornecendo o conhecimento através de outros tipos de mídia, o que permite uma aprendizagem multidirecional. A Figura 2 mostra o layout da página relacionada ao elemento químico rubídio (Rb) para exemplificar como são apresentados os elementos químicos, seus isótopos e radioisótopos na TAPEQUIM.

Figura 2: Conteúdo do elemento rubídio (Rb) na TAPEQUIM.

Rubídio (Rb) - elemento 37

Contexto Histórico: seu nome vem do latim "Rubidus" que significa vermelho. Foi descoberto em 1861 por Robert Bunsen e Gustav Kirchoff, em Heidelberg na Alemanha, através da análise espectroscópica de uma amostra de lepidolita, aparecendo sob forma de impureza no mineral como hexocloplatinado de rubídio. Atualmente ele pode ser extraído da Lepidolia, que se encontra na proporção de 1,5%, ou através da redução de cloreto de cálcio.

Seiba mais:

Propriedades:

Nome: Rubídio
Símbolo: Rb
Massa atômica: 85,4678 u
Número atômico: 37
Grupo: 1
Período: 5
Bloco: s
Configuração eletrônica: [Kr]5s1
Elétrons (por nível de energia): 2, 8, 18, 8, 1
Estado da matéria: sólido
Ponto de fusão: -312,15
Ponto de ebulição: -961,15
Densidade: 1,53 g/cm³

Isótopos: possui 33 isótopos, que vão do Rb-71 ao Rb-103, em sua maioria com meia-vida inferior a 1 hora.

Aplicações:

- É usado para remover resíduo de oxigênio em válvulas termiônicas;
- É usado na produção de vidros especiais;
- É usado em fluido de trabalho para turbinas a vapor, em geradores magneto-hidrodinâmicos;
- É utilizado em foguetes de íons para naves espaciais;
- Em relógios de alta precisão;
- Na fabricação de cristais especiais para sistemas de telecomunicações de fibra óptica, equipamentos de visão noturna e em lâmpadas de vapor.

Referências:

- <https://applets.kcvss.ca/IPTEI/pdf-elements/rubidium.pdf>
- <https://ajp.psychiatryonline.org/doi/pdf/10.1176/ajp.130.1.55>



Notícias:



Pesquisadores do IAC explicam o excesso de rubídio observado em estrelas moribundas



Com átomos de rubídio, condensado é o único da América Latina

Fonte: <https://tapequim.wixsite.com/tapequim/rubidio>

Relacionando a diversidade de fontes encontradas na ferramenta com o princípio da não centralidade do livro texto, proposto por Moreira (2010), como estratégia para a promoção da ASC, pode ser observado que a ferramenta direciona o estudante para caminhos diversos. Dentre tais caminhos podemos citar: artigos, pesquisas, notícias e documentários com os quais o estudante poderá enriquecer o seu conhecimento embasado em diversos materiais.

Outro diferencial da ferramenta é a interligação das aplicações dos isótopos de diferentes elementos químicos, utilizados para o mesmo fim. Na maioria dos casos não ocorrem as interligações entre os elementos químicos, justamente para que o estudante faça esta articulação. Contudo, na TAPEQUIM há um caso em que intencionalmente foi realizada uma interligação para mostrar aos estudantes que elementos de famílias diferentes têm a mesma

aplicação, com o mesmo comportamento, como por exemplo, o carbono de massa 11 e o flúor de massa 18 na tomografia de emissão de pósitron (do inglês *PET scan*).

Esta interligação é um exemplo da aplicação de uma aprendizagem móvel, pois a informação é transmitida mesmo na ausência de um mediador e neste caso, a ferramenta ofereceu dados que possibilitaram ao estudante fazer a conexão entre os isótopos dos elementos químicos. Dentro deste contexto, pode-se perceber a inserção da tecnologia na sala de aula, que auxilia na potencialização da reconstrução de um conhecimento através de recursos tecnológicos, incentivando a interação e o trabalho coletivo.

Análise dos resultados da produção de textos dissertativos sobre a existência ou não de relações entre os elementos propostos

A aplicação da TAPEQUIM ocorreu na sala de aula através de uma atividade em grupo, na qual cada equipe deveria pesquisar sobre os elementos K-40, U-92, Ra-226, Rn-222, Po-210 e Pb-210. Ao término da busca, deveriam construir um texto dissertativo em que constasse a existência ou não de uma relação entre esses elementos químicos e no final, deveriam apresentar oralmente tal relação. Esta atividade relaciona-se com os princípios facilitadores da ASC através de princípios como: a diversidade dos recursos didáticos, a não centralidade no livro didático e a narrativa mais focada no estudante. A atividade propicia, ainda, uma participação ativa do estudante como estratégia de ensino no uso de atividades colaborativas (pesquisas e seminários).

Durante a navegação pelo site da TAPEQUIM, pôde-se observar nos estudantes a crescente evolução no despertar da curiosidade, pois a surpresa foi evidente quando observaram que na banana, fruta popular e de fácil cultivo em países de clima tropical, encontrava-se o isótopo K-40, elemento radioativo, por exemplo. Esta informação em primeira estância se tornou uma especificação de conhecimentos prévios (elemento químico) e instigou os estudantes na busca de mais dados dentro dos hipertextos que confirmassem esta afirmação. Este fato também remete a ASC mostrando que ao estudante é permitido manejar a informação criticamente, sem sentir-se impotente frente a ela.

A análise realizada no texto produzido pelos grupos (13 no total) teve como objetivo identificar se os estudantes conseguiram estabelecer relações entre os radioisótopos dos elementos propostos utilizando a ferramenta TAPEQUIM. Os resultados foram demonstrados quantitativamente. A análise foi classificada conforme as Unidades de Registros (UR) pré-estabelecidas neste estudo (Oliveira, 2008). Na tabela 2 é apresentada a análise dos textos.

Tabela 2: Análise quantitativa dos textos produzidos pelos estudantes.

Código	Tema/Unidade de significação	Total UR	Percentual de UR (%)
1	Compreender que os radioisótopos são naturais	8	61,5
2	Compreender que os radioisótopos apresentados estão no cotidiano	9	69,2

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os resultados da Tabela 2 mostram que mais da metade dos grupos compreenderam que os isótopos radioativos são produtos do decaimento natural dos elementos químicos e conseguiram perceber que estes isótopos são encontrados ao redor do ser humano. As informações com posterior discussão a partir da navegação na TAPEQUIM podem ter contribuído para a maioria dos estudantes estabelecerem estas relações. Nesta direção, os conhecimentos sobre radioatividade se tornaram mais ricos e aplicados, o que possibilitou a interação dos estudantes com conceitos que até então eram pouco veiculados pela mídia e até

mesmo nos livros didáticos, a radioatividade ambiental. Mesmo que os radioisótopos naturais como o urânio, por exemplo, estejam presentes na Tabela Periódica são poucas as abordagens que mostrem o quanto tais compostos estão presentes no nosso cotidiano, sendo esse um diferencial na utilização da TAPEQUIM como recurso didático. Neste cenário, o estudante percebe o mundo ao redor e se torna mais crítico conforme discute Moreira (2010) sobre a importância da ASC.

Por outro lado, a Tabela 3 apresenta a análise da identificação de radioisótopos naturais pertencentes à série natural do urânio (U-238, Ra-226, Rn-222, Po-210 e Pb-210) com a radioatividade natural ocasionada pelo radioisótopo do potássio (K-40). Os resultados indicam a percepção dos estudantes quanto a série do urânio U-228 e o K-40, todos naturalmente disponíveis no meio ambiente naturalmente. Foi identificada a existência do radioisótopo natural de K-40 por 69,2% dos grupos no alimento (banana) e na água mineral. Esta informação os estudantes obtiveram na medida em que navegaram pela ferramenta, mostrando o quanto as informações que foram apresentadas pela TAPEQUIM podem estabilizar conceitos relevantes na estrutura cognitiva dos estudantes.

De acordo com os textos construídos pelos grupos, 84,6% perceberam que os elementos Ra-226, Rn-222, Po-210 e Pb-210 fazem parte do decaimento natural do urânio U-228. Vale salientar que tais articulações não foram trabalhadas em classe durante as aulas que ocorreram antes da apresentação da ferramenta TAPEQUIM. Estas relações estavam subentendidas no contexto da ferramenta.

Tabela 3: Análise da identificação de radioisótopos naturais.

Radioisótopos	Total UR	Total UR (%)
K-40	9	69,2
Série do U-228	11	84,6

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Alguns temas interdisciplinares puderam ser identificados no texto construído pelos estudantes de acordo com a Tabela 4. Houve um caso em especial em que um grupo se aprofundou na concentração de elementos radioativos na água mineral, trazendo no corpo do texto uma tabela da radioatividade em rochas, que foi retirada de um dos links da TAPEQUIM. O grupo abordou o tema da comercialização da água mineral que não tem citado nas especificações do rótulo do produto as informações sobre elementos radioativos. Esta situação foi interessante pelo fato de os estudantes poderem relacionar o assunto aplicado em aula com a realidade e de forma questionadora, trazendo assim indícios de uma ASC. Segundo Moreira (2010): “(...) na sociedade contemporânea não basta adquirir novos conhecimentos de maneira significativa, é preciso adquiri-los criticamente”.

Tabela 4: Análise dos conteúdos interdisciplinares identificados.

Código	Tema/Unidades de significados	Total UR	Percentual UR (%)
A	Relação social dos elementos	6	46,2
B	Aplicação no cotidiano	13	100,0
C	Abandono do mito da radioatividade	10	76,9

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Verificou-se que 100% dos grupos puderam identificar a aplicabilidade dos elementos químicos no cotidiano, enquanto que 76,9% conseguiram, com o novo conhecimento, abandonar o

conceito de que radiação estaria apenas ligada a desastres nucleares e armas de destruição em massa. Conforme mostra um dos trechos redigidos pelos estudantes: “(...) conseguimos sanar o paradigma de os elementos radioativos não possuem pontos positivos em nossas vidas, trazendo assim seu uso no cotidiano bem como os benefícios tecnológicos que conseguimos através deles”.

O romper com o mito da radiação podemos citar o princípio da desaprendizagem da ASC (Moreira, 2010). Para o qual desaprender significa não usar o conhecimento prévio (subsunçor) que impede que o sujeito capte os significados compartilhados a respeito do novo conhecimento. Dos 13 grupos formados, seis preferiram redigir o texto em tópicos, com uma breve descrição sobre cada elemento e ao final do trabalho fazendo um comentário relacionado à resposta. Já sete, construíram o trabalho em um texto único. A relação observada pelos estudantes entre os elementos da série do U-228 com K-40 se deu de duas formas: uma parte fez a relação através das propriedades físicas e outra parte pelas propriedades químicas. Cada grupo tinha seus próprios critérios para embasar suas afirmações.

Cada grupo apresentou oralmente o texto construído, enfatizando se existia ou não relação entre os radioisótopos naturais. Na ASC, esta atividade está alicerçada no princípio do abandono da narrativa, no qual o professor como mediador deverá falar menos e o estudante ser mais ativo na sala de aula. O Quadro 1 mostra os princípios da ASC que podem ser relacionados com a aplicação da ferramenta TAPEQUIM, mostrando que a ferramenta tecnológica desenvolvida, tem potencial para a promoção de uma Aprendizagem Significativa Crítica no ensino de Química.

Quadro 1: Princípios facilitadores da ASC que podem ser mobilizados na utilização da TAPEQUIM no ensino de química.

Princípio da ASC	Descrição na ferramenta TAPEQUIM
Princípio da não centralização do livro texto	A TAPEQUIM é um material educativo diversificado, com várias fontes que proporcionam conhecimentos confiáveis, propiciando uma descentralização do livro texto.
Princípio da desaprendizagem	O abandono do mito da teoria de que a radioatividade é utilizada apenas como fonte de energia e arma de destruição em massa. Novos contextos das aplicações nucleares promovem reflexão.
Princípio da não centralidade no quadro	A TAPEQUIM propicia interação digital, facilitando a reflexão e a discussão sem a necessidade de cópias a partir do quadro branco.
Princípio do abandono da narrativa	A atividade de apresentação oral do texto propicia que o estudante expresse sua opinião e gere reflexões críticas com o grupo classe.

Fonte: Adaptado de Moreira (2010).

Conclusão

A utilização da ferramenta TAPEQUIM - Tabela Periódica dos Elementos Químicos teve como objetivo viabilizar uma discussão mais contextualizada dos elementos químicos e sua inserção dentro de um tripé que une a Química, a Tecnologia e a Sociedade, discutindo também a importância da radioatividade nesse contexto. A ferramenta trouxe um diferencial em relação às demais já disponibilizadas na *internet*, pois apresenta os isótopos e radioisótopos de cada elemento químico, além de notícias referentes a eles.

Os resultados obtidos nesta pesquisa mostraram que a aplicação desta ferramenta digital em sala de aula possibilita a dinamização do ensino de química. Diferentemente do modelo linear e mecânico de aprendizagem mais comumente visto com relação ao ensino da tabela periódica, esta ferramenta possibilitou aos estudantes a construção de um conhecimento mais aprofundado através das informações visualizadas pelos hipertextos que partem da página inicial. Assim, o elemento químico pode ser estudado individualmente, sendo abordados os principais fatos da sua história, propriedades, isótopos, radioisótopos, aplicações na sociedade, vídeos e notícias interligadas. Além disso, a TAPEQUIM de ser uma ferramenta de estudo sobre a radioatividade.

Neste cenário, a TAPEQUIM mostrou ter potencial para a promoção de uma Aprendizagem Significativa Crítica no ensino de Química, de forma acessível e promovendo o protagonismo estudantil. Em adição, a ferramenta também apresenta potencial para o desenvolvimento de competências e habilidades previstas na BNCC para o Ensino Médio. Assim, a mudança de paradigmas e informações atualizadas fazem da TAPEQUIM um instrumento fértil para um novo olhar sobre a radioatividade e as aplicações dos elementos químicos. Como perspectivas futuras pretende-se fazer a constante atualização das notícias e conteúdos presentes na ferramenta, conforme forem surgindo novas descobertas.

Referências

Aquino, Kátia A. S., & Aquino, Fabiana S. (2012) *Radioatividade e meio ambiente: os átomos instáveis da natureza*. São Paulo: Edit-SBQ. Recuperado em 30 setembro, 2020, de <http://edit.s bq.org.br/anexos/radioatividade-meio-ambiente.pdf>.

Asubel, David P. (2003). *Aquisição e Retenção de conhecimentos: uma Perspectiva Cognitiva*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

Azevedo, Ana C. P. (2005). *Radioproteção em serviços de saúde*. Rio de Janeiro: Fiocruz. Recuperado em 30 setembro, 2020, de <http://www.fiocruz.br/biossegurancahospitalar/dados/material10.pdf>.

Brasil (2018). *Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio*. Brasília: MEC.

Campelo, Francinayla. S. B. (2015). *A proposta de uma unidade didática com uso de tecnologias como ferramentas de aprendizagem no ensino de tabela periódica*. Monografia (Licenciatura em Ciências Naturais), Universidade de Brasília, Planaltina, Distrito Federal, Brasil. Recuperado em 30 setembro, 2020, de https://bdm.unb.br/bitstream/10483/13738/1/2015_FrancinayladeSousaBarrosCampelo.pdf.

Comissão Nacional de Energia Nuclear. *Aplicações da Energia Nuclear*. Recuperado em 30 setembro, 2020, de <http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/aplicacoes-da-energia-nuclear.pdf>.

Moreira, Marco A. (2010) *Aprendizagem Significativa Crítica*. Instituto de Física da UFRGS. Recuperado em 30 setembro, 2020, de <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>.

Nascimento, Saulo T. G., & Aquino, Kátia A. S. (2019). Estudo da construção do diagrama V como metodologia ativa para a promoção de uma aprendizagem significativa crítica. *Encontro Internacional de Aprendizagem Significativa*. 9. São Paulo.

Okuno, Emico (2018). *Radiação: efeitos, riscos e benefícios*. São Paulo: Oficina de textos.

Oliveira, Denize C. (2008). Análise de Conteúdo Temático-Categorial: Uma proposta de Sistematização. *Revista Enfermagem UERJ*, 16(4), 569-576. Recuperado em 30 setembro, 2020, de <http://www.revenf.bvs.br/pdf/reuerj/v16n4/v16n4a19.pdf>.

Santos, Wildson L. P. (2006) *Química & Sociedade*. São Paulo: Editora Nova Geração.

Shuler, Carly (2009). Pockets of potential – Using Mobile Technologies to Promote Children’s Learning. Nova York: Joan Ganz Cooney.

i Disponível em:<<https://www.tabelaperiodicacompleta.com/>>

ii Disponível em:<<https://demonstrations.wolfram.com/PropertiesOfTheElements/>>