

Contribuições do espaço museal para a aprendizagem em ciências: um estudo contextualizado sobre os elementos químicos.

Contributions of the museal space to science learning: a contextualized study of the chemical elements

Emanuella Silveira Vasconcelos (emanuellasvasconcelos@gmail.com)
(PUCRS - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul)

Gabriela Sehnem Heck (gabriela.heck@acad.pucrs.br)
(PUCRS - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul)

Luana Correia De Melo Teixeira (luanacmteixeira@gmail.com)
(PUCRS - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul)

Isabel Cristina Machado de Lara (isabel.lara@pucrs.br)
(PUCRS - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul)

Marcelo Prado Amaral-Rosa (marcelo.pradorosa@gmail.com)
(PUCRS - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul)

Resumo: Este artigo apresenta resultados de uma pesquisa qualitativa que teve como objetivo analisar as contribuições de um espaço museal na aprendizagem em Química, por meio de uma proposta de ensino sobre os elementos químicos, a partir do cotidiano de estudantes do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual do município de Porto Alegre, RS. A proposta utilizou como recurso pedagógico um museu interativo e da Modelagem Matemática enquanto método de ensino, que se constituiu no caminho percorrido para apropriação das relações entre elementos químicos e a existência da vida na terra, por parte dos estudantes. Para evidenciar o desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes durante todo o processo educativo, optou-se pela realização de questionários, analisando-os à luz da Análise Textual Discursiva – ATD. Observou-se como principal resultado a apreensão de conhecimentos referente à presença dos elementos químicos nos diferentes ambientes, materiais e alimentos usados diariamente. Destaca-se, como aspecto positivo, a contribuição do espaço museal para a percepção de processos básicos da natureza que promovem a continuidade da vida terrestre, possíveis de serem visualizados, bem como para interação entre o estudante e o objeto de seu conhecimento.

Palavras-chave: Museu interativo; Ensino de ciências; Modelagem matemática; Espaço não-formal de ensino.

Abstract: This article presents the results of a qualitative research that aimed to analyze the contributions of a museal space in Chemistry learning, through a teaching proposal about the chemical elements, from the daily life of first year high school students from a

state school of Porto Alegre, RS. The proposal used as an educational resource an interactive museum and Mathematical Modeling as a teaching method, which constituted the path taken for the appropriation of relationships between chemical elements and the existence of life on earth, by students. To highlight the development of student learning throughout the educational process, it was decided to conduct questionnaires, analyzing them in the light of Discursive Textual Analysis - ATD. The main result was the seizure of knowledge regarding the presence of chemical elements in the different environments, materials and foods used daily. As a positive aspect, we highlight the contribution of the museal space to the perception of basic processes of nature that promote the continuity of terrestrial life, which can be visualized, as well as for interaction between the student and the object of his knowledge.

Keywords: Interactive museum; Science teaching; Mathematical modeling; Non-formal teaching space.

1. INTRODUÇÃO

Desde o surgimento do universo, os elementos químicos estão presentes em nosso cotidiano. Com o surgimento da vida na terra, a evolução do homem e sua necessidade de manter-se vivo, ficou cada vez mais evidente a importância da humanidade em conhecer e ter mais propriedade acerca de conhecimentos relativos aos elementos que estão presentes nos objetos, seres, lugares e fenômenos.

Em prol de evidenciar a sua importância, 2019 é considerado o Ano Internacional da Tabela Periódica dos Elementos Químicos pelas Nações Unidas (IUPAC, 2017). Dessa forma, as Nações Unidas reconhecem a importância da conscientização global sobre como a química pode promover o desenvolvimento sustentável, além de fornecer soluções para os desafios globais no campo da energia, educação, agricultura e saúde (IUPAC, 2017).

Ao longo do tempo, a presença dos conceitos e elementos químicos na vida das pessoas têm se intensificado: desde o cozimento dos alimentos para um belo café da manhã aos produtos químicos utilizados, até a lavagem dos lençóis de cama usados ao longo de boa noite de sono. Dado esse panorama, seria ingênuo aceitar que o ensino da Química na escola básica não deva levar em conta a relação dos elementos químicos com a origem e manutenção da vida na terra (DELIZOICOV; PERNAMBUCO; ANGOTTI, 2011).

Segundo a Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio – BNCC (BNCC, 2018), compreende-se que há a necessidade de que o ensino dos elementos químicos da tabela periódica sejam discutidos pelos estudantes, possibilitando a compreensão da existência e aplicação desses elementos nas atividades do nosso dia a dia. Para Trasse et al. (2001, p. 136), “[...] a forma como conhecemos a tabela periódica hoje é exemplo de como o homem, por meio da ciência, buscou sistematizar a natureza, além de mostrar o modo como ele raciocina e vê o universo que o rodeia.”. Diante disso, essa pesquisa se justifica pela sua relevância no contexto educativo dos estudantes da Educação Básica e no contexto social que os elementos químicos representam para a atualidade.

Para tanto, este estudo teve como objetivo analisar as contribuições de uma proposta de ensino que visa contextualizar os elementos químicos da tabela periódica comuns do cotidiano de estudantes utilizando um museu interativo como um recurso pedagógico e a Modelagem Matemática com método de ensino. Dessa forma, o artigo resulta de uma pesquisa aplicada de cunho qualitativo (BOGDAN; BIKLEN, 1994) que ocorreu com 24 estudantes de uma escola pública de Porto Alegre.

2. MUSEU INTERATIVO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A APRENDIZAGEM EM CIÊNCIAS

Os museus podem ser entendidos como um espaço de interação entre o visitante e os experimentos, os outros e consigo mesmo (VIEIRA et al., 2013). Guimarães e Lima (2011) dizem, ao discutir o conceito de museu interativo, que “[...] a interatividade é um ato de interação entre pessoa-pessoa, pessoa-objeto, é a relação entre dois ou mais. Vendo pelo prisma dos museus, a interatividade está relacionada com essa relação pessoa-objeto, o poder tocar, sentir, experimentar, ver de outra forma.”.

O Museu de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (MCT-PUCRS) é um exemplo de museu interativo, que foi fundado em 1998. Sua estrutura conta com 22 mil m² e centenas de experimentos interativos (BORGES et al., 2008). Uma característica importante do MCT-PUCRS é o fato de que, dessas centenas

de experimentos contidos na exposição, a maior parte foi fabricada pela equipe de funcionários do próprio museu (comunicação pessoal com o MCT-PUCRS).

O MCT-PUCRS recebe destaque social, pois vem atuando junto à sociedade como um canal de difusão do conhecimento científico e tecnológico, por meio de suas exposições e experiências lúdicas, os visitantes interagem com o acervo, tornando-se protagonista de seu próprio aprendizado. Dessa maneira, para atingir o público, a exposição do MCT-PUCRS apresenta diferentes áreas temáticas que contemplam assuntos de biologia, física, química, geociências e arqueologia, por meio de abordagens interdisciplinares para todas as faixas etárias (comunicação pessoal com o MCT-PUCRS). Assim, é possível que o visitante consiga interagir para compreender como a natureza está expressa em diferentes contextos.

Conforme Moraes (2013), uma aprendizagem efetiva necessita da participação ativa daquele que está aprendendo. Devido a isso, o visitante do museu é estimulado constantemente a participar de forma ativa e refletir sobre sua ação, tornando o museu interativo (MORAES, 2013). Com isso, a partir dos experimentos interativos encontrados no museu, se criam condições que possibilitem a construção do conhecimento, por meio da interação, envolvendo o prazer de uma descoberta, sentimento importante para o desenvolvimento do pensamento autônomo do sujeito (BERTOLETTI, 2013).

Segundo Bertoletti (2013. p.61),

[...] a interatividade está sendo utilizada para promover a construção do conhecimento por parte dos aprendizes. As pessoas não aceitam mais a simples transmissão de informações passivamente, pois sabem que possuem autonomia de busca e construção.

Os museus que promovem algum tipo de interação entre o acervo e o visitante buscam, de algum modo, instigá-lo a experimentar outras sensações, além da visual. Assim, a interatividade difere-se de outras experiências porque permite que os visitantes possam, além de observar, sentir, provar, criando condições para aprenderem mais com o acervo em exposição (GUIMARÃES; LIMA, 2011).

Corroborando essa ideia, Moraes (2013, p.104) afirma que:

[...] a interatividade proposta pelo MCT pode ser compreendida em três níveis. O primeiro nível implica o envolvimento dos visitantes de forma direta e concreta. Esse nível exige as habilidades de pensar simples, tais como observar, ler, comparar, registrar, medir e outras. O segundo nível de interatividade é caracterizado por operações intelectuais mais sofisticadas, tais como problematizar, experimentar, discutir e outras. A partir destas operações intelectuais chega-se ao terceiro nível, mais complexo, de formas de abstração, como a compreensão, a explicação de fenômenos, a interpretação e o aprender de uma forma geral.

Tendo em vista esses níveis observados por Moraes (2013), evidencia-se que o museu pode proporcionar diferentes formas de aprendizagem ao visitante. Tais observações contribuem com concepções que afirmam que os espaços museais auxiliam na compreensão de conceitos relacionados à Ciência (MARANDINO, 2001). Nesse sentido, há um crescente aumento das pesquisas nessa área, em que se observa, com maior frequência, a discussão acerca do papel dos museus.

Esta pesquisa assume o MCT-PUCRS como espaço educacional, visto como um recurso pedagógico, pois propicia a quem chega a visitá-lo adentrar no universo das investigações que buscam investigar a complexidade dos processos educativos nos museus. No que se refere à aprendizagem, apoia-se nas ideias de Bizerra (2009) e assim considera que o museu possibilita a aprendizagem de conceitos científicos e a vivência da experiência museal como articuladora entre Ciência, neste estudo, a Química, e cotidiano.

Adicionado a isso, conforme Jacobucci (2006), a aproximação da escola e do professor aos centros e os museus de ciências é de longa data. Entre as contribuições manifestadas em pesquisas sobre o tema, Gouvêa et al. (2001) destacam que professores consideram a visita ao museu como complemento à escola e elencam melhorias relacionadas à compreensão dos conteúdos, motivação, o suporte ofertado pelos materiais didáticos e laboratoriais, assim como a oportunidade que os estudantes têm de relacionar teoria e prática.

Marandino (2003, p.76) destaca ao falar do potencial educativo do museu:

Do ponto de vista educacional, os museus são espaços valiosos para a discussão de elementos relacionados à educação não formal, como a elaboração de estratégias de ensino e de divulgação da ciência e os processos de aprendizagem. Podem ser, assim, grandes parceiros para trabalhos direcionados à formação do professor e aos processos de ensino-aprendizagem.

Observa-se, nesse contexto, que os sujeitos em contato com os elementos presentes nos museus produzem uma relação entre seus conhecimentos prévios e aqueles sugeridos por meio dos experimentos, representações de ambientes naturais (dióramas), objetos e textos científico-explicativos organizados por todo o MCT-PUCRS, possibilitando a reformulação de ideias por parte de quem vier a visitá-lo.

Nesse sentido, Bertolotti (2013) aponta que o museu, enquanto espaço educativo não formal e diferente da escola, é capaz de oferecer condições favoráveis ao desenvolvimento de atividades interativas, lúdicas e de divulgação científica, pois as limitações da escola relacionadas aos espaços físicos, ausência de materiais adequados, laboratórios e equipamentos, não são fatores que interferem no andamento das ações.

Ao mesmo tempo, Falk e Storksdieck (2005) afirmam que a aprendizagem é altamente situada. Isso significa dizer que a aprendizagem se diferencia de acordo com o ambiente. Tal consideração implica reconhecer que o MCT-PUCRS é único ao propiciar aprendizagem aos seus visitantes nas sete seções que o compreende. Assim, destacamos as ideias de Hein (1998) ao compreender que a aprendizagem está situada no contínuo acúmulo de informações, fatos, experiências que possibilitam ao aprendiz selecionar informações do seu entorno e, com os esquemas mentais, promovem diferentes posturas relativas ao processo educativo.

3. A MODELAGEM MATEMÁTICA NA CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO

Na constante busca por uma educação menos tradicional de ensino, professores e pesquisadores desenvolvem alternativas e procuram soluções para tornar a educação mais dinâmica e criativa. Um método que vem recebendo atenção desde de 1970, em razão de tal desafio, é a Modelagem Matemática (MM). Sua proposta permite solucionar situações-problema a partir da realidade e contexto dos estudantes, de forma que eles mesmos busquem as respostas, por meio de seus questionamentos (BIEMBENGUT, 2016).

De acordo com dicionário on-line *Priberam*, o termo modelagem se refere ao “ato ou efeito de modelar”. Modelar, por sua vez, se refere a modelo, que, para Bonotto (2017, p.25), “[...] tem a função de expressar as características ou propriedades de algo para alguém.”. A Modelagem Matemática organiza-se em um conjunto de procedimentos e etapas que auxiliam a elaboração de um modelo matemático, sendo este, conforme Lara e Biembengut (2017), um conjunto de símbolos que dialogam entre si para representar algo. Tal representação pode ocorrer por meio de imagens, desenhos, projetos, gráficos, esquemas etc.

Em sala de aula, a Modelagem visa a instigar o interesse dos estudantes em conhecer e compreender a realidade em que vivem, pois, na medida em que o professor desenvolve temas atuais, estes se tornam mais familiares e compreensíveis, permitindo a expressão de ideias claras, sem ambiguidades (LARA; BIEMBENGUT, 2017; BONOTTO, 2017). A elaboração do modelo ocorre por meio de interações em um processo contínuo e cíclico, onde cada etapa desenvolvida permite o aperfeiçoamento da anterior, até chegar a outra aceitável (BIEMBENGUT, 2016). Para Biembengut (2016), a valia do modelo está em sua utilidade e adequação ao tema proposto, na utilização de dados que guiem à uma solução, produto ou teoria.

A Modelagem Matemática é didaticamente dividida em três etapas, que interagem e se completam. Biembengut (2016) afirma que tais etapas são a base do processo cognitivo, sendo elas: (a) percepção e apreensão; (b) compreensão e explicitação; (c) significação e expressão. A primeira etapa, *percepção e apreensão*, busca desenvolver a capacidade de o estudante perceber fenômenos que o permitam combinar, selecionar e relacionar com os já dispostos. A percepção permite a primeira descrição do meio ao seu redor, buscando compreendê-lo, enquanto a apreensão permite a familiarização com o meio, tornando-o real (BIEMBENGUT, 2016). Nessa etapa, ocorre o delineamento da situação que se espera investigar. Conforme ocorre a familiarização com o tema, emergem as situações-problema (BONOTTO; SCHELLER, 2018).

A segunda etapa, *compreensão e explicitação*, se configura no elo entre a percepção e o conhecimento propriamente dito (BIEMBENGUT, 2016). Compreender permite

expressar, de forma intuitiva, uma sensação, de modo a explicitar o que percebeu. Essa explicitação, conforme Biembengut (2016), demonstra o interesse do estudante sobre determinado assunto, e como a aprendizagem se relaciona a este interesse. Portanto, o estudante que se interessa e explicita o que compreendeu, caminha em direção à aprendizagem. Assim, aprender implica ter conhecimento, e não apenas reter alguma informação (BIEMBENGUT, 2016). Nessa etapa, os estudantes poderão formular o problema a ser resolvido e as hipóteses para responder o problema, por meio de um modelo. Uma vez encontrado o modelo, resolve-se a situação problema a partir dele (LARA; BIEMBENGUT, 2017).

A última etapa inclui a *significação e expressão*. Ao passo que estudante compreende e explica suas percepções, sua mente busca interpretar os resultados por meio de símbolos ou modelos (BIEMBENGUT, 2016). Nessa etapa ocorre a interpretação e avaliação dos resultados, permitindo verificar sua validade. Para Bonotto e Scheller (2018, p.5), caso “[...] o modelo satisfaça as pretensões do modelador, procura-se mostrar sua significação, se não o for, retoma-se a fase anterior. ”, demonstrando a característica cíclica da modelagem. Após a devida validação, os resultados serão expressos.

Por fim, a Modelagem que começou com um conjunto de ideias para resolver uma situação-problema, gera um processo que requer constantes verificações e conclusões explícitas de forma adequada. Tal como especificado por Biembengut (2016), existem diferentes tipos de modelos. No caso do projeto de ensino proposto neste estudo, foi oportunizada aos estudantes a construção de um modelo utilizando a Modelagem Simbólica, que, segundo Biembengut (2016, p.115-116),

[...] constitui processo envolvido na compreensão e na análise de um conjunto de dados de um ente físico (produto ou processo), da natureza ou do ambiente social. Trata-se de um processo mais amplo. Compreender a essência de diversos elementos que compõem e que agem na natureza, na sociedade, pode possibilitar: o controle de cada um destes elementos, a análise da inter-relação dos elementos; a produção de novas técnicas e tecnologias. Ou seja, modelar deliberadamente com vista ao futuro, sem ignorar as pessoas, os entes, a estrutura da natureza.

Ao mesmo tempo, destaca-se que, com a Modelagem, o estudante passa a ser o sujeito do processo de ensino, pois pode construir o conhecimento por seus próprios meios. Acredita-se, assim, que esse método de ensino e de pesquisa se torna uma alternativa eficaz para o ensino e para a aprendizagem, pois os estudantes têm a possibilidade de

entrar em contato com os conteúdos a partir de fenômenos naturais, muitas vezes a partir de discussões ou temas de seu interesse (BIEMBENGUT, 2016).

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa é de cunho qualitativo, exploratória e do tipo estudo de caso, pois tentou-se compreender em detalhes os significados e características das situações apresentadas pelos estudantes de uma determinada turma (BOGDAN; BIKLEN, 1994). Como instrumentos de coleta de dados utilizou-se a observação, registro em diário de campo, roda de conversa, registro de imagens e questionários aplicados antes e depois das atividades desenvolvidas. A investigação foi realizada com uma turma de primeiro ano do Ensino Médio de um Colégio Estadual da região metropolitana de Porto Alegre, RS. Participaram da atividade 24 estudantes, sendo 14 meninos e 10 meninas, com idades entre 15 e 18 anos.

A pesquisa buscou analisar as contribuições de um espaço museal na aprendizagem em Química, por meio de uma proposta de ensino sobre os elementos químicos, usando a Modelagem Matemática como método a partir do cotidiano de estudantes do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual do município de Porto Alegre - RS. Por meio das etapas propostas na Modelagem, chegou-se à seguinte pergunta problema: De que maneira os elementos químicos contribuíram/contribuem para a existência e manutenção da vida na terra? Para responder tal questão, o desenvolvimento da sequência didática abordou os elementos químicos da tabela periódica comuns do cotidiano dos estudantes, utilizando um museu interativo como recurso pedagógico. Para Zabala (1998, p. 18), uma sequência didática é “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores quanto pelos alunos”.

No contexto da pesquisa, a sequência didática materializou-se na organização das seguintes atividades: *Brainstorm*, roda de conversa, definição do problema e início da construção do Modelo na primeira etapa da Modelagem, conhecida como *Percepção e apreensão*; em seguida, foram utilizados vídeos, atividades escritas, ida ao MCT-PUCRS, busca na internet sobre características dos elementos químicos escolhidos por eles para

aprofundamento, júri simulado, identificação de objetos do cotidiano que utilizam o elemento químico, bem como suas implicações para o surgimentos e manutenção da vida na Terra, sendo essas desenvolvidas na etapa *de Compreensão e explicação*; roda de conversa sobre a ida ao museu, questionário, finalização do modelo e apresentação oral, como última etapa da modelagem – *Significação e expressão*.

O questionário permitiu compreender a importância das atividades desenvolvidas a partir da modelagem e da visita ao museu. Neste trabalho, os estudantes foram referidos com um código alfanumérico para garantir o seu anonimato. Após a realização do questionário, ocorreu a análise dos dados com base na Análise Textual Discursiva (ATD), proposta por Moraes e Galiazzi. Essa análise ocorreu por meio de um processo denominado auto-organizado, que permitiu a construção de novas compreensões a respeito do fenômeno estudado (MORAES; GALIAZZI, 2007). A análise ocorreu em três etapas: (a) em um primeiro momento, o texto do *corpus* foi obtido e desconstruído, a fim de dar origem a unidades de sentido – a unitarização; (b) as unidades de sentido permitem o estabelecimento de relações entre os elementos com sentidos aproximados – a categorização e (c) a análise das categorias deu origem a novas compreensões, expressas por meio de um metatexto que apontou os sentidos obtidos neste processo de análise (Ibidem).

As observações, anotações em diário de campo e roda de conversa puderam fornecer indícios de que, inicialmente, os estudantes sabiam citar alguns elementos e os relacionavam com algumas situações e objetos de uso cotidiano. No entanto, não conseguiram expressar a relação entre o surgimento e manutenção da vida com os elementos químicos que foram mencionados por eles na nuvem de palavras. Tais impressões iniciais sugerem o contato dos estudantes com os nomes dos elementos químicos nos anos anteriores de escolarização, mas de maneira fragmentada e descontextualizada da vivência de cada um deles (ZANON e MALDANER, 2010).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A proposta de ensino foi realizada em momentos a partir das etapas previstas pela Modelagem Matemática. Dentro de cada etapa, foi desenvolvida a construção de um

modelo que representa o modo como os elementos químicos estão presentes no cotidiano dos estudantes e de que forma eles contribuem na origem e manutenção da vida. Abaixo estão definidas as etapas e uma breve descrição dos momentos.

1ª Etapa: Percepção e Apreensão (2 encontros de 45 minutos)

Nesta etapa, os professores atuaram como mediadores do processo de aprendizagem (VYGOTSKY, 1998) ao propor atividades em que os alunos puderam expressar que conhecimentos tinham inicialmente relacionados com o tema. Durante essas atividades, os alunos, no processo de apreensão, fizeram o reconhecimento dos principais elementos encontrados por eles e a identificação destes no cotidiano. O objetivo dessa etapa foi fazer com que os estudantes pudessem perceber, em suas atividades diárias, a presença de elementos químicos.

Foi realizada uma primeira roda de conversa para levantar questões e curiosidades dos estudantes. Dessa forma, foi possível obter uma percepção inicial do conhecimento dos estudantes sobre elementos químicos e os conceitos prévios que eles traziam consigo. A partir dos elementos mais mencionados, os estudantes montaram uma nuvem de palavras com os elementos químicos, sendo eles: ouro, prata, cobre, oxigênio, hidrogênio e carbono. A partir desses elementos, os estudantes buscaram aspectos do cotidiano que estivessem relacionados às suas realidades, construindo a seguinte situação problema (no contexto não matemático): De que maneira os elementos químicos contribuíram/contribuem para a existência e manutenção da vida na terra? Após a definição da situação problema, organizou-se um conjunto de atividades a fim de solucionar a questão por meio de construção de um modelo, iniciada nesta primeira etapa com a ilustração do elemento.

2ª etapa: Compreensão e Explicitação (15 encontros de 45 minutos)

Na segunda etapa, iniciou-se a compreensão do tema estudado. Assim, o primeiro momento foi dedicado a possibilitar aos alunos a compreensão das relações naturais da

vida na terra e, portanto, a existência dos elementos desde a origem do universo. Dessa forma, foram apresentados vídeos que abordaram os temas mencionados acima. Em seguida, foi realizada outra roda de conversa (ALLEN, 2002) sendo que os estudantes puderam explicitar o que perceberam de relevante em relação aos elementos químicos no cotidiano. Com isso, observou-se que conseguiram conjecturar sobre as implicações dos elementos no cotidiano, identificar outros elementos que não haviam sido citados na nuvem de palavras e apresentar noções da composição de moléculas existentes.

A fim de substanciar a construção do modelo, propôs-se a busca na internet e em livros didáticos de exemplos da aplicabilidade, características e representações dos elementos químicos, permitindo a generalização da presença de cada um deles em seu cotidiano. Para Biembengut (2016, p.124),

[...] fazer uso destes modelos que se encontram nos livros, estudá-los e refazê-los a partir de dados de alguma atividade experimental para chegarmos a modelo análogo [...] torna-se uma proposta potencialmente interessante para se aprender a modelar de forma autodidata, mas também é um caminho que propicia a aprendizagem e facilita o ensinar.

Com relação aos elementos químicos presentes na origem da vida, foi realizado um debate, na forma de júri simulado, entre as teorias do evolucionismo e do criacionismo, com olhares a partir das ciências e do ensino religioso. Foram fornecidos aos estudantes textos científicos acerca do tema para que eles pudessem se apropriar do conteúdo, além do que já havia sido discutido anteriormente. Ao final do debate, os grupos apresentaram argumentos coerentes de ambos os lados.

No segundo momento, os estudantes foram guiados no sentido da explicitação, a partir da expressão oral, ao discutirem o tema, retomou-se os elementos citados na nuvem de palavras do primeiro encontro, porém com mais propriedade. Por fim, em um terceiro momento, foi realizada uma visita ao MCT-PUCRS quando os estudantes participaram de uma investigação sobre os elementos químicos, buscando relacioná-los ao cotidiano.

No momento da visita, todos foram direcionados para o experimento sobre biocombustíveis, no primeiro pavimento, que demonstra o seu processo de produção e aplicação no cotidiano. Lá, os estudantes receberam as instruções sobre a atividade a ser realizada, a partir da qual deveriam encontrar, pelo museu, referências aos elementos

químicos em diversos experimentos, relacionando-os com suas funções na origem e manutenção da vida, bem como na produção de bens materiais. No caso dos biocombustíveis, a utilização dos elementos químicos citados no experimento faz parte do processo de catalisação das reações necessárias para a obtenção do combustível, sendo eles hidróxido de potássio (KOH) e hidróxido de sódio (NaOH).

Durante essa atividade, buscou-se evidenciar uma perspectiva de compreensão histórica da evolução do conhecimento, do desenvolvimento científico e tecnológico (PINTO; OAIGEN, 2012), uma vez que a produção dos biocombustíveis reflete o conhecimento que permite a transformação de elementos químicos isolados em moléculas complexas que cumprem determinada função.

Sendo assim, cada grupo recebeu um roteiro diferente para explorar o museu em busca dessas relações, atentando para todos os experimentos. Ao final, eles deveriam entregar o roteiro completo para auxiliar na continuação da construção do modelo na terceira etapa da Modelagem, permitindo que explicitassem suas compreensões acerca das relações dos elementos químicos com o cotidiano.

3ª etapa: Significação e Expressão (3 encontros de 45 minutos)

Na última etapa, os estudantes finalizaram o modelo ao trazer objetos de seu contexto, que apresentassem o elemento representativo do grupo. Com isso, objetivou-se atingir “[...] a significação na interpretação da solução e validação do modelo e a expressão do processo e do resultado.” (KRIPKA et al., 2015, p.11). Em seguida, o modelo foi apresentado a todos em forma de seminário, permitindo a sua validação e efetivando a expressão do aprendizado.

Nessa etapa, foi realizado um questionário com os estudantes, a fim de elucidar todo o processo executado durante a atividade. Para tal, realizou-se a Análise Textual Discursiva. O *corpus* para análise foi obtido por meio das respostas dos estudantes ao questionário, que continha as seguintes perguntas: (1) Os elementos químicos estão presente em seu cotidiano. Onde você pode encontrá-los? Cite exemplos; (2) Para você, qual a participação dos elementos químicos na origem da vida?; (3) Qual a importância dos

elementos químicos na manutenção da vida?; (4) O que você achou da atividade do museu?; (5) Você aprendeu algo diferente no museu? Conte em poucas palavras; (6) A construção do modelo auxiliou no seu entendimento sobre os elementos químicos?

Com base nas respostas obtivemos um total de 241 unidades de sentido. Essas unidades foram agrupadas em 19 categorias iniciais que, ao final do processo, deram origem a três categorias finais emergentes. Tais categorias buscam expressar a importância do espaço museal, as mudanças nas percepções dos estudantes e a contribuição do modelo para o entendimento das relações entre os elementos químicos, a origem e a manutenção da vida.

As categorias emergiram a partir do processo de categorização, previsto pela ATD de Moraes e Galiazzi (2007). Para explicitar o processo de categorização, elaborou-se o quadro abaixo apresentando algumas unidades de significado das quais emergiram as categorias finais, como exemplo do processo.

Quadro 1: Exemplo do processo de categorização a partir das unidades de significado

Unidades de Sentido	Categorias iniciais	Categorias finais
Apreendi que vários elementos estão presentes em nosso cotidiano, que muitos também são usados para fazer remédios.	Afirma que aprendeu, contextualiza e demonstra conhecimento.	Mudança nas percepções dos estudantes sobre sua aprendizagem
No museu, a gente vê coisas diferentes e experimentos incríveis sobre os mais variados assuntos.	Experiências no Museu.	O espaço museal como recurso para aprendizagem.
Eu consegui entender um pouco mais a tabela periódica e entender onde os elementos químicos estão no nosso cotidiano.	Percebe um melhor entendimento sobre o assunto.	A contribuição da construção do modelo para o entendimento.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com o intuito de analisar as respostas, cada categoria será abordada separadamente.

Categoria I - Mudança nas percepções dos estudantes sobre sua aprendizagem

Ao abordar aprendizagem em museus, Hein (1998) destaca que há diversos princípios que emergem, tais como: a aprendizagem é um processo ativo de construção de significado a partir de *inputs* sensoriais; a aprendizagem é uma atividade social e acontece

com outros; a aprendizagem é contextual, na medida em que aprendemos com o que já conhecemos, nossas crenças e discriminações; o conhecimento prévio é um pré-requisito para a aprendizagem; aprendizagem acontece em longos períodos de tempo, após a visita à exposição e na contínua recorrência de pensamentos; e que a motivação é essencial para a aprendizagem.

No mesmo sentido, Falk e Dierking (2000) afirmam que a aprendizagem é um esforço contextualizado que possibilita construir significados para sobreviver, em um processo que se dá continuamente relacionando experiências passadas e atuais. No contexto da pesquisa, observou-se que os estudantes relataram ter aprendido a partir das atividades realizadas, ao explicitar suas conclusões, demonstrando interesse no assunto, assim como fazendo relações com suas concepções prévias. A resposta do E29¹ demonstra essa explicitação ao escrever: *“Aprendi que todo o lugar tem elementos químicos e sem eles não existiria vida. Aprendemos quando e como a tabela periódica foi criada e que passou por vários processos até chegar no jeito que ela se encontra. Também ela ainda pode ser modificada porque podem surgir/ser descobertos novos elementos”*².

Para Piaget (1980), quem conhece de fato algo é capaz de dizer o que sabe de maneira simples. Ou seja, quando um estudante consegue explicitar o que aprendeu de forma simples e direta, demonstrando que conhece de fato, significa que este estudante conhece e compreende o assunto que está falando, como percebemos na fala do E29.

Da mesma forma, o E19 afirma que *“Eu aprendi que a tabela periódica está no nosso dia a dia mesmo nós não percebendo”*. Compreender a complexidade de um fenômeno que ocorre ao nosso redor sem que nunca tenha sido visto, bem como entender a importância disso para a manutenção da vida, é etapa fundamental da aprendizagem, pois o conhecimento é um processo de estabelecimentos de representações mentais entre as diferentes relações que constituem os objetos (PRADO, 1973). Como evidenciado na análise das respostas dos estudantes, observou-se que eles conseguiram perceber a

¹ Para manter o anonimato, as respostas dos estudantes serão apresentadas como E.

² As respostas dos estudantes serão escritas entre aspas e em itálico

presença dos elementos em seu cotidiano, sua participação e importância para a existência da vida. Essas percepções foram desenvolvidas ao longo de toda a atividade.

Categoria II - O espaço museal como recurso para aprendizagem

A proposta do museu interativo é estimular o visitante a interagir com experimentos expostos e, a partir disso, construir o seu conhecimento. O museu, por ser um espaço de educação não-formal, permite o estudo de uma ampla variedade de assuntos (ALMEIDA; MARTINEZ, 2014) que, por sua vez, estimulam o interesse dos estudantes para desenvolver as atividades propostas no museu. Esses aspectos ficaram explícitos em algumas respostas, entre elas: “*No museu a gente vê coisas diferentes e experimentos incríveis sobre os mais variados assuntos.*” (E29). Além disso, foi possível verificar que o museu permitiu aos estudantes o devido envolvimento com os experimentos para que descobrissem novidades: “[...] *descobri coisas que eu não sabia que existia elementos químicos.*” (E31); “[...] *deu para envolver bastante, as pessoas estavam interessadas.*” (E02).

Sobre a atividade realizada com os estudantes no museu, em um jogo estilo “caça ao tesouro”, intitulado Caça aos Elementos Químicos, o objetivo foi permitir que todos interagissem com o máximo de experimentos possíveis, procurando onde estavam os elementos químicos em cada um deles. Sobre a atividade, o E09 afirma que considerou: “*Interessante, dinâmica e legal. A atividade/questionário no início foi deveras interessante e interativa.*”, demonstrando que a atividade cumpriu com o objetivo.

A realização das atividades com os experimentos interativos do museu proporcionou aos estudantes a reflexão e contextualização de conceitos relacionados à presença dos elementos químicos desde a origem da vida no universo até os tempos atuais. Nesse sentido, emergiu a categoria *o espaço museal como recurso para aprendizagem*, sendo possível identificar nas afirmações dos estudantes que o museu envolve o visitante e, por isso, possibilita aprendizagem, a importância dos elementos químicos e a presença desses nos planetas.

Diante dessas respostas, é possível observar que o espaço museal permite condições propícias ao desenvolvimento de atividades interativas e lúdicas (BERTOLETTI, 2013), visto que as limitações escolares, como os espaços físicos, a ausência de materiais e equipamentos podem interferir no andamento das atividades. O museu interativo “[...] vem a contribuir, de forma importante, como um elo entre o conhecimento gerado na escola e a vivência lúdica dentro de um espaço não formal.” (GALLON et al. 2016, p.15-14). Mesmo que sejam espaços distintos, “museu e escola, podem ser complementares. O museu pode impactar positivamente no processo de ensino e aprendizagem na escola.” (GUIMARÃES; SOUZA; MAIA, 2018, p.108).

Categoria III - A contribuição da construção do modelo para o entendimento

A construção do modelo realizado durante toda a atividade proposta teve como objetivo auxiliar os estudantes, a partir das três etapas da modelagem, a compreenderem mais sobre os elementos químicos que os cercam, bem como apreender os conhecimentos adquiridos, de modo que os permita explicitar e expressar as novas significações que obtiveram sobre o tema.

Quando se analisa de que modo os estudantes expressaram a contribuição da construção do modelo matemático, percebeu-se que auxiliou no entendimento dos conteúdos abordados como, por exemplo: “[...] ajuda a ampliar meu entendimento sobre o assunto abordado” (E31); “[...] eu consegui entender um pouco mais a tabela periódica e entender onde os elementos químicos estão no nosso cotidiano” (E19); “[...] me ajudou lembrar a doença e algumas coisas que aprendi na escola” (E36).

A resposta dada pelo E19 vai ao encontro de uma das habilidades propostas pela BNCC (2018), que tem o intuito de possibilitar ao estudante compreender tanto como a tabela foi construída, quanto perceber o que o homem pensa em termos de ciência. Dessa forma, permite que, por meio dessas informações, chegue a uma compreensão transdisciplinar do papel dos elementos, desde o início do universo até as implicações que envolvem cada um deles para a manutenção da saúde humana nos dias atuais.

Adicionado a isso, vale ressaltar que a elaboração do modelo na concepção de D'Ambrosio (1996) consiste em representações simplificadas, sejam ou não mentais, que são feitas sobre a realidade que cerca os estudantes. Assim, quando produziram o modelo buscaram em sua essência experimentar as circunstâncias ou processo que os conduziu ao modelo matemático elaborado (BARBOSA, 2009).

Como última categoria emergente e fruto de todo o processo de ensino baseado na Modelagem Matemática, a *contribuição da construção do modelo para o entendimento* pôde evidenciar que: os estudantes ampliaram seus conhecimentos um pouco mais acerca dos elementos químicos; perceberem aspectos desses elementos que ainda não haviam estudado na escola; e identificaram a presença de alguns elementos químicos em seu cotidiano.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi analisar as contribuições de uma proposta de ensino que busca contextualizar os elementos químicos da tabela periódica comuns do cotidiano de estudantes, utilizando um museu interativo como um recurso pedagógico e a Modelagem Matemática com método de ensino.

Dessa forma, a pesquisa possibilitou que os estudantes modelassem dados empíricos, instigados pelas atividades e visita ao museu, discutindo os pressupostos usados na organização e interpretação dos dados no modelo construído. Tal contribuição reforça, na perspectiva de Barbosa (2009), o argumento de que os modelos matemáticos são partes constitutivas do discurso pedagógico das ciências.

O primeiro ponto de destaque após a aplicação da proposta está relacionado com a saída do espaço formal, a sala de aula, para um espaço não formal, o museu. Esse movimento, por si só, gerou encanto nos estudantes, estimulando a curiosidade pelo conteúdo da exposição e, conseqüentemente, pelos conteúdos abordados na proposta. Essa curiosidade contribuiu para a construção do conhecimento, pois exigiu a busca ativa e autônoma por soluções aos problemas que os próprios estudantes conceberam durante a visitação, além da busca pelas respostas propostas a eles como parte da atividade. Isso foi explicitado nas

respostas dos questionários aplicados, bem como nas observações e anotações realizadas pelos autores durante toda a execução da proposta.

Após todas as atividades realizadas, aponta-se a necessidade de relacionar os temas do cotidiano dos estudantes com os conceitos estudados em sala de aula, pois em muitos momentos durante a apresentação do seminário, os estudantes ficavam surpresos ao perceber que tudo é composto por elementos. Isso indica a relevância de desenvolver uma educação mais dinâmica, com recursos que auxiliem na aprendizagem efetiva, como o uso do museu interativo e dos pressupostos da Modelagem Matemática.

Vale destacar os desafios para desenvolver uma proposta na esfera da escola pública, como a dificuldade de engajamento por parte dos professores, a falta de organização e de recursos. Essas dificuldades foram contornadas com a colaboração dos estudantes, que se demonstraram entusiasmados e sempre participativos, e pela proposta mostrar-se dinâmica e longe do âmbito tradicional.

Por fim, sublinha-se que as constatações desta pesquisa não encerram a discussão sobre modelagem e aprendizagem em museus. Portanto, existem outros aspectos a serem investigados nesses âmbitos. Ainda há muito a pesquisar no que diz respeito à utilização da Modelagem Matemática, como a proposta estruturante de atividades desenvolvidas dentro dos espaços museais, em especial quanto às suas contribuições efetivas na aprendizagem de conceitos científicos e sua aplicabilidade no cotidiano.

7. REFERÊNCIAS

ALLEN, S. Looking for Learning in Visitor Talk: A Methodological Exploration, In: LEINHARDT, G.; CROWLEY, K.; KNUTSON, K. (Eds.) **Learning Conversations in Museums**. New Jersey: LEA Publishers, 2002. p. 259-301.

ALMEIDA, Pilar de Almeida; MARTINEZ, Albertina Mitjans. As pesquisas sobre aprendizagem em museus: uma análise sobre a ótica dos estudos da subjetividade na perspectiva histórico-cultural. **Revista Ciência & Educação**, Baurú, v.20, n.3,p.721-737, 2014.

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Modelagem matemática: teoria e prática**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 2015.

BARBOSA, Jonei Cerqueira. Modelagem e modelos matemáticos na educação científica. **Alexandria, Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.2, n.2, p.69-85, jul. 2009.

- BERTOLETTI, A.C.R. A arte de construir experimentos interativos. In: BORGES, R.M.R.(Org.). **Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS: Coletânea de textos publicados**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2013. p.61-68.
- BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem na educação matemática e na ciência**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.
- BIEMBENGUT, M. S. Etnomatemática e modelagem em Ciências e Matemática: possibilidades na formação dos professores. In: LARA, I. C. M.; ROCHA FILHO, J. B.; BORGES, R. M. R. (Org.). **Interdisciplinaridade e inovação na educação em ciências e matemática**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2017. p.87-104
- BIZERRA, A. F. **Atividade de Aprendizagem em Museus de Ciências**. Tese [Doutorado] - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2009
- BOGDAN, Roberto C.; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em educação**. Tradução Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.
- BONOTTO, D.L.; SCHELLER, M. O agir modelagem: a construção de uma noção teórica. **Revista Indignare Scientia**, v. 1, 2018.
- BORGES, R. M. R.; MANCUSO, R. ; LIMA, V. M. R. (Orgs.). **Museu interativo: fonte de inspiração para a escola**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.
- BORGES, R. M. R. (Org.). Interdisciplinaridade e inovação na educação em ciências e matemática. in: BORGES, R. M. R.(Org.). **Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS : coletânea de textos publicados**. Porto Alegre : EDIPUCRS, 2013a. 244 p.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educar é a base**. Brasília: MEC, 2018.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André;PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- D'AMBROSIO, U. **História da Matemática e Educação**. In: Cadernos CEDES 40. História e Educação Matemática. 1ª ed. Campinas, SP: Papirus, 1996, p.7-17.
- FALK, John H.; DIERKING, Lynn D. **Learning from Museums: visitor experiences and the making of meaning**. Boston/aryland: Altamira Press, 2000.
- FALK, J. H. and STORKSDIECK, M. **Learning science from museums**. História, Ciências, Saúde – Manguinhos, v. 12 (supplement), p. 117-43, 2005.
- GALLON, Mônica da Silva; PRASNISKI, Maria Elena Tobolski; CAMARGO, Tatiana Souza de; FILHO, João Bernardes da Rocha. O Estudo da Célula: Contribuições de um Museu Interativo para a Aprendizagem e Ensino de Ciências. **Rev. Ens. Educ. Cienc. Human.**, v. 18, n.1, p. 12-17, 2017
- GOUVÊA, G. & VALENTE, M. E. & CAZELLI, S. & MARANDINO, M. **Redes Cotidianas de Conhecimentos e os Museus de Ciências**. Brasília: Parcerias Estratégicas, p. 169 - 174, 2001.
- GUIMARÃES, Cláudio Jorge; LIMA, Lauren Prestes. **Interatividade em Museus e Sustentabilidade Cultural**. V Fórum Internacional de Turismo do Iguaçu. 16 a 18 de

junho, 2011, Foz do Iguaçu, Paraná Brasil. Disponível em: <http://festivaldascataratas.com/wp-content/uploads/2014/01/8.-INTERATIVIDADE-EM-MUSEUS-E-SUSTENTABILIDADE-CULTURAL.pdf>, acesso em: 20 de jun. 2019.

GUIMARÃES, Lucas Peres; SOUZA, Jefferson Juvenato de; MAIA, Eline Deccache. Visita ao Museu Interativo de Ciências do sul fluminense: Uma abordagem introdutória do ensino de química para o nono ano. **Revista experiências em ensino de ciências**, v. 13, n. 3, 2018

HEIN, G. **Learning in the museum**. London: Routledge, 1998.

IUPAC. The United Nations Proclaims the International Year of the Periodic Table of Chemical Elements. 20 Dec 2017 Disponível em: <https://iupac.org/united-nations-proclaims-international-year-periodic-table-chemical-elements/> Acesso em 17 maio 2019

JACOBUCCI, D. F. C. **A formação continuada de professores em centros e museus de ciências no Brasil**. 2006. Tese de Doutorado - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 2006.

KRIPKA, Rosana Maria; BONOTTO, Luvezute Danusa de Lara; RICHTER, Luciana; LARA, Isabel Cristina Machado de; FERRARO, José Luis Schifino. O Espaço Museal e a modelagem na educação: Possibilidades para alfabetização científica. **BOLETIM GEPEM**, n. 67, 2015

LARA, I. C. M.; BIEMBENGUT, M. S. Etnomatemática e modelagem em Ciências e Matemática: possibilidades na formação dos professores. In: LARA, I. C. M.; ROCHA FILHO, J. B.; BORGES, R. M. R. (Org.). **Interdisciplinaridade e inovação na educação em ciências e matemática**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2017. p.87-104

MARANDINO, M. **O conhecimento biológico nos museus de ciências: análise do processo de construção do discurso expositivo**. Tese de doutoramento, São Paulo, Universidade de São Paulo, 2001.

_____.A formação inicial de professores e os museus de Ciências. In: SELLES, Sandra E. e FERREIRA, Márcia S. (Orgs.). **Formação docente em Ciências: memórias e práticas**. (p. 59–76). Rio de Janeiro: EdUFF, 2003.

Modelagem. In: DICIONÁRIO da Língua Portuguesa Priberam. 2013. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/modelagem>. Acesso em 11 out 2019

MORAES, R. Uma oportunidade agradável de aprender: Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS. In: BORGES, R.M.R.(Org.). **Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS: Coletânea de textos publicados**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2013. p.101-107.

MORAES, R.; GALIAZZI, M.C. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: UNIJUÍ. 2007.

VIEIRA, E. et. al. Jogos no Museu: Uma maneira lúdica de aprender. In: BORGES, R.M.R.(Org.). **Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS: Coletânea de textos publicados**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2013. p.109-140.

PIAGET, J. **Seis Estudos de Psicologia**. Rio de Janeiro, Forence, 1980.

PINTO, Joicei Maria de Oliveira; OAIGEN, Edson Riberto. Ensino e aprendizagem informal na sala de exposição permanente no museu de ciências naturais da universidade

de Caxias do Sul/RS: Percepções e opiniões dos professores. *In: IX Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul – ANPED SUL*, 2012.

PRADO JR., C. Teoria marxista do conhecimento e método dialético materialista. In Discurso - **Revista do Departamento de Filosofia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo** (4) 41-78. 1973. VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente**. 6.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZANON, L. B., MALDANER, O. A. A Química Escolar na Inter- Relação com Outros Campos de Saber. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A (orgs). **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010. 368p.