

EDU

CA

ÇÕES:



**TERRITÓRIOS OUTROS
DE PESQUISA**

 Letraria®

**CATARINA COSTA DE SOUZA
WESCLEY DINALI**

ORGANIZADORES

Catarina Costa de Souza
Wesley Dinali
(Organizadores)

EDUCAÇÕES: TERRITÓRIOS OUTROS DE PESQUISA

Araraquara
Letraria
2024

FICHA CATALOGRÁFICA

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Educações [livro eletrônico]: territórios outros de pesquisa / Catarina Costa de Souza, Wescley Dinali, organizadores. - Araraquara, SP: Letraria, 2024
PDF.

Vários autores.

Bibliografia.

ISBN 978-65-5434-088-5

1. Educação - Pesquisa 2. Pesquisa científica
3. Produção científica 4. Professores - Formação I. Souza, Catarina Costa de. II. Dinali, Wescley.

24-227031

CDD-370.78

Índices para catálogo sistemático:

1. Pesquisa científica em educação 370.78
Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

CONSELHO EDITORIAL

Marcos Pereira dos Santos (FACUR)

William Alexandre Manzan (UFTM)

SUMÁRIO

Apresentação	6
Ensino do <i>design</i> e decolonialidade	7
<i>Teaching design and decoloniality</i> Catarina Costa de Souza	
Aplicações da teoria das equações diferenciais com ênfase no crescimento de tumores	18
<i>Applications of the theory of differential equations with emphasis on tumor growth</i> Érica Marques da Silva Santos, Alexsandro da Silva Rodrigues, Danilo Coelho Tardem e Wellix Moreira da Silva	
Análise conceitual e técnica de questões de Química no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) pela Taxonomia de Bloom Revisada	36
<i>Conceptual and technical analysis of Chemistry questions of the National High School Exam (ENEM) by Bloom's Taxonomy Revised</i> Letícia Costa Dias Cocati e Leandro Paiva Queiroz	
Monitoria em Matemática no auxílio da aprendizagem de Química	56
<i>Monitoring in Mathematics to help Chemistry learning</i> Myrian Schettino e Lully Neiva	
Quantificação de flavonóides em folhas e frutos de <i>Dimorphandra mollis</i> Benth por HPLC	74
<i>Quantification of Flavonoids in leaves and fruits of Dimorphandra mollis Benth by HPLC</i> Raphael Campos Cusati	
O uso de Experimentos no Ensino de Ciências/Química: uma Revisão de Literatura	87
<i>The use of Experiments in Science/Chemistry Teaching: a Literature Review</i> Raphael Campos Cusati	
Sobre os autores	103

APRESENTAÇÃO

Os artigos apresentados nesta coletânea são resultados de trabalhos de professores/pesquisadores da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) – Unidade Ubá, e demais pesquisadores que se empenharam em construir conjuntamente este trabalho que agora entregam à sociedade.

Os escritos são frutos de investigações realizadas por seus autores, dentro de suas áreas de conhecimento, e que demonstram a riqueza de possibilidades de pesquisas desenvolvidas na universidade, contribuindo para a reflexão em futuras pesquisas científicas nestes campos de atuação.

Com imenso orgulho, os professores da UEMG – Unidade Ubá apresentam seus trabalhos à Comunidade UEMGuiana e demais pesquisadores.

Os autores

ENSINO DO DESIGN E DECOLONIALIDADE

Teaching design and decoloniality

SOUZA, Catarina Costa de; MESTRA; Universidade do Estado de Minas Gerais; catarina.souza@uemg.br

Este artigo tem como objetivo principal refletir sobre o lugar da educação em *design* na decolonialidade, como ferramenta política e de pensamento crítico. Apresentando a discussão sobre o *design*, o ensino e os profissionais desta área podem atuar contra a opressão de grupos que estão na periferia do capitalismo, promovendo maior inclusão destes na sociedade. A metodologia utilizada é a pesquisa qualitativa do tipo bibliográfica. Apresenta também alguns exemplos de trabalhos que foram desenvolvidos na área do *design*, tendo a decolonialidade como temática.

Palavras-chave: *Design* e decolonialidade; Ensino do *design*; Educação.

1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

O *design* surgiu em meados do século XVIII, em um período de transformações sociais, econômicas e culturais em virtude do surgimento de fábricas tomando o lugar da produção artesanal. Surge com a finalidade de contribuir significativamente para este processo, fazendo com que mais pessoas tivessem acesso aos produtos que estavam sendo produzidos, o que foi primordial para a formação da sociedade de consumo (Cardoso, 2012). O *design* tem suas raízes nos propósitos coloniais, tendo participação no surgimento e desenvolvimento da indústria, da produção em massa e da perpetuação da lógica capitalista e neoliberal. Com um histórico predominantemente eurocêntrico e que exclui outras formas de linguagem e narrativas, como as localizadas nas periferias do capitalismo, na atualidade, o profissional de *design* precisa estar atento a outras questões sociais que não somente as do contexto europeu e norte-americano e incorporar práticas e métodos a partir de relações decoloniais.

Para Bandeira e Cavalcanti (2022), a origem do *design* e o contexto em que se desenvolve na Europa e nos Estados Unidos vão influenciar como este chega ao Brasil, assumindo as características desses lugares, mantendo uma lógica eurocêntrica e gerando um perfil de colonizado para o *design* brasileiro. Isso vai pautar as grades curriculares dos cursos de *design* no Brasil a partir da ótica da Bauhaus, sem considerar as especificidades brasileiras.

Porém, para Escobar (2018), o *design* pode ser um agente que propõe a criação de novas possibilidades de mundos, buscando uma autonomia das práticas projetuais, entendendo que o *design* não é uma atividade meramente técnica, mas uma prática cultural e política, que envolve uma compreensão crítica do contexto em que se insere. Considera ainda a perspectiva pluriversal para o *design*, incorporando a variedade de conhecimentos e experiências culturais, para além da hegemonia ocidental. O autor apresenta o conceito de *design* para a autonomia que consiste em um processo cultural, ecológico e político que busca dar condições às comunidades de gerirem suas próprias criações, considerando suas ancestralidade e seus anseios para o futuro, garantindo suas autonomias para decidir suas formas de viver (Escobar, 2018).

Já Fry (2010) posiciona o *design* como atividade política que, para além das práticas de *merchandising*, materializa, ideologicamente, ideias a partir de posicionamentos políticos. As formas projetadas são baseadas em valores ideológicos direcionados para grupos específicos a partir de como estes são relacionados na sociedade. O autor também defende que o *design* deve se tornar agente atuante para além da política institucionalizada.

A metodologia deste artigo é caracterizada pela pesquisa qualitativa do tipo bibliográfica. Por meio do diálogo com os autores que se debruçaram sobre o conceito de decolonialidade e ações do *design* voltados para este tema, apresenta trabalhos que estão sendo desenvolvidos na área do *design*, tendo a decolonialidade como temática.

2 JUSTIFICATIVA

O *design* tem suas bases no eurocentrismo e traçou suas perspectivas pautado nos objetivos da modernidade.

É preciso discutir o papel da academia e da educação profissional na área do *design* sob a ótica de uma educação menos opressiva, menos colonialista, e que seja realmente transformadora de realidades. Assim, como os textos de muitos outros autores, o presente artigo questiona o pensamento eurocêntrico e aponta possibilidades para se pensar um *design* decolonial.

3 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é pensar o *design*, seu ensino e como os profissionais desta área podem atuar contra a opressão de grupos historicamente oprimidos, promovendo a inclusão social e subvertendo a lógica capitalista para um pensamento decolonial.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 O QUE É A DECOLONIALIDADE

Como entendimento da decolonialidade, Batista e Carvalho (2020) colocam os processos e as ações de identificação, que questionam e propõem ações que vão de encontro às estruturas estabelecidas e determinam a opressão contra grupos a partir da imposição do sistema capitalista e da imposição da cultura ocidentalizada.

Escobar (2018) explica que o panorama da decolonialidade latino-americana tem sido uma das principais oposições ao modernismo ocidental, nos últimos tempos, e se posiciona como de uma forma radical aos padrões dominantes da euromodernidade. E na América Latina há a perspectiva de formação de comunidades muito além dos sistemas racistas, patriarcais e capitalistas, baseados nos ideais das comunidades locais.

O movimento decolonial, que começou a ganhar destaque nos anos 1990 na América Latina, surgiu como uma resposta crítica à lógica eurocêntrica que dominava a narrativa global. Essa lógica, muitas vezes ligada ao processo de desenvolvimento global, ignorava as diferentes perspectivas culturais e cosmovisões das comunidades não ocidentais, com

as indígenas e as afrodescendentes, contribuindo para a perpetuação das hierarquias coloniais (Escobar, 2014).

Na década de 1990, é formado o grupo Modernidade/Colonialidade (M/C), como um coletivo de teóricos para pensar a colonialidade na América Latina. E desempenhou um importante papel no desenvolvimento do pensamento decolonial na região, com uma abordagem crítica à modernidade ocidental e questionando o conhecimento unilateral imperialista. Este grupo realizou diálogos, seminários e reuniões para debater e refletir sobre as complexidades das relações entre modernidade e colonialidade (Escobar, 2003). Participavam de sua formação intelectuais como Arturo Escobar, Aníbal Quijano, Walter D. Mignolo.

O pensamento decolonial inclui uma variedade de vozes, tanto da academia quanto de movimentos sociais, destacando a diversidade de perspectivas e as experiências na construção desse conhecimento. Há uma perspectiva pluriversal, em que se considera a existência de epistemologias de diferentes grupos e respeitando suas próprias maneiras de compreender o mundo, não sendo subjugadas por epistemologias impostas. Ali, o pensamento ocidental não é totalmente apagado e ao não negar totalmente o pensamento ocidental, o pensamento decolonial busca integrá-lo em um “pluriverso”, tratando-o como uma perspectiva entre muitas outras (Mignolo; Walsh, 2018).

A decolonialidade parte da necessidade de considerar e valorizar os conhecimentos e as experiências das periferias do mundo, promovendo uma pluralidade de vozes e perspectivas. Além disso, enfatiza a importância de questionar as hierarquias de poder, não apenas no âmbito político, mas também no campo do conhecimento, cultura e identidade. Essa abordagem busca superar as lentes eurocêntricas e euronormativas que muitas vezes moldam a compreensão da realidade, incentivando a diversidade epistêmica e cultural. O pensamento decolonial é muitas vezes associado a movimentos sociais, acadêmicos e ativistas que buscam uma transformação profunda nas estruturas de poder e conhecimento, promovendo uma abordagem mais inclusiva e equitativa para entender o mundo (Batista; Carvalho, 2020). É importante ressaltar que a colonialidade não diz respeito apenas à conquista territorial e ao domínio político, mas envolve também a dominação de subjetividades e a implantação de um sistema social que categoriza sujeitos por raça e etnia, impondo o conceito de superioridade branca.

4.2 REFLETINDO O PROJETO DE DESIGN

No campo do *design*, também se percebe os mecanismos de colonização dos discursos e práticas projetuais. O *design* pode assumir alguns posicionamentos quanto

ao discurso da decolonialidade, explorando seu papel como ferramenta política e de reflexão. Dentro do movimento decolonial latino-americano, é importante abordar a decolonialidade contestando o legado do Brasil colônia, buscando romper com padrões universais que marginalizam as culturas originárias e propor novas formas de fazer *design* que contemplem a diversidade da sociedade.

Nesta área, existem formas de se projetar e executar que seguem formatos específicos entre o projeto e o consumidor final, mas essas formas atendem a uma demanda de modernidade colonialista que não tem a preocupação em desenvolver *links* de comunicação entre o *design* e os grupos que estão na periferia do capitalismo e não reconhecem epistemologias diversas (Montuori; Nicoletti, 2021).

É possível pensar em um *design* que não contemple somente uma perspectiva das ferramentas projetuais já estabelecidas, mas que possa construir um *design* comunal e pluriversal a partir da perspectiva decolonial. Como explica Escobar (2018), os sistemas comunais implicam na descentralização do capitalismo e em um sistema controlado pela coletividade, não mais baseado nos interesses dos indivíduos. O que se pretende é o fim da hegemonia existente e dos conceitos universais adotados pela modernidade e que se dê lugar ao pluriverso com ênfase em culturas diversas. O autor também aborda que o conceito de comunidades que está sendo resgatado em um contexto epistêmico-político, principalmente a partir de países da América Latina, tem mobilizado grupos minorizados.

Assim, segundo Escobar (2018), o *design* pode ser um agente que propõe a criação de novas possibilidades de mundos, buscando uma autonomia das práticas projetuais, entendendo que o *design* não é uma atividade meramente técnica, mas uma prática cultural e política, que envolve uma compreensão crítica do contexto em que se insere. Considera, ainda, a perspectiva pluriversal para o *design*, incorporando a variedade de conhecimentos e experiências culturais, para além da hegemonia ocidental. O autor apresenta o conceito de *design* para a autonomia que consiste em um processo cultural, ecológico e político que busca dar condições às comunidades de gerirem suas próprias criações, considerando sua ancestralidade e seus anseios para o futuro, garantindo sua autonomia para decidir sua forma de viver. Esta autonomia também permite desenvolver modelos econômicos diversos, incluindo economias sociais e solidárias, bem como alternativas capitalistas e não capitalistas.

Assim, o *design* pode propor uma prática projetual mais em contato com a diversidade de culturas e conhecimentos das pessoas e menos voltada para a técnica, preocupando-se com grupos sociais menos favorecidos. É importante compreender as realidades

sociais, políticas e culturais das comunidades periféricas e procurar desenvolver soluções que atendam às necessidades práticas, mas também possibilitem a conscientização de suas realidades, a emancipação e a autonomia nos processos decisórios para estas soluções. O pensamento comunitário pode ser uma alternativa para se desprender da lógica capitalista e conseqüentemente das suas ferramentas de dominação, como o racismo e o machismo, por exemplo.

Montuori e Nicoletti (2021) discutem o pensamento interseccional como uma abordagem teórica que reconhece as interconexões e interações complexas entre diferentes sistemas de opressão, como gênero, raça, classe social e outras formas de identidade e poder. Quando aplicado ao *design* brasileiro, as autoras destacam como as ações de dominação podem estar presentes em várias etapas do processo projetual, desde a concepção até o descarte do produto. E no contexto do *design* brasileiro, é possível observar como determinados grupos sociais podem ser marginalizados ou subalternizados em diferentes fases do processo de *design*. Isso pode incluir condições de trabalho desiguais, representação inadequada em campanhas de *marketing*, dificuldades de acesso ao produto ou até mesmo impactos ambientais desproporcionais em comunidades racialmente marginalizadas.

As autoras ainda defendem que a colonialidade foi fundamental para a formação do projeto de modernização do Brasil no século XX, permeando várias esferas da sociedade brasileira, utilizando as relações de linguagem, o controle dos meios de produção, as construções sociais que se formavam, o controle de acesso à educação como meios de dominação e opressão, constituintes da colonialidade. Essas relações podem ser de natureza econômica, social e cultural, perpetuando desigualdades e hierarquias (Montuori; Nicoletti, 2021).

Já Carneiro (2023) explica que controlar o acesso à educação é um dos dispositivos de racialidade que perpetua a estrutura social racista, que garante privilégios para pessoas brancas continuamente. Pois ter acesso à educação é um importante fator para promover a mobilidade social e proporcionar equidade e justiça social para pessoas negras.

No campo da linguagem, a colonialidade refere-se à imposição de línguas e discursos eurocêntricos, muitas vezes desvalorizando as línguas e culturas locais. A dominação da linguagem nos discursos acadêmicos e projetuais no campo do *design* pode direcionar a intenção que a prática projetual adota. A importância da linguagem pode ser percebida na interpretação dos resultados práticos de um processo projetual e as nomenclaturas do

processo de *design* podem ser utilizadas como uma ferramenta de controle ou dominação (Montuori; Nicoletti, 2021).

A lógica que tem guiado o desenvolvimento dos projetos de *design* tem se amparado em métodos e ferramentas que garantem a eficiência de produtos que alcançam o público que se deseja e atendem a interesses dos mercados dominantes e predominantemente centralizados e hegemônicos. Porém, invisibiliza questões sociais das periferias e seus respectivos problemas, o que torna o *design* não inclusivo e não coloca luz sobre problemas existentes e, conseqüentemente, não promove a discussão de soluções.

4.3 DESIGN COMO POSSIBILIDADE POLÍTICO-DECOLONIAL

Mignolo e Tlostanova (2016) refletem sobre as fronteiras do colonialismo, suas conseqüências sobre o pensamento intercultural e sobre uma abordagem que transcende as fronteiras epistêmicas estabelecidas pelo colonialismo. Defendem que é preciso pensar nas fronteiras, pois isto traz à luz diferentes conhecimentos que saem da lógica europeia e dão empoderamento às epistemologias que foram invisibilizadas com a modernidade europeia e pela geopolítica que se formou pós Idade Média. A epistemologia colonial está baseada no conceito de modernidade, a partir da Europa, que se tornou o centro do mundo e ditou sua classificação.

O conhecimento e as práticas do Norte Global são, ao longo da história, impostos como padrões universais e unicamente aceitos, enquanto outras formas de conhecimento, cultura e expressões foram marginalizadas e até mesmo sucumbidas em razão do que estava se formando como única narrativa aceita, que era a imperialista (Mignolo; Tlostanova, 2016).

Escobar (2018) também explica que há a necessidade de se pensar e existir um espaço transnacional, puxado pelo Sul Global, que questiona o contexto histórico em que o *design* se relaciona com as construções colonialistas e imperialistas. Este é operado por práticas racistas, patriarcais e capitalistas, em favorecimento da geopolítica eurocentrada.

4.4 O ENSINO DE DESIGN DECOLONIAL

O Coletivo Moda e Decolonialidade: encruzilhada do Sul Global (2021) faz uma reflexão de como os meios de produção atual e a forma como o conhecimento acadêmico é disseminado pode sufocar as potências de alunos na periferia do Rio de Janeiro. Além disso, é primordial considerar e compreender as dinâmicas sociais e culturais em contextos urbanos, entre centro e periferia, pois a transição entre esses espaços sociais revela

desigualdades estruturais que podem oferecer *insights* sobre formas alternativas de conhecimento e resistências. O que leva ao reconhecimento da urgência em desenvolver ferramentas epistemológicas e metodológicas para uma abordagem que integre teorias pós-coloniais, decoloniais e outras correntes radicais. Assim, ao fortalecer a ideia e a proposta de refundar a episteme da moda brasileira, pode-se criar espaços para narrativas subalternas e práticas de resistência cultural, favorecendo e reconhecendo os saberes locais e as expressões culturais que, muitas vezes, são desconsiderados pela lógica hegemônica da moda.

Lima (2021) faz uma importante crítica sobre a prática do *design* contemporâneo que, muitas vezes, é orientado principalmente para atender às necessidades e aos desejos de uma parcela privilegiada da sociedade, negligenciando as demandas e situações emergentes de grupos menos favorecidos financeiramente, cultural e tecnologicamente. Segundo a autora, além de dissipar o potencial do *design*, isso também o afasta da sua função política e direcional, que poderia ser utilizada para promover mudanças significativas no *status quo* da sociedade. Pois, uma prática de *design* comprometida com a sociedade, como um todo, deve estar atenta às diversas camadas da população e necessidades cotidianas, em vez de focar exclusivamente no mercado e nos consumidores privilegiados e buscar intervenções que promovam uma transformação positiva na realidade, buscando equidade e inclusão social. Para isso, é preciso haver uma mudança de paradigma no modo como o *design* é concebido e praticado, priorizando não apenas a estética e a funcionalidade, mas também o impacto social e ambiental de suas soluções.

Santos, Van Amstel e Botter (2021) realizaram um trabalho de iniciação científica intitulado “Processos criativos para modelagem e fabricação de artefatos de moda utilizando impressora 3D” na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, onde buscaram fundamentos para o *design* de uma coleção inspirada na linguagem das Joias de Crioula. Estas são uma manifestação cultural afro-brasileira, sendo reconhecidas como a primeira joalheria brasileira, tendo como origem a identidade étnica dos povos que foram escravizados e que tinham a necessidade de reconstruir suas individualidades. Assim, utilizaram as Joias de Crioula como ferramenta de identidade, ainda que precisassem incorporar elementos disponíveis do colonizador europeu, aliados à estética destes adereços. Estas foram usadas como símbolos de desobediência e subversão contra as medidas dos colonizadores de apagamento e expropriação cultural impostas às pessoas africanas, mantendo, assim, parte das suas culturas originárias.

Kaplan (2021) apresenta a proposta de ressignificar o *design* na educação, alinhando-o de forma horizontal com educadores e educandos; é uma abordagem que busca respeitar

e valorizar a diversidade de saberes e sensibilidades presentes no ambiente escolar. Essa visão está em sintonia com a filosofia educacional de bell hooks, que enfatiza a importância da imaginação e do engajamento crítico na educação. Assim, a autora coloca como principais pontos os saberes que se conectam e também demonstra como a imaginação é uma ferramenta poderosa para a educação engajada. As práticas de *design* podem ser uma maneira de cultivar essa imaginação, permitindo que os estudantes e os professores cocriem experiências educativas significativas e transformadoras. Explica ainda como o conceito de *design* para autonomia, proposto por Arturo Escobar, foca nos saberes locais e comunitários.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho abordou a ideia de decolonização do *design*, baseando-se em autores decoloniais propondo outra visão à lógica eurocentrada. O *design* deve se aproximar da diversidade de culturas, focando menos em práticas tecnicistas estabelecidas pelo eurocentrismo e mais nas realidades sociais, políticas e culturais de comunidades periféricas. Deve refletir sobre a criação de soluções práticas que também possibilitem a conscientização, a emancipação e a autonomia dessas comunidades nos processos de decisões. O pensamento comunitário pode ser uma alternativa contra a lógica capitalista e suas ferramentas de dominação, como o racismo e o machismo, fazendo parte do horizonte dos projetos de *design*.

E ainda, é importante questionar os conceitos pré-estabelecidos da modernidade e suas ideias associadas, como eurocentrismo, desenvolvimentismo e a suposta neutralidade discursiva e acadêmica. Isso é essencial para desconstruir a colonialidade do conhecimento e das formas de ensino do *design*.

O *design* pode e deve propor práticas projetuais que estejam em sintonia com a diversidade de culturas e com o foco maior nas necessidades dos grupos sociais menos favorecidos. Isto implica uma compreensão profunda das realidades sociais, políticas e culturais das comunidades periféricas, buscando desenvolver soluções que não apenas atendam às necessidades práticas, mas que também promovam a conscientização, a emancipação e a autonomia nos processos de decisões das comunidades que não estão no centro do capitalismo. Para que ocorra uma mudança para um *design* comprometido com práticas decoloniais, é preciso que seus atores participem das lutas sociais e embates que ocorrem para além da academia. Isso é fundamental para o entendimento das inúmeras possibilidades projetuais e para a promoção de inclusão e valorização de outras formas de conhecimento, desafiando as estruturas hegemônicas.

REFERÊNCIAS

- BATISTA, S.; CARVALHO, R. A. P. Design e decolonialidade: fundamentos, debates e rupturas. **Arcos Design**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 6–25, ago. 2020. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/arcosdesign>. Acesso em: 13 ago. 2024.
- BANDEIRA, S. M.; CAVALCANTI, V. P. Design e decolonialidade na pesquisa científica: ferramenta política de reflexão. *In: Anais 14º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design*, v. 10, n. 5, dez. 2022.
- CARDOSO, R. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 2012.
- CARNEIRO, S. **Dispositivo de racialidade**: a construção do outro como não ser como fundamento do ser. 1. ed. São Paulo: Zahar, 2023.
- Coletivo Moda e Decolonialidade. Encruzilhada do Sul Global. Por uma moda decolonizada: saberes, trocas e o poder das margens. *In: BARROS, C. B. F.; MARINHO, C. T.; NASCIMENTO, B. R. do. (org.). Resumos Expandidos do II Colóquio de Pesquisa e Design – De(S)Colonizando o Design* Universidade Federal do Ceará (UFC) / Universidade Federal do Cariri (UFCA) / Grupo de Pesquisa em Arte e Design (PADE). 1. ed. Fortaleza: Editora Nadifúndio, 2021.
- ESCOBAR, A. **Designs for the Pluriverse**: Radical Interdependence, Autonomy, and the Making of Worlds. Durham and London: duke university press, 2018.
- ESCOBAR, A. **Autonomía y diseño. La realización de lo comunal**. Colômbia: Popayán, 2016.
- ESCOBAR, A. Mundos y conocimientos de otro modo – El programa de investigación de modernidad/colonialidad latinoamericano. **Revista Tabula Rasa**, n. 4, p. 50–161, 2003.
- ESCOBAR, A. Sentipensar con la tierra: nuevas lecturas sobre desarrollo, territorio y diferencia. Medellín: UNAULA, 2014.
- FRY, T. **Design as Politics**. New York: Ed. Bloomsbury Publishing PLC, 2010.
- KAPLAN, L. *Design de novos mundos: uma educação que vá ao encontro do bem viver*. *In: BARROS, C. B. F.; MARINHO, C. T.; NASCIMENTO, B. R. do. (org.). Resumos Expandidos do II Colóquio de Pesquisa e Design – De(S)Colonizando o Design* Universidade Federal do Ceará (UFC) / Universidade Federal do Cariri (UFCA) / Grupo de Pesquisa em Arte e Design (PADE). 1. ed. Fortaleza: Editora Nadifúndio, 2021.

LIMA, V. F. T. Pedagogia Crítica: uma abordagem decolonial para o Ensino Superior em Design no Brasil. *In*: BARROS, C. B. F.; MARINHO, C. T.; NASCIMENTO, B. R. do. (org.). **Resumos Expandidos do II Colóquio de Pesquisa e Design - De(S)Colonizando o Design** Universidade Federal do Ceará (UFC) / Universidade Federal do Cariri (UFCA) / Grupo de Pesquisa em Arte e Design (PADE). 1. ed. Fortaleza: Editora Nadifúndio, 2021.

MIGNOLO, W. D.; TLOSTANOVA, M. V. Theorizing form the Borders Shifiting to Gen and Baby – Politics of Knowledge. **European Journal of Social Theory**, v. 9, p. 205–221, 2016.

MONTUORI, B. F.; NICOLETTI, V. M. Perspectivas Decoloniais para um Design Pluriversal. **Pos FAUUSP**, São Paulo, v. 28, n. 52, e168263, jan./jun. 2021.

MIGNOLO, W.; WALSH, C. **On Decoloniality**. DukeUniversity Press, 2018. DOI: 10.1215/9780822371779.

SANTOS, W. B; VAN AMSTEL, F. M. C.; BOTTER, F. **Giro Decolonial por um Design Conscientizador**. *In*: BARROS, C. B. F.; MARINHO, C. T.; NASCIMENTO, B. R. do. (org.). **Resumos Expandidos do II Colóquio de Pesquisa e Design - De(S)Colonizando o Design** Universidade Federal do Ceará (UFC) / Universidade Federal do Cariri (UFCA) / Grupo de Pesquisa em Arte e Design (PADE). 1. ed. Fortaleza: Editora nNadifúndio, 2021.

APLICAÇÕES DA TEORIA DAS EQUAÇÕES DIFERENCIAIS COM ÊNFASE NO CRESCIMENTO DE TUMORES

Applications of the theory of differential equations with emphasis on tumor growth

SANTOS, Érica Marques da Silva Santos; DOUTORA; Universidade do Estado de Minas Gerais; erica.santos@uemg.br

RODRIGUES, Alexsandro da Silva; GRADUADO; Universidade do Estado de Minas Gerais; alexsandrorodrigues1980@hotmail.com

TARDEM, Danilo Coelho; MESTRE; Universidade do Estado de Minas Gerais; danilotardem13@hotmail.com

SILVA, Wellix Moreira da; MESTRE; Universidade do Estado de Minas Gerais; wellix.silva@educacao.mg.gov.br

As equações diferenciais desempenham um papel fundamental na modelagem matemática e têm aplicações significativas, particularmente na compreensão do crescimento populacional. Este texto explora a aplicação dessas equações na modelagem do crescimento de populações, destacando sua utilidade na estimativa e descrição de como as populações evoluem ao longo do tempo. Além disso, o texto concentra-se em um estudo específico que adapta o modelo de dinâmica populacional de Sarkar e Banerjee (2008) para descrever o crescimento de tumores, com foco na interação entre o sistema imunológico e as células cancerosas. A modelagem matemática é uma ferramenta valiosa para entender e planejar ações em relação a populações específicas, como no caso do estudo do crescimento de células cancerosas. Embora haja uma pequena discrepância entre os resultados obtidos pela equação diferencial e o crescimento real da população, essa diferença é aceitável e contribui para uma melhor compreensão do comportamento dinâmico em análises populacionais.

Palavras-chave: Equações Diferenciais; Modelagem Matemática; Aplicações.

1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

As equações diferenciais são ferramentas matemáticas, as quais podem ser usadas com a finalidade de calcular a evolução de sistemas. De forma geral, uma equação diferencial é uma lei, ou uma prescrição, pela qual determinada função é relacionada com suas derivadas. Assim, uma equação diferencial estabelece a taxa segundo a qual as coisas acontecem (Thomas, 2013).

Diante da resolução das equações diferenciais, pode-se obter resultados preliminares de comportamentos futuros, visando assim a obtenção de conceitos avaliativos sobre reações estimadas. É necessário observar que a modelagem de um sistema, o qual pertence a um conjunto de equações diferenciais, descreve, na maioria das vezes, o processo real por intermédio de aproximação e simplificação. Entretanto, a modelagem aplicando-se em equações diferenciais é um instrumento importante para a análise do comportamento de sistemas dinâmicos.

Atualmente, as aplicações das equações diferenciais estão direcionadas em diversas áreas do conhecimento. Dentre as aplicações, podem ser citadas a utilização de equações diferenciais em problemas relacionados à dinâmica populacional, na datação por carbono 14, em misturas, na Lei de Resfriamento de Newton, na Lei de Torricelli, na resistência em fluído, nos circuitos elétricos, em juros, nas reações químicas, na trajetória ortogonal e outros. Entre as diversas aplicações citadas, foi feito um estudo sobre resultados teóricos básicos de equações diferenciais ordinárias, aplicadas ao estudo do processo de crescimento de tumores. A importância deste levantamento teórico está em estabelecer a interdisciplinaridade entre a matemática e outras áreas do conhecimento relacionados à saúde.

Inicialmente, através de revisão bibliográfica, serão apresentados conceitos e demonstrações de equações diferenciais, em que serão enfatizadas as equações diferenciais ordinárias, separáveis, lineares, de Bernoulli e as homogêneas. Em sequência, serão passadas noções de tumores benignos e malignos e suas interações com o sistema imunológico. Como aplicação das equações diferenciais, há um breve estudo sobre dinâmica populacional, servindo como base para direcionarmos o modelo específico proposto por Sarkar e Banerjee (2008). Utilizando o citado modelo, será desenvolvida e analisada a evolução temporal do sistema (1) com retardo, enfatizando a interação entre as células cancerosas e os linfócitos de caça e em repouso. Para auxiliar nos cálculos e nas demonstrações, foram utilizadas rotinas de programação no *software* MATLAB. Por fim, serão explanadas as considerações finais sobre o trabalho aqui proposto.

2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

O estudo das aplicações da teoria das equações diferenciais no contexto do crescimento de tumores desempenha um papel de destaque nas práticas educativas, fornecendo uma oportunidade valiosa de integração interdisciplinar entre a Matemática e as Ciências Biomédicas. A importância desse estudo na educação se fundamenta em diversos aspectos: educação interdisciplinar, estímulo ao pensamento crítico, consciência sobre questões de saúde e motivação e engajamento. A introdução de aplicações do mundo real, como o crescimento de tumores, pode tornar o ensino da matemática mais envolvente e relevante para os alunos. Ao demonstrar como os conceitos matemáticos têm aplicação prática e impacto na vida real, os educadores podem aumentar a motivação e o engajamento dos estudantes.

Neste contexto, este artigo visa destacar a relevância da integração das equações diferenciais no currículo educacional, promovendo uma abordagem interdisciplinar e enriquecendo o aprendizado dos alunos. O estudo destas aplicações contribui não apenas para a compreensão dos processos biológicos, mas também para o desenvolvimento de habilidades matemáticas e pensamento crítico, preparando os estudantes para carreiras futuras e promovendo uma educação mais significativa e integrada.

3 OBJETIVOS

Os objetivos deste artigo são:

- Fazer uma revisão do modelo de dinâmica populacional proposto por Sarkar e Banerjee (2008), adaptado para o crescimento de tumores, destacando a interação do sistema imunológico com as células cancerosas;
- Obter, por aproximação, o crescimento da população de células cancerosas, de forma diferenciável, em relação ao tempo;
- Aplicar os conceitos de equações diferenciais na modelagem matemática através de simulações computacionais.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Aqui é apresentada uma revisão de literatura com a finalidade de ambientar o leitor ao tema proposto. Foram pesquisadas obras conhecidas como Boyce e Diprima (2010), Bronson (1994), Zill e Cullen (2001), além de outros autores, para abstrair os conceitos de equações diferenciais. Sobre os tumores, foi pesquisado material do INCA, o qual é vinculado ao Ministério da Saúde e desenvolve ações para prevenir o câncer no Brasil.

Para melhor compreensão, é necessário que o leitor tenha conhecimento prévio sobre os conceitos de equações diferenciais e suas aplicações. Dessa maneira, será dada ênfase na aplicação de equações diferenciais de primeira ordem no cálculo do crescimento e do desenvolvimento de tumores.

4.1 EQUAÇÕES DIFERENCIAIS

Neste trabalho serão enfatizadas as equações diferenciais ordinárias (EDO), embora, inicialmente, serão apresentados alguns conceitos, classificações e modelos das equações diferenciais. Será utilizada uma linguagem mais comum e que possa proporcionar ao leitor maior clareza sobre o assunto e ainda serão mostrados exemplos de equações diferenciais ordinárias em alguns de seus estágios.

Equações diferenciais ou equações de diferenças são equações que envolvem uma função incógnita e suas derivadas, geralmente em relação ao tempo, representado por t , e que obtêm como solução uma função (Bronson, 1994).

As equações diferenciais podem ser classificadas quanto ao tipo, quanto à ordem e quanto à linearidade.

a) Quanto ao tipo: as equações diferenciais podem ser ordinárias ou parciais.

Equações diferenciais ordinárias são aquelas que envolvem apenas um termo de variável independente, de acordo com a equação (1):

$$\frac{dy}{dx} = f(x)$$

Equações diferenciais parciais são aquelas onde se encontra mais de um termo de variável independente, como pode-se ver na equação (2):

$$\frac{dy}{dx dh} = f(x, h)$$

b) Quanto à ordem: as equações diferenciais podem ser de 1ª, 2ª, 3ª, ..., enésima ordem.

A ordem das equações diferenciais é relativa à enésima ordem da maior derivada. Isso é válido tanto para as equações diferenciais ordinárias quanto para as equações diferenciais parciais.

c) Quanto à linearidade: as equações diferenciais podem ser lineares ou não lineares.

Equações diferenciais cujas incógnitas e suas derivadas são apresentadas em uma soma, pela qual cada parcela seja o produto de alguma das derivadas das incógnitas

com uma função que não dependa das incógnitas propriamente ditas. Para as equações que não possam ser apresentadas dessa forma, são equações diferenciais não lineares (Santos, 2011).

A solução geral de uma equação diferencial é uma família de soluções em um intervalo i , dependendo de n constantes arbitrárias. Quando o problema não apresenta um valor inicial (PVI), a solução obtida é uma solução geral e, a partir dela, pode-se obter qualquer solução particular dependente dos valores iniciais mencionados (Bronson, 1994).

4.2 TUMORES

O câncer é um dos problemas mais complexos enfrentados pela saúde pública brasileira, devido a sua considerável frequência na população, acarretando grande impacto econômico e social (Mirra, 2005). A estimativa do Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA), para o ano de 2014, apontou a possível ocorrência de mais de 0,5 milhão de novos casos de câncer em homens e mulheres no Brasil.

De maneira geral, a nomenclatura câncer é dada para mais de 100 doenças que apresentam um ponto em comum, caracterizadas pelo crescimento desordenado de células com potencial de tendência invasiva em tecidos e órgãos vizinhos. O câncer tem se tornado mais conhecido devido às inúmeras pesquisas destinadas ao seu combate, no entanto não se trata de uma doença recente. Há registros de tumores em múmias egípcias datadas de 3 mil anos antes da Era Comum (Ministério da Saúde, 2012).

Os tecidos do corpo humano são formados por células, as quais possuem funções diversas e normalmente crescem, multiplicam-se e morrem, de forma natural e contínua. Assim, a proliferação de células não representa uma ação desordenada ou maligna, apenas pode estar atendendo especificamente uma exigência do corpo humano.

Os organismos vivos podem apresentar crescimento anormal das células, o qual pode acarretar transtorno funcional em órgãos e tecidos. Esse transtorno pode ser o câncer. A anormalidade celular faz com que o organismo perca o controle parcial ou total sobre a proliferação e perpetuação de tais células. Isso pode ocorrer em qualquer momento da vida, devido à mutação dos genes da célula, provocando a disfunção de suas atividades básicas (Ministério da Saúde, 2012).

Quando o crescimento celular ocorre de forma anormal e desordenada, há a formação de tumores, os quais são definidos como benignos ou malignos.

Os tumores benignos são caracterizados pelo seu crescimento relativamente lento, organizado e por apresentar forma expansiva, porém bem delimitada. Embora não haja

a invasão dos tecidos e órgãos adjacentes, os tumores benignos podem comprimi-los, dada sua expansão.

Os tumores malignos apresentam maior autonomia e capacidade invasiva e agressiva em órgãos e tecidos adjacentes. São resistentes ao tratamento e podem provocar a morte do indivíduo hospedeiro. Dessa forma, a capacidade invasiva dos tumores malignos em estruturas orgânicas caracteriza o câncer e é responsável pela imensa dificuldade de erradicação por meios cirúrgicos (Figura 1).

Figura 1 – Diferença entre os tipos de tumores.

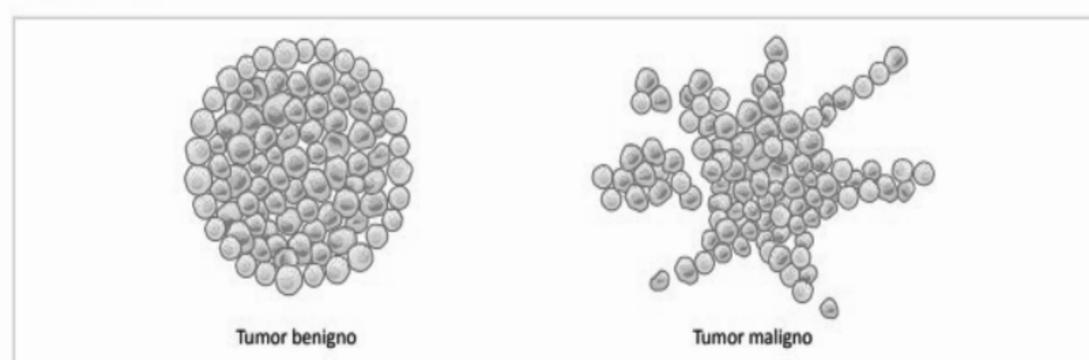
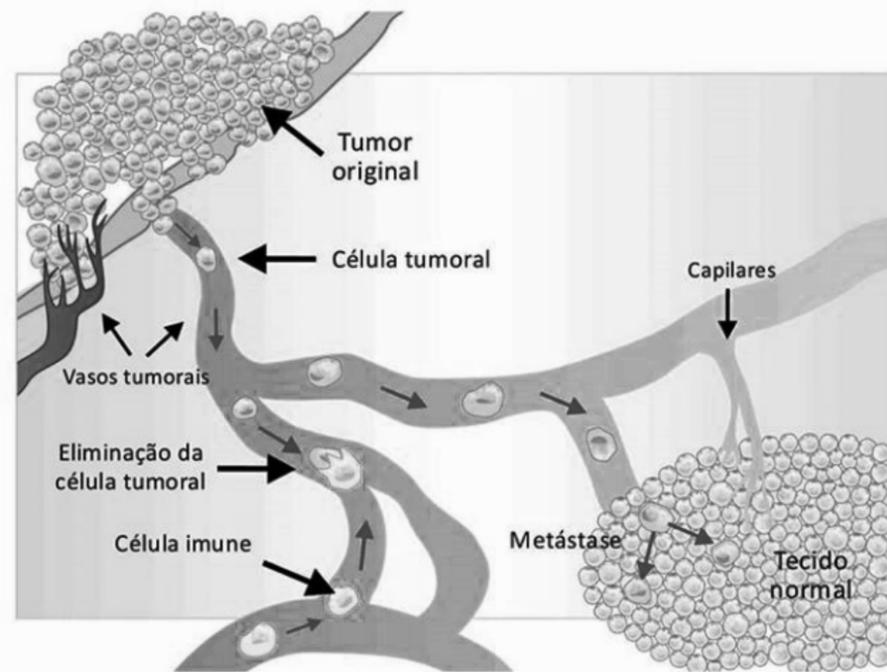


Figura 5 - Diferenças entre tipos de tumores
Fonte: Ilustração de Mariana F. Teles

Fonte: ABC do Câncer. INCA, 2022. Adaptado da ilustração de Mariana F. Teles

O tumor maligno apresenta estágios diferenciados quanto ao seu grau de invasão. No primeiro estágio, chamado *in situ*, o tumor ainda não é invasivo, ou seja, as células anômalas permanecem na camada do tecido onde se desenvolveram originalmente e ainda não se espalharam pelas adjacências. O câncer, cujo tumor for detectado e tratado ainda nesse primeiro estágio, é curável. O próximo estágio é o invasivo, que ocorre nas outras camadas do tecido pelo tumor e na disseminação pela corrente sanguínea ou linfática, atingindo outros tecidos do corpo humano e formando novos tumores. Essa formação de novos tumores é chamada de metástase (Figura 2).

Figura 2 – Disseminação do tumor pela corrente sanguínea.



Fonte: ABC do Câncer. INCA, 2022. Adaptado da ilustração de Alexandre Giannini

Para a identificação do grau da lesão antes do desenvolvimento da doença, é necessário que se tenha conhecimento do crescimento e da evolução dos tumores malignos. Isso depende da velocidade com que o crescimento acontece, do órgão afetado, da constituição peculiar do indivíduo hospedeiro e até mesmo de fatores ambientais. Com isso, há possibilidade de determinar se os tumores estão na fase compreendida antes do desenvolvimento da doença; quando a doença se desenvolveu, mas não há sintomas; ou então quando os sintomas são apresentados (Ministério da Saúde, 2012).

Como mecanismo de defesa, o organismo possui, em seu sistema imunológico, células para combater os tumores, as quais são chamadas de linfócitos. Os linfócitos são subdivididos em dois grupos: linfócitos em repouso (LTa) e linfócitos em caça (LTc). Os linfócitos de caça têm a função de destruir as células cancerosas, através da liberação de citocinas pelas quais é ativado o contra-ataque do sistema imunológico contra o câncer, enquanto os linfócitos em repouso permanecem como células auxiliares. Embora não possam atacar diretamente, os linfócitos em repouso também liberam citocinas capazes de estimular os linfócitos de caça de modo a ampliar sua capacidade de caçar e matar mais células cancerosas. Esse estímulo entre células de caça e em repouso resulta na degradação do descanso celular, ocasionando a conversão e ativação de células de caça (Britton, 2005).

Quando algumas células começam a sofrer mutações, elas podem enfraquecer o sistema imunológico, durante o confronto com os linfócitos, ocasionando a perda destes e deixando o organismo suscetível ao crescimento desordenado das células cancerosas e ao desenvolvimento de tumores.

Pode-se afirmar que nem sempre as células cancerosas crescem e multiplicam-se em maior número do que as células normais, porém, por muitas das vezes, as células normais reduzem sua produção por algum tempo; no entanto, isso não acontece com as células cancerosas. Para que as células cresçam e se multipliquem de forma natural, elas necessitam de uma solução salina e da produção de energia para sobreviverem. Isso é fundamental para o aumento das células normais, enquanto as células tumorais não necessitam necessariamente de um agente específico para a obtenção de energia, pois existem vários meios em que elas conseguem absorver vitamina para seu funcionamento e crescimento (Britton, 2005).

4.3 APLICAÇÕES DE EQUAÇÕES DIFERENCIAIS

As equações diferenciais são muito importantes em diversas áreas como: Engenharia, Física e Matemática, pois com ela são utilizados métodos para obtenção de resultados de comportamentos futuros ou passados, que nos ajudam a compreender determinadas situações, tendo em mente que na maioria das vezes o tempo é tomado como variável independente.

Neste trabalho, será dada ênfase apenas à aplicação das equações diferenciais voltadas à dinâmica do crescimento populacional, adaptado para a interação do sistema imunológico com o câncer.

4.4 DINÂMICA POPULACIONAL

O entendimento da dinâmica populacional pode ser dado a partir da consideração sobre a interação das populações e suas necessidades de aumento. O uso da matemática nessa área consiste em descrever o crescimento de determinada população.

Thomas Robert Malthus contribuiu, em seu livro *An Essay on the Principle of Population as it Affects the Future Improvement of Society* (1798), com o primeiro avanço significativo em se criar um modelo que descrevesse a dinâmica populacional humana. Seu modelo consiste na afirmação de que o crescimento de uma população é proporcional à população em cada instante. Assim, a população humana poderia crescer sem inibição. Esse modelo é baseado em uma equação diferencial simples (Teixeira, 2012). No entanto, a previsão da população mundial, através desse modelo, estava equivocada, pois atingiria números astronômicos em pouco tempo e, conseqüentemente, a Terra se tornaria um planeta inabitável.

A modelagem matemática evoluiu para descrever a dinâmica populacional e teve, após Malthus, significativas modificações. Posteriormente, Pierre François Verhulst propôs

um dos modelos mais importantes de dinâmica populacional, baseado na suposição de que toda população está predisposta a sofrer inibições naturais em seu crescimento e tende a um valor limite constante à medida que o tempo aumenta. Esse modelo é mais aceitável, do ponto de vista biológico (Teixeira, 2012).

Os modelos matemáticos que descrevem a interação entre espécies foram formulados através de sistemas de equações diferenciais por Lotka e Volterra, durante a década de 1920. Seus modelos de competição e predação servem de base para diversos outros modelos.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a finalidade de exemplificar as aplicações de equações diferenciais, foi escolhido um artigo da literatura que apresenta a evolução temporal de tumores, a partir de um modelo matemático, baseado em equações diferenciais.

O modelo apresentado foi proposto por Sarkar e Banerjee (2008). Diante disso, o que será apresentado trata-se de uma reprodução integral dos resultados obtidos pelo modelo, uma vez que o presente trabalho busca apenas enfatizar a aplicação de equações diferenciais na dinâmica de crescimento de tumores.

Este trabalho busca, de forma qualitativa, analisar pesquisas na área da Biomatemática, cujos trabalhos foram realizados entre os anos de 2005 e 2013. Dos trabalhos analisados, foi escolhida a reprodução do retardo e das oscilações do sistema de equações diferenciais proposto por Sarkar e Banerjee.

Inicialmente, foi analisado o sistema de equações diferenciais proposto por Sarkar e Banerjee e estabelecidos os parâmetros, os valores e as condições de existência descritos no trabalho deles. Para simular o sistema de equações e realizar os cálculos, foram criadas rotinas de programação no *software* MATLAB. As soluções do sistema de equações, obtidas através dos cálculos programados no MATLAB, foram transferidas para o *software* Excel e então foram gerados os gráficos. Esse procedimento foi realizado para diversos tempos de retardo estipulados, além dos tempos demonstrados por Sarkar e Banerjee no trabalho original deles. A finalidade de aplicar valores diferentes foi analisar como se daria a interação do crescimento do tumor com o sistema imunológico para tempos de atraso diferentes.

4.6 MODELO SARKAR-BANERJEE

Considerando o modelo inicialmente proposto por Sarkar e Banerjee (2005), foram considerados dois tipos de células para modelar a interação do sistema imunológico

com o câncer, ou seja, os linfócitos e o tumor maligno. Os linfócitos, como já vimos anteriormente, são classificados em linfócitos de caça e linfócitos em repouso.

O crescimento de ambas as células, tumor e linfócitos, pode ser descrito como um crescimento logístico. De acordo com a lei da ação das massas, pode-se considerar que o tumor e os linfócitos de caça são destruídos a uma taxa proporcional às suas densidades.

Deve-se considerar ainda a perda de células de caça devido ao encontro com as células cancerosas seguintes à lei de ação de massas. Assim, as células em repouso são convertidas para células de caça, seja por contato direto com estas ou pelo contato com as citocinas liberadas pelas próprias células em repouso. Esse processo de ativação e conversão de repouso em células de caça não é instantâneo, pelo contrário, é seguido por certo retardo. Isso nos remete a considerar o retardo de tempo no processo de ativação das células de repouso para o estágio de caça e no crescimento destas células de caça (Banerjee; Sarkar, 2008).

Além do mais, uma vez que uma célula seja convertida em célula de caça, ela não retorna ao estado de repouso e as células ativas morrem em uma probabilidade constante por unidade de tempo. Considerando todas essas informações, tem-se o seguinte sistema (1) de equações diferenciais:

$$\frac{dC(t)}{dt} = r_1 C(t) \left(1 - \frac{C(t)}{k_1}\right) - \alpha_1 C(t)H(t)$$

$$\frac{dH(t)}{dt} = \beta H(t)R(t)(t - \tau) - dH(t) - \alpha_2 C(t)H(t)$$

onde C são as células cancerosas, H as células de caça e R as células em repouso; r_1 e r_2 (>0) são as taxas de crescimento das células cancerosas e das células em repouso, respectivamente; e k_1 e k_2 (>0) são a capacidade de suporte das células cancerosas e das células em repouso, respectivamente. O termo $-d_1H$ representa a morte natural da célula de caça, sendo d_1 uma constante positiva. O termo $-\alpha_1CH$ representa a destruição das células cancerosas, devido ao encontro com as células de caça, e $-\alpha_2CH$ a destruição das células de caça, devido ao encontro com as células cancerosas. Como há retardo na conversão de células em repouso para o estágio de caça, então tem-se o termo $-\beta HR(t - \tau)$ na terceira equação. Este retardo na conversão também implica em retardo no crescimento das células de caça, justificando assim o termo $\beta HR(t - \tau)$ na segunda equação. Esse sistema foi analisado com as condições iniciais $C(t) = C_0 > 0$, $H(t) = H_0 > 0$ e $R(t) = R_0 > 0$ em $t \in [-\tau, 0]$ (Sarkar; Banerjee, 2008; Borges, 2013).

Para completar o desenvolvimento matemático do modelo apresentado por Sarkar e Banerjee (2008), é necessário analisar e selecionar adequadamente os valores dos parâmetros, os quais determinarão a dinâmica do sistema. Como forma de examinar a adequação do sistema, foram buscados na literatura existente, mais precisamente no trabalho de Sarkar e Banerjee (2008), publicado na revista *Bio Systems* naquele mesmo ano, os parâmetros e os valores relacionados no Quadro 1. Tais dados foram obtidos naquele trabalho através de resultados experimentais sobre a dinâmica de crescimento do tumor altamente maligno, em desenvolvimento no baço de camundongos quiméricos, e a partir de estudos matemáticos.

Dessa forma, será buscada a reprodução do retardo e as oscilações do sistema (1), a partir dos dados estruturados em parâmetros e valores no Quadro 1:

Quadro 1 – Valores e parâmetros usados na análise numérica

Parâmetros	Valores
r_1 (taxa de crescimento das células cancerosas)	$0,18 \text{ dia}^{-1}$
k_1 (capacidade de suporte das células cancerosas)	$5,0 \times 10^6 \text{ células}$
α_1 (taxa de predação das células cancerosas pelos linfócitos de caça)	$1,101 \times 10^{-7} \text{ células}^{-1} \text{ dias}^{-1}$
α_2 (taxa de predação dos linfócitos de caça pelas células cancerosas)	$3,422 \times 10^{-10} \text{ células}^{-1} \text{ dias}^{-1}$
d_1 (taxa de morte dos linfócitos de caça)	$0,0412 \text{ dias}^{-1}$
r_2 (taxa de proliferação dos linfócitos em repouso)	$0,0245 \text{ dias}^{-1}$
k_2 (capacidade de suporte dos linfócitos em repouso)	$1,0 \times 10^7 \text{ células}$
β (taxa de conversão dos linfócitos em repouso para linfócitos de caça)	$6,2 \times 10^{-9} \text{ células}^{-1} \text{ dias}^{-1}$

Fonte: Adaptado de Sarkar e Banerjee (2008) e Borges (2013)

A partir desses parâmetros, pode-se encontrar os equilíbrios biologicamente viáveis, admitidos pelo sistema de equações diferenciais, e estudar a dinâmica em torno desses equilíbrios.

Tem-se o equilíbrio inicial $E_0 (0, 0, 0)$. Os equilíbrios $E_1 (k_1, 0, 0)$ e $E_2 (0, 0, k_2)$, nos limites da primeira e terceira octante, respectivamente. O equilíbrio interior é $E_i (C_i, H_i, R_i)$, conforme demonstra o sistema (2):

$$C_i = \left\{ \frac{(k_1[r_1 k_2 \beta^2 - \alpha_1 r_2 (\beta k_2 - d_1)])}{\beta^2 r_1 k_2 - \alpha_1 \alpha_2 k_1 r_2} \right\}$$

$$H_i = \left(\frac{r_1}{\alpha_1} \right) \left(1 - \frac{C_i}{k_1} \right)$$

$$R_i = \frac{\alpha_2 C_i + d_1}{\beta}$$

que existem se $x_1 < \beta$ e $\alpha_1 < x_2$, onde:

$$x_1 = \frac{\alpha_2 k_1 + d_1}{k_2}, \quad x_2 = \frac{\beta^2 k_2 r_1}{r_2 (\beta k_2 d_1)}$$

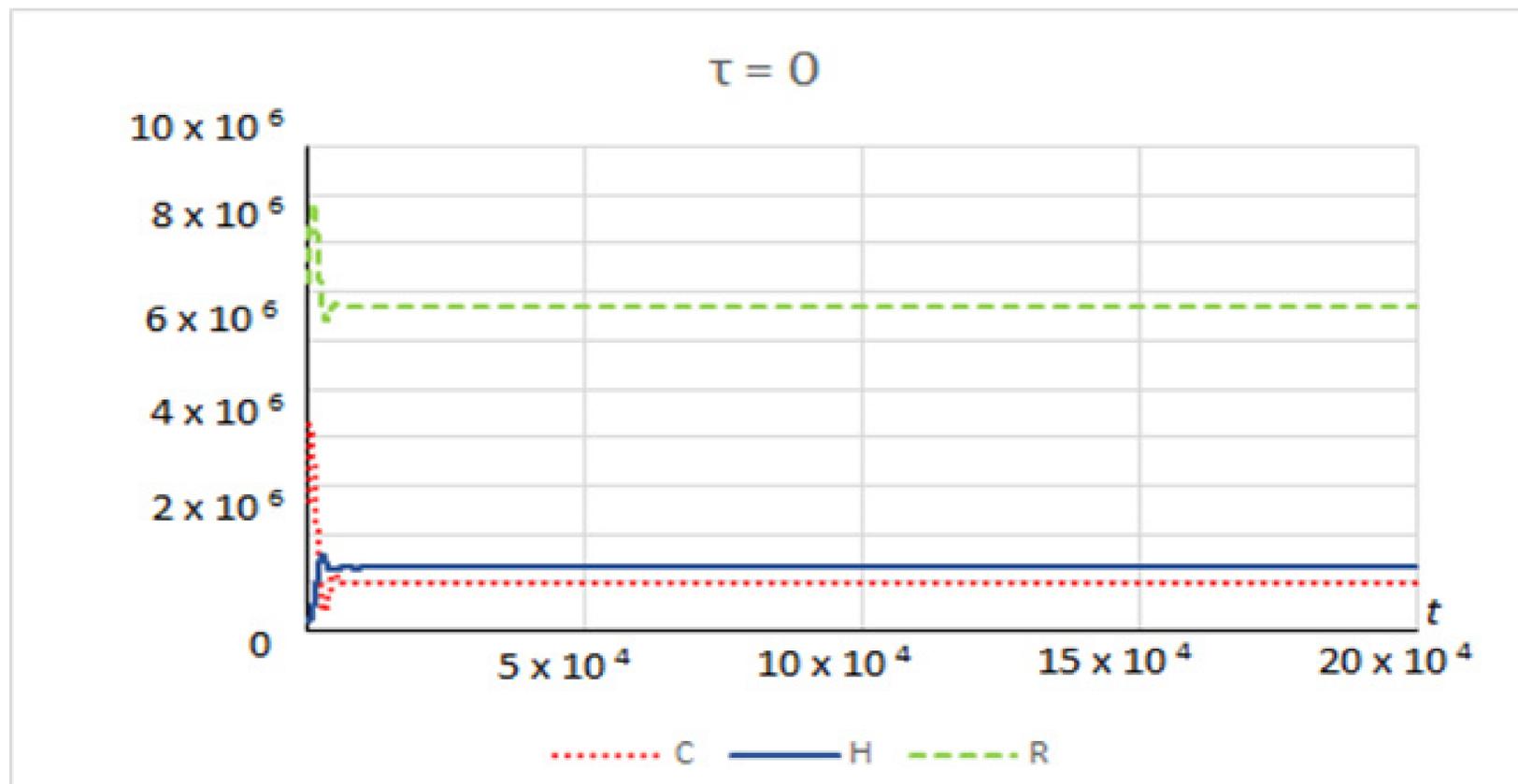
Com o conjunto de valores e parâmetros do Quadro 1, obtém-se os intervalos para as desigualdades acima como $x_1 = 4,2911 \times 10^{-9}$ e $x_2 = 1,35777 \times 10^{-7}$.

Para a existência de resultados positivos no equilíbrio interior, o β deve ser maior que $4,2911 \times 10^{-9}$ e α_1 precisa ser menor que $1,35777 \times 10^{-7}$, o que é verdade, de acordo os parâmetros do Quadro 1. Ainda, é possível notar que, para essa condição, o valor estável das células cancerosas (equilíbrio E_i), na presença de linfócitos de caça, é menor que na ausência deles. Isso justifica a necessidade de ativação de linfócitos de caça, após certo período, para controlar a densidade de células cancerosas (Sarkar; Banerjee, 2008).

A partir dos valores estipulados no Quadro 1 e das condições iniciais $C_0 = 2,7 \times 10^6$, $H_0 = 2,04 \times 10^5$ e $R_0 = 7,18 \times 10^6$, é possível simular a evolução temporal do sistema (1) de equações diferenciais para diversos valores de retardo τ .

Para a aplicação sem retardo, sendo $\tau = 0$, a evolução temporal de C , H e R apresenta uma pequena oscilação inicial, mas ambos convergem para o equilíbrio E_i , decorrido algum instante de tempo (Figura 3).

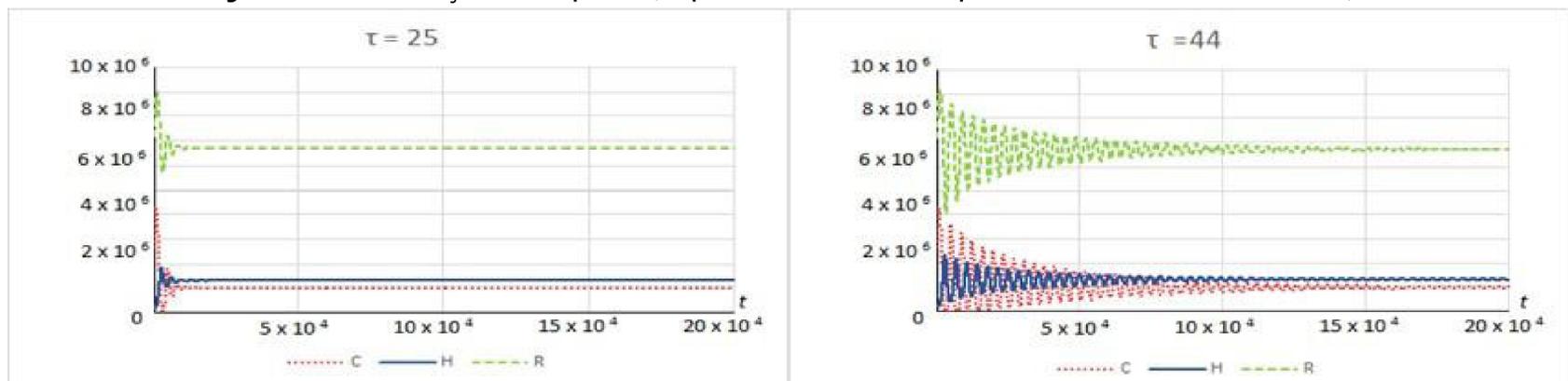
Figura 3 – Evolução temporal do sistema (1), sem retardo.



Fonte: Os autores. Adaptado de Sarkar e Banerjee (2008)

Para valores $0 < \tau < 45,6$, a oscilação aumenta, mas continuam a convergir para E_i (Figura 4).

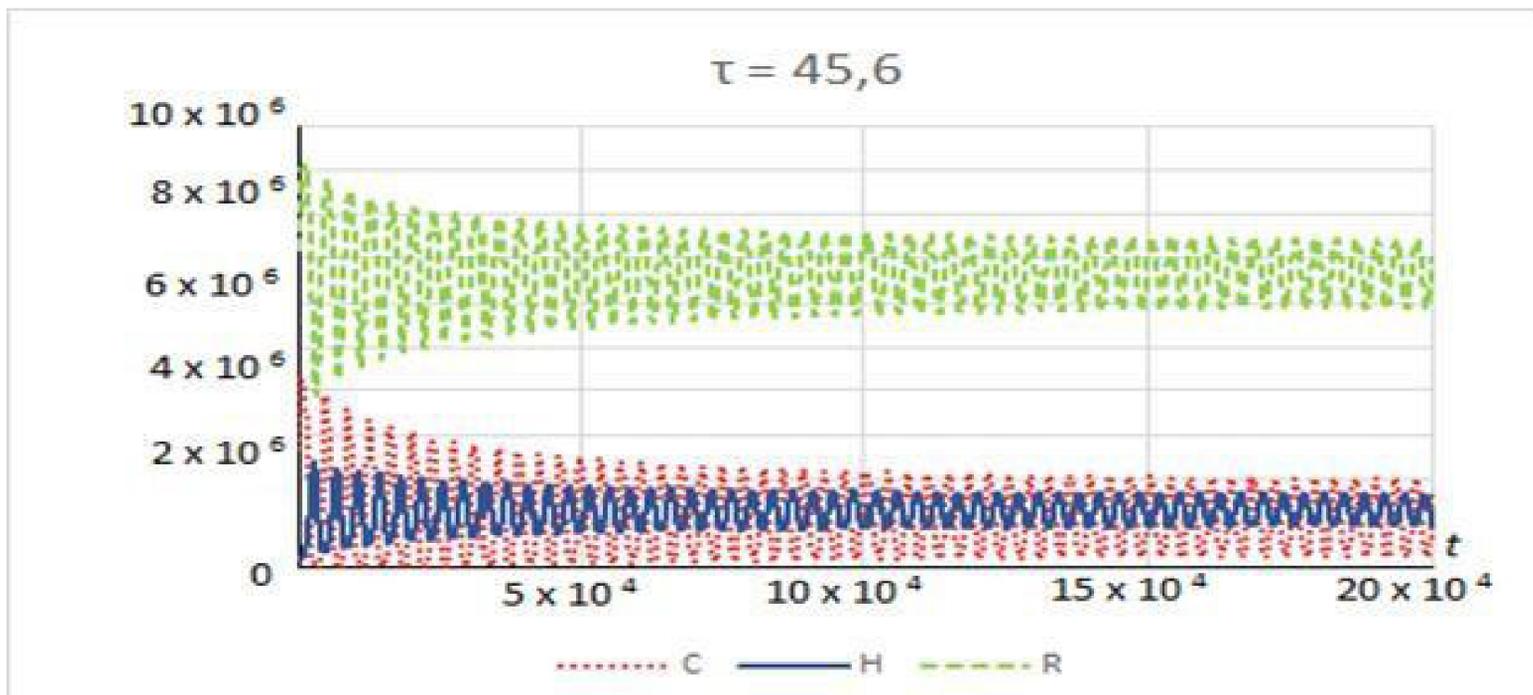
Figura 4 – Evolução temporal, aplicando retardo para valores $\tau > 0$ e $\tau < 45,6$.



Fonte: Os autores. Adaptado de Sarkar e Banerjee (2008)

Em $\tau = 45,6$ dias, ocorrem oscilações estáveis de C , H e R no E_i (Figura 5).

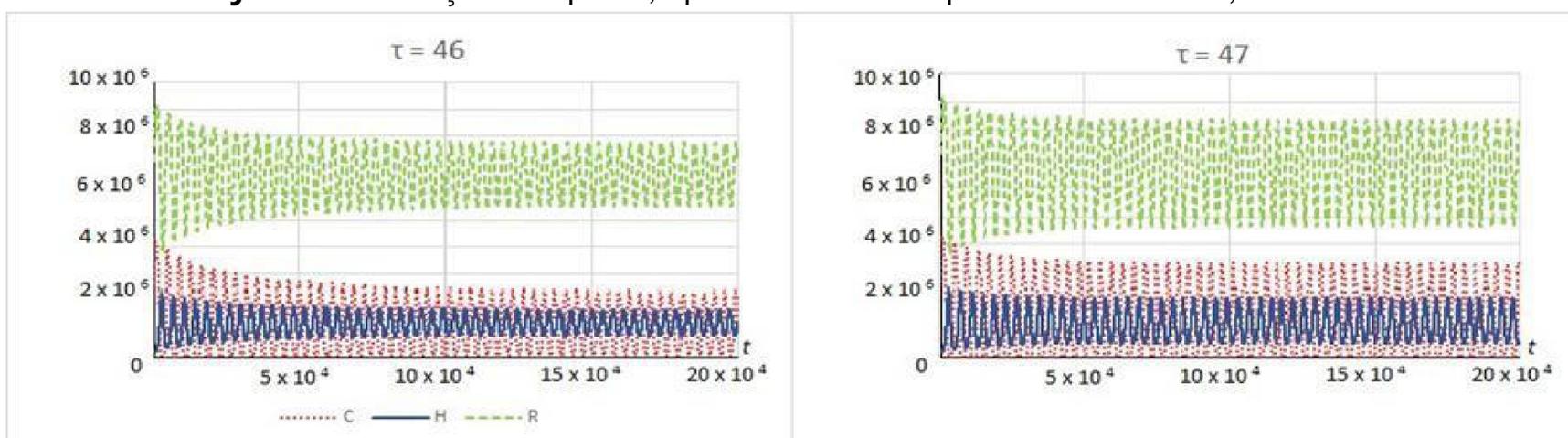
Figura 5 – Evolução temporal, aplicando retardo $\tau = 45,6$.



Fonte: Os autores. Adaptado de Sarkar e Banerjee (2008)

Essas oscilações permanecem até $\tau = 47$ dias, embora em maior amplitude (Figura 6).

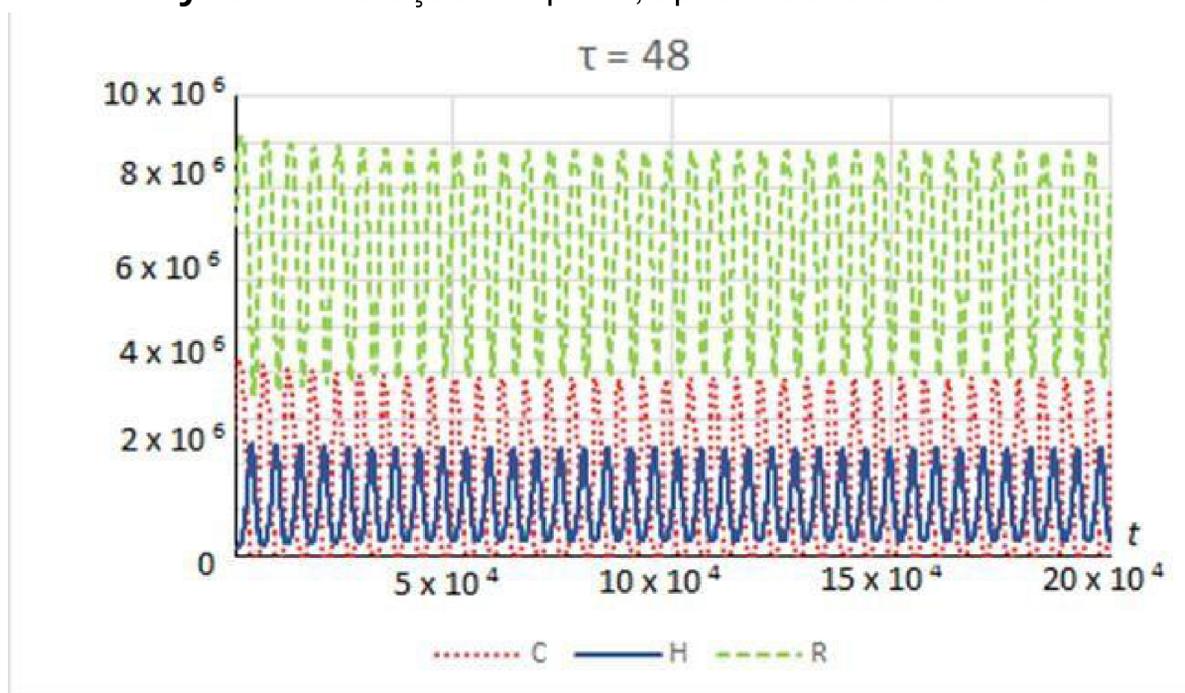
Figura 6 – Evolução temporal, aplicando retardo para valores $\tau > 45,6$ e $\tau < 48$.



Fonte: Elaboração própria

Em $\tau = 48$, os limites inferiores das oscilações de R passam a ser iguais aos limites superiores das oscilações de C (Figura 7).

Figura 7 – Evolução temporal, aplicando retardo $\tau = 48$.



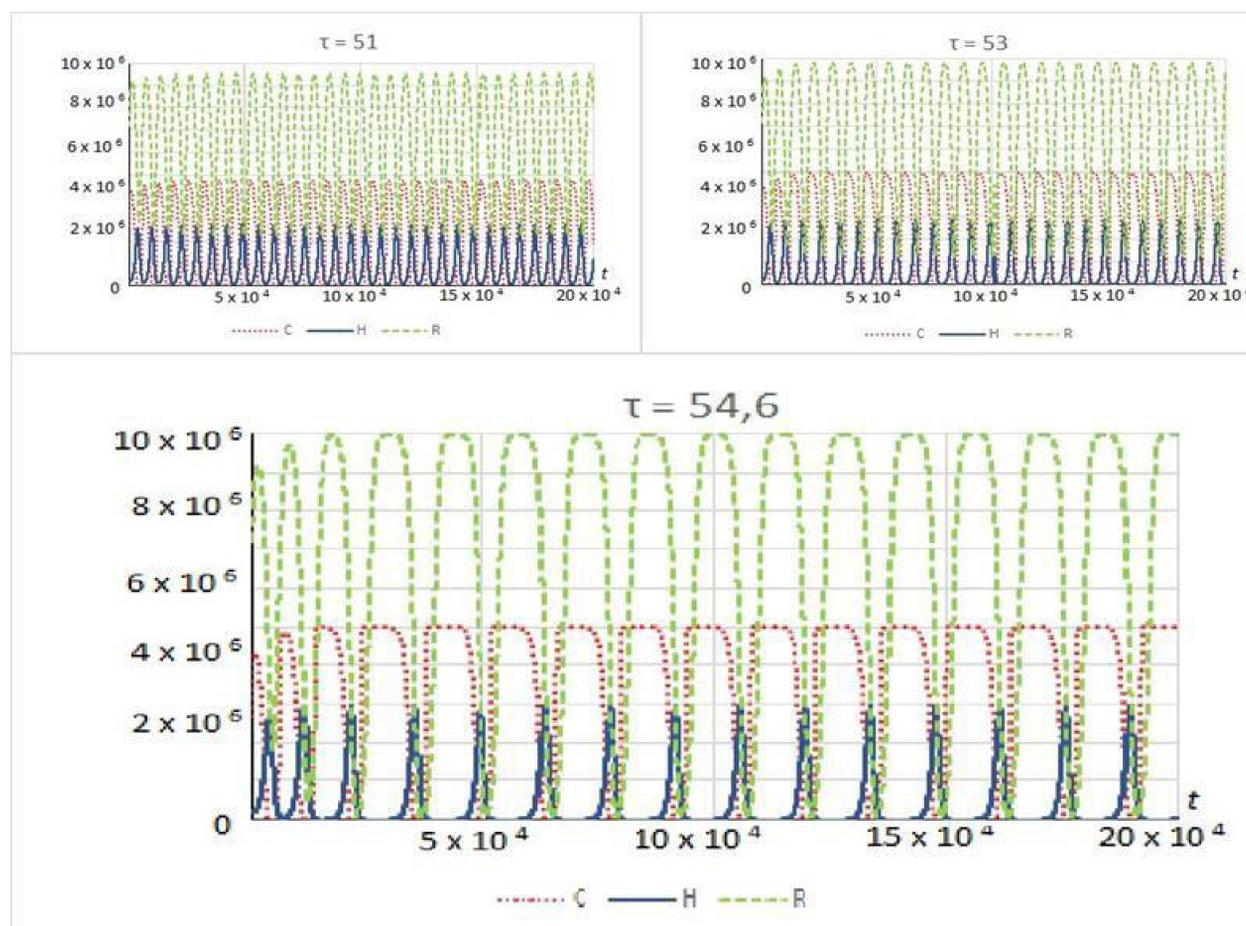
Fonte: Elaboração própria

Em $48 < \tau \leq 54,6$, os limites inferiores das oscilações de R passam a ser menores do que os limites superiores das oscilações de C (Figura 8).

Se $\tau > 54,6$ dias, o cálculo passa a ser inviável, uma vez que os valores de R se tornam menores que zero, ou seja, não há valores válidos que correspondam aos linfócitos em repouso.

Para verificar o comportamento das soluções e integrar o sistema de equações diferenciais com retardo, foi utilizada uma versão *trial* do *software MATLAB*, da *MathWorks*. A partir dos dados obtidos no *MATLAB*, foram traçados os gráficos no *software Microsoft Office Excel*, da *Microsoft* (Figuras 3-8).

Figura 8 – Evolução temporal, aplicando retardo para valores $\tau > 48$ e $\tau \leq 54,6$.



Fonte: Elaboração própria

De forma geral, pelos resultados obtidos, é possível observar que a dinâmica do crescimento de tumores está relacionada diretamente ao tempo de retardo de produção dos linfócitos. Quanto maior o tempo de retardo, maior será a amplitude das oscilações e maior será a proliferação das células cancerosas.

5 CONCLUSÕES

Tendo em vista que este trabalho obteve resultados teóricos básicos das equações diferenciais ordinárias, é possível dizer que o principal objetivo foi investigar a aplicação de equações diferenciais na dinâmica de crescimento de tumores e enfatizar a importância da contextualização do ensino de matemática.

De forma geral, no curso de graduação, o conteúdo é apresentado de forma abstrata e dificilmente é mostrada a real aplicação. Pode-se então constatar que a matemática é um universo grande, muito explorado, mas também há muito a ser descoberto ainda, e isso abre um leque de possibilidades e de oportunidades para aqueles que desejam empenhar seus estudos nessa área tão abrangente.

Pode-se perceber que, na análise das aplicações das equações diferenciais na dinâmica de crescimento de tumores, a teoria qualitativa das equações diferenciais mostra-se um instrumento de grande importância para a interpretação de problemas reais.

É possível a previsão de comportamentos futuros, demonstrando que podem ser aplicadas em várias áreas do conhecimento e, em particular, na área de Biomatemática, direcionada ao crescimento e desenvolvimento de tumores. Isso faz com que seja perceptível o estudo aprofundado em teorias matemáticas com suas aplicações, tornando o professor mais habilitado e capacitado para o cotidiano em sala de aula a desempenhar sua missão de ensinar e aprender. A aplicação desse modelo pode ser útil quando ocorrem, dentre outras, a seguinte situação:

Dado um certo indivíduo que, após alguns exames, tem como diagnóstico a presença de um tumor em seu organismo, de tamanho y e que pode ser removido somente quando tiver um tempo de vida x . Com a aplicação desse sistema de equações diferenciais, o médico poderá ter conhecimento se ainda é possível fazer a remoção do tumor. Com o tamanho do tumor aplicado no sistema de equações, é possível chegar ao tempo estimado de vida do próprio, ou ainda saber por quanto tempo ele ainda poderá esperar para que seja feita uma cirurgia.

Outra aplicação também poderia ocorrer caso, após a descoberta da existência de um tumor, o paciente apresente um tumor de tamanho y . Com a aplicação do modelo matemático estabelecido, é possível determinar o crescimento desse tumor com relação ao tempo, podendo então determinar o tamanho do tumor daqui a x dias.

REFERÊNCIAS

BANERJEE, S.; SARKAR, R. R. Delay-induced model for tumor-immune interaction and control of malignant tumor growth. **Bio Systems**, v. 91, n. 1, p. 268–288, 2008.

BASSANEZI, R. C. **Equações Diferenciais Ordinárias**: um curso introdutório. Disponível em: <http://gradmat.ufabc.edu.br/disciplinas/listas/iedo/notasdeaulas/equacoes-diferenciais-ordinarias-rodney.pdf>. Acesso em: 15 set. 2015a.

BASSANEZI, R. C. **Modelagem Matemática**. Disponível em: <http://posmat.ufabc.edu.br/inverno/wp-content/uploads/2013/04/minicurso-ufabc1.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2015b.

BORGES, F. S. **Equações diferenciais aplicadas ao crescimento de tumores**. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2013.

BOYCE, W. E.; DIPRIMA, R. C. **Equações diferenciais elementares e problemas de valores de contorno**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2010.

BRAVO, C. M. A. A.; ALBUQUERQUE, É. L. **Introdução ao MATLAB**.

BRITTON, N. F. **Essencial Mathematical Biology**. 3. ed. Londres: Springer-Verlag London Ltd., 2005.

BRONSON, R. **Equações Diferenciais**. 2. ed. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltd., 1994.

FIGUEIREDO, D. G.; NEVES, A. F. **Equações Diferenciais Aplicadas**. 1. ed. Rio de Janeiro: IMPA, CNPq, 2014.

GROENWALD, C. L. O.; SILVA, C. K.; CASTOR, D. M. Perspectivas em Educação Matemática. **Acta Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 37–55, 2004.

MINHÓS, F. M. B. **Equações diferenciais ordinárias: relatório sobre a unidade circular**. Évora: Universidade de Évora, 2009.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. **ABC do Câncer: abordagens básicas para o controle do câncer**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, 2012.

MIRRA, A. P. **Registros de câncer no Brasil e sua história**. 1. ed. São Paulo: TOMGRAF Editora Ind. Gráfica LTDA., 2005.

SANTOS, R. J. **Introdução às equações diferenciais ordinárias**. 1. ed. Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFMG, 2011.

SARKAR, R. R.; BANERJEE, S. Cancer self remission and tumor stability – a stochastic approach. **Mathematical Biosciences**, v. 196, n. 1, p. 65–81, 2005.

SILVA, E. C. **Equações diferenciais ordinárias em alguns contextos históricos e reais**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2011.

TEIXEIRA, F. L. **Modelos descritos por equações diferenciais ordinárias**. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2012.

THOMAS, L. R. **O uso de equações diferenciais na modelagem de sistemas naturais e outros**. Brasília: Universidade de Brasília, 2013.

VILLASANA, M.; RADUNSKAYA, A. A delay differential equation model for tumor growth. **Journal of Mathematical Biology**, v. 47, p. 270–294, 2003.

ZILL, D. G.; CULLEN, M. R. **Equações Diferenciais**. v. 1. 3. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2001.

ANÁLISE CONCEITUAL E TÉCNICA DE QUESTÕES DE QUÍMICA NO EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO (ENEM) PELA TAXONOMIA DE BLOOM REVISADA

Conceptual and technical analysis of Chemistry questions of the National High School Exam (ENEM) by Bloom's Taxonomy Revised

COCATI, Letícia Costa Dias; DOUTORA; Universidade do Estado de Minas Gerais;
leticia.costa@uemg.br

QUEIROZ, Leandro Paiva; GRADUADO; Universidade do Estado de Minas Gerais;
leandropaivaqueiroz@gmail.com

A Taxonomia de Bloom Revisada é uma ferramenta para auxiliar os alunos a entender como navegar em direção ao domínio do assunto, permitindo ao professor estruturar melhor suas aulas. Essa metodologia se divide em 3 eixos principais: cognitivo, afetivo e psicomotor, sendo o eixo cognitivo o mais utilizado. O eixo referido subdivide-se em seis fases: lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar. A partir dessas dimensões do processo cognitivo, o professor consegue dividir o conteúdo por níveis de dificuldade. Este trabalho visou fazer um levantamento das questões de Química do ENEM 2019 e 2020, classificando-as por dimensões do conhecimento e por dimensões dos processos cognitivos, com o intuito de verificar se a prova do ENEM foi realizada com níveis diferentes entre os anos citados, já que entre esses anos houve uma modificação na metodologia de ensino devido à pandemia e pelo baixo acesso das plataformas de ensino.

Palavras-chave: Ensino de Química; Taxonomia de Bloom Revisada; ENEM.

1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

A Taxonomia de Bloom Revisada é uma ferramenta que foi idealizada para adequar o sistema de ensino-aprendizagem, podendo ajudar os alunos a entender como navegar em direção ao domínio do assunto e contribuir para que o docente possa planejar suas aulas e avaliações de aprendizagem integradas à tecnologia moderna.

Com o planejamento, destaca-se que a Taxonomia de Bloom permite ao professor trabalhar com diferentes níveis de dificuldades, metodologia que essa ferramenta permite, expondo os diferentes níveis de conceitos a cada organização (Galhardi; Azevedo, 2013).

A metodologia de ensino se divide em três eixos principais, sendo eles: cognitivo, efetivo e psicomotor. Segundo Silva e Martins (2014), na Taxonomia de Bloom Revisada, o eixo cognitivo é o mais utilizado e muitos docentes se apoiam nesse domínio para buscar estratégias de ensino e formas diferentes de avaliação. O eixo referido subdivide-se em seis fases, sendo: lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar, respectivamente.

A Taxonomia de Bloom Revisada é um instrumento de classificação de objetivos de aprendizagem de forma hierárquica, ou seja, do mais simples ao mais complexo, tendo em vista que essa ferramenta serve para estruturar, organizar e planejar disciplinas e cursos com o intuito de facilitar o método de aprendizagem não desvalorizando o conteúdo, mas sim, aumentando a capacidade e a interdisciplinaridade do aluno. Para adquirir uma nova habilidade pertencente ao próximo nível, o discente deve ter dominado e adquirido a habilidade do nível anterior.

2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

O ano de 2020 foi marcado por um anúncio feito pela Organização Mundial da Saúde (OMS) que identificou a presença de um vírus denominado SARS-CoV-2, causador da COVID-19 (do acrônimo em inglês – COronaVirus Disease 2019 – doença por coronavírus do ano 2019). Em março de 2020, houve uma dispersão mundial, que atingiu característica de pandemia, sendo declarada uma emergência de saúde pública de interesse internacional (Cordeiro, 2020). O isolamento social foi uma das primeiras medidas tomadas pelos órgãos de saúde, conseqüentemente, a suspensão das aulas presenciais em escolas e universidades, exigindo mudanças e adaptações na rotina do Ensino no Brasil.

Sem previsão de retorno, as aulas virtuais tiveram que ser inseridas no meio acadêmico. O Ministério da Educação (MEC) autorizou a substituição de disciplinas presenciais por aulas que utilizassem meios e tecnologias de informação e comunicação em cursos que estavam em andamento. A medida foi publicada na edição de quarta-feira, 18 de março, do Diário Oficial da União (DOU) (Ministério da Educação, 2020).

A partir daí, houve a necessidade da adaptação dos discentes e docentes, que se apoiaram nas plataformas de comunicação, demanda da instituição onde havia vínculo. Entretanto, em muitas instituições não havia equipamento para poder assistir às aulas, faltava internet nas suas residências, não havia um local adequado para se concentrarem e estudarem, além da dificuldade de estudarem sozinhos. Em consequência de toda essa realidade, veio a preocupação com a educação das crianças e jovens que estavam sendo prejudicadas por não terem um estudo promissor, efetivo e/ou proveitoso (Cordeiro, 2020).

A pandemia do novo coronavírus trouxe uma nova perspectiva de ensino-aprendizagem, fazendo com que os estudantes tivessem que se adequar ao presente momento, e consequentemente muitos poderão ser futuramente prejudicados no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Acredita-se que o estudo da análise das questões do ENEM pela Taxonomia de Bloom Revisada auxiliará o diagnóstico do professor e o rendimento do aluno, mas para que isso ocorra, existe a necessidade de se respeitar criteriosamente cada etapa da Taxonomia de Bloom.

Neste trabalho, realizou-se um levantamento das questões do Exame Nacional do Ensino Médio de Química relacionada à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias que foram aplicadas nos anos de 2019 e 2020 e, por sua vez, vem colaborando para o ingresso de mais jovens em universidades de todo o Brasil.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar e comparar as dimensões do conhecimento e do processo cognitivo das questões das provas de Química do ENEM entre os anos de 2019, que foi um ano normal, e 2020, um ano de pandemia, conforme a Taxonomia de Bloom Revisada.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Resolver e analisar as questões do ENEM de Química dentro da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias entre os anos de 2019 e 2020, conforme a Taxonomia de Bloom Revisada, e verificar se com o surgimento do coronavírus as provas tiveram alguma alteração.

Avaliar as estratégias de ensino-aprendizagem das provas elaboradas no ENEM de Química dentro da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias entre os anos de 2019 e 2020.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DE EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO (ENEM)

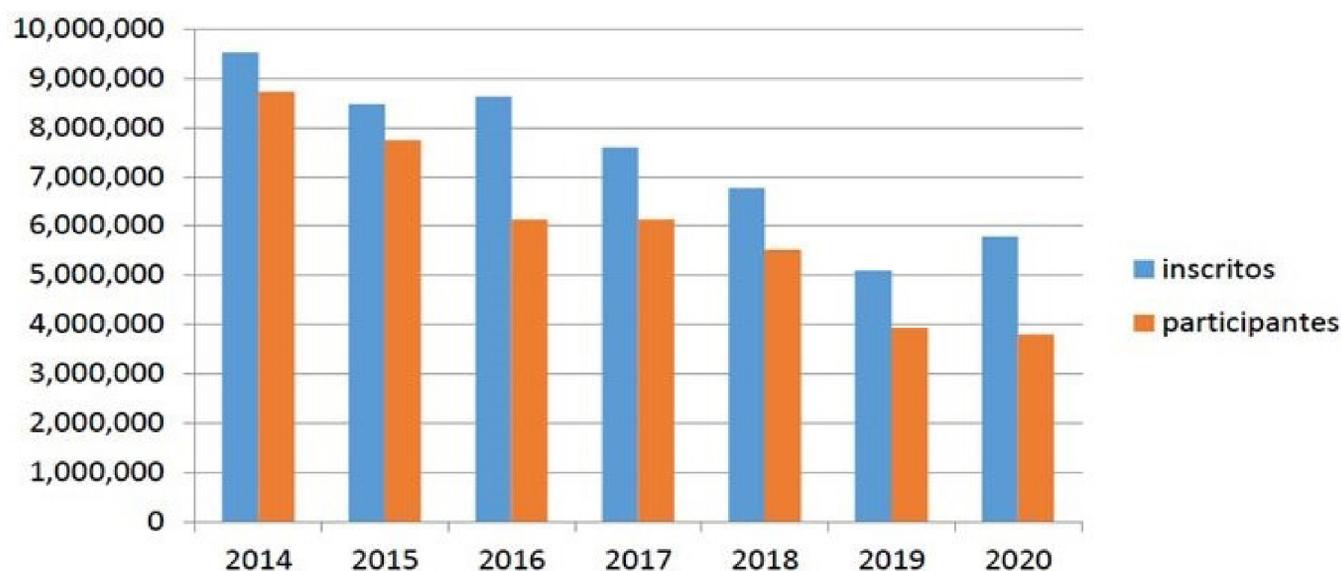
O ENEM foi criado em 1998 pelo governo federal como uma ferramenta de avaliação do conhecimento dos estudantes. A partir de 2009, medidas governamentais estimularam o uso do ENEM como um meio de acesso ao ensino superior no Brasil. Com o SISU (Sistema de Seleção Unificada), passou a operar em larga escala no processo de reserva de vagas no ensino superior para os jovens, podendo destacar que um dos aspectos mais importantes do SISU é que os jovens ganharam mais mobilidade para instituições de ensino superior nos mais variados locais do país (Lang; Bernardes; Silva, 2015).

Na primeira edição do ENEM, em 1998, o número de participantes foi parcialmente baixo, com cerca de 115.600; já em 2010, essa marca passou para 4.600.000 de inscritos e, nos anos seguintes, esse número foi aumentando gradativamente, ou seja, em 2011, passou para 5.380.857, em 2012, para 5.791.332, e em 2013 alcançou o número de 7.173.574 inscritos (Bandeira, 2011).

Segundo dados do INEP (2020), foram 5,8 milhões de inscritos para o ENEM em 2020, sendo 5.687.271 de inscrições para o ENEM impresso e 96.086 para o ENEM digital, novidade desta edição devido ao agravamento da pandemia de COVID-19. Enquanto em 2019 foram 5,1 milhões de inscrições, o total de inscritos confirmados em 2020 representou um aumento de 13,5% em relação ao quantitativo do ano anterior, ainda que o número de pré-inscrições efetuadas tenha sido inferior ao de 2019. Quase 95% dos pré-inscritos tiveram a inscrição confirmada em 2020, também um crescimento em relação à dinâmica de inscrições nos anos anteriores. Em 2019, por exemplo, apenas 80% dos inscritos tiveram a inscrição confirmada neste período. Ações como a criação da aplicação digital da prova, a ampliação do período para pagamento e a concessão de gratuidade automática a todos os inscritos que se enquadrassem nos perfis de isenção de taxa, mesmo sem pedido formal, podem ter contribuído para superar os desafios impostos pela pandemia de COVID-19 e aumentar a marca dos participantes confirmados para o exame (INEP, 2020).

Na Figura 1, pode-se observar as variações do número de inscritos e participantes do ENEM entre os anos de 2014 a 2020.

Figura 1 – Evolução de inscritos e participantes no ENEM



Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP, 2020)

O Ministério da Educação, em 2010, apresentou um projeto de reformulação do ENEM, como uma das formas de ingresso em Instituições Federais de Ensino Superior (IFES). No que se refere ao novo ENEM, a partir de 2010, foi composto de provas em quatro áreas de conhecimento humano: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias (englobando a Redação); Ciências Humanas e suas Tecnologias; Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Matemática e suas Tecnologias. Cada grupo de prova é composto por 45 itens de múltipla escolha, aplicados em dois dias, gerando assim um conjunto de 180 itens. A redação é feita em língua portuguesa e estruturada na forma de texto em prosa do tipo dissertativo-argumentativo, a partir de um tema de ordenação social, cultural, política e/ou científica. A aplicação do novo ENEM é usada como forma de ingresso nas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) e tem como objetivo principal democratizar as oportunidades de ingresso nas vagas federais de ensino superior, possibilitar a variabilidade acadêmica e induzir a reestruturação dos currículos do ensino médio, propiciando também a mistura social e cultural entre os estados (Bandeira, 2011).

4.2 TAXONOMIA DE BLOOM

Benjamin Samuel Bloom nasceu em Lansford, Pensilvânia, EUA, em 21 de fevereiro de 1913, e viveu até seus 86 anos de idade. Desde novo, já mostrava curiosidade sobre o mundo, era um leitor insaciável e se destacava por sua capacidade e compreensão de leitura. Formou-se na Universidade Estadual da Pensilvânia, em 1935, obtendo o grau de mestre e, em 1942, recebeu o diploma de doutor em educação pela Universidade de Chicago. Foi autor e coautor de 17 livros e escreveu inúmeros artigos. Como professor influenciou categoricamente seus alunos e colegas de profissão e foi consultor no campo da educação para os governos de Israel, Índia, entre outros (Santos; Bergamo, 2015).

Para Bloom, a educação era um processo, “um esforço para realizar um potencial humano, que na verdade era um esforço concebido para tornar o potencial possível, a educação era um exercício de otimismo”. Como examinador na universidade, interessou-se pelos estudos dos objetivos educacionais, que podiam ser organizados de acordo com sua complexidade cognitiva, ajudando na avaliação dos alunos e nos resultados da prática educativa no ensino universitário (Santos; Bergamo, 2015).

Bloom usou a taxonomia como a ciência de classificação, denominação e organização de um sistema pré-definido que tem como resultado conceitos para discussões, análises e recuperação de informação (Ferraz; Belhot, 2010).

De acordo com Ferraz e Belhot (2010), duas vantagens para o uso da taxonomia no ambiente educacional são:

- Oferecer a base para o desenvolvimento do conhecimento, através de instrumentos de avaliação e utilização de estratégias diferentes para contribuir, analisar e incentivar o desenvolvimento do aluno.
- Incentivar os professores a auxiliar seus alunos, de forma estruturada e consciente, a obterem competências específicas a partir da ideia da necessidade de dominar habilidades mais simples para posteriormente dominar as mais complexas.

A Associação Norte Americana de Psicologia solicitou a seus membros que montassem uma equipe para debater, estipular e originar uma taxonomia dos objetivos dos processos educacionais. Bloom assumiu a liderança desse projeto e junto com seus colaboradores, M. D. Englehert, E. J. Furst, W. H. Hill e D. Krathwold, foi definido que o início seria a divisão do trabalho de acordo com o domínio específico de desenvolvimento cognitivo, efetivo e psicomotor. Embora todos tenham participado do desenvolvimento dessa taxonomia, ela é conhecida como “Taxonomia de Bloom” (Ferraz; Belhot, 2010).

Segundo Correa, Farias e Bezerra (2019), a educação é uma definição de estrutura da capacidade de aprendizagem significativa. Sendo assim, o processo educacional vem de modo a oportunizar mudanças de pensamentos, ações e condutas, portanto esses comportamentos são metas a serem atingidas durante o decorrer de um curso ou de uma determinada disciplina.

No *domínio cognitivo*, os objetivos educacionais apontam a aprendizagem de conhecimentos desde a recordação e compreensão de algo já estudado à capacidade de aplicar, analisar e reorganizar a aprendizagem, recompondo o material com ideias ou métodos anteriormente aprendidos. As categorias do processo cognitivo são: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação. Neste domínio é

que se apresentam as mais claras definições do comportamento do aluno; ainda que apresente complexidades, há os que consideram mais fáceis que os relacionamentos do domínio efetivo e as habilidades do domínio psicomotor. No *domínio efetivo*, estão os propósitos que evidenciam uma totalidade de emoções, um sentimento ou um grau de aceitação ou rejeição, sendo que nesse domínio variam desde a atenção mais simples até fenômenos e qualidades de caráter e de consciência mais complexas. As categorias desse domínio são: receptividade, resposta, valorização, organização e caracterização. No *domínio psicomotor*, as ideias educacionais são direcionadas a habilidades motoras, manipulação de objetos ou ações que requerem coordenação neuromuscular. Esse domínio é geralmente ligado à caligrafia, à arte mecânica, à educação física e a cursos técnicos, sendo as categorias desse domínio divididas em: imitação, manipulação, articulação e naturalização.

Ainda que todos os três domínios (cognitivo, efetivo e psicomotor) tenham sido bastante discutidos e demonstrados em momentos diferentes e por vários estudiosos, o domínio cognitivo é o mais conhecido e empregado. Vários educadores se apoiam na teoria deste domínio para estabelecer em seus planejamentos educacionais objetivos, estratégias e formas diferentes de avaliação, destacando que, para alcançar uma nova categoria, é necessário terem aprimorado o domínio na categoria anterior, pois cada categoria utiliza-se de processos adquiridos nas capacidades anteriores para serem aprimorados.

Em 1956, Bloom propôs a Taxonomia dividida em 6 categorias: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação, conforme traz o quadro 1, especificando cada categoria:

Quadro 1 – Estruturação da Taxonomia de Bloom no domínio cognitivo, conforme as categorias

CONHECIMENTO

Definição: Habilidade de lembrar informações e conteúdos previamente abordados como fatos, datas, palavras, teorias, métodos, classificações, lugares, regras, critérios, procedimentos. A habilidade pode envolver lembrar uma significativa quantidade de informação ou fatos específicos.

Subcategorias: Conhecimento específico: Conhecimento de terminologia; Conhecimento de tendências e sequências; Conhecimento de formas e significados relacionados às especificidades do conteúdo: Conhecimento de convenção; Conhecimento de tendência e sequência; Conhecimento de classificação e categoria; Conhecimento de critério; Conhecimento de metodologia e Conhecimento universal e abstração relacionado a um determinado campo de conhecimento: Conhecimento de princípios e generalizações; Conhecimento de teorias e estruturas.

COMPREENSÃO

Definição: Habilidade de compreender e dar significado ao conteúdo. Essa habilidade pode ser demonstrada por meio da tradução do conteúdo compreendido para uma nova forma (oral, escrita, diagramas etc.) ou contexto. Nessa categoria, encontra-se a capacidade de entender a informação ou fato, de captar seu significado e de utilizá-la em contextos diferentes.

Subcategorias: Translação; Interpretação e Extrapolação.

Verbos: alterar, construir, converter, decodificar, defender, definir, descrever, distinguir, discriminar, estimar, explicar, generalizar, dar exemplos, ilustrar, inferir, reformular, prever, reescrever, resolver, resumir, classificar, discutir, identificar, interpretar, reconhecer, redefinir, selecionar, situar e traduzir.

APLICAÇÃO

Definição: Habilidade de usar informações, métodos e conteúdos aprendidos em novas situações concretas. Isso pode incluir aplicações de regras, métodos, modelos, conceitos, princípios, leis e teorias.

Verbos: aplicar, alterar, programar, demonstrar, desenvolver, descobrir, dramatizar, empregar, ilustrar, interpretar, manipular, modificar, operacionalizar, organizar, prever, preparar, produzir, relatar, resolver, transferir, usar, construir, esboçar, escolher, escrever, operar e praticar.

ANÁLISE

Definição: Habilidade de subdividir o conteúdo em partes menores com a finalidade de entender a estrutura final. Essa habilidade pode incluir a identificação das partes, análise de relacionamento entre as partes e reconhecimento dos princípios organizacionais envolvidos. Identificar partes e suas inter-relações. Nesse ponto é necessário não apenas ter compreendido o conteúdo, mas também a estrutura do objeto de estudo.

Subcategorias: Análise de elementos; Análise de relacionamentos e Análise de princípios organizacionais.

Verbos: analisar, reduzir, classificar, comparar, contrastar, determinar, deduzir, diagramar, distinguir, diferenciar, identificar, ilustrar, apontar, inferir, relacionar, selecionar, separar, subdividir, calcular, discriminar, examinar, experimentar, testar, esquematizar e questionar.

SÍNTESE

Definição: Habilidade de agregar e juntar partes com a finalidade de criar um novo todo. Essa habilidade envolve a produção de uma comunicação única (tema ou discurso), um plano de operações (propostas de pesquisas) ou um conjunto de relações abstratas (esquema para classificar informações). Combinar partes não organizadas para formar um “todo”.

Subcategorias: Produção de uma comunicação original; Produção de um plano ou propostas de um conjunto de operações; e derivação de um conjunto de relacionamentos abstratos.

Verbos: categorizar, combinar, compilar, compor, conceber, construir, criar, desenhar, elaborar, estabelecer, explicar, formular, generalizar, inventar, modificar, organizar, originar, planejar, propor, reorganizar, relacionar, revisar, reescrever, resumir, sistematizar, escrever, desenvolver, estruturar, montar e projetar.

AVALIAÇÃO

Definição: Habilidade de julgar o valor do material (proposta, pesquisa, projeto) para um propósito específico. O julgamento é baseado em critérios bem definidos que podem ser externos (relevância) ou internos (organização) e podem ser fornecidos ou conjuntamente identificados. Julgar o valor do conhecimento.

Subcategorias: Avaliação em termos de evidências internas; e Julgamento em termos de critérios externos.

Verbos: Avaliar, averiguar, escolher, comparar, concluir, contrastar, criticar, decidir, defender, discriminar, explicar, interpretar, justificar, relatar, resolver, resumir, apoiar, validar, escrever um *review* sobre, detectar, estimar, julgar e selecionar.

Fonte: Ferraz e Belhot (2010)

No ano de 1995, um grupo de especialistas formados por psicólogos, educadores, especialistas em currículos, testes, avaliações encontrou-se em Syracuse, Nova York, para rever os propósitos teóricos da taxonomia de Bloom, uma vez que novas tecnologias, conceitos e teorias haviam sido incorporados no campo educacional, que se apoiava em novos trabalhos publicados sobre avanços psicopedagógicos e inúmeros trabalhos práticos. Esse grupo foi supervisionado por David Krathwohl e, no ano de 2001, o relatório da revisão da Taxonomia de Bloom foi publicado no livro intitulado *Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing a Revision of Bloom's Taxonomy or Educational Objectives*. A Taxonomia de Bloom foi revisada, mas a base da categoria foi mantida. Entretanto, ao separar conceitualmente o conhecimento do processo cognitivo, ocorreram mudanças com o objetivo de melhor direcionar a definição dos objetivos instrucionais, assim como o de esclarecer os limites entre eles. O grupo buscou o equilíbrio entre a estrutura da taxonomia original e as modificações provocadas por avanços tecnológicos e de novos modelos incorporados à educação (Silva; Martins, 2014).

A dimensão dos processos cognitivos abrange as seis categorias da taxonomia original, porém renomeadas para suas formas verbais, como segue:

- 1. Conhecimento** modificou-se por **Lembrar**, que significa: reconhecer e reproduzir ideias e conteúdos onde reconhecer requer distinguir e selecionar uma determinada informação, e reproduzir ou recordar está mais relacionado à busca por uma informação relevante memorizada. Representada pelos seguintes verbos: Reconhecendo, Comprovando, Justificando, Reproduzindo, Aumentando e Propagando.
- 2. Compreensão** modificou-se por **Entender**, onde: o relacionamento estabelece uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido. A informação é entendida quando o aprendiz consegue reproduzi-la com suas “próprias palavras”. Representado pelos seguintes verbos: Interpretando, Exemplificando, Classificando, Resumindo, Inferindo e Comparando.
- 3. Aplicação** modificou-se por **Aplicar**, onde: relaciona a execução ao procedimento numa situação específica e pode também abordar a aplicação de um conhecimento numa situação nova. Representado pelos seguintes verbos: Executando, Atuando, Interpretando, Implementando, Gerando, Criando e Elaborando.
- 4. Análise** modificou-se por **Analisar**, onde: relaciona e divide a informação em partes relevantes e irrelevantes, importante e menos importante e entender a inter-relação existente entre as partes. Representado pelos seguintes verbos:

Diferenciando, Separando, Organizando, Estabelecendo, Atribuindo, Destacando, Concluindo e Ajustando.

5. **Avaliação** modificou-se por **Avaliar**, onde: relaciona e realiza julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia. Representado pelos seguintes verbos: Checando, Verificando, Conferindo, Averiguando e Criticando.
6. **Síntese** modificou-se por **Criar**, onde: significa colocar elementos junto com o objetivo de criar uma nova visão, uma nova solução, estrutura ou modelo utilizando conhecimentos e habilidades previamente adquiridos. Envolve o desenvolvimento de ideias novas e originais, produtos e métodos por meio da percepção da interdisciplinaridade e da interdependência de conceitos. Representados pelos seguintes verbos: Generalizando, Desenvolvendo, Planejando, Buscando, Idealizando, Produzindo e Gerando (Silva; Martins, 2014).

Como na taxonomia original, a categoria do conhecimento está também diretamente relacionada ao conteúdo, portanto essa dimensão passou a abranger quatro subcategorias como veremos na Quadro 2:

Quadro 2 - Subcategorias da dimensão do conhecimento (TBR)

EFETIVO/FACTUAL Domínio apenas do conteúdo básico, sem necessidade de entender e combinar fatos, apenas se utilizando da reprodução tal qual ele é.
CONCEITUAL Efetua uma inter-relação entre o básico e aquilo que foi abordado e, com isso, fazer o discente trazer seu próprio entendimento.
PROCEDURAL Atribuição de métodos, técnicas, algoritmos e critérios como conhecimento para resolver um dado problema.
METACOGNITIVO Exige uma cognição mais ampla e profunda do discente, ou seja, ele precisa se apropriar de um conhecimento interdisciplinar, para que qualquer problema possa vir a ser resolvido utilizando-se do melhor método para a situação ao qual foi submetido.

Fonte: Correa, Farias e Bezerra (2019)

Sendo assim, na taxonomia de Bloom revisada, espera-se que o aluno não só lembre e reconheça os conceitos, mas que adquira a capacidade de diferenciar suas aplicações e que sirva como uma ferramenta eficiente e útil ao se planejar aulas, organizando e criando estratégias de ensino. Ao utilizar essa metodologia, o educador planeja a aula

com a atenção voltada para o discente e reflete sobre o que deseja alcançar no final do processo (Galhardi; Azevedo, 2013).

4.3 ESTRATÉGIAS UTILIZADAS NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO ENTRE OS ANOS DE 2019 E 2020

As aulas das instituições de ensino tanto pública quanto privada eram voltadas para o ensino presencial antes do período do estado de calamidade pública, iniciado em março de 2020, decretado pela Organização Mundial de Saúde.

Em 2019 e antes desse período, o aluno tinha contato direto com o professor, facilitando o ensino-aprendizagem através de sua presença física, pois com isso dúvidas eram esclarecidas de formas mais claras e objetivas, com turmas de aproximadamente 30 alunos, aulas expositivas em laboratório, aulas de campo, podendo trabalhar em grupo, facilitando o aprendizado e a troca de conhecimento. Além disso, utilizavam técnicas como demonstração de estruturas químicas com brinquedos educativos, roda de conversa para esclarecimento de dúvidas, biblioteca física, atenção e o carinho com o aluno, facilitando para que a matéria fosse compreendida de forma mais clara no momento em que estava sendo apresentada.

Com o aparecimento do vírus, SARS-Cov-2, marcado no Brasil em março de 2020, iniciou-se uma mudança em toda organização do andamento escolar: aulas, dias letivos e obrigação tornaram-se objetivo de discussão e acordo para que a criança e o jovem não deixassem de estudar ou perdessem o ano letivo. O Ministério da Educação, por meio do Conselho Nacional de Educação (CNE), também adotou medidas para que a educação não fosse um meio de propagação da doença, suspendendo as aulas presenciais e também com indicações para o período de volta às aulas, sendo assim o ensino remoto definido para o período de pandemia (Café; Seluchinesk, 2020).

Com esse ensino definido, segundo Café e Seluchinesk (2020), muitos alunos ficaram desinteressados em estudar, com a falta de motivação e perdidos, mostrando que a construção do saber não está sendo efetivada, deixando o aluno desorganizado no espaço e na organização do conhecimento.

Já em 2020, título dado ao ensino na atualidade foi o de ensino remoto. Porém, segundo Leite (2020), esse termo não é o mais adequado a ser utilizado, pois trata de uma ideia de distanciamento geográfico (por exemplo, nos dicionários em língua portuguesa tratam a palavra como algo que se encontra longe no tempo). A nomenclatura mais adequada seria Ensino Virtual (EV), já que todo ensino acontece no mundo virtual.

Portanto, diversas perguntas surgiram em um pequeno período de tempo, por exemplo, como se trabalhar as disciplinas de Química em formato virtual? Os primeiros passos que foram tomados foram a escolha de um ambiente virtual de aprendizagem; em seguida, foi preciso ter uma proposta de ensino estruturada, com metas claras, bons recursos digitais, definir os tipos de interações (síncrona ou assíncrona) Foi e tem sido utilizados vídeos do YouTube sobre os conteúdos de Química nas aulas, além de diversas plataformas, como EDPuzzle, MEET, ZOOM. Os vídeos propostos eram visualizados e evitavam que não se tornassem uma situação monótona. Também foram e tem sido utilizados artigos científicos relacionados com o conteúdo a ser abordado. Após a leitura do artigo, os docentes respondiam de forma virtual formulários e questões relacionadas com o texto e também usam e tem-se usado plataformas baseadas em *games* e problemas (Leite, 2020).

Segundo Oliveira *et al.* (2021), o modelo de ensino remoto em Minas Gerais foi desenvolvido em diálogo com professores, equipe pedagógica e instituições ligadas à educação, com a expectativa de que o maior número possível de alunos fosse atingido e assim tivessem o direito à educação garantido. Portanto, foram organizados três eixos: Plano de Estudos Tutoriais, o Programa Se Liga na Educação e o aplicativo Conexão Escola, fazendo com que a informação chegasse ao maior número de alunos, onde cada um poderia escolher a melhor forma de acesso (Oliveira *et al.*, 2021). No entanto, em 2020, o ensino tornou-se um ambiente totalmente virtual, liquidamente diluído nos espaços e nas dinâmicas dos domicílios e das pessoas que neles habitam.

No momento que vivenciamos, foram necessárias readaptações e a utilização da tecnologia. A maioria dos docentes eram imigrantes digitais que, por sua vez, tiveram que se inserir no mundo da tecnologia. Sua forma de ensinar nem sempre estava em harmonia com o modo como os alunos aprendem melhor ou que pelo menos tenham mais interesse pelo conteúdo. A readaptação da sala de aula física para a virtual trouxe mudanças para além da linguagem, pois muitos professores se depararam com a dificuldade de acesso à internet por parte de várias famílias. No entanto, nesse período, vários educadores se destacaram ao usar novas possibilidades de ensino que a tecnologia oferece à educação, principalmente no que se refere ao uso de internet, aplicativos educacionais, canais de TV e mídias digitais (Cordeiro, 2020).

Contudo, é preciso reconhecer que no nosso país muitas escolas enfrentam o desafio da conectividade, há grande heterogeneidade no acesso a recursos tecnológicos entre classes sociais e muitos professores não possuem formação específica para lidar pedagogicamente com o ambiente virtual, assim como muitas famílias não possuem os

meios necessários para que a criança tenha acesso, pois muitas das vezes o único meio de acessar a tecnologia é o ambiente escolar. Sendo assim, a crise do novo coronavírus traz e continua trazendo efeitos permanentes sobre a forma de aprender, pois com o isolamento social, novos hábitos e comportamentos foram criados, podendo prejudicar o aprendizado e a forma de ensinar (Cordeiro, 2020).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As questões de Química do ENEM de 2019 e 2020, que evidenciam itens dos Objetos de Conhecimento (OC), foram resolvidas e analisadas. Para identificação das questões presentes nos exames, foi utilizada a Taxonomia de Bloom revisada, conforme o Quadro 3:

Quadro 3: Tabela Bidimensional da Taxonomia de Bloom Revisada

ANO	Dimensões dos Processos Cognitivos					
Dimensão do Conhecimento	1. Lembrar	2. Entender	3. Aplicar	4. Analisar	5. Avaliar	6. Criar
Conhecimento efetivo/factual						
Conhecimento conceitual/princípios						
Conhecimento procedural						
Conhecimento metacognitivo						

Fonte: Ferraz e Belhot (2010)

Após a identificação das questões que apontam os objetivos do conhecimento de Química no ENEM 2019 e 2020, somou-se um total de 27 questões, que foram classificadas na Taxonomia de Bloom Revisada (TBR). Nos Quadros 4 e 5, são apresentadas as classificações das questões de Química das edições de 2019 e 2020, respectivamente, conforme a TBR. O número indicado corresponde à numeração do respectivo exame.

Quadro 4 – Questões de Química do ENEM (prova amarela) 2019 classificadas na TBR

ENEM 2019	Dimensões dos Processos Cognitivos					
Dimensão do Conhecimento	1. Lembrar	2. Entender	3. Aplicar	4. Analisar	5. Avaliar	6. Criar
Conhecimento efetivo/factual						
Conhecimento conceitual/princípios	94, 98, 101, 108, 112, 114, 116, 127, 131	98, 108, 111, 114, 116, 119, 127, 131	94, 101, 119, 133, 112	94, 114, 133		
Conhecimento procedural	123			104, 108, 123		
Conhecimento metacognitivo						

Fonte: Elaboração própria (2022)

Quadro 5 – Questões de Química do ENEM (prova amarela) 2020 classificadas na TBR

ENEM 2020	Dimensões dos Processos Cognitivos					
Dimensão do Conhecimento	1. Lembrar	2. Entender	3. Aplicar	4. Analisar	5. Avaliar	6. Criar
Conhecimento efetivo/factual	95, 99					
Conhecimento conceitual/princípios	95, 103, 107, 111, 113, 123	95, 103, 107, 111, 113, 123	113, 116, 128	107, 111, 123, 132		
Conhecimento procedural						
Conhecimento metacognitivo						

Fonte: Elaboração própria (2022)

A seguir está apresentada, no Quadro 6 e no Quadro 7, a quantificação das questões do ENEM 2019 e 2020 de Química, consolidando a quantidade de questões classificadas na Tabela bidimensional.

Quadro 6 – Quantificação das questões de Química pela TBR ENEM 2019

ENEM 2019	Dimensões dos Processos Cognitivos						
Dimensão do Conhecimento	1. Lembrar	2. Entender	3. Aplicar	4. Analisar	5. Avaliar	6. Criar	TOTAL
Conhecimento efetivo/factual	0	0	0	0	0	0	0
Conhecimento conceitual/princípios	9	8	5	3	0	0	25
Conhecimento procedural	1	0	0	3	0	0	4
Conhecimento metacognitivo	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	10	8	5	6	0	0	

Fonte: Elaboração própria (2022)

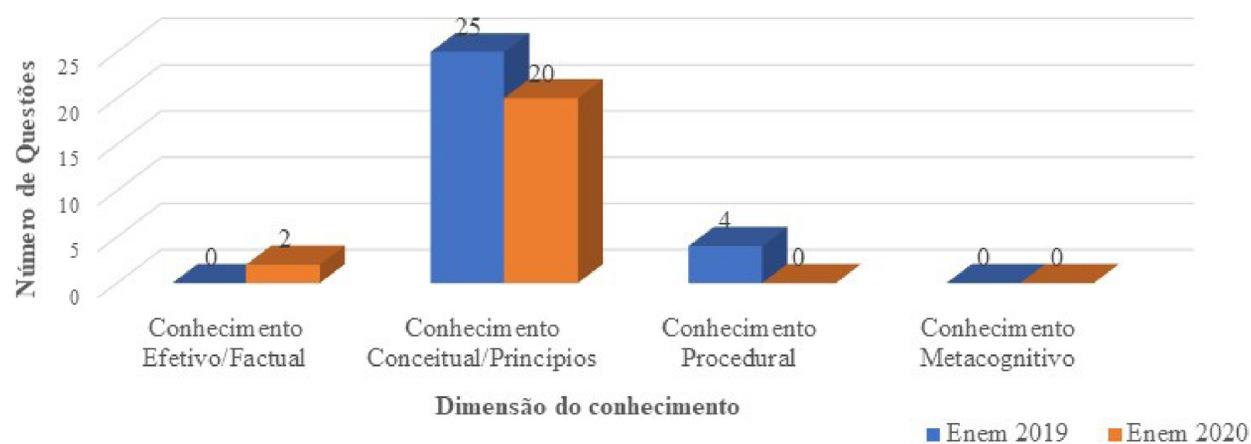
Quadro 7 – Quantificação das questões de Química pela TBR ENEM 2019

ENEM 2020	Dimensões dos Processos Cognitivos						
Dimensão do Conhecimento	1. Lembrar	2. Entender	3. Aplicar	4. Analisar	5. Avaliar	6. Criar	TOTAL
Conhecimento efetivo/factual	2	0	0	0	0	0	2
Conhecimento conceitual/princípios	5	8	3	4	0	0	20
Conhecimento procedural	0	0	0	0	0	0	0
Conhecimento metacognitivo	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	7	8	3	4	0	0	

Fonte: Elaboração própria (2022)

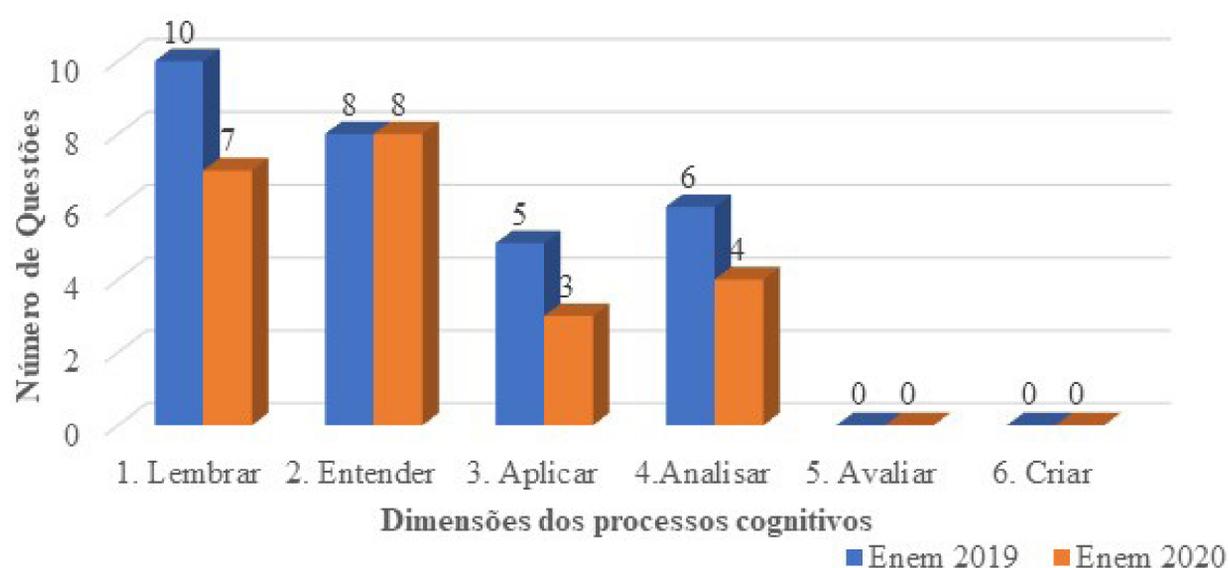
Nos Gráficos 1 e 2 estão apresentados o comparativo das provas do ENEM referentes aos anos de 2019 e 2020 da relação da quantidade de questões por dimensão do conhecimento e por níveis de cognição, respectivamente.

Gráfico 1 - Comparativo das provas do ENEM 2019 e 2020 relacionadas ao quantitativo de questões e dimensão do conhecimento



Fonte: Elaboração própria (2022)

Gráfico 2 - Comparativo das provas do ENEM 2019 e 2020 relacionadas ao quantitativo de questões e processos cognitivos



Fonte: Elaboração própria (2022)

No Gráfico 1, observou-se que o conhecimento conceitual/princípios ficou em destaque nessa dimensão do conhecimento tanto para as avaliações do ENEM realizadas durante o ano de 2019 quanto para o ano de 2020 (ano de pandemia). Os alunos, além de dominarem os conteúdos básicos, devem relacionar os elementos básicos num contexto mais elaborado. Elementos mais simples foram abordados e, agora, precisam ser conectados. Os discentes precisam associar conhecimentos básicos, teóricos, estruturas e modelos para chegar às respostas das questões que envolvem essa dimensão do conhecimento (Silva; Martins, 2014). Também foram evidenciadas as dimensões do conhecimento procedural nas provas do ENEM 2019 e efetivo/factual nas provas do ENEM 2020, porém em pequena escala. No conhecimento procedural, o aluno deve utilizar métodos, critérios, algoritmos e técnicas sobre um específico conteúdo, ou seja, deve ter

percepção e habilidade de como e quando usar um procedimento específico para chegar às respostas (Silva; Martins, 2014). Já no conhecimento efetivo/factual, o conteúdo básico que o aluno deve dominar para conseguir resolver as questões é menos apoiado. Nessa dimensão, os conteúdos não precisam ser entendidos ou combinados, apenas reproduzidos como apresentados (Silva; Martins, 2014). A dimensão do conhecimento metacognitivo não foi citada, pois, seria exigido do aluno um conhecimento estratégico, autoconhecimento e interdisciplinaridade, ou seja, um alto grau de desempenho de conhecimento e interdisciplinaridade para resolver a questão. Pode-se dizer que, devido à quantidade de questões que são colocadas na prova do ENEM e o tempo para resolvê-las, uma questão com esse nível de dificuldade seria um problema, já que consumiria um tempo maior para resolução, além de uma maior dificuldade.

No Gráfico 2, pode-se observar que o processo de cognição mais privilegiado conforme a TBR foi o de Lembrar para as provas do ENEM 2019, que está relacionado a reconhecer e reproduzir ideias e conteúdo. Este processo cognitivo requer distinguir e selecionar uma determinada informação e reproduzir ou recordar que está mais relacionado a buscar informações importantes na memória, um processo de memorização de um determinado conteúdo (Marcelino; Recena, 2012). O processo de cognição, conforme a TBR, classificado como Entender foi mais exigido nas provas do ENEM 2020, apresentando o mesmo quantitativo de questões para o ENEM 2019. Neste nível de cognição, os alunos devem estabelecer conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido, sendo capazes de interpretar, classificar, inferir e comparar para chegar às respostas das questões reproduzindo-as com as suas próprias palavras (Marcelino; Recena, 2012). Esse processo cognitivo leva o aluno a estabelecer uma conexão entre as novidades do dia a dia, como podemos citar a situação atual vivida pela humanidade da pandemia pelo novo coronavírus, que, por sua vez, trouxe um novo estilo de ensino modificando totalmente o método de aprendizagem, passando de um ensino presencial para um ensino virtual e trazendo novos conceitos, ideias e metodologias, relacionando uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido (Leite, 2020).

O nível de cognição Aplicar, que exige dos discentes executar ou usar um procedimento numa situação nova, ou seja, utilizar o aprendizado em novas situações, foi cobrado em maior proporção nas provas do ENEM do ano de 2019 (Marcelino; Recena, 2012). O processo de cognição, conforme a TBR, para o nível Analisar, que leva o aluno a dividir a informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes e entender a inter-relação existente entre as partes, diferenciando e organizando as informações (Silva; Martins, 2014) também foi apresentado em maior quantidade de questões para as provas do ENEM 2019.

Os níveis de cognição, Avaliar e Criar não foram encontrados nas questões analisadas de Química do ENEM 2019 e ENEM 2020. No nível Avaliar, o aluno deve realizar concepções baseadas em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de praticabilidade; já no nível de cognição Criar, o aluno deve desenvolver ideias novas e originais usando a inteligência adquirida através da interdisciplinaridade e da interdependência de conceitos (Silva; Martins, 2014).

Em uma análise geral, a pesquisa mostra que as provas do ENEM ressaltaram domínios de complexibilidade superiores a simples memorização, mas não atingiram a dimensão do conhecimento metacognitivo, nem o nível de cognição Avaliar e Criar. A bidimensionalidade criada na atualização da taxonomia de Bloom traz um novo direcionamento para que os profissionais educadores possam planejar melhor seus objetivos, suas aulas e direcionar, de forma coerente, clara e concisa, seja em torno de objetivos gerais e específicos, da escolha das estratégias e instrumentos de avaliação, ou seja, para verificar o que foi aprendido e direcionar, de forma corretiva e formativa todo o processo educacional, buscando uma metodologia aplicada de forma a efetivar o processo de ensino-aprendizagem. De acordo com as análises feitas das provas do ENEM 2019 e 2020, podemos observar que elas são pensadas de acordo com a dimensão do conhecimento conceitual/princípios, sendo que o maior quantitativo de questões está nos processos cognitivos Lembrar e Entender, tanto no ano de 2019 quanto no ano de 2020.

A diferença quantitativa classificada entre esses dois processos cognitivos durante as provas do ENEM 2019 e 2020 foi insignificante. Dessa forma, os resultados indicam que a matriz de referência do ENEM dos anos 2019 e 2020 foi desenvolvida baseando-se em processos cognitivos como Lembrar e Entender e que, conforme a estrutura hierárquica do desenvolvimento cognitivo, é observado um instrumento de classificação mais simples. Mesmo com anos totalmente diferentes no modo de ensino devido ao aparecimento do coronavírus, não tivemos alterações nas estruturas das provas do ENEM relacionadas aos anos de 2019 e 2020.

6 CONCLUSÃO

Nesse trabalho, sugere-se que, a partir da Taxonomia de Bloom Revisada, podemos construir um planejamento que facilitaria a definição mais clara e objetiva de aprendizagem, alinhando as atividades de avaliação às dimensões dos processos cognitivos. Entretanto, a ordem na dimensão do conhecimento deve ser respeitada de forma organizada de classificação, para que se consiga um melhor processo de aprendizagem. A utilização

de processos e instrumentos que facilitam o planejamento é indispensável, visto que colaboram significativamente para a aprendizagem do aluno.

Diante do exposto, apresentou-se os processos cognitivos Lembrar e Entender mais pontuados para as provas do ENEM 2019 e do ENEM 2020. Ainda apresentou-se poucas questões classificadas com os processos cognitivos Aplicar e Analisar nas provas do ENEM 2019 e ENEM 2020, sendo um pouco mais acentuada nas provas do ENEM 2019. Embora tivessem um cenário bem distante na metodologia de ensino, no processo educacional, quando comparada nesses dois anos, devido aos impactos enfrentados na educação pela pandemia, não tivemos alterações nas estruturas das provas no que se refere ao conhecimento.

REFERÊNCIAS

BANDEIRA, A. W. Doze motivos favoráveis à adoção do exame nacional do Ensino médio (ENEM) pelas instituições federais de Ensino superior (IFES). **Ensaio: Avaliação em Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 70, p. 107-126, 2011.

BARBOSA, J.; MARQUES, S.; P. CABRAL, C. A Taxonomia de Bloom Revisada e sua relação com a Avaliação da aprendizagem. **Humanas Sociais & Aplicadas**, v. 8, n. 22, 26 nov. 2018.

BLOOM, B. **Taxonomia dos objetivos educacionais**: domínio cognitivo. Porto Alegre: Globo, 1983.

BLOOM, B. S.; KRATHWOHL, D. R.; MASIA, B. B. **Taxionomia de Objetivos Educacionais: 2**. Domínio efetivo. Porto Alegre: Globo, 1974.

CAFÉ, J. L; SELUCHINESK, R. D. R. Motivação dos alunos do 3º ano do ensino médio para prosseguirem seus estudos frente às dificuldades da pandemia Covid-19. **Revista Humanidade e Inovação**, [S. l.], v. 7, n. 16, 2020.

CORDEIRO, A. M. K. **O impacto da pandemia na educação**: a utilização da tecnologia como ferramenta de ensino. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Pedagogia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2020.

CORREA, R. R. S.; FARIAS, F. R.; BEZERRA, B. W. C. Taxonomia de Bloom Revisada: Fundamentação e aplicação na análise de algumas questões de Química. **Mens Agitat**, v. 16, p. 13-21, 2021.

FERRAZ, M. C. P. A.; BELHOT, V. R. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação da adequação do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

GALHARDI, C. A.; AZEVEDO, M. M. Avaliação e aprendizagem: o uso da Taxonomia de Bloom. VIII, *Workshop* de pós-graduação e pesquisa do Centro Paula Souza, São Paulo, 2013.

INEP. Disponível em: www.gov.br/acessoainformacao/pt-br. Acesso em: 05 jun. 2021.

LANG, S. F.; BERNADES, B. C. M.; SILVA, R. Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): uma análise crítica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S. l.], v. 37, n.1, 2015.

LEITE, S. B. Da aula presencial para a aula virtual: relatos de uma experiência no Ensino Virtual de Química. **Educacion Química**, [S. l.], 2020.

MARCELINO, L. V.; RECENA, M. C. P. Possíveis influências do novo ENEM nos currículos educacionais de Química. **Estudos em Avaliação Educacional**, São Paulo, v. 23, n. 53, p. 148-177, 2012.

OLIVEIRA, R. B. *et al.* Implementação da educação remota em tempos de pandemia: análise da experiência do estado de Minas Gerais. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 16, n. 1, p. 84-106, 2021.

SANTOS, G.; BERGAMO, S. **Educação**: pensadores ao longo da história Benjamin Bloom. São Paulo: Instituto Politécnico de Bragança, 2015.

SANTOS, G.; MENDONÇA, M. Pandemia e o ensino remoto: uma reflexão acerca da vivência afetivo-emocional dos estudantes. **Revista Educação e Humanidades**, v. II, n. 1, p.110-131, 2021.

SILVA, A. V.; MARTINS, I. M. Análise de questões de física do ENEM pela Taxonomia de Bloom Revisada. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 16, n. 13, p. 189-202, 2014.

MONITORIA EM MATEMÁTICA NO AUXÍLIO DA APRENDIZAGEM DE QUÍMICA

Monitoring in Mathematics to help Chemistry learning

SCHETTINO, Myrian; DOUTORA em Engenharia e Ciência dos Materiais;
Universidade do Estado de Minas Gerais; myrian.schettino@uemg.br

NEIVA, Lully; LICENCIADA em Química; Universidade do Estado de Minas Gerais;
lully.0914867@discente.uemg.br

O aprendizado da Química é importante para a formação do aluno, para compreender fenômenos e outras situações-problema. Essa disciplina nem sempre é compreendida pelos educandos por utilizar fórmulas matemáticas e pouco relacionamento com o cotidiano. O presente trabalho buscou a monitoria em matemática como ferramenta de auxílio, oferecendo-as aos discentes da Escola Estadual Doutor José Januário Carneiro a fim de fortalecer o conhecimento para compreensão tanto da disciplina de Matemática como da disciplina de Ciências. Foi coletado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para autorização da pesquisa; logo após, foi feita a coleta de dados através do questionário e das notas do bimestre anterior. De posse disso, foram aplicadas as monitorias com os alunos. Ao final das monitorias, foram coletados os dados qualitativos através de um questionário e as notas do bimestre. Foi possível obter resultados positivos em relação ao desempenho e autoestima dos alunos, com a aplicação das monitorias.

Palavras-chave: Monitoria; Matemática; Interdisciplinaridade.

1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

A educação sempre fez e faz parte da vida das pessoas e da construção do ser humano. Através da educação, é possível melhorar o relacionamento entre as pessoas em uma sociedade, possibilitando o pensamento e uma ação mais reflexiva, crítica e solidária. Sabe-se que o cidadão que domina a leitura e escrita tem melhores oportunidades de inclusão social e consegue viver dignamente.

Ao ingressar no Ensino Médio, as dificuldades que se arrastaram durante as séries anteriores são reconhecidas e em muitos casos percebemos a grande deficiência e/ou dificuldades de conteúdos que eles trazem no campo da matemática. As dificuldades que inicialmente eram encontradas em matemática também são somadas a outras disciplinas das ciências que fazem o uso dos conceitos e das fundamentações da Matemática, como, por exemplo, a Química (Clementina, 2011).

A dificuldade em matemática ainda é um assunto preocupante nos dias atuais. Segundo o jornal *Folha de S. Paulo* (2022), 94% dos alunos de 9º ano têm nível de aprendizado abaixo do adequado em Matemática. Dados de uma avaliação feita pela prefeitura de São Paulo reforçam que a manifestação da discalculia ainda está presente no cotidiano de alguns educandos, que seria a dificuldade no ganho de habilidades matemáticas atreladas ao aluno com deficiência no desenvolvimento e na funcionalidade das estruturas cognitivas (Da Silva, 2008).

Também é importante frisar como essa dificuldade em cálculos matemáticos, muitas vezes, atrapalha o desenvolvimento em disciplinas de Ciências Exatas, uma delas a disciplina de Química. “Estudantes do ensino médio geralmente apresentam dificuldades em compreender alguns conceitos científicos, especialmente nas disciplinas que compõem as Ciências Exatas (Química, Física e Matemática)” (Santos; Silva; Andrade; Lima, 2013, p. 2).

Ademais é visto que alguns dos alunos do ensino médio reclamam de uma ausência de “base matemática” como o maior empecilho para seu aprendizado em Química, o que poderia ser justificado pelo alto uso de expressões algébricas (Santos; Silva; Andrade; Lima, 2013).

Para se aprender Química, muitas vezes se faz necessário utilizar fórmulas, equações, memorização, entre outros, pois em grande parte essas representações abstratas não são compreendidas totalmente pelo educando, tornando-se necessário que o professor simplifique e torne essas fórmulas algo menos distante da realidade do aluno, assim trazendo mais motivação para ele (Torricelli, 2007).

“A matemática é importante como uma ferramenta que auxiliará na compreensão da fenomenologia química, bem como na solução de problemas práticos do cotidiano” (Santos; Silva; Andrade; Lima, 2013, p. 3). A monitoria tem sido um recurso utilizado para complementar o que foi visto em sala de aula e como uma forma de reforço.

A monitoria é a modalidade de ensino-aprendizagem destinada aos alunos regularmente matriculados. Objetiva despertar o interesse pela docência, mediante o desempenho de atividades ligadas ao ensino por meio da participação na função de aluno-monitor, além de possibilitar a apropriação de habilidades em atividades freiráticas (Santos, 2018, p. 2).

A partir do exposto na LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional), o reforço escolar acontece mediante a execução de ações dos projetos desenvolvidos por uma Unidade Escolar, que possibilitam a recuperação de conteúdo dos alunos que não conseguem aprender, pelos mais variados motivos e que necessitam de um acompanhamento diferenciado.

Tendo isso em vista, neste presente trabalho, serão realizadas monitorias em matemática, utilizando pesquisas e métodos didáticos, oferecendo aos alunos uma interdisciplinaridade entre a Matemática e a Química, desmitificando os conceitos, retirando ao máximo sua abstração e relacionando-os ao cotidiano do educando, para melhor compreensão e desempenho em ambas as disciplinas.

2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Existem muitos alunos que chegam ao ensino médio e ao ensino superior sem saber a matemática básica e, em consequência desta defasagem da aprendizagem, não conseguem acompanhar, de forma satisfatória, o desenvolvimento dos conteúdos de Química e das disciplinas de Ciências Exatas. É por isso que o presente projeto se faz necessário, para reforçar e dar suporte ao aluno de determinados conteúdos básicos de matemática, para que ele possa melhorar e conseguir dar sequência em sua carreira acadêmica e profissional.

Com a implantação do presente trabalho, o reforço interdisciplinar pretende ajudar os alunos que possuem dificuldade nas disciplinas de Matemática e Ciências, no conteúdo de Química, devido à, principalmente, dificuldade em equações matemáticas que são utilizadas nessas disciplinas, e assim, fazendo com que o desempenho dos alunos melhore nessas disciplinas.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do trabalho é retomar, revisar e aplicar conteúdos essenciais, com finalidade de investigar como se dá o tratamento interdisciplinar entre as disciplinas de Matemática e Ciências no conteúdo de Química, ou seja, estabelecer uma (Inter) relação da Matemática dentro dos conteúdos curriculares de Química. Trabalhar com os alunos os conceitos matemáticos e observar melhora no seu desempenho nas atividades do conteúdo de Química.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Dar oportunidade aos estudantes de vivenciar situações de aprendizagem que possibilitem desenvolver a capacidade de solucionar suas dúvidas, proporcionando um conhecimento amplo sobre o assunto estudado;
- II. Elevar a autoestima e o desempenho escolar dos estudantes participantes permitindo que compreendam os seus potenciais;
- III. Trabalhar a interdisciplinaridade e avançar seu rendimento na matéria de Química e assim se aproximar da matemática;
- IV. Criar técnicas, métodos e procedimentos para trabalhar os conteúdos matemáticos e as dificuldades apresentadas pelos alunos em matemática;
- V. Familiarizar o educando com os conceitos matemáticos que são necessários para realizar as atividades do conteúdo de Química, desmistificando seus receios sobre ambas as matérias.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Para trazer o melhor desempenho ao processo de ensino-aprendizagem aos alunos nas disciplinas de Matemática e Ciências no conteúdo de Química, serão realizadas monitorias interdisciplinares envolvendo o conteúdo das duas disciplinas, relacionando-os ao cotidiano dos alunos, retirando ao máximo possível a abstração, muitas vezes presente nas disciplinas de exatas, o que é um dificultador para a aprendizagem dos educandos.

Segundo o portal do MEC (2018), o desempenho dos alunos em matemática no PISA: 2018, é insuficiente. “A edição 2018, divulgada mundialmente nesta terça-feira, 3 de dezembro, revela que 68,1% dos estudantes brasileiros, com 15 anos de idade, não possuem nível básico de Matemática” (Oliveira, 2018).

É importante relacionar as disciplinas, tornando-as mais familiarizadas ao educando. O conteúdo de Química é visualizado pelo aluno como algo que não chama sua atenção, muitas vezes retratado como extremamente complexo, mas a Química pode contribuir para que o educando apresente melhora no seu senso crítico e o ajudará a entender os fenômenos que acontecem em sua vivência (Santos; Silva; Andrade; Lima, 2013).

O que dificulta o processo de aprendizagem dos conteúdos da disciplina de Química se deve, muitas vezes, à falta de interesse do educando, pois considera os conteúdos abstratos e inúteis no seu dia a dia, além das dificuldades com cálculos, fórmulas, símbolos e textos científicos. Por isso, se faz necessário buscar ações pedagógicas que relacionem o conteúdo à vivência do aluno, trazendo a Química para sua realidade, com textos científicos em linguagem mais relacionada ao cotidiano, tornando a tarefa de estudar o conteúdo mais produtiva (Vechiatto, 2020).

4.1 INTERDISCIPLINARIDADE

A interdisciplinaridade é uma ferramenta fundamental do ensino e da pesquisa, nas universidades e nas escolas na sociedade atual (Leis, 2005). O interdisciplinar representa um tema ou abordagem em que duas ou mais disciplinas formam vínculos entre elas, com o objetivo de ampliar o conhecimento, e que ele seja diversificado e unificado (Sardenberg; Cavalheiro; Fonseca, 2000).

A interdisciplinaridade é o que une a compreensão das disciplinas nas suas mais diversas áreas do conhecimento. Ela é relevante, porque reúne temas e assuntos de forma que haja novos artifícios para se trabalhar a disciplina, de modo que melhore o ensino-aprendizagem. Essa integração de conteúdos traz, muitas vezes, resultados satisfatórios entre disciplinas do currículo escolar (Bonnato; Barros; Gemeli; Lopes; Frison, 2012).

A interdisciplinaridade faz com que os professores trabalhem em conjunto de modo a trazer melhor compreensão da disciplina aos alunos, dando sentido a coisas que antes seriam abstratas na visão dos educandos.

De modo geral, a interdisciplinaridade esforça os professores a integrar os conteúdos da História com os da Geografia, os de Química com os de Biologia, ou mais do que isso, em integrar com certo entusiasmo, no início do empreendimento, os programas de todas as disciplinas e atividades que compõem o currículo de determinado nível de ensino, constatando, porém, que, nessa perspectiva, não conseguem avançar muito mais (Bochniak, 1998, p. 21).

A interdisciplinaridade é uma maneira de se trabalhar a compreensão durante as aulas, propondo uma abordagem que relacione diferentes disciplinas, fazendo uma ligação das áreas de conhecimento, trazendo abordagens inovadoras, para que essa fragmentação do saber seja superada, buscando sempre inovação para que instigue o professor e o aluno a obter melhores resultados (Bonnato; Barrps; Gemeli; Lopes, 2012).

4.1.1 INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE QUÍMICA E MATEMÁTICA

Os conhecimentos, muitas vezes, são mediados de forma fragmentada em sala de aula, tornando-se mais difícil sua compreensão pelos alunos. Isso ocorre tanto na Química, quanto na Matemática, e trabalhar ambas de forma interdisciplinar poderia trazer um conhecimento mais amplo e de melhor qualidade para os educandos.

Uma vez que se é desenvolvido um trabalho focando a prática interdisciplinar entre as disciplinas Matemática e Química, é oferecido aos educandos uma relação das duas disciplinas. Para compreender o conteúdo da Química, muitas vezes, é necessário possuir conhecimentos matemáticos para melhor aprendizado. Com a interdisciplinaridade entre a Química e a Matemática, é possível trazer pontos importantes para o ensino-aprendizagem e despertar com mais facilidade o interesse dos alunos (Cieslak, 2019).

Nos livros didáticos de Química, têm-se que a matemática é interpretada a partir de símbolos, que, de modo geral, ficam subentendidos nas suas representações, não sendo expostos de forma clara seus conceitos e ideias que permeiam os conteúdos da disciplina de Química (Silva; Almeida, 2019).

Contextualizar se torna importante para os alunos, uma vez que, unindo as disciplinas e trabalhando os conteúdos de modo interdisciplinar, é possível fazer uma ligação das disciplinas de Matemática e Química, dando a possibilidade ao educando de entender e aplicar os conhecimentos dessas disciplinas em seu cotidiano, formando alunos reflexivos e críticos (Monteiro; Costa; Santos; Fusiger; Koglin; Piloni, 2013).

4.2 MONITORIA

Na educação básica, as monitorias ainda não são muito usadas como um método de contribuição, entretanto, elas são uma ferramenta metodológica capaz de auxiliar os alunos e os professores, no sentido de entender o nível da turma e elaborar atividades que melhor se adequam a eles e melhorem o processo de ensino aprendizagem (Silva; Lima; Lima; Andrade; Santos; Pereira; Bento; Queiroz; Silva, 2019).

Diante de problemas apresentados no ensino médio, como os que as disciplinas não são relacionadas de forma prática ao cotidiano do aluno e nem de forma a aperfeiçoar

suas habilidades, a monitoria entra como uma ferramenta que visa dar suporte aos alunos para que eles possam enxergar as disciplinas de modo que façam sentido a sua realidade (Da Cunha Junior, 2009).

A monitoria tem o papel de auxiliar o educando e ajudar na formação do aluno, pois ela é uma metodologia de ensino-aprendizagem que agrega na formação integrada do graduando na questão pesquisa e extensão. Ela é um mecanismo para aprimorar a graduação, porque com ela é possível vivenciar práticas e experiências novas, além de experiências pedagógicas, atrelando teoria e prática (Lins; Ferreira; Ferraz; De Carvalho, 2009).

A monitoria é importante, pois é vista como um incentivo, especialmente na licenciatura. A partir dela, o graduando consegue experimentar diversas atividades que envolvem teoria e prática, que se configuram no trabalho acadêmico, e estimulam diversos conhecimentos ligados aos componentes do curso. Isso contribui para a formação crítica tanto do graduando quanto do aluno que está finalizando o curso, que também se interessa pela educação no ensino superior (Dantas, 2014).

Cardoso *et al.* (1996, p. 83) afirma que:

[...] os futuros professores [em formação inicial] são como que uma espécie de híbridos que, não deixando de ser alunos, assumem já o papel de professores. É aqui que reside sua especificidade. O seu problematizar e o seu questionar deverão recair [...] sobre a prática pedagógica, embora ainda pouco experienciada.

É de grande relevância que o graduando, ainda mais num curso de licenciatura, tenha essa experiência da monitoria, pois, através dela, é possível ter uma troca de experiências com seus professores e colegas de classe, podem errar enquanto ainda não estão exercendo a profissão, apontando melhorias em sua didática, testando metodologias, entre outros.

“Ratificou-se, portanto, a relevância da monitoria, a qual não se refere ao ensino explícito do conteúdo, mas à aprendizagem, ao uso das diferentes estratégias para potencializar o aprender” (Frison, 2015, p. 145).

4.2.1 O PAPEL DA MONITORIA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Com a aplicação da monitoria, buscamos a melhoria na qualidade do processo de ensino-aprendizagem, com o apoio de metodologias que tragam contextos mais embasados na realidade dos alunos, diminuindo a abstração em relação à Matemática,

trazendo uma conexão com o cotidiano e com o conteúdo de Química, conseguindo, assim, a melhora na compreensão e nas avaliações das disciplinas de Matemática e Ciências (Lins; Ferreira; Ferraz; De Carvalho, 2009).

Para que essa melhora seja alcançada, é necessária a mobilização da escola, dos professores, dos estudantes e do monitor, para que seja alcançado o melhor resultado possível no processo de ensino-aprendizagem tanto dos educandos, quanto do monitor (Silva; Lima; Lima; Andrade; Santos; Pereira; Bento; Queiroz; Silva, 2019).

A monitoria contribui de maneira benéfica com experiências acadêmicas que serão satisfatórias durante a trajetória dos estudantes, auxiliando no ensino-aprendizagem não só dos alunos que utilizaram a monitoria, mas também dos monitores, dentro e fora da graduação (Ericeira; Barbosa; Montel; Araújo, 2019).

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A pesquisa foi realizada na Escola Estadual Doutor José Januário Carneiro, que se situa na Rua Sebastião Ramos de Castro, s/n – Bairro Eldorado na cidade de Ubá em Minas Gerais. Foi desenvolvida no ensino fundamental, com alunos do 8º e do 9º ano, totalizando 7 alunos, no turno matutino, sendo necessária a colaboração do corpo docente da instituição para que ajude na divulgação da monitoria.

Inicialmente, foi dado um questionário inicial, avaliando o conhecimento, as opiniões e as perspectivas dos alunos em relação à Química e à Matemática. Logo após isso, foi avaliado o desempenho no bimestre anterior à monitoria, a fim de notar a possível melhora após a monitoria nas disciplinas de Ciências e Matemática. Os alunos teriam que frequentar as aulas de reforço em horário específico definido em conjunto pelo aluno de graduação e a direção da instituição onde seria implementada a pesquisa.

Também houve organização e preparação da monitoria a ser dada, com planejamento de uma aula diversificada, sendo utilizados procedimentos didáticos, que relacionam os conteúdos ao cotidiano dos educandos, de modo a estimular a compreensão do aluno e a despertar seu interesse. Por isso, as monitorias eram dinâmicas e agiam nas dificuldades apresentadas.

Em seguida, foram coletados dados quantitativos do bimestre no qual havia sido aplicada a monitoria, fazendo uma comparação com o rendimento anterior e posterior. Esses dados coletados mostraram o percentual de aproveitamento do aluno com a implementação da monitoria interdisciplinar.

As monitorias ocorreram de setembro a novembro de 2022, totalizando 6 (seis) encontros. A Figura 1 abaixo mostra as imagens da monitoria sendo aplicada na Escola Estadual Doutor José Januário Carneiro.

Figura 1 – Painel de imagens da monitoria



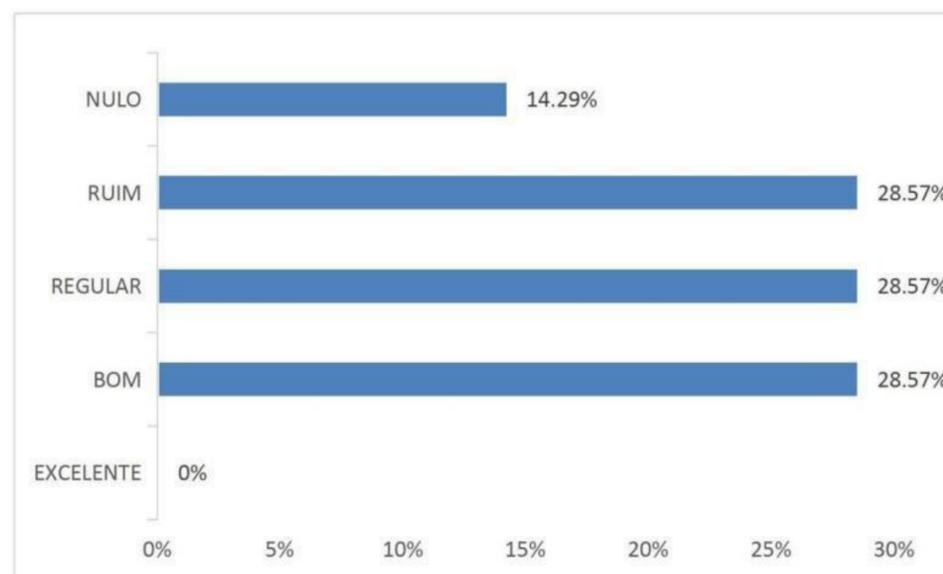
Fonte: Elaboração própria (2022)

As metodologias utilizadas foram baseadas na pesquisa e nos interesses dos alunos, buscando sempre adequar a Matemática ao cotidiano. Foram elas: lista de exercícios, roda de discussão e jogos didáticos, como jogo da memória e tabuleiro. Através dos questionários aplicados aos alunos, foram elaborados gráficos para melhor representar a evolução dos alunos com as monitorias.

5.1 RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO INICIAL

Foi disponibilizado um questionário inicial, na primeira monitoria, que foi preenchido pelos alunos. A partir das respostas obtidas nos questionários, deu-se início às monitorias, baseadas nas análises dos dados recolhidos. No gráfico 1 abaixo, estão os resultados de uma autoavaliação feita pelos alunos sobre seu conhecimento em Matemática, pontuando de nulo a excelente, antes das monitorias.

Gráfico 1 – Conhecimento avaliado pelo próprio aluno, em Matemática, antes das monitorias

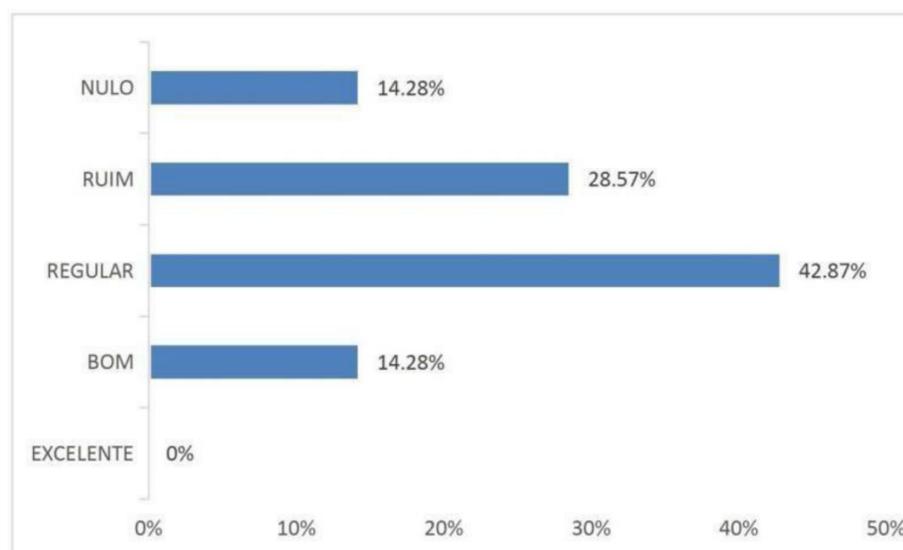


Fonte: Elaboração própria (2022)

Como retrata o gráfico, grande parte dos alunos, 71,43%, nessa pesquisa, avaliam de nulo a regular seu conhecimento na disciplina de Matemática, o que reforça a necessidade de trabalhar mais essa disciplina.

Foi elaborado também um gráfico da autoavaliação dos alunos, sobre seu conhecimento do conteúdo de Química, podendo avaliar de nulo a excelente. O gráfico 2 abaixo mostra os resultados obtidos.

Gráfico 2 – Conhecimento avaliado pelo próprio aluno, em Química, antes das monitorias

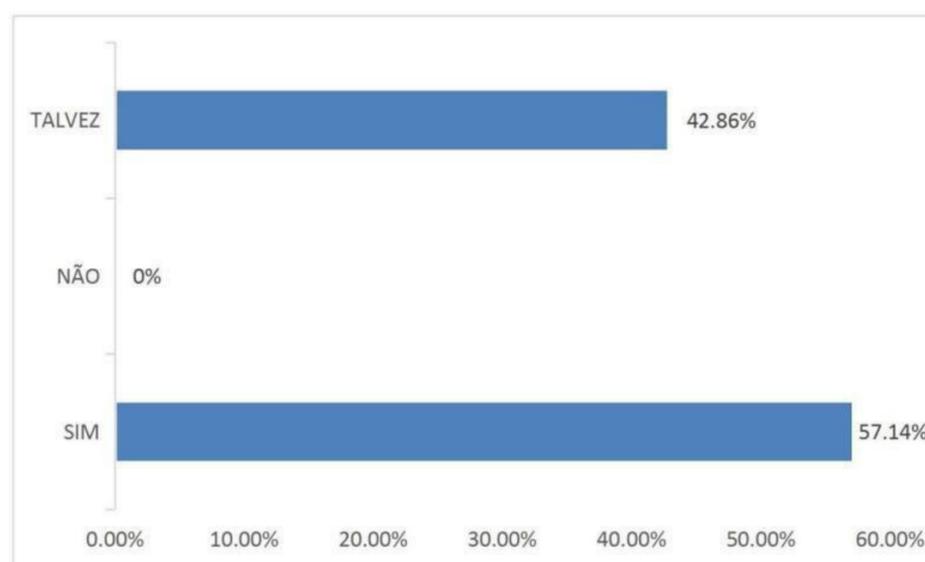


Fonte: Elaboração própria (2022)

Sobre o conteúdo de Química, é possível ver também a mesma insegurança em relação à Matemática, visto que 85,72% dos alunos avaliam de nulo a regular seu conhecimento sobre Química.

O gráfico 3, a seguir, demonstra a opinião dos alunos em relação a se trabalhar o conteúdo de Matemática, que os auxiliaria a melhorar seu conhecimento no conteúdo de Química, podendo ser escolhidas as opções: sim, não e talvez.

Gráfico 3 – Aluno acreditar que trabalhar com conceitos matemáticos ajudariam a melhorar seu conhecimento em Química

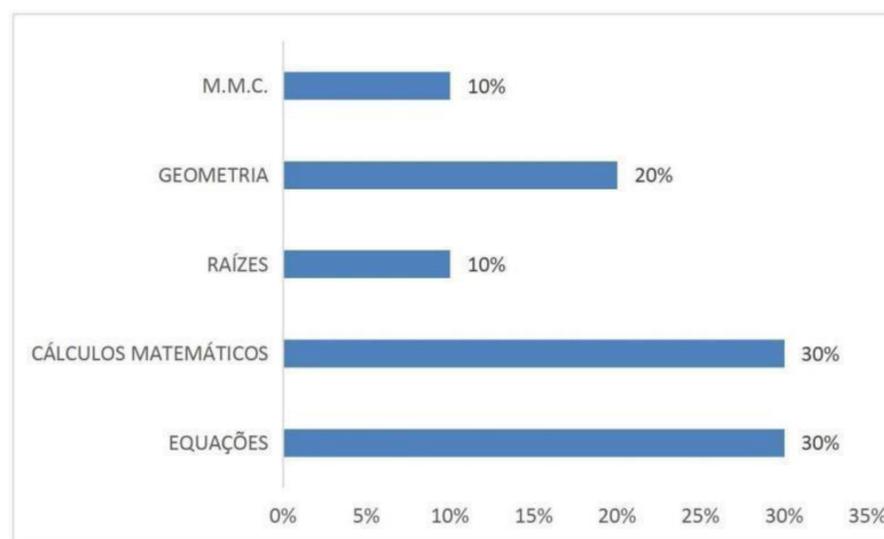


Fonte: Elaboração própria (2022)

Nesse gráfico é possível perceber que, na visão da maioria dos alunos (57,14%), aprender o conteúdo de matemática auxiliaria no aprendizado do conteúdo de Química.

Foi questionado no primeiro formulário quais seriam as três dificuldades que os alunos possuíam em Matemática e as respostas variavam em cálculos matemáticos, equações, raízes, geometria e mínimo múltiplo comum (MMC). O resultado pode ser visto no gráfico 4 abaixo.

Gráfico 4 – Dificuldades em Matemática citadas pelos alunos

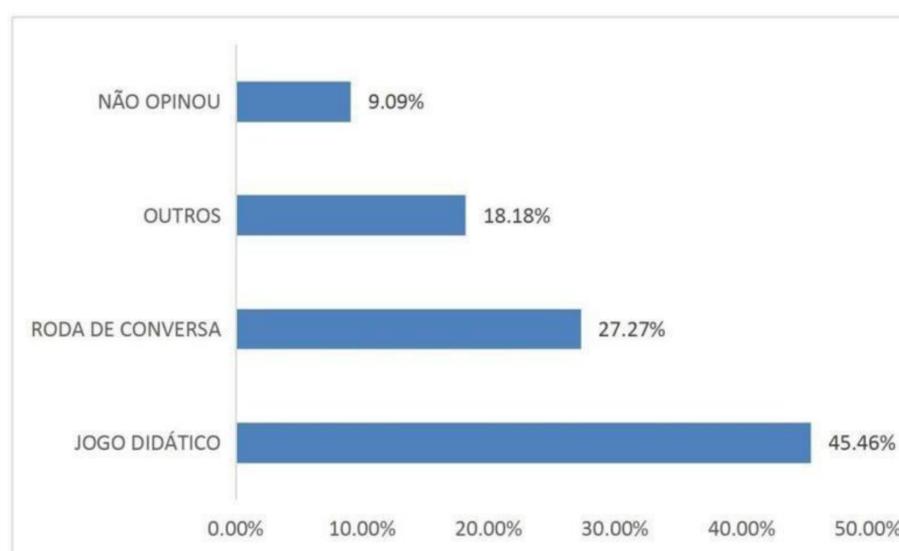


Fonte: Elaboração própria (2022)

Os resultados foram observados e, através deles, foram elaborados exercícios com as dificuldades apresentadas pelos alunos para serem trabalhadas e melhorar o desempenho dos discentes.

Também foi questionado sobre atividades que os alunos gostariam que fossem desenvolvidas durante as monitorias e eles sugeriram, em maioria, exercícios feitos em roda de conversa e jogos didáticos, como pode ser analisado no gráfico 5 a seguir.

Gráfico 5 – Sugestões de atividades feitas pelos alunos

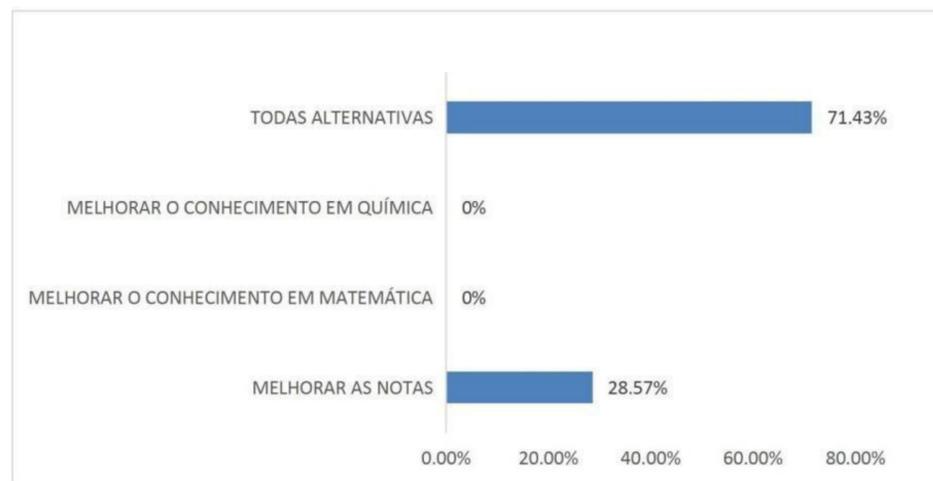


Fonte: Elaboração própria (2022)

Baseado na sugestão dos alunos, foram elaboradas as atividades as quais chamariam mais atenção deles, para que pudesse ser obtido um resultado satisfatório.

As expectativas dos educandos eram altas em relação à monitoria, conforme foi avaliado no questionário. Os resultados podem ser analisados no gráfico 6 abaixo.

Gráfico 6 – Expectativa dos alunos em relação à monitoria



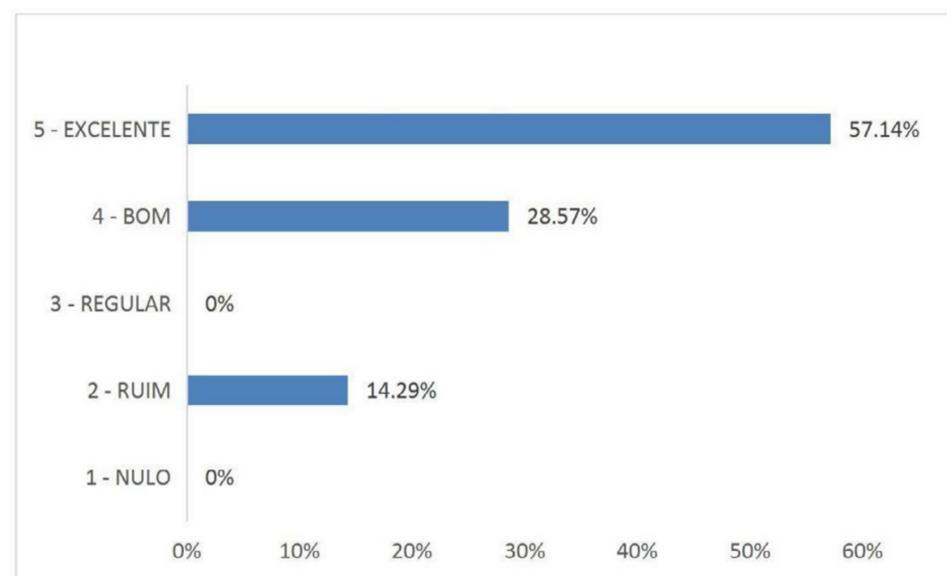
Fonte: Elaboração própria (2022)

É visto no gráfico 6 que todos os alunos pretendem melhorar suas notas e que 71,43% dos alunos pretendem também melhorar seu conhecimento em Matemática e em Química.

5.2 RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO FINAL

Ao final das monitorias, foi atribuído um novo questionário aos alunos, no qual podiam pontuar as perguntas numa escala de 1 a 5, onde 1 representaria nulo, 2 ruim, 3 regular, 4 bom e 5 excelente. Assim, foi possível obter os dados como mostra o gráfico 7 abaixo.

Gráfico 7 – A monitoria conseguiu trabalhar os conceitos matemáticos de forma eficiente? Responder numa escala de 1 a 5

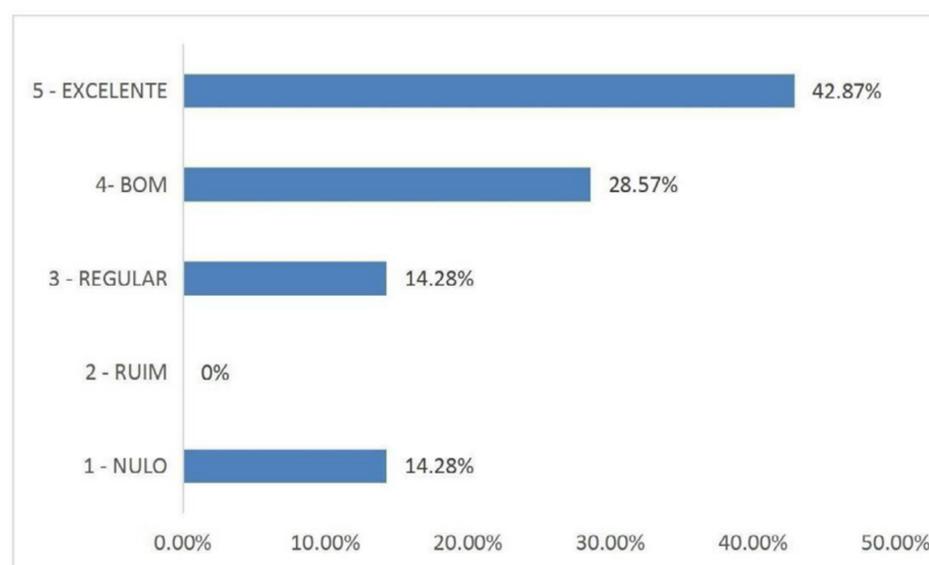


Fonte: Elaboração própria (2022)

Para a maioria dos alunos, a monitoria conseguiu trabalhar de maneira eficiente os conceitos nos quais eles possuíam dificuldade na matemática, sendo assim, a monitoria foi bem-sucedida nesse aspecto.

Foi feita uma pergunta buscando entender se, na opinião do aluno, seu conhecimento em Matemática havia melhorado e o resultado se encontra no gráfico 8 a seguir.

Gráfico 8 – Em relação ao conhecimento em Matemática, foi obtida melhora, na opinião do aluno?

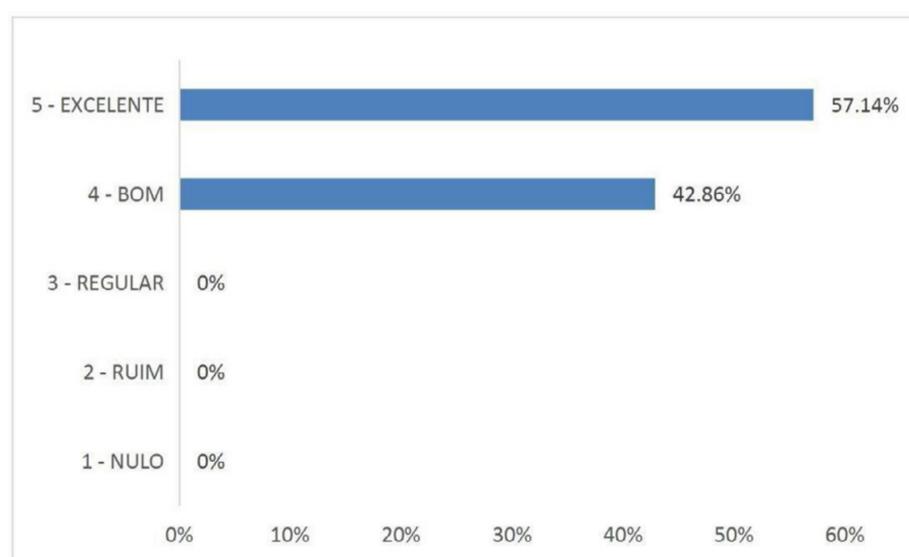


Fonte: Elaboração própria (2022)

Como retrata o gráfico, a maioria dos alunos relata melhora no seu conhecimento em Matemática após a aplicação da monitoria.

Também foi analisado se, na opinião dos alunos, as monitorias em Matemática são importantes para o aprendizado da Química, como demonstra o gráfico 9 a seguir.

Gráfico 9 – Na opinião dos alunos, as monitorias em Matemática são importantes para a aprendizagem da Química



Fonte: Elaboração própria (2022)

Todos avaliaram positivamente, concordando em suas opiniões que as monitorias em Matemática são uma boa intervenção pedagógica capaz de auxiliar na aprendizagem do conteúdo da Química.

5.1 COMPARATIVO DE NOTAS BIMESTRAIS

Foi analisado junto ao corpo docente, da Escola Estadual Doutor José Januário Carneiro, o comparativo das notas obtidas pelos alunos, nas matérias de Ciências e Matemática. Foram utilizadas as notas de um bimestre anterior e outro posterior à aplicação das monitorias, para assim elaborar tabelas comparativas.

Avaliando o desempenho das notas em Ciências dos alunos do 3º bimestre, que ocorreu antes da monitoria, e comparando com o 4º bimestre, pode-se observar notória melhora no desempenho dos discentes, como detalhado na tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Progressão nas notas dos alunos, na disciplina de ciências.

Alunos	Pontuação no 3º bimestre em porcentagem	Pontuação no 4º bimestre em porcentagem	Porcentagem de melhora
Aluno 1	92%	96%	4%
Aluno 2	40%	72%	32%
Aluno 3	56%	64%	8%
Aluno 4	68%	76%	8%
Aluno 5	60%	64%	4%
Aluno 6	56%	80%	24%
Aluno 7	96%	84%	0%

Fonte: Elaboração própria (2022)

De acordo com as notas disponíveis, 85,7% dos alunos obtiveram melhora nas notas na disciplina de Ciências.

Avaliando o desempenho das notas em Matemática dos alunos do 3º bimestre que ocorreu antes da monitoria, e comparando com o 4º bimestre, pode-se observar notória melhora no desempenho dos discentes, como detalhado na tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Progressão nas notas dos alunos, na disciplina de Matemática

Alunos	Pontuação no 3º bimestre em porcentagem	Pontuação no 4º bimestre em porcentagem	Porcentagem de melhora
Aluno 1	96%	100%	4%
Aluno 2	10,5%	60%	18%
Aluno 3	30%	48%	18%
Aluno 4	60%	76%	16%
Aluno 5	42%	44%	2%
Aluno 6	50%	60%	10%
Aluno 7	98%	100%	2%

Fonte: Elaboração própria (2022)

Foi verificado que 100% dos alunos tiveram melhoras nas notas na disciplina de matemática no 4º bimestre.

Com base nos dados qualitativos analisados na pesquisa, foi possível perceber uma grande melhora dos educandos, tanto em suas autoavaliações, indicando suas próprias percepções, quanto na evolução do seu próprio conhecimento e em relação à porcentagem de melhoras em suas notas a partir do momento em que foi implementada a monitoria, como indicam a tabela 1 e a tabela 2.

6 CONCLUSÃO

Analisando os resultados deste trabalho, foi possível concluir que a monitoria é uma ferramenta muito eficaz para se trabalhar nas escolas, pois ela facilita o entendimento das disciplinas, uma vez que o aluno tem a chance de tirar suas dúvidas, experimentar novos métodos e praticar mais o conteúdo do que em sua aula convencional.

Também foi possível perceber a importância de trabalhar a matemática para melhorar o desempenho e a compreensão dos educandos nas disciplinas de exatas, como aqui citada, a Química, pois a Matemática é a base para que as demais disciplinas de exatas sejam trabalhadas de forma eficiente.

É importante trabalhar a interdisciplinaridade nas escolas, visto que ela possibilita que os discentes compreendam melhor o contexto e a função de cada disciplina e como elas podem se relacionar. Com isso, é possível que haja aumento do interesse do educando já

que, assim, ele pode melhorar seu desempenho, tendo em vista que consegue perceber uma necessidade maior de se atentar mais às disciplinas, pois elas podem auxiliar em outras que ele possa estar tendo dificuldade.

Foi observado que as monitorias em Matemática trouxeram bons resultados para os alunos, e que essa intervenção deve ser mais utilizada nas escolas, uma vez que pode despertar o interesse dos alunos, retirando a abstração dessas disciplinas através de metodologias diferentes. Assim, o conteúdo será mais atrativo e facilitará a compreensão dos alunos, facilitando o processo de ensino-aprendizagem, ajudando na formação de cidadãos mais críticos e com mais oportunidades para contribuir para o avanço da sociedade.

REFERÊNCIAS

BOCHNIAK, R. **Questionar o conhecimento-Interdisciplinaridade na escola**. São Paulo: Loyola, 1992.

CIESLAK, A. M. **A interdisciplinaridade entre Matemática e Química**: primeiros resultados de uma pesquisa com o olhar para o ensino médio. XV Encontro Paranaense de Educação e Matemática. Londrina, 2019. Disponível em: http://www.sbemparana.com.br/eventos/index.php/EPREM/XV_EPREM/paper/viewFile/1221/917. Acesso em: 21 jun. 2022.

CLEMENTINA, C. M. **A importância do ensino da Química no cotidiano dos alunos do Colégio Estadual São Carlos do Ivaí-PR**. 2011. Monografia (Licenciatura em Química) – Programa Especial de Formações de Docentes, Faculdade Integrada da Grande Fortaleza, Paraná, 2011. Disponível em: <https://shorturl.at/sVqfv>. Acesso em: 13 ago. 2023.

DA CUNHA JÚNIOR, F. R. **Monitoria**: uma possibilidade de transformação no ensino-aprendizagem no Ensino Médio. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2009.

DANTAS, O. M. Monitoria: fonte de saberes à docência superior. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 95, p. 567-589, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeped/a/HwcpZxZZjQm3rQDL33zQk8z/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 jul. 2022.

DA SILVA, M.C. Dificuldade de aprendizagem em Matemática: a manifestação da discalculia. **Psicologia.com.pt**, 2008. Disponível em: <https://proftina.pbworks.com/f/A0427.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2022.

DA SILVA, K. A. P.; DE ALMEIDA, L. M. W. A percepção da Matemática em livros didáticos de Química. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 21, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epe>. Acesso em: 05 jul. 2022.

DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS DA EDUCAÇÃO BÁSICA, 2013. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/julho-2013-pdf/13677-diretrizes-educacao-basica-2013-pdf/file>. Acesso em: 10 maio 2022.

ERICEIRA, A.; BARBOSA, G. R.; MONTEL, L.; DE ARAUJO, J. Contribuições da monitoria no processo ensino-aprendizagem na disciplina de experimentação agrícola-11. **Seminário de Projetos de Ensino**, v. 4, n. 1, 17 out. 2019. Disponível em: <https://periodicos.unifesspa.edu.br/index.php/spe/article/view/998/399>. Acesso em: 06 jul. 2022.

FRISON, L. M. B. Monitoria: uma modalidade de ensino que potencializa a aprendizagem colaborativa e autorregulada. **Proposições**, v. 27, p. 133-153, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pp/a/WsS9BVxr8VXR796zcdDNcmM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 06 jul. 2022.

LEIS, H. R. Sobre o conceito de interdisciplinaridade. **Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas**, Florianópolis, n. 73, ago. 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/cadernosdepesquisa/article/view/2176/4455>. Acesso em: 20 maio 2022.

LINS, L. F. *et al.* A importância da monitoria na formação acadêmica do monitor. Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE, 9., Recife. **Anais...** Jepex: UFRPE, 2009. P. 1-2. Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/jepeX2009/cd/resumos/R0147-1.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2022.

MONTEIRO, T. Q.; COSTA, A. F.; SANTOS, L. M. M.; FUSIGER, J. M.; KOGLIN, I. M.; PILLONI, A. P. B. Interdisciplinaridade entre Matemática e Química: a elaboração do sabão auxiliando na preservação do meio ambiente. **XI Encontro Nacional de Educação Matemática Curitiba – Paraná**, 2013. Disponível em: http://sbem.iuri0094.hospedagemdesites.ws/anais/XIENEM/pdf/3400_1942_ID.pdf. Acesso em: 05 jul. 2022.

OLIVEIRA, S. Pisa 2018 revela baixo desempenho escolar em Leitura, Matemática e Ciências no Brasil. **Ministério da Educação**, 03 de dezembro de 2019. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/211-218175739/83191-pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil>. Acesso em: 03 mar. 2022.

SANTOS, A. O.; SILVA, R. P.; ANDRADE, D.; LIMA, J. P. M. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). **Scientia Plena**, Sergipe, v. 9, n. 7, p. 1-6, mar. 2013. Disponível em: <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/1517/812>. Acesso em: 03 mar. 2022.

SARDENBERG, R. M.; CAVALHEIRO, E. A.; FONSCECA, A. P. **Interdisciplinaridade em ciências ambientais**. Editora Signos, 2000.

TORRICELLI, E. **Dificuldades de aprendizagem no Ensino de Química**. 2007. Tese (Livre docência) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

VECHIATTO, J. **Desafios do ensino-aprendizado em Química no primeiro ano do ensino médio**. 1. ed. Rio Branco: Stricto Sensu Editora, 2020. v. 1.

QUANTIFICAÇÃO DE FLAVONÓIDES EM FOLHAS E FRUTOS DE *DIMORPHANDRA MOLLIS* BENTH POR HPLC

Quantification of Flavonoids in leaves and fruits of Dimorphandra mollis Benth by HPLC

CUSATI, Raphael Campos; DOUTOR; Universidade do Estado de Minas Gerais; raphael.cusati@uemg.br

Dimorphandra mollis Benth é encontrada no cerrado brasileiro. Sua importância econômica e farmacêutica está relacionada ao uso medicinal de seus frutos principalmente devido à presença de rutina e quercetina. O objetivo desse trabalho foi quantificar o teor de rutina nas folhas e nos frutos de *D. mollis*, por HPLC. As folhas e os frutos foram coletados em Montes Claros, Minas Gerais, Brasil, constituindo 12 tratamentos com 4 repetições (DIC). A quantificação de flavonóides foi feita por HPLC após otimização da metodologia de análise. Os resultados dos teores de flavonóides em folhas e frutos de *D. mollis* foram submetidos à análise de variância e teste de média (Tukey). A concentração média de rutina nos frutos foi de 742,12 a 415,11 mg g⁻¹ e nas folhas de 7,34 ± 2,35 mg g⁻¹. Esses resultados viabilizam a contínua obtenção de rutina das folhas *D. mollis*, principalmente durante o período de entressafra dos frutos.

Palavras-chave: Fava d'anta; Cerrado; Rutina.

1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Os flavonoides possuem uma série de propriedades e aplicações muito relevantes e estudadas na medicina. Uma fonte de obtenção dos flavonoides são alguns tipos de plantas, como a espécie encontrada no cerrado brasileiro *Dimorphandra mollis*, que dentre outros compostos, possui em suas folhas e frutos a presença dos flavonoides rutina e quercetina.

2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Atribui-se aos flavonoides, na aplicabilidade da medicina moderna, propriedades farmacológicas importantes como antioxidante (Rice-Evans *et al.*, 1995; Shahidi, 1997), vasodilatador (Duarte *et al.*, 1993), anti-inflamatória (Middleton; Kandaswami, 1992), estimulante do sistema imunológico (Middleton; Kandaswami, 1992), anti-alérgico, anti-viral, anti-bactericida (Pathak *et al.*, 1991), anti-carcinogênica e cardioprotetora (Yao *et al.*, 2004). Especialmente, os flavonoides rutina e quercetina, presentes em *Dimorphandra mollis*, têm propriedades vasoprotetoras, atuando na resistência e permeabilidade capilar (Alonso, 1998).

3 OBJETIVOS

Assim, diante da importância dos flavonoides e da presença marcante no nosso país da planta *Dimorphandra mollis*, esse trabalho visou ampliar os estudos sobre a espécie, por meio do doseamento dos flavonoides por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), com otimização da análise e quantificação do teor de rutina e quercetina em folhas e frutos de *Dimorphandra mollis* Benth (Fava d'anta), a fim de verificar a possibilidade de se usar, também, as folhas como fonte de rutina e quercetina.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 HISTÓRICO DA EXPERIMENTAÇÃO

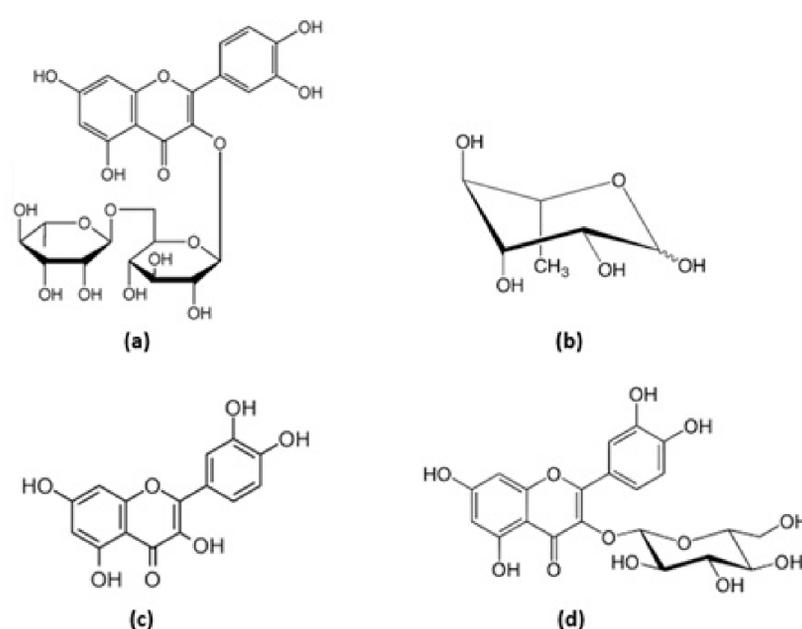
O Brasil, país detentor de grande biodiversidade, possui cerca de 120.000 espécies vegetais, das quais somente 10% foram estudadas segundo os aspectos químicos e farmacológicos (Korolkovas, 1988). O conhecimento farmacológico e toxicológico das espécies pioneiras pode contribuir significativamente para a melhoria da saúde da população, sendo que 40% buscam como a única fonte de recurso terapêutico os produtos naturais, principalmente, as plantas medicinais (Di Stasi, 1996).

Nesse contexto, o cerrado, segundo dos biomas brasileiros em extensão, é alvo de grande interesse das indústrias farmacêuticas (Da Silva *et al.*, 2006). Dentre as espécies

com grande potencial à indústria farmacêutica está a *Dimorphandra mollis*. *Dimorphandra mollis* Benth é conhecida popularmente como fava d'anta, barbatimão-falso, faveiro(a) e favela. É espécie arbórea, pioneira pela ampla adaptação aos terrenos secos e pobres do cerrado (Pio Corrêa, 1969). Tem distribuição ecofisiográfica nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Mato Grosso. Sua importância econômica está relacionada aos frutos, que são favas adocicadas, tipo legume, indeiscente com cerca de 16 a 26 cm de comprimento, que possuem no pericarpo e na polpa grande quantidade de rutina, glicosídeo flavônico (bioflavonóide).

Os principais produtos extraídos da fava-d'anta além da rutina (a) são a ramnose (b), a quercetina (c) e a isoquercetina (d) (Figura 1) (Chaves; Usberti, 2003).

Figura 1 – Principais produtos extraídos da fava d'anta



Fonte: Elaboração própria

No século passado, *D. mollis* era usada pelos habitantes do cerrado, como forrageira de animais, em curtumes e como enchimento de almofadas, selas e cangalhas (Pio Corrêa, 1969). Hoje, os coletores do norte de Minas acreditam que os frutos são utilizados pelas indústrias na fabricação de ração de suínos; sem uso medicinal, pois é letal a bovinos. Até os meados de 1990, acostumava-se cortar as árvores adultas e rebrotas das pastagens, ocasionando a destruição do hábitat, a formação de áreas de distribuição restrita e de populações isoladas que foram fatores determinantes da sua inclusão na Lista Amarela das espécies ameaçadas de extinção (Ministério do Meio Ambiente, 2008; COPAM, 1997; DEPRN, 1998).

No entanto, é preciso salientar que a frutificação é anual, as colheitas são diversificadas com ciclos de baixo rendimento devido ao extrativismo predatório, a não reprodutibilidade de indivíduos adultos com não geração de novas plantas e o risco de extinção da espécie,

o que inviabiliza a extração contínua desses compostos nos frutos, principalmente de rutina, buscando-se, assim, alternativas que viabilizem sua extração e utilização.

A natureza química e as atividades biológicas dos flavonóides dependem de sua classe estrutural, do grau de hidroxilação, de outras substituições e conjugações, além do grau de polimerização (Mann *et al.*, 1994). A ação desses nos vegetais superiores é na proteção contra danos causados pela radiação UV em folhas jovens, atração de polinizadores, atuando como inibidores enzimáticos e ainda na promoção da resistência às plantas contra patógenos como fungos, insetos e bactérias (Martínez-Flórez *et al.*, 2002).

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 METODOLOGIA

Folhas (TFO) e frutos (TFR) no primeiro estágio de maturação (totalmente verdes) foram coletados de plantas adultas de *Dimorphandra mollis*, no mês de abril, no cerrado do norte de Minas Gerais, na macrorregião de Montes Claros (16° 41' 42,83 S; 43° 50' 30,88 O), constituindo doze tratamentos, com quatro repetições num total de 96 amostras (DIC) que foram pesadas em balança analítica (Micronal, B200), identificadas, armazenadas em sacos plásticos e transportadas sob refrigeração às dependências do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde procedeu-se a secagem dos tratamentos TFR e TFO em estufa de ventilação forçada (Tecnal, TE 394/2) à temperatura de 35 °C até peso constante. Após a secagem, calcularam-se os teores de matéria fresca, seca e perda de água em ambos os tratamentos. Exsicata de *Dimorphandra mollis* foi depositada no Herbário da UNIMONTES (HMC 2801).

Em seguida, pesou-se em balança analítica (Micronal, B200) 0,4000 g dos tratamentos TFR e TFO que foram extraídos sucessivamente com cerca de 10 ml de metanol grau HPLC (Merck) com agitação, por 24 horas, durante 5 dias. Procedeu-se, após a extração, a filtragem dos extratos de TFO e TFR em papel de filtro (Reagen R42, 9 cm), e concentração desses em evaporador rotativo (Buchi). Os extratos secos obtidos foram ressuspensos em 5,0 ml de metanol grau HPLC (Merck), armazenados, identificados e lacrados em frascos do tipo penicilina.

Na otimização de metodologia de quantificação dos flavonóides por HPLC fez-se inicialmente a injeção de um dos tratamentos aleatoriamente em aparelho HPLC (SHIMADZU SPD-10AV) buscando observar seu perfil cromatográfico, sob as condições iniciais referendadas nas literaturas consultadas e condições experimentais (Tabela 1).

Assim, após a 12ª pré-injeção, detectou-se as condições ideais de análise que foram HPLC (SHIMADZU SPD-10AV), coluna Novapak Waters C18; 250 x 4,6 milímetros, partícula 5 µm, fase móvel metanol grau HPLC (Merck) e água bidestilada acidificada com ácido fosfórico P.A. (Vetec) até pH 3,0 em medidor de pH (Tecnal, MP3), injeção de 20 mL, eluição por gradiente metanol: água 0,5:0,5 (0 a 10 minutos) e metanol: água 0,7:0,3 (10 a 20 minutos), tempo total de eluição de 25 minutos, fluxo de 1,0 ml/minuto, a absorbância do detector em 339 nm, pressão de aproximadamente 17161,64 KPa e 16180,97 KPa (bombas A e B) (Tabela 1).

Tabela 1 - Otimização das condições de análise de rutina e quercetina de *D. mollis* em HPLC

Injeção	Fluxo	Fase Móvel	Dissolução da S-A	Volume injetado	Bomba	Coluna
1	1,0	Metanol: água (30:70)	Água	20	A	1
2	1,2	Metanol: água (30:70)	Água	20	A	1
3	2,0	Metanol: água (30:70)	Água	20	A	1
4	2,0	Metanol: água (10:90)	Água	20	A	1
5	3,0	Metanol: água (10:90)	Água	20	A	1
6	1,5	Água	Água	20	A	1
7	1,0	Metanol: água (05:95)	Água	20	B	1
8	0,6	Metanol: água (05:95)	Água	20	B	1
9	0,4	Metanol: água (05:95)	Fase Móvel	20	B	2
10	0,8	Metanol: água	Fase Móvel	20	B	2
11	1,0	Metanol: água	Fase Móvel	20	B	2
12	1,0	Metanol: água	Fase Móvel	20	B	1

Fonte: Elaboração própria. Observação: fluxo (mL min⁻¹), injeção (mL); Solvente: Metanol (Merck)

Posteriormente, fez-se a construção da curva padrão de rutina pesando-se 0,0500 mg de padrão rutina (Merck) que foi transferida a balão volumétrico de 10 ml e diluída em 5,0 ml de solvente metanol: água acidificada 1:1 (solução estoque - SE). A dissolução completa foi feita em banho de ultra-som (Tecnal, USC-2850) por dez minutos, aferindo-se o volume (cerca de 5 ml), obtendo-se solução padrão (SP) com concentração de 5000 ppm. Alíquotas de 1,0; 0,5; 0,25 e 0,10 ml foram retiradas da solução amostra padrão (SP) e transferidas a balões volumétricos de 5,0 ml, completando-se o volume com

metanol:água acidificada 1:1, obtendo-se soluções de análise (SA) com concentrações de 1000; 500; 250 e 100 ppm, respectivamente. A quantificação da quercetina foi feita nas mesmas condições de rotina padrão, variando as concentrações da solução padrão (SP = 1000 ppm) e das soluções de análise (SA = 1,0; 0,5; 0,25 e 0,125 ml).

Nas soluções amostras (S-A) dos tratamentos TFO, foram retiradas alíquotas de 500 µL que foram diluídas em 500 µL de fase móvel (metanol: água acidificada 1:1) e injetadas em aparelho HPLC para quantificação de rutina e quercetina. Em TFR, usou-se 10 µL diluídos em 990 µL de fase móvel (metanol: água acidificada 1:1) e procedeu-se como citado em TFO.

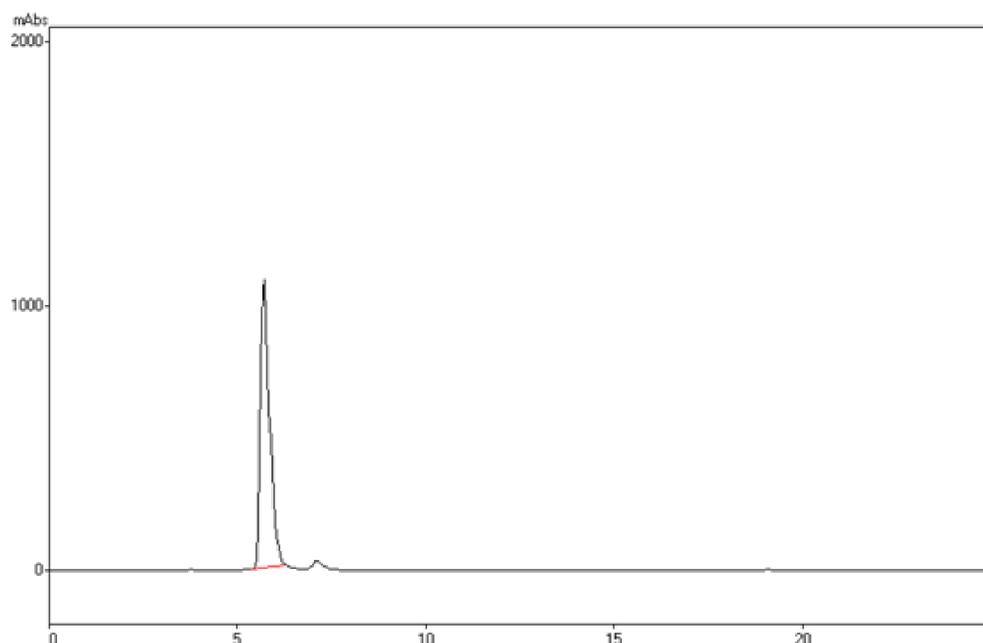
As condições de análise em HPLC, das soluções padrão (SP), das soluções amostras (S-A) dos tratamentos (TFR e TFO) foram idênticas às utilizadas na otimização. Na quantificação das amostras (S-A) dos tratamentos TFO e TFR fez a comparação dos tempos de retenção (TR) da SA e integração das áreas calculando a concentração de rutina e quercetina. Os resultados foram expressos em mg.g⁻¹ de rutina por tratamento (TFR, TFO). Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística de variância e à teste de média (Tukey) a 5% de significância.

5.2 RESULTADOS

Os teores médios de massa fresca, seca (g) e o percentual de umidade nos tratamentos TFO foram respectivamente 8,94 ± 5,93g; 3,52 ± 2,94g e 64,00 ± 11,10%. Em TFR, os teores médios de massa fresca, seca (g) e o percentual de umidade foram 15,36 ± 6,46g; 9,97 ± 3,02g; 31,31 ± 11,39%.

Na identificação e quantificação dos flavonóides rutina e quercetina, a otimização foi feita visando obter metodologia adequada em HPLC, com picos bem resolvidos, tempos de retenção mais ajustados e eluição em menor tempo, tendo-se melhor qualidade da análise (dados apresentados na Tabela 1). Na injeção número 12, obteve-se condições ideais, como pode ser visualizada no cromatograma 1 (Figura 2), onde se observa pico maior referente à rutina (TR=5,6) bem resolvido, com a linha base regular e pico menor referente a quercetina (TR=6,8).

Figura 2 - Perfil do Cromatograma referente à 12ª injeção no HPLC

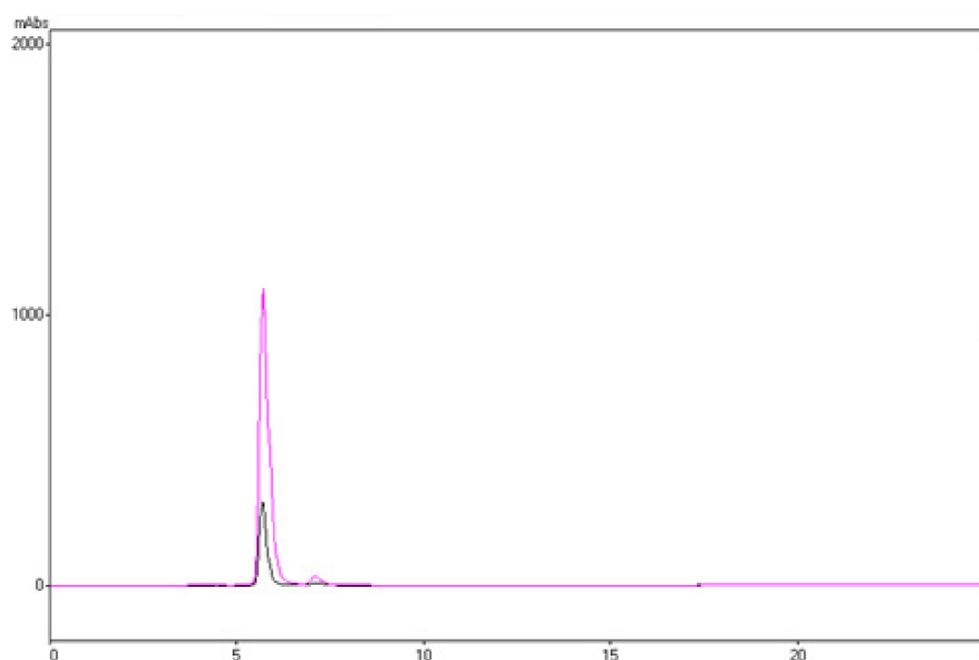


Fonte: Elaboração própria

Portanto, as condições ideais de análise de rutina e quercetina em frutos e folhas de *D. mollis* foram à eluição por gradiente metanol: água 0,5:0,5 (0 a 10 minutos) e metanol: água 0,7:0,3 (10 a 20 minutos), tempo total de 25 minutos, fluxo de 1,0 ml minuto⁻¹.

A equação de calibração de rutina padrão com concentrações de 1000; 500; 250 e 100 ppm foi $\hat{y} = 42161x - 99244$ ($r^2 = 0,9992$). O cromatograma da SA de rutina (TR=5,6) está demonstrado na Figura 3 (vermelho) e a superposição de picos também foi realizada (Figura 3).

Figura 3 - Cromatograma de superposição de picos e tempos de retenção de rutina padrão



Fonte: Elaboração própria

De forma análoga, a equação de calibração de quercetina padrão (Figura 3) com concentrações de 200; 100; 50 e 25 ppm foi $\hat{y} = 43469x - 59720$ ($r^2 = 0,9991$). A injeção

de quercetina (SP) (TR=6,8) e ao ser superposta aos cromatogramas dos tratamentos TFR e TFO (S-A) foi detectado que o teor de quercetina era ínfimo em relação à rutina.

Todos os demais compostos detectados em análise por HPLC dos tratamentos TFR e TFO foram irrisórios quando comparados à rutina, o que vem salientar os dados de que frutos de *Dimorphandra mollis* possuem alto rendimento de rutina; 100 g de pericarpo rende 8 g de rutina (Chaves; Usberti, 2003). Ainda em frutos coletados em estádios de maturação diferenciados, destaca-se que os frutos na primeira época de coleta (coloração verde-escuro) possuem teores de $11 \pm 3\%$ de flavonóides totais. O teor de flavonóides totais no epicarpo e mesocarpo dos frutos é de $42,43 \pm 8,26\%$ e no endocarpo e sementes $1,41 \pm 1,27\%$ (Costa *et al.*, 2007). Outros estudos constataram que o teor médio de flavonóides totais em folhas é de $0,25\%$ (Tomassini; Mors, 1966). Os resultados da análise estatística da quantificação de flavonóides nos tratamentos TFO e TFR por HPLC estão dispostos nas Tabelas 2, 3 e 4 e nas Figuras 4 e 5.

Tabela 2 - Resumo da Análise de variância da quantificação de rutina por HPLC em mg ml^{-1} em folhas e frutos de *D. mollis*

FV TRAT RES	GL	QM	
		FRUTOS (TRF)	FOLHAS (TFO)
	11	24047,07	153918,40
	36	22422,27	116892
	CV(%)	43,30	58,20

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 - Teores médios das concentrações (mg g^{-1}) de rutina nos tratamentos TFO (folhas) de *D. mollis*

Tratamento	Média	Tukey
TFO 09	10,95	A
TFO 01	10,94	A
TFO 08	8,96	A
TFO 05	8,31	A
TFO 02	8,25	A
TFO 06	8,17	A
TFO 11	7,73	A
TFO 04	6,13	A

TFO 03	5,73	A
TFO 10	5,73	A
TFO 07	3,99	B
TFO 12	3,22	B

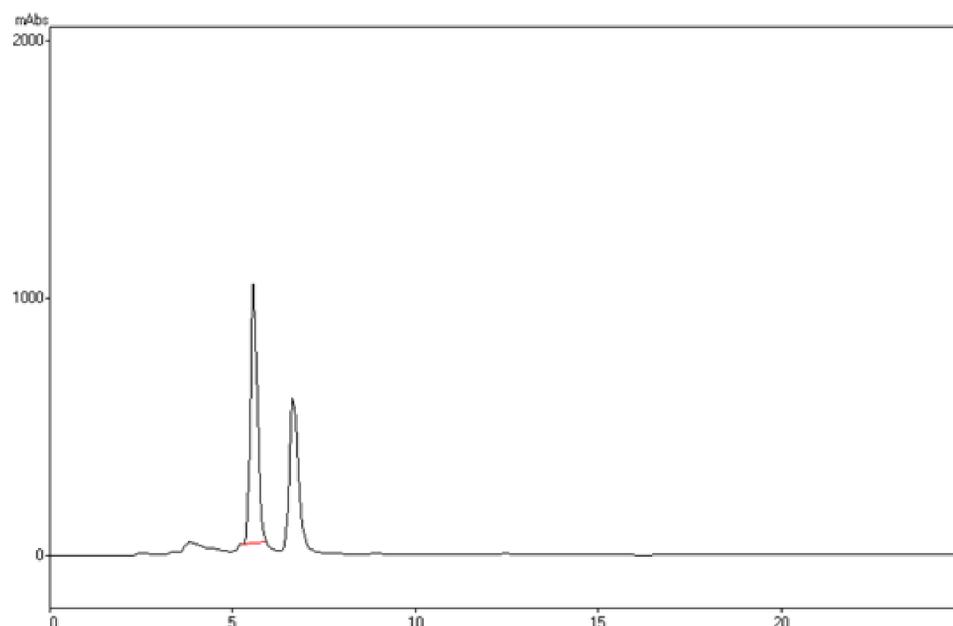
Fonte: Elaboração própria. As médias seguidas de uma mesma letra não variam estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade

Tabela 4 - Teores médios das concentrações (mg g⁻¹) de rutina nos tratamentos TFR (frutos) de *D.mollis*

Tratamento	Média	Tukey
TFR 11	742,12	A
TFR 01	740,29	A
TFR 07	679,66	A
TFR 03	646,83	A
TFR 08	596,73	A
TFR 12	593,18	A
TFR 02	553,39	B
TFR 04	539,35	B
TFR 06	484,35	B
TFR 05	479,92	B
TFR 09	429,85	B
TFR 10	415,11	B

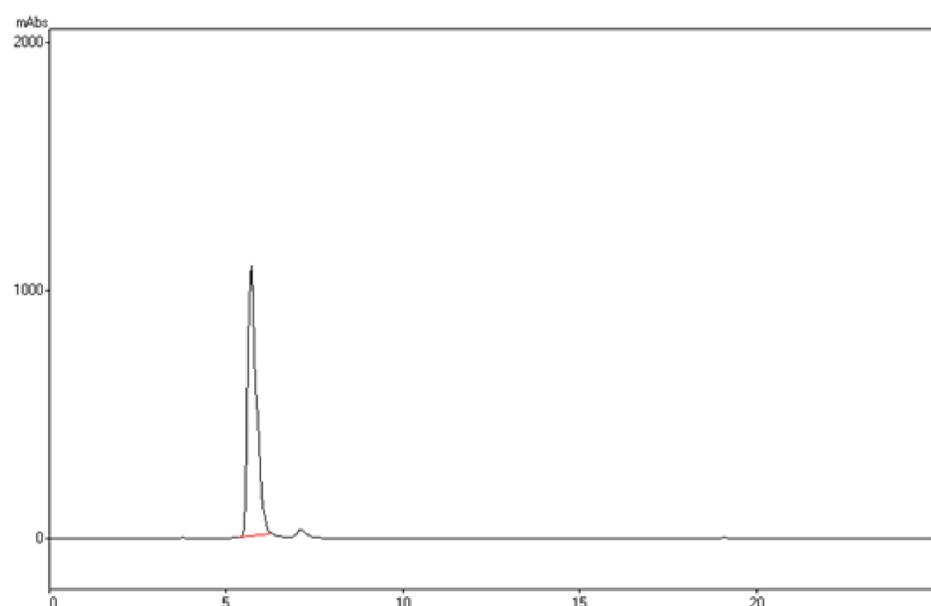
Fonte: Elaboração própria. As médias seguidas de uma mesma letra não variam estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade

Figura 4 - Cromatograma de S-A de folhas de *D. mollis*



Fonte: Elaboração própria

Figura 5 - Cromatograma de S-A de frutos de *D. mollis*



Fonte: Elaboração própria

As variações de teores de rutina observados nos tratamentos TFO (10,95 a 3,22 mg/g) e TFR (742,12 a 415,11 mg/g) podem ser diretamente relacionadas ao estágio de desenvolvimento da espécie, ao início da frutificação e às condições edáfico-climáticas da região, com maior irradiância em dada área, ao extrato arbóreo/subarbusivo característico de cerrado *Sensu Stricto*, ou indivíduos remanescentes em áreas de Cerradão.

A importância de se detectar rutina em folhas em concentrações significativas ($7,34 \pm 2,35 \text{ mg g}^{-1}$) implica em utilização das folhas como fonte desse flavonóide durante todo o ano, não necessitando aguardar o período de frutificação, podendo ser viável, a partir de replantio e manejo adequado à utilização de folhas.

A utilização de frutos de *D. mollis* como fonte de rutina é indubitavelmente prioritária, no entanto, salienta-se que essa espécie brasileira, nativa dos cerrados *Sensu Stricto*, com a expansão da fronteira agrícola nas regiões de cerrado, encontra-se ameaçada de extinção (Ministério do Meio Ambiente, 2008; COPAM, 1997; DEPRN, 1998; Tomassini; Mors, 1966).

Assim, há a preocupação de racionalizar a colheita de frutos, priorizando a formação e dispersão de sementes e estabelecendo parâmetros que permitam a conservação da espécie. Ainda é importante salientar que, em áreas de extrativismo predatório, durante a época da colheita dos frutos, ocorre o pisoteamento dos indivíduos jovens de *D. mollis*, o que agrava mais a renovação e levará à extinção da população.

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de metodologia de quantificação dos flavonóides rutina e quercetina, bem como sua otimização foi satisfatório, pois possibilitou quantificar o conteúdo de flavonóide nas folhas e frutos de *D. mollis* de forma precisa e rápida.

A análise do teor de rutina nas folhas e frutos de fava d'anta advinda de Montes Claros (MG) foi comparada com outros resultados, concluindo-se que os frutos possuem maior teor de rutina em comparação às folhas, no entanto, sabe-se que a exploração predatória e a colheita irregular de inflorescências podem levar ao comprometimento genético da espécie.

Os teores de rutina detectados em folhas permitem que as indústrias, as cooperativas que subsidiam o extrativismo dos frutos de *D. mollis* implantem sistemas funcionais de cultivo orgânico dessa espécie, validando a extração de rutina das suas folhas durante a entressafra dos frutos, promovendo o manejo, propiciando o replantio e permitindo a regeneração natural, e o que é imprescindível, contribuindo como fonte de renda aos povos do cerrado, e ainda, na conservação do ambiente, minimizando os riscos do extrativismo predatório.

REFERÊNCIAS

ALONSO, J. R. **Tratado de Fitomedicina**. 3. ed. Buenos Aires: Isis, 1998.

CHAVES, M. M. F.; USBERTI, R. Previsão da longevidade das sementes de faveiro (*Dimorphandra mollis* Benth). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 4, p. 557-564, 2003.

COPAM 085/97. Deliberação. **Lista das espécies ameaçadas de extinção da flora do Estado de Minas Gerais**. 1997.

COSTA, da A. C. *et al.* Nutrição mineral da fava d'anta. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 24-28, 2007.

DA SILVA, C. C. A. *et al.* Desenvolvimento de Fitoderivados oriundos da espécie *Dimorphandra mollis*. **Revista de Iniciação Científica da Newton Paiva**, v. 1, p. 225-234, 2006.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE PROTEÇÃO DE RECURSOS NATURAIS (DEPRN) (1998). Portaria **DEPRN**, n.52, de 28 de dezembro de 1998.

DI STASI, L. C. (org.). **Plantas medicinais: arte e ciência**. Um guia de estudo interdisciplinar. São Paulo: UNESP, 1996.

DUARTE, J. *et al.* Vasodilator effects of quercetin in isolated rat vascular smooth muscle. **European Journal of Pharmacology**, v. 239, p. 1-7, 1993.

KOROLKOVAS, A. **Essential of medicinal of chemistry**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1988.

MANN, J. *et al.* **Natural Products: their chemistry and biological significance**. Essex: Pearson Education Ltd, 1994. p. 361-388.

MARTÍNEZ-FLÓREZ, S. *et al.* Revisión: Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. **Nutrición Hospitalaria**, v. 17, n. 6, p. 271-278, 2002.

MIDDLETON, E.; KANDASWAMI, C. Effects of flavonoids on immune and inflammatory function. **Biochemical Pharmacology**, v. 43, p. 1167-1179, 1992.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Instrução Normativa n. 06 de 24 de setembro de 2008**. D.O.U. Anexo I/ II: Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção.

PATHAK, D.; PATHAK, K.; SINGLA, A. K. Flavonoids as medicinal agents: recent advances. **Fitoterapia**, v. 57, n. 5, p. 371-389, 1991.

PIO CORRÊA, M. **Dicionário das plantas úteis no Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1969. 6 vols.

RICE-EVANS, C. A. *et al.* The relative antioxidant activities of plant derived polyphenolic flavonoids. **Free Radical Research**, v. 22, n. 4, p. 375-383, 1995.

SHAHIDI, F. Natural antioxidants: an overview. **Natural antioxidants**: chemistry, health effects and applications, p. 1-11, 1997.

TOMASSINI, E.; MORS, W. B. *Dimorphandra mollis* Benth. e *D. gardneriana* Tul., novas e excepcionais fontes de rutina. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 38, p. 321-323, 1966.

YAO, L. H. *et al.* Flavonoids in food and their health benefits. **Plant Food for Human Nutrition**, v. 59, p. 113-122, 2004.

O USO DE EXPERIMENTOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS/QUÍMICA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

The use of Experiments in Science/Chemistry Teaching: a Literature Review

CUSATI, Raphael Campos; DOUTOR; Universidade do Estado de Minas Gerais;
raphael.cusati@uemg.br

Este trabalho deve-se à curiosidade sobre o papel da experimentação no ensino de Ciências/Química, uma vez que sou professor, portanto, despertou-me o interesse em verificar o que pesquisadores/professores pensam sobre o tema. Foi realizada pesquisa sobre o tema “experimentos” e demais palavras-chave que circundam o assunto. Artigos foram selecionados e alguns deles, os mais relevantes, foram escolhidos para compor o trabalho. Foi proposta, também, uma categorização por temáticas, sendo escolhidas aquelas mais frequentes na visão de pesquisadores e professores – a dificuldade de professores em realizar experimentos devido à falta de tempo, de infraestrutura, de material e de espaço físico. Há, ainda, o problema de como é realizado este tipo de trabalho, no qual alunos não demonstram interesse em participar dos experimentos. E por último, a visão que a experimentação facilita o processo de ensino-aprendizagem, pelo qual o aluno constrói senso crítico e utiliza essas habilidades adquiridas no seu cotidiano.

Palavras-chave: Experimentos; Ensino de Ciências/Química; Processo ensino-aprendizagem.

1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

O tema “Experimentação” ou “O uso de experimentos” para o Ensino de Ciências/Química é muito amplo, sendo bastante discutido em várias áreas, como nos congressos de Educação, nos artigos e trabalhos acadêmicos, em rodas de debates entre profissionais da área e especialistas, nas escolas entre professores e também em sala de aula entre professores e alunos.

Não há consenso entre pesquisadores e professores se realmente o tema é fundamental para o processo de ensino-aprendizagem dos alunos, portanto, é um vasto campo de pesquisa e discussão.

2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Diversas pesquisas têm sido feitas nos últimos 30 anos a respeito do uso de experimentos no ensino de Ciências e de Química, destacando a importância ou não dessa atividade em um considerável número de artigos científicos. Como sou professor de Química e estou em contato direto com a sala de aula, despertou em mim o interesse em pesquisar a visão de alguns pesquisadores com pontos de vista favoráveis e contrários ao uso da experimentação no ensino de Ciências/Química com a intenção de formar opinião mais crítica sobre o assunto e também que este material sirva como fonte de consulta em posteriores pesquisas.

3 OBJETIVOS

Os objetivos deste texto são:

- Realizar revisão na literatura a respeito do tema experimentação no ensino de Ciências/Química e categorizar, a partir dessa revisão, algumas abordagens presentes nesse tema;
- Apresentar a visão de especialistas e professores da educação básica sobre a realização de atividades práticas, destacando aspectos positivos e negativos sobre este tema apontado por eles na literatura.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 HISTÓRICO DA EXPERIMENTAÇÃO

O ensino de Ciências foi introduzido no currículo do ensino básico há pelo menos três séculos, como exigência para a formação do cidadão, fosse na perspectiva de condições mínimas para a atuação como trabalhador, fosse como ensino propedêutico para uma escolarização superior (Silva; Núñez, 2002).

Há quase 330 anos também já era dada importância às atividades experimentais na educação. O filósofo John Locke alertou para a necessidade de se executar trabalhos práticos com estudantes e, no final do século XIX, tanto na Inglaterra quanto nos Estados Unidos o trabalho prático integrava o currículo de Ciências (De Jong, 1998).

Na década de 60 surgiram projetos nos Estados Unidos como *Biological Science Curriculum Study* (BSCS), *Chemical Education Material Study* (CHEMS Study), *Physical Science Study Committee* (PSSC), *Chemical Bond Approach Project* (CBA) e os cursos *Nuffield* de Biologia, Física e Química, na Inglaterra, promoveram um estilo de ensino que acreditava ser o trabalho prático realizado pelos alunos o propiciador da aprendizagem dos conceitos fundamentais da Ciência (Schnetzler; Aragão, 1995 *apud* Salvadego, 2007). Esses projetos foram inovadores, uma vez que propunham formar novos cientistas que não apenas fossem capazes de verificar fatos (Galiazzi *et al.*, 2001).

A partir da década de 1970, começaram a surgir em todo mundo museus e centros de Ciências, locais de demonstrações experimentais. Esse movimento deu início a um processo de apresentação de demonstrações experimentais em Ciências em sala de aula (Gaspar; Monteiro, 2005). Essa influência da psicologia cognitiva e também da epistemologia estruturalista passa a ser o foco da visão de pesquisadores sobre como abordar a experimentação em Ciências (Schnetzler; Aragão, 1995 *apud* Salvadego, 2007).

Nos últimos anos têm sido realizadas muitas tentativas de dar uma nova abordagem ao ensino de Química. Alguns materiais que vinculam o ensino de Química à realização de atividades práticas têm sido colocados no mercado. Os autores propõem atividades relacionadas aos conteúdos programáticos com o objetivo de tornar as aulas mais atrativas e menos abstratas para os alunos.

Nesse sentido, grupos de pesquisa como o GEPEQ (Grupo de Pesquisa em Educação Química) da USP, o grupo PEQS (Projeto de Ensino de Química em contexto social) da UnB e o grupo do Professor Aloisio Maldaner, da UNIJUÍ, no Rio Grande do Sul, empregam metodologias de ensino alternativas, em que, mais do que um contato superficial com a Química e com as atividades práticas, se propõe a romper por completo com esquemas tradicionais de ensino, por meio do desenvolvimento e da interação ativa dos alunos nos processos de construção do conhecimento. Estas propostas de ensino estão ancoradas em atividades experimentais realizadas em sala de aula, que geram a motivação necessária para se discutir o assunto abordado.

No final dos anos 90, mais especificamente em 1998, surgiram os PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais – que serviram para reforçar a LDB (Lei de Diretrizes e Bases, aprovada

em 1996). Os PCN orientam professores de todas as áreas do ensino fundamental e médio sobre a melhor forma de se abordar os conteúdos para que ocorra uma aprendizagem de forma duradoura para o aluno.

Além dos documentos oficiais do governo federal, surgem na década de 90 trabalhos como o de Hodson (1994), que são de fundamental importância para se compreender melhor o papel da experimentação no ensino de Ciências/Química e refletir sobre como elas são trabalhadas, inclusive nos dias atuais.

Segundo Hodson (1994), as práticas de laboratório que se desenvolvem nos colégios são consideradas pelos professores como um meio de se obter dados sobre os experimentos realizados e a partir deles tirar conclusões que ajudem na aprendizagem do aluno. Porém, muitas das vezes não é feita uma discussão anterior à realização do experimento e isso impede que o objetivo seja alcançado na íntegra. Um estudante que não compreende a teoria de forma apropriada não saberá o que priorizar na hora de observar o desenvolvimento da atividade e, muito menos, como interpretar corretamente as informações obtidas, o que faz com que a atividade se torne improdutiva e o próprio professor responda aos questionamentos feitos pelos alunos.

Ele afirma ainda que o ensino experimental necessita envolver menos prática e mais reflexão, com um tempo que permita ao aluno lidar com conceitos abstratos e efeitos observáveis. Para ele, a educação em Ciências deve propiciar condições para decifrar o mundo físico e compreender e empregar os conhecimentos conceituais e procedimentais desenvolvidos pelos cientistas para ajudar na tarefa do ensino da Ciência. O trabalho de laboratório demonstra ser o único modo de experimentar diretamente muitos dos fenômenos abordados pela Ciência. Para que os objetivos sejam alcançados, o aluno deve compreender o que está estudando e não apenas seguir roteiros sem procurar investigar o conteúdo.

O uso do computador pode ser útil, levando em conta a falta de tempo, de custos ou o risco de os alunos não saberem conduzir corretamente o experimento. Dessa forma, as atividades baseadas no uso do computador podem apresentar melhores resultados do que o trabalho de laboratório convencional, pois permitem aos alunos explorar sua compreensão teórica e realizar, de forma rápida, confiável e segura, investigações que considerem relevantes para o conhecimento. Se algo der errado, os alunos podem aprender com seus erros sem que haja qualquer transtorno. As aulas serão mais produtivas, o tempo será bem maior e o aluno aprenderá conceitos de forma mais eficiente (Hodson, 1994).

4.2 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA SEGUNDO OS DOCUMENTOS OFICIAIS: LEI DE DIRETRIZES E BASES PARA A EDUCAÇÃO NACIONAL (LDB, LEI 9394/96)

A partir da Lei de Diretrizes e Bases (LDB – Lei 9394/96), o Ensino Médio passou a fazer parte da Educação Básica, deixando de ter seu currículo pautado no acúmulo de informações como até então ocorria. A nova LDB incentiva o ensino contextualizado, interdisciplinar e que valoriza o raciocínio e a capacidade de aprender. Nesta Lei, o Ensino Médio passa a ser a etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, cuja construção do conhecimento está relacionada ao aprimoramento do educando como pessoa humana e à compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina, além de enfatizar a necessidade do desenvolvimento do educando como cidadão. Nesta concepção, esta Lei difere da anterior (Lei 5692/71), na qual o 2º grau, agora denominado Ensino Médio, apresentava a função de preparar o aluno para o prosseguimento dos estudos ou habilitá-lo para o exercício de uma profissão técnica.

Nesta reforma curricular do Ensino Médio, o conhecimento escolar foi dividido em áreas e a Química ficou inserida na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, onde a aprendizagem se baseia na compreensão e utilização dos conhecimentos científicos relacionados ao funcionamento do mundo. Neste sentido, a LDB insere a experiência cotidiana e o trabalho no currículo do Ensino Médio como um todo e não apenas em sua base comum, e esses elementos facilitarão a tarefa educativa de explicar a relação entre a teoria e a prática.

A LDB frisa que a experimentação no Ensino Médio tem função pedagógica e que pode ser realizada em sala de aula, por demonstrações, visitas e outras modalidades. Qualquer que seja a atividade a ser desenvolvida deve-se ter clara a necessidade de períodos pré e pós-atividade, visando à construção de conceitos. Dessa forma, a teoria não será desvinculada da prática.

O claro entendimento estabelecido pela LDB (9394/96) do caráter do Ensino Médio como etapa final da Educação Básica, complementando o aprendizado iniciado no Ensino Fundamental, foi o referencial sobre o qual se desenvolveu a proposta dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN).

O aprendizado de Química pelos alunos de Ensino Médio implica que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada, e assim, possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia e da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto

indivíduos e cidadãos. Esse aprendizado deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas (Brasil, 1996).

4.3 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA SEGUNDO OS DOCUMENTOS OFICIAIS: OS PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (PCN 1998, 2000) E AS ORIENTAÇÕES CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO MÉDIO (OCNEM, 2006)

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias destacam a importância de se desenvolver a interdisciplinaridade articulada com a demarcação disciplinar, de forma a conduzir organicamente o aprendizado pretendido. Um tema como a poluição ambiental, por exemplo, seja ela urbana ou rural, do solo, das águas ou do ar, não deve ser abordado somente nos aspectos “biológicos”, ou só “físicos” ou só “químicos”, pois o ambiente, poluído ou não, não cabe nas fronteiras de qualquer disciplina. Assim, a consciência desse caráter interdisciplinar estimula a percepção da inter-relação entre os fenômenos, essencial para boa parte das tecnologias, para a compreensão da problemática ambiental e para o desenvolvimento de uma visão articulada do ser humano em seu meio natural, como construtor e transformador deste meio (Brasil, 2000).

Na interpretação do mundo por meio de ferramentas da Química, o caráter dinâmico deve ser explicitado. O conhecimento químico não deve ser entendido como um conjunto de conhecimentos isolados, prontos e acabados, e sim uma construção da mente humana, em contínua mudança. A história da Química deve fazer parte de todo o processo de ensino, pois possibilitará ao aluno a compreensão da elaboração do conhecimento, analisando seus avanços, erros e conflitos. O conhecimento abordado desta forma permite a construção de uma visão do mundo mais articulada, fazendo com que o aluno se veja como participante de um mundo que se encontra em constante transformação (Brasil, 1998).

Na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, são reafirmadas a importância da contextualização e a interdisciplinaridade como eixos centrais organizadores das dinâmicas interativas no ensino de Química, na abordagem de situações reais trazidas do cotidiano ou criadas na sala de aula por meio da experimentação. Nesse sentido, a experimentação na escola média tem função pedagógica, diferentemente da experiência conduzida pelo cientista. A experimentação formal em laboratórios didáticos, por si só, não soluciona o problema de ensino-aprendizagem em Química; é

necessário relacioná-las diretamente ao conteúdo explicado na teoria para que o aluno consiga relacionar a teoria com a prática e desta forma ter um aprendizado significativo (Brasil, 2000).

A abordagem de temas do cotidiano deve ser relacionada diretamente com a experimentação, a fim de que o aluno forme seus próprios conceitos sobre determinado assunto abordado e não somente concorde com o que é exposto em sala de aula. A experimentação é vista como ferramenta essencial na produção de conhecimentos químicos de nível teórico-conceitual significativos e duradouros (Brasil, 2006).

Sendo assim, é essencial que as atividades práticas, em vez de se restringirem aos procedimentos experimentais, permitam momentos de estudo e discussão teórico/prática que, transcendendo os conhecimentos de nível fenomenológico e os saberes expressos pelos alunos, ajude na compreensão teórico-conceitual da situação real, mediante o uso de linguagens e modelos explicativos específicos que, incapazes de serem produzidos de forma direta, dependem de interações fecundas na problematização e na (re)significação conceitual pela mediação do professor (Brasil, 2006).

4.4 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA SEGUNDO OS DOCUMENTOS OFICIAIS: A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC, 2018)

Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), é importante destacar que aprender Ciências da Natureza vai além do aprendizado de seus conteúdos conceituais. Nessa perspectiva, a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – por meio de um olhar articulado da Biologia, da Física e da Química – define competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza.

Na área de Ciências da Natureza, os conhecimentos conceituais são sistematizados em leis, teorias e modelos. A elaboração, a interpretação e a aplicação de modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos são aspectos fundamentais do fazer científico, bem como a identificação de regularidades, invariantes e transformações. Portanto, no Ensino Médio, o desenvolvimento do pensamento científico envolve aprendizagens específicas, com vistas a sua aplicação em contextos diversos (Brasil, 2018).

Os processos e práticas de investigação merecem também destaque especial nessa área. Portanto, a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área (Brasil, 2018).

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para realizar a revisão de literatura, utilizou-se como base os diversos artigos científicos publicados em revistas e periódicos da área de ensino de Ciências e Ensino de Química que abordam o tema “experimentos” e palavras correlatas, a partir do ano 2000.

Para a utilização dos artigos neste trabalho, primeiro foi feita uma ampla pesquisa na internet, na qual utilizou-se palavras-chave como: experimento(s), experimento(s) em química, experimento(s) em ciências, ensino de química, ensino de ciências, o uso de experimento(s), o uso de experimento(s) no ensino de ciências e química, o papel da experimentação no ensino de química/ciências, o problema do uso da experimentação, as dificuldades do professor em relação à experimentação, etc., obtendo uma vasta lista de artigos que tratavam do assunto.

A seguir, foi feita uma minuciosa leitura dos artigos nacionais e internacionais, e aqueles presentes em revistas e periódicos que apresentavam bom conceito (estratos indicativos de qualidade: A, B ou C) no Qualis da CAPES na área de Ensino de Ciências/Química e considerados os mais relevantes sobre o assunto foram selecionados para fazer parte deste trabalho.

Os periódicos utilizados neste trabalho foram: Química Nova, Química Nova na Escola, Ciência & Educação, Investigações em Ensino de Ciências, Enseñanza de las Ciencias, uma vez que eram conceituados pelo Qualis da CAPES e, também, tais artigos publicados nestes periódicos apresentavam relevância sobre o assunto.

Durante a pesquisa realizada, percebeu-se que diversos aspectos em comum sobre o uso de experimentos no ensino de Ciências/Química foram abordados por diferentes autores.

É importante ressaltar que existem outras abordagens que fazem parte deste tema, pois ele é muito amplo. Exemplo de experimentos seria uma delas, além das temáticas citadas abaixo para trabalhar o assunto, mas não foi um dos focos deste trabalho. Dentre as conclusões apontadas, as que mais se destacaram foram:

A visão de professores da educação básica sobre a realização da experimentação em sala de aula e os diferentes fatores responsáveis pela não utilização dessa atividade.

A visão de pesquisadores e professores sobre o papel da experimentação como um facilitador no processo de aprendizagem, promovendo aquisição de habilidades, construção de atitudes científicas e senso crítico que acompanhará o aluno para o resto da vida.

5.1 DIFICULDADES SEGUNDO OS PROFESSORES PARA A UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS

Essa temática corresponde à visão de professores sobre a experimentação, na qual eles apontam alguns fatores que dificultam sua utilização em sala de aula como facilitadora no processo de aprendizagem dos alunos.

A ausência de atividades experimentais é apontada tanto por professores quanto por alunos do Ensino Médio como um dos principais motivos de deficiência no ensino, tanto de Química, quanto de Biologia ou de Física. Os motivos da não realização de experimentos são os mais diversos, desde a não existência de um local adequado até a excessiva carga horária enfrentada pelos professores que dificulta a elaboração e preparação de experimentos (Galiazzi *et al.*, 2001). A excessiva carga horária que a grande maioria dos professores tem que se submeter para conseguir uma melhor remuneração é um dos principais motivos que levam os professores a não realizarem atividade prática nas escolas onde trabalham.

Muitas escolas dispõem de alguns equipamentos e laboratórios que, no entanto, raramente são utilizados, por várias razões, como o fato de não existirem atividades já preparadas para o uso do professor; falta de recursos para compra de componentes e materiais de reposição; falta de tempo do professor para planejar a realização de atividades como parte do seu programa de ensino. Alguns professores até se dispõem a enfrentar isso, improvisando aulas práticas e demonstrações com materiais caseiros, mas acabam se cansando dessa tarefa, especialmente em vista dos poucos resultados que alcançam (Borges, 2002).

Essa dificuldade de trabalhar experimentos em escolas públicas também é apontada por Zanon e Silva (2000). Segundo eles, os professores de Química e de Ciências Naturais,

de modo geral, mostram-se pouco satisfeitos com as condições de infraestrutura de suas escolas, principalmente aqueles que atuam em instituições públicas. Atribuem o não desenvolvimento das atividades experimentais à falta destas condições infra estruturais, além do número excessivo de alunos em cada sala; o tempo reservado a essas aulas que é geralmente curto, a indisponibilidade de sala de laboratório e, quando há laboratório, os alunos não se comportam adequadamente nesse ambiente, causam desordem, mexem nos materiais, etc.

A questão dos roteiros de aulas práticas também é citada por Machado e Mól (2008) que, ao analisarem livros didáticos do Ensino Médio, constatam a inadequação dos roteiros experimentais sugeridos. Estes comumente aparecem no final dos capítulos do livro ou somente no guia do professor, indicando desvinculação com o conteúdo e a ausência de caráter investigativo. Muitas vezes, a falta de clareza e de informações básicas dificulta a execução dos experimentos.

Borges (2002) acrescenta ainda que os professores trabalham quase sempre sem um planejamento para as atividades de ensino e, em especial, as atividades práticas, confiando simplesmente na experiência adquirida ao longo dos anos. Com isso, os estudantes não percebem outros propósitos para as atividades práticas que não os de verificar e comprovar fatos e leis científicas. Isso é determinante na sua compreensão acerca da natureza e propósitos da ciência e também da importância que eles atribuem às atividades experimentais.

Há ainda professores que concordam em dizer que estas atividades práticas não são efetivamente relacionadas aos conceitos, que tanto o problema como o procedimento para resolvê-lo estão previamente determinados; que as operações de montagem dos equipamentos, as atividades de coleta de dados e os cálculos para obter respostas esperadas consomem muito ou todo o tempo disponível.

Com isso, os estudantes dedicam pouco tempo à análise e interpretação dos resultados e do próprio significado da atividade realizada. Em geral, eles percebem as atividades práticas como eventos isolados, cujo objetivo é chegar à “resposta correta”. Desse modo, o laboratório é pouco efetivo em provocar mudanças nas concepções e modelos prévios dos estudantes, em proporcionar uma apreciação sobre a natureza da Ciência e da investigação científica e em facilitar o desenvolvimento de habilidades estratégicas (Borges, 2002).

Constata-se também a existência de percepções simplistas entre professores da graduação, que já atuam no ensino público e privado, em relação às atividades

experimentais no Ensino de Química em nível de Ensino Médio. As questões relevantes destacam a dicotomia entre teoria e prática, o pouco significado dado ao diálogo durante a experimentação e ainda a descontextualização das experiências.

Alunos matriculados nas disciplinas de Prática de Ensino de Química e formandos do curso de Licenciatura Plena em Química, por exemplo, têm dificuldade em planejar/aplicar aulas práticas ou experimentais que enfatizem a construção do conhecimento, servindo estas apenas para comprovar aquilo que foi dito em aula teórica anterior.

Essa falta de preparo dos professores devido à deficiência na sua própria formação enquanto docente é muito bem colocada por Machado e Mól (2008) quando dizem que muitos professores não utilizam a experimentação com a frequência que gostariam por não terem desenvolvido um bom domínio de laboratório durante a formação inicial. Isso porque grande parte das atividades realizadas na graduação tem caráter de comprovação das teorias, não atendendo às características citadas anteriormente. Dessa forma, não qualificam adequadamente os licenciandos para o magistério.

De acordo com o exposto acima, nota-se que os professores apontam como problema para a realização de aulas práticas a falta de infraestrutura nas escolas, falta de laboratório com espaço adequado, falta de equipamentos, reagentes, material de reposição. Há outras razões como a falta de preparo dos próprios professores por terem tido uma formação acadêmica inadequada e por atuarem em mais de uma instituição para melhorar o orçamento. Assim, não dispõem de tempo para preparar essas aulas, preferindo a tradicional aula de “cuspe, quadro e giz” que não demanda tanto tempo no preparo ou, às vezes, nenhum tempo, uma vez que lecionam há vários anos o mesmo conteúdo.

Outro aspecto importante é a forma como a experimentação é trabalhada nas aulas, de modo a verificar dados, comprovar leis, com o problema e os procedimentos pré-determinados, fazendo com que o aluno não se interesse pela aula e se preocupe apenas em terminá-la o mais rápido possível, sem compreender o que ocorreu durante a sua realização.

5.2 A ATIVIDADE PRÁTICA COMO UMA FACILITADORA NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM

Essa temática corresponde à visão dos pesquisadores e professores sobre a experimentação como um verdadeiro facilitador no processo de aprendizagem dos alunos, promovendo aquisição de habilidades, construção de atitudes científicas e senso crítico que os acompanhará para o resto da vida.

A questão da experimentação tem sido amplamente discutida no âmbito educacional das Ciências. Salienta-se hoje que é preciso formalizar a visão de ciência, de conhecimento científico e de experimentos, de forma que haja superação da visão simplista e dogmática do uso de experimentos que apenas confirmam teorias estabelecidas. Tais indicações enfatizam que a construção do conhecimento científico deve ser parte de um processo que promova a validação de argumentos construídos pelos alunos e mediados pelo diálogo crítico, pela leitura e pela escrita e que as atividades desenvolvidas devem desmistificar a Ciência, tirando dela o rótulo de neutra e verdadeira (Gonçalves; Galiazzi, 2004).

Um dos grandes desafios atuais do ensino de Ciências nas escolas de nível fundamental e médio é construir uma ponte entre o conhecimento ensinado e o mundo cotidiano dos alunos. Não raro, a ausência deste vínculo gera apatia e distanciamento entre os alunos e atinge também os próprios professores. Ao se restringirem a uma abordagem estritamente formal, eles acabam não contemplando as várias possibilidades que existem para tornar a ciência mais “palpável” e associá-la com os avanços científicos e tecnológicos atuais que afetam diretamente a nossa sociedade (Valadares, 2001).

Como defendem Carrascosa e seus colaboradores (2006), a atividade experimental constitui um dos aspectos-chave do processo de ensino-aprendizagem de Ciências. Portanto, à medida que se planejam experimentos com os quais é possível estreitar o elo entre motivação e aprendizagem, espera-se que o envolvimento dos alunos seja mais vívido e, com isso, acarrete evoluções em termos conceituais.

Desse modo, Giordan (2003) coloca que se um cientista melhora seus conhecimentos profissionais por meio da prática, é interessante supor que o aluno aprenda ciência da melhor maneira quando a pratica. Professores e alunos concordam que a experimentação aumenta a capacidade de aprendizado, pois funciona como meio de envolver o aluno nos temas em pauta.

Além disso, a prática pode ajudar a compreender melhor a teoria em um ponto de dúvida, a realização de experimentos pode facilitar a compreensão dessa dúvida, pois é um momento que os alunos têm contato material e físico com os que eles verificam apenas nos livros durante uma aula teórica.

Giordan propõe ainda, além de todas as dimensões necessárias na realização de um trabalho, a dimensão sociológica. Esse processo é desencadeado pelo incentivo ao aluno em expor suas ideias de forma crítica. O professor deve atuar como orientador e organizador das ideias geradas pelas questões problematizadoras relevantes e relacioná-

las com o currículo da Ciência. A experimentação é aberta às possibilidades de erro e acerto. Isso mantém o aluno comprometido com sua aprendizagem, pois ele reconhece a experimentação como estratégia para resolver uma situação da qual participa diretamente, muitas vezes elaborando o problema.

A experimentação no ensino de Química, em especial, apresenta-se como um tema que não esgota suas possibilidades, haja vista as constantes reformulações pelas quais o ensino como um todo vem passando no decorrer de cada nova lei educacional vigente. Além disso, existe o fato sempre presente e lembrado pela maioria dos professores de que a experimentação possui o poder motivador intrínseco, algo relacionado ao lúdico e ao despertar da capacidade de aprendizagem e investigação (Giordan, 2003).

Esse caráter investigativo também é apontado por Zanon e Silva (2000), no qual eles afirmam que a experimentação não garante, por si só, a aprendizagem. O experimento didático deve privilegiar o caráter investigativo, favorecendo a compreensão das relações conceituais da disciplina. A atividade experimental possibilita a introdução de conteúdos a partir de seus aspectos macroscópicos, por meio de análise qualitativa de fenômenos. Ela também permite demonstrar, de forma simplificada, o processo de construção ou “reelaboração do conhecimento, da historicidade e a análise crítica da aplicação do conhecimento químico na sociedade” (p. 116).

Da mesma forma, Maldaner (2003 *apud* Machado; Mól, 2008) fala sobre o caráter investigativo da experimentação, no qual ele diz que o experimento didático deve privilegiar o caráter investigativo, favorecendo a compreensão das relações conceituais da disciplina. A atividade experimental possibilita a introdução de conteúdos a partir de seus aspectos macroscópicos, por meio de análise qualitativa de fenômenos. Ela também permite demonstrar, de forma simplificada, o processo de construção ou “reelaboração do conhecimento, da historicidade e a análise crítica da aplicação do conhecimento químico na sociedade” (Maldaner, 2003 *apud* Machado; Mól, 2008, p. 57).

Os pesquisadores acima concordam em dizer que se deve proporcionar aos alunos um maior tempo de contato com o problema, para que ele possa pensar e refletir sobre, criando o seu próprio modelo. A partir desse ponto, com a troca de informações com os seus colegas e a ação moderadora do professor, este modelo será lapidado, chegando a conceitos mais sólidos e com uma base científica maior. Para que isto ocorra não é aconselhável um grande número de práticas para abordar outro grande número de assuntos. A proposta de se diminuir o número de atividades práticas e aumentar as atividades de reflexão não deve ser interpretada como um modo de se trocar atividades

práticas por métodos alternativos; basta acreditar que a educação em ciências passa pelo conhecimento e compreensão do mundo físico, familiarizando o aluno com esse mundo.

Nesta etapa, o trabalho prático é fundamental, pois eles precisam ver o que ocorre de modo a desenvolver uma bagagem pessoal. Além disso, se estimula o desenvolvimento e se intensifica o conceito, incentivando os alunos a explorar, elaborar e supervisionar suas ideias, comparando-as com as observadas na experiência. Desta forma, pode-se afirmar que o trabalho de laboratório possui um papel importante desde que tenha uma boa base teórica e seja bem entendido pelo estudante.

6 CONCLUSÃO

Como proposto no início deste trabalho, foi realizada uma pesquisa na internet sobre o tema experimentos no ensino de Ciências/Química, e como resultados dessa pesquisa foi produzida uma revisão de literatura categorizada em algumas temáticas mais frequentes sobre o assunto na visão de pesquisadores.

Estas temáticas discutiam a visão de especialistas e professores sobre a realização de experimentos em sala de aula, destacando pontos positivos e negativos sobre este tema presentes na literatura.

A grande maioria dos pesquisadores concorda em dizer que o uso da experimentação é um facilitador no processo de ensino-aprendizagem; há ainda a necessidade de melhorias na elaboração de roteiros e apostilas de modo que os alunos passem a investigar o experimento, fazendo ponderações, questionamentos, que a teoria vem ao seu encontro, tornando o aprendizado mais concreto, que tenha realmente sentido para o aluno e que ele possa aplicá-lo no cotidiano, tornando-se um cidadão mais crítico e capaz de formar opinião e não somente aceitar fatos, conceitos prontos e reproduzi-los sem qualquer indagação.

Percebe-se que este tema é muito amplo, que diversos pesquisadores o usam como ferramenta de trabalho, discutindo as várias temáticas presentes, mas que há muito ainda para se discutir e pesquisar sobre a experimentação no ensino de Ciências/Química mesmo sob a visão de outras temáticas.

REFERÊNCIAS

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº 9.394, 20 de dezembro de 1996. BRASIL. MEC. SEF. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, 1998.

BRASIL. MEC. SEF. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, 2000.

BRASIL. MEC. SEB. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Brasília, 135 p., 2006.

BRASIL. MEC. SEB. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 600 p., 2018.

CARRASCOSA, J.; GIL PERÉZ, D.; VILCHES, A. Papel de la Actividad Experimental en la Educación Científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 2, p. 157-181, 2006.

DE JONG, O. Los Experimentos que Plantean Problemas en las Aulas de Química: Dilemas y Soluciones. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 2, p. 305-314, 1998.

GALIAZZI, M. C.; ROCHA, J. M. B.; SCHMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; GIESTA, S.; GONÇALVES, F. P. Objetivos das atividades experimentais no Ensino Médio: a Pesquisa Coletiva como modo de formação de Professores de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da Teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, 2003.

GONÇALVES, F. P.; GALIAZZI, C. A. A natureza das atividades experimentais no ensino de Ciências, um programa de pesquisa educativa nos cursos de Licenciatura. *In*: MORAES, R.; MANCUSO, R. (org.). **Educação em Ciências**: produção de currículos e formação de professores. Ijuí: UNIJUÍ, 2004. p. 237-252.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

MACHADO, P. F. L.; MÓL, G. S. Experimentando Química com segurança. **Química Nova na Escola**, n. 27, p. 57-60, 2008.

MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de Química**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2003.

SALVADEGO, W. N. C. **A Atividade Experimental no Ensino de Química**: uma relação com o saber profissional do professor da escola média. 2007. 163 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. Importância, sentido e contribuições de pesquisas para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, n. 1, p. 27–31, 1995.

SILVA, S. F.; NÚÑES, I. B. O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes – reflexões teórico-metodológicas. **Química Nova**, v. 25, n. 6B, p. 1197–1203, 2002.

VALADARES, E. C. Propostas de experimentos de baixo custo centradas no aluno e na comunidade. **Química Nova na Escola**, n. 13, p. 38–40, 2001.

ZANON, L. B.; SILVA, L. H. A. A Experimentação no Ensino de Ciências. *In*: SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. **Ensino de Ciências**: fundamentos e abordagens. Campinas: Capes/Unimep, 2000. p. 120–153.

SOBRE OS AUTORES

CATARINA COSTA DE SOUZA

Graduada em Desenho Industrial pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM. Mestra em Design pela Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, com estudo sobre Gestão Estratégica de Design em pequenas movelarias em Manaus e Belo Horizonte. Trabalhou com Design de Móveis e Design de Interiores, em escritórios de Design e posteriormente como professora nos cursos de Design em Manaus. Atualmente, trabalha como professora da Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG – unidade Ubá, no curso de Design, com disciplinas como Design de Móveis; Ergonomia e Teoria do Design. Como designer e pesquisadora estuda Design Social; Design e Sociedade; Design e Antropologia; Design de Produto e Sustentabilidade. Também atua no Movimento Negro, em pautas feministas e em defesa do ecossocialismo.

ERICA MARQUES DA SILVA SANTOS

Graduada em Ciências com Licenciatura Plena em Física e Matemática pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras Santa Marcelina, Mestre em Física com ênfase em Instrumentação Científica pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Científicas – CBPF, Doutora em Engenharia e Ciências dos Materiais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF. Atualmente, atua como professora efetiva na Universidade do Estado de Minas Gerais – Ubá, como professora auxiliar da Faculdade Santa Marcelina e professora titular do Centro Universitário Faminas – Muriaé. Compõe o grupo de pesquisas vinculado ao CNPq “Grupo de Pesquisa em Educação e Humanidades” da UEMG. É líder do grupo de pesquisas vinculado ao CNPq “Grupo de Pesquisa Núcleo de Estudos e Pesquisas sobre Práticas Metodológicas no Ensino da Matemática e Física” da UEMG. Desde 2005, vem atuando na docência do ensino superior, em disciplinas que dialogam com a Matemática e a Física aplicadas aos cursos de Administração, Ciências Contábeis, Engenharia Civil, Medicina, Química, Biologia e Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Atua como tutora e conteudista da disciplina de Estatística na modalidade de Ensino a Distância. Desenvolve projetos de pesquisa e extensão com foco no Ensino da Matemática e Física com ênfase em Metodologias ativas.

LETÍCIA COSTA DIAS COCATI

Graduada em Química pela Universidade Federal de Lavras (2008), mestre em Agroquímica pela Universidade Federal de Viçosa (área de Química Orgânica, 2011) e doutora em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (área de Química Inorgânica, 2015). Desenvolveu projetos na área de Química Orgânica e Química Inorgânica com a linha de pesquisa em síntese de compostos organometálicos de estanho, estudo de métodos físicos para

caracterização: análise elementar, espectroscopia infravermelha, ressonância magnética nuclear, espectroscopia Mössbauer, voltametria, termogravimetria, espectrometria de massas, difração de raios X e aplicações biológicas em micro-organismos. Professora da Universidade do Estado de Minas Gerais, desde 2017, atuando em cargos de gestão e ministrando disciplinas da área especializada. Desenvolve pesquisas na área de extensão como metodologias e estratégias de ensino-aprendizagem envolvendo as tecnologias de informação e comunicação criando jogos lúdicos. Ainda participa de grupos de pesquisa em estudos em síntese, aplicação e toxicidade de nanomateriais.

MYRIAN APARECIDA SILVA SCETTINO

Possui graduação em Licenciatura em Matemática pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras Santa Marcelina (2005), possui Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (2009), Doutora em Engenharia e Ciência dos Materiais da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (2013). Tem experiência em Docência Superior atuando como professora nas áreas de Matemática e Engenharia de materiais com destaque em Cálculo I, Cálculo II, Cálculo III, Matemática Básica, Lógica Matemática, Cálculo Numérico, Álgebra Linear, Geometria Analítica, Ciências dos Materiais. Atualmente, é Professora efetiva da Universidade Estadual de Minas Gerais (UEMG), Unidade Ubá/ MG, Professora titular do Centro Universitário Faminas - Muriaé.

RAPHAEL CAMPOS CUSATI

Formado em Química pela Universidade Federal de Viçosa (Bacharel em 2007 e Licenciado em 2009). Possui Mestrado (2008) e Doutorado (2015) em Agroquímica, na área de concentração Química Orgânica, também pela UFV. É licenciado em Pedagogia pela Unifran (2021), possui pós-graduação em Educação a Distância (2022), Psicopedagogia (2022), Supervisão e Orientação Educacional (2022) e Gestão Escolar (2023) pela Universidade Cruzeiro do Sul. Possui também pós-graduação em Coaching Educacional (2023) e Inspeção Escolar (2024) pela Faveni. Possui experiência em sala de aula no ensino médio, desde 2006, e há mais de 10 anos no ensino superior. Atualmente, é professor nos colégios Anglo e Calçadão Bernoulli, em Viçosa (MG), e no colégio Losango de Ubá (MG), além de trabalhar com turmas preparatórias para o vestibular seriado de Viçosa (PASES), de Juiz de Fora (PISM), para o Colégio Universitário da UFV (COLUNI), turmas de Pré-ENEM e monitoria no formato *on-line* para a rede de escolas Losango. No ensino superior, trabalha na Faculdade de Viçosa (FDV) e na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), unidade de Ubá.

LEANDRO PAIVA DE QUEIROZ

Nascido na cidade de São Bernardo do Campo – SP no dia 31/10/1989, aos 7 anos de idade mudou-se para Minas Gerais na cidade de Paula Cândido, onde se formou no ensino médio na Escola Estadual Prof. Samuel João de Deus. Em 2008, em busca de uma melhor condição de vida, decidiu se mudar pra Ubá – MG. No ano de 2016, ingressou na faculdade de Licenciatura em Química na UEMG onde se formou. Possui alguns cursos comprovados por certificados como: educação ambiental, gestão ambiental e recursos hídricos, segurança do trabalho, planejamento e controle de produção (PCP). Atualmente reside na cidade de Divinésia- MG, trabalha em uma indústria do pólo moveleiro de Ubá como analista de PCP e é pós-graduado em Engenharia de produção pela UFJF.

DANILO COELHO TARDEM

Mestre em Matemática pelo PROFMAT na Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF (2020), licenciado em Matemática pela Universidade Estadual de Minas Gerais – UEMG, unidade de Carangola (2015). Especialista em Finanças e Estatísticas pela Faculdade de Venda Nova do Imigrante. Professor da Educação Básica.

ALEXSANDRO DA SILVA RODRIGUES

Licenciado em Matemática pela Universidade Estadual de Minas Gerais – UEMG, unidade de Carangola (2015).

WELLIX MOREIRA DA SILVA

Mestre em Matemática pelo PROFMAT na Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF (2020), licenciado em Matemática pela Universidade Estadual de Minas Gerais – UEMG, unidade de Carangola (2015). Professor da Escola Estadual Padre Julio Maria. Professor do Colégio Portal do Saber.

LULLY CRISTINA DA SILVA NEIVA

Nascida em 1996, em Ubá, Minas Gerais, sempre demonstrou interesse pelas Ciências Exatas e pela pesquisa, pois desde cedo, foi influenciada pelas atividades enriquecedoras das quais participou durante sua formação em uma escola pública (Escola Estadual Deputado Carlos Peixoto Filho). Graduou-se em Licenciatura em Química pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), onde seu interesse pela área da educação floresceu. Durante a graduação, participou de projetos como o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid) e, ao atuar como monitora acadêmica, solidificou seu compromisso com a educação e a pesquisa.

Publique com a gente e
compartilhe o conhecimento



www.lettraria.net

