

QUÍMICA VERDE E A METÁFORA DA BIPIRÂMIDE TRIANGULAR (MBT): UMA AVALIAÇÃO DOS CINCO NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO DA QUÍMICA EM UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA INCLUSIVA

QUÍMICA VERDE Y LA METÁFORA DE LA BIPIRÁMIDE TRIANGULAR (MBT): UNA EVALUACIÓN DE LOS CINCO NIVELES DE REPRESENTACIÓN DE LA QUÍMICA EN UNA PROPUESTA PEDAGÓGICA INCLUSIVA

GREEN CHEMISTRY AND THE TRIANGULAR BIPYRAMID METAPHOR (TBM): AN EVALUATION OF THE FIVE LEVELS OF REPRESENTATION OF CHEMISTRY IN AN INCLUSIVE EDUCATIONAL FRAMEWORK

JÚLIA MARIA SOARES FERRAZ

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), <https://orcid.org/0000-0003-2769-6864>, <https://lattes.cnpq.br/2754631677629201>, julia.ferraz@academico.ifpb.edu.br

MARIA CAROLINE SANTOS VELOZO

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), <https://orcid.org/0000-0001-6267-1342>, <http://lattes.cnpq.br/7264903321979541>, maria.velozo@academico.ifpb.edu.br

DAIANE DANTAS DA SILVA

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), <https://orcid.org/0009-0005-5252-7319>, <http://lattes.cnpq.br/6831782165818587>, dantas.daiane@academico.ifpb.edu.br

CARLOS ALBERTO DA SILVA JÚNIOR

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), <https://orcid.org/0000-0002-1118-359X>, <http://lattes.cnpq.br/8552305760747009>, carlos.alberto@ifpb.edu.br

ALESSANDRA MARCONE TAVARES ALVES DE FIGUEIRÊDO

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), <https://orcid.org/0000-0001-6611-4797>, <http://lattes.cnpq.br/5150925195292193>, alessandratavaresfigueiredo@ifpb.edu.br

RESUMO

O Ensino de Química (EQ), em muitos dos casos, não é acessível a todos os estudantes, o que reforça a necessidade da aplicação de novas estratégias pedagógicas que promovam a inclusão. Nesse viés, para superar esse desafio, desenvolveu-se a Metáfora da Bipirâmide Triangular (MBT), que implementa a inclusão como um elemento central do processo educacional. Com base no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 4 (ODS 4), que visa garantir uma educação de qualidade para todos, esta pesquisa buscou realizar uma análise qualitativa e participante da aplicação da MBT no ensino da Química Verde (QV), com foco no Princípio 9: o uso de catalisadores. O estudo foi conduzido por meio de cinco momentos de verificação: macroscópico, simbólico, microscópico, elemento humano e inclusão. Esses níveis analisaram desde a observação direta dos fenômenos visíveis e a análise simbólica das reações químicas catalisadas e não catalisadas, até a compreensão dos aspectos microscópicos e a consideração do fator humano no ensino da Química. Foi avaliada, portanto, a relevância da experimentação prática, da contextualização dos conteúdos, e de uma didática clara e dinâmica que garantisse que os princípios da Química Verde fossem compreendidos e aplicados. Os resultados indicaram que o uso da MBT favoreceu um ensino mais inclusivo, adaptado às diversas realidades dos estudantes, ao abordar tanto a experimentação quanto às necessidades de acessibilidade. Portanto, essa abordagem inovadora tem o potencial de transformar o ensino da Química, tornando-o mais acessível, eficaz e apto a promover uma compreensão mais significativa, contribuindo para a formação de uma sociedade mais consciente e equitativa.

Palavras-chave: Química Verde; Libras; MBT; Inclusão.

RESUMEN

La Enseñanza de la Química (EQ), en muchos casos, no es accesible para todos los estudiantes, lo que refuerza la necesidad de aplicar nuevas estrategias pedagógicas que promuevan la inclusión. En este sentido, para superar este desafío, se desarrolló la Metáfora de la Bipirámide Triangular (MBT), que implementa la inclusión como un elemento central del proceso educativo. Con base en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (ODS 4), que busca garantizar una educación de calidad para todos, esta investigación se propuso realizar un análisis cualitativo y participativo de la aplicación de la MBT en la enseñanza de la Química Verde (QV), con enfoque en el Principio 9: el uso de catalizadores. El estudio se llevó a cabo a través de cinco momentos de verificación: macroscópico, simbólico, microscópico, elemento humano e inclusión. Estos niveles analizaron desde la observación directa de fenómenos visibles y el análisis simbólico de las reacciones químicas catalizadas y no catalizadas, hasta la comprensión de los aspectos microscópicos y la consideración del factor humano en la enseñanza de la Química. Por

lo tanto, se evaluó la relevancia de la experimentación práctica, la contextualización de los contenidos, y una didáctica clara y dinámica que garantizara que los principios de la Química Verde fueran comprendidos y aplicados. Los resultados indicaron que la MBT favoreció una enseñanza más inclusiva, adaptada a las diversas realidades de los estudiantes, al abordar tanto la experimentación como las necesidades de accesibilidad. Por lo tanto, este enfoque innovador tiene el potencial de transformar la enseñanza de la Química, haciéndola más accesible, eficaz y capaz de promover una comprensión más significativa, contribuyendo a la formación de una sociedad más consciente y equitativa.

Palabras clave: Química Verde; Libras; MBT; Inclusión.

ABSTRACT

Chemistry Education (CE), in many cases, is not accessible to all students, which reinforces the need for the application of new pedagogical strategies that promote inclusion. In this context, to overcome this challenge, the Triangular Bipyramid

Metaphor (TBM) was developed, implementing inclusion as a central element of the educational process. Based on Sustainable Development Goal 4 (SDG 4), which aims to ensure quality education for all, this research aimed to conduct a qualitative and participatory analysis of the application of the TBM in the teaching of Green Chemistry (GC), focusing on Principle 9: the use of catalysts. The study was conducted through five verification moments: macroscopic, symbolic, microscopic, human element, and inclusion. These levels analyzed everything from the direct observation of visible phenomena and the symbolic analysis of catalyzed and uncatalyzed chemical reactions to the understanding of microscopic aspects and the consideration of the human factor in

Chemistry teaching. The relevance of practical experimentation, content contextualization, and a clear and dynamic didactics that ensured the principles of Green Chemistry were understood and applied was thus evaluated. The results indicated that the use of TBM fostered more inclusive teaching, adapted to the diverse realities of students, by addressing both experimentation and accessibility needs. Therefore, this innovative approach has the potential to transform Chemistry teaching, making it more accessible, effective, and capable of promoting more meaningful understanding, contributing to the formation of a more conscious and equitable society.

Keywords: Green Chemistry; Libras; TBM; Inclusion.

INTRODUÇÃO

A Química Verde (QV) está alinhada a práticas sustentáveis e à conscientização dos impactos que os resíduos químicos provocam no meio ambiente. Anastas e Warner (1998) propuseram os 12 Princípios da QV, com o objetivo de nortear práticas mais conscientes na área da Química, como sínteses seguras, solventes e auxiliares mais seguros, e catálise, buscando produções mais sustentáveis e uma formação acadêmica mais responsável em relação às questões ambientais (Anastas; Warner, 1998; Da Silva Júnior *et al.*, 2022; Tavares *et al.*, 2022a; 2022b). No ensino, a QV se aplica a todos os níveis e modalidades da educação, sugerindo campos científicos interdisciplinares e propondo práticas didáticas para o desenvolvimento sustentável (Da Silva Júnior *et al.*, 2022; 2024).

Outra temática a ser abordada no Ensino de Química (EQ) são os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU). Esses objetivos globais, 17 no total, com 169 metas, visam promover a sustentabilidade ambiental, social e econômica. Segundo Cruz *et al.* (2022), além dos objetivos globais, cada país define suas metas, incorporando-as em seus programas e políticas públicas. No EQ, os ODS podem ser integrados ao abordar práticas sustentáveis, relacionando-se com a QV (ONU, 2024). De acordo com Rüntzel e Marques (2023), essa relação pode ser compreendida como uma ferramenta científica, técnica e prática para o alcance da Química Sustentável, assegurando que os objetivos sejam alcançados.

No que se refere ao EQ, diversos são os desafios em termos de acessibilidade, especialmente para grupos que necessitam de adaptações específicas, como a Comunidade Surda (CS). Tais desafios tendem a resultar na desistência e evasão escolar de estudantes surdos (Da Silva Júnior, 2017; Tavares *et al.*, 2021). A metodologia de ensino ainda está ancorada em abordagens tradicionais e no uso da Língua Portuguesa, o que dificulta a compreensão para alunos que dependem de métodos visuais ou que utilizam a Língua Brasileira de Sinais (Libras). Segundo Velozo *et al.* (2024), a ausência de sinais-termos em Libras para conceitos científicos dificulta o ensino e a aprendizagem, criando barreiras na comunicação em sala de aula.

A inclusão no EQ para surdos vai além da simples tradução dos conteúdos para Libras. De acordo com Soares, Silva e Nunes (2023), um dos maiores desafios no ensino e na aprendizagem dos estudantes surdos é a falta de recursos que auxiliem o docente no ensino. É necessário criar um ambiente de aprendizagem que valorize a diversidade linguística e cultural dos alunos surdos, utilizando recursos didáticos visuais e tecnologias que auxiliem na inclusão e na compreensão dos conceitos químicos. Como concluem Leite e Leite (2012), a CS tem a mesma capacidade de aprendizagem que os estudantes ouvintes, sendo essencial garantir que o estudante surdo tenha igual acesso ao conhecimento.

A inclusão no EQ requer uma mudança na estrutura curricular escolar, com a adoção de práticas pedagógicas que promovam a acessibilidade e a equidade na educação. No EQ, foram propostos modelos tradicionais de ensino como o triângulo de Johnstone (1993), que apresentava os níveis: macroscópico, microscópico e simbólico; e o tetraedro de Mahaffy (2006), que indicava os níveis: macroscópico, microscópico, simbólico e elemento humano. Assim, a Metáfora da Bipirâmide Triangular (MBT) surge como uma proposta inovadora, preenchendo as lacunas desses outros modelos ao incorporar a dimensão da inclusão no ensino de conceitos da Química (Da Silva Júnior, 2023). Esse modelo facilita a compreensão por meio de representações visuais e pode ser facilmente adaptado para incluir sinais-termos em Libras, promovendo a participação ativa de alunos surdos.

A implementação das abordagens da QV e dos ODS com o modelo didático da MBT em recursos didáticos pode transformar o EQ, tornando-o mais acessível para estudantes surdos e promovendo uma educação mais equitativa e alinhada aos princípios da sustentabilidade. Nesse sentido, é importante pensar em estratégias que garantam não apenas o acesso ao conhecimento para todos os estudantes, mas que também estimulem o desenvolvimento de competências críticas e de tomada de decisões (Andrade; Zuin, 2023).

Em decorrência disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a aplicação do 5 (cinco) níveis da MBT no Ensino Química, para uma turma inclusiva. Essa proposta de

intervenção pedagógica foi fundamentada na aplicação de um projeto desenvolvido a partir da temática QV.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

EDUCAÇÃO BILÍNGUE E SURDEZ

A Lei de Libras (Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002), com mais de duas décadas de existência, constitui um marco histórico para a CS brasileira. A Lei em questão reconhece a Libras como meio legal de comunicação e expressão, estabelecendo-a como um sistema linguístico de natureza visual-motora, com estrutura gramatical própria (Brasil, 2002).

O reconhecimento e a regulamentação da Lei de Libras exercem uma influência significativa no debate acerca da Educação Bilíngue (Silva, 2015), um ensino que integra a Libras como primeira língua (L1) e o português escrito como segunda língua (L2) (Brasil, 2017). No entanto, embora exista amparo legal, ainda persistem obstáculos para a efetivação dos princípios da Educação Bilíngue (Colacique; Gonçalves, 2023).

Dentre os desafios enfrentados pela CS em seu processo de inclusão educacional, destacam-se a inadequação curricular, pedagógica e estrutural nas escolas, especialmente nas instituições de educação pública básica, a falta de preparação dos docentes para lidar com e ensinar estudantes surdos, a escassez de materiais didáticos adaptados em Libras e a ausência de Tradutores e Intérpretes de Língua de Sinais (TILS) nas escolas (Guimarães Júnior *et al.*, 2022; Velozo *et al.*, 2022; Valsechi; Martins Filho, 2020).

Dentro dessa conjuntura, é importante que o corpo pedagógico compreenda os artefatos culturais da CS, incluindo sua experiência visual e aspecto linguístico (Strobel, 2008), para promover um ambiente escolar mais inclusivo. A experiência visual é fundamental para o processo educativo dos discentes surdos, pois a visualidade molda sua percepção de mundo e é parte integral de sua aprendizagem (Gomes; Souza, 2020). Além disso, a experiência visual é abordada na legislação brasileira, especificamente no Decreto nº 5.626 (Brasil, 2005), que descreve a pessoa surda como alguém que compreende e interage com o mundo por meio de experiências visuais, manifestando sua cultura principalmente por meio do uso da Língua de Sinais.

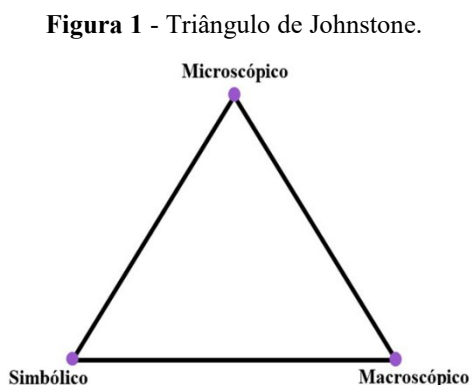
Nesse contexto, o aspecto linguístico ressalta a importância da Língua de Sinais, que permite às pessoas surdas o acesso pleno à informação e ao conhecimento (Souza *et al.*, 2022). As barreiras de comunicação enfrentadas pelos alunos surdos comprometem sua participação integral no ambiente escolar, dificultando seu aprendizado. Portanto, a valorização da Libras

impulsiona ações que podem, de fato, beneficiar o estudante surdo, promovendo uma educação mais acessível e inclusiva (Silva, 2015).

Nordio e Neves (2022) enfatizam que o ensino bilíngue garante aos estudantes surdos o acesso ao seu patrimônio linguístico e cultural. A compreensão da diversidade linguística e cultural são pilares fundamentais para assegurar uma educação equitativa e acessível a todos, reconhecendo e valorizando as singularidades e potencialidades dos estudantes surdos em ambientes educacionais inclusivos.

A METÁFORA DA BIPIRÂMIDE TRIANGULAR

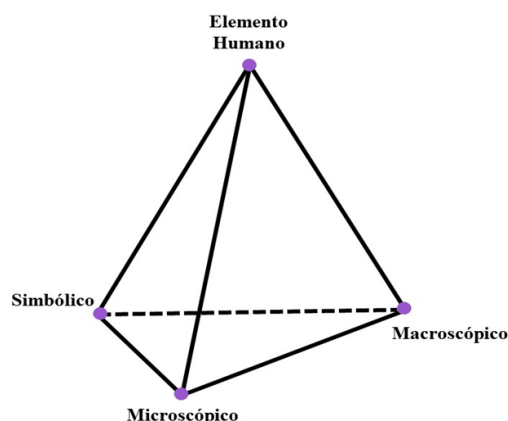
Historicamente, os aspectos relacionados à inclusão foram amplamente negligenciados na educação em Química. Os modelos tradicionais da disciplina, como o modelo triangular proposto por Alex H. Johnstone (1993), concentravam-se nos níveis macroscópico (descrição), microscópico (explicação) e simbólico (representação), conforme ilustrado na Figura 1.



Fonte: Própria (2024).

De acordo com Tavares (2021), o nível “macroscópico” refere-se aos fenômenos que podem ser observados diretamente com os sentidos, sem o auxílio de equipamentos especializados. Já o nível “microscópico” envolve a compreensão teórica dos conceitos, como as interações entre moléculas. Por fim, o nível “simbólico” diz respeito à linguagem própria da Química, abrangendo o uso de símbolos e fórmulas nas equações químicas.

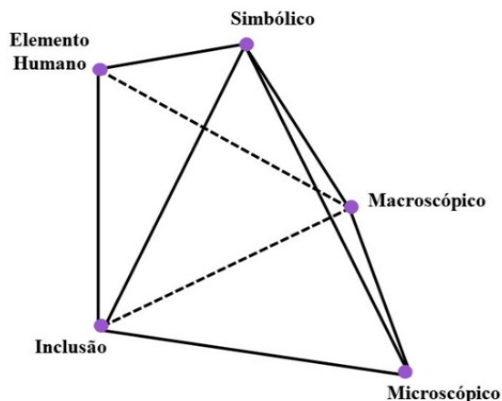
Ao longo do tempo, ocorreram avanços, como os propostos por Peter Mahaffy (2006), que transformaram o modelo triangular em um tetraedro (Figura 2), acrescentando uma dimensão que reconhece os contextos sociais relacionados à Química, incluindo o elemento humano (Mahaffy, 2006). Esse novo nível envolve a inserção do ser humano como participante ativo na construção dos conceitos químicos, estabelecendo uma conexão entre a Química e as experiências dos discentes.

Figura 2 - Tetraedro de Mahaffy.

Fonte: Própria (2024).

Embora tenha havido uma expansão conceitual com a introdução do tetraedro de Mahaffy, ainda persistia a ausência de uma representação adequada da inclusão, já que este aspecto não estava presente nem no triângulo de Johnstone nem no tetraedro de Mahaffy. A percepção de que a inclusão é essencial no ensino de Química resultou no desenvolvimento da Metáfora da Bipirâmide Triangular (MBT), proposta por Carlos Alberto da Silva Júnior, que introduz a inclusão como o quinto vértice na representação química, com o objetivo de promover a conscientização sobre a Inclusão no EQ (Da Silva Júnior, 2023).

Uma bipirâmide triangular é um tipo de hexaedro que possui cinco vértices (Figura 3). Na MBT, propõe-se que a Química pode ser representada em cinco níveis: macroscópico (representação fenomenológica), simbólico (representação comunicativa), microscópico (representação teórica), elemento humano (representação do contexto social) e inclusão (representação acessível/inclusiva). Esses cinco níveis, juntos, constituem as representações químicas (Da Silva Júnior, 2023; Da Silva Júnior *et al.*, 2024; Queiroz *et al.*, 2024; Ferraz *et al.*, 2024; 2025; Silva *et al.*, 2025).

Figura 3 - Bipirâmide Triangular de Da Silva Júnior.

Fonte: Própria (2024).

De acordo com Santos *et al.* (2020), a inclusão não pode ser dissociada do ensino de Química, ressaltando a importância de tornar a educação científica acessível a todos os alunos, considerando suas particularidades. Ensinar Química sem abordar os níveis simbólico, macroscópico, microscópico e social seria insuficiente, e o uso da MBT reforça que o nível de inclusão é igualmente indispensável. Dessa forma, a MBT se apresenta como uma abordagem inovadora, destinada a assegurar que todos tenham acesso ao ensino de Química.

QUÍMICA VERDE E O OBJETIVO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 4

A Agenda 2030 para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), proposta pela Organização das Nações Unidas em 2015, representa um apelo global à ação com o intuito de promover um mundo mais justo e sustentável. Esses objetivos visam, entre outras metas, acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima, além de garantir que todas as pessoas, em qualquer lugar do mundo, possam viver em paz e prosperidade (ONU, 2024).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são detalhadamente divididos em 17 objetivos e 169 metas que abordam os principais desafios globais de desenvolvimento, conforme descrito por Tavares *et al.* (2022) e Santos e Pontes (2019). Entre esses objetivos, destaca-se o ODS 4, que visa assegurar uma educação inclusiva, equitativa e de qualidade para todas as pessoas, promovendo oportunidades de aprendizagem contínua ao longo da vida (ONU, 2024).

Em pesquisa conduzida por Pimentel (2019), foi observado que o Brasil progrediu na universalização do acesso à educação básica, mas ainda carece de investimentos significativos para assegurar a aprendizagem efetiva dos alunos. A autora enfatiza que a Agenda 2030 é um recurso fundamental para a promoção de uma educação de qualidade para todos, destacando que o ODS 4 está intrinsecamente ligado ao direito humano à educação, garantindo igualdade de acesso e oportunidades de aprendizado, sem discriminação.

No que diz respeito à educação de qualidade, é fundamental considerar a qualidade do currículo pedagógico. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece que as redes de ensino e as instituições educacionais têm a responsabilidade de incluir em seus currículos e propostas pedagógicas a abordagem de temas contemporâneos que impactam a vida humana em níveis local, regional e global, preferencialmente de maneira transversal e integradora (Brasil, 2017). Fundamentado nisso, Da Silva Júnior (2017) ressalta que a Química Verde (QV), no contexto do ensino de Química e da Educação Ambiental, deve ser abordada de forma integrada, contínua e permanente nas escolas, caracterizando-se como uma proposta transversal.

Conforme afirmam de Da Silva Júnior, Jesus e Girotto Júnior (2022, p. 1010) “a Química Verde é considerada uma área multidisciplinar que cria, desenvolve e aplica produtos e processos químicos que visam a redução ou eliminação do uso e da geração de substâncias nocivas ao meio ambiente e ao homem”. Segundo os autores, a QV se baseia em 12 (doze) princípios fundamentais que visam transformar a maneira como a Química é praticada, considerando não apenas os aspectos técnicos, mas também os impactos sociais e ambientais de suas atividades, conforme apresenta a Figura 4.

Figura 4 - Os 12 Princípios da Química Verde.



Fonte: Da Silva Júnior; Jesus; Girotto Júnior, 2022.

A adoção de métodos tradicionalistas que não contextualizam os conteúdos à realidade dos alunos cria barreiras no processo educativo, resultando em desmotivação e desinteresse pelos estudos (Diniz *et al.*, 2021). Nesse contexto, a implementação da QV torna o aprendizado mais relevante e significativo, possibilitando a aplicação da abordagem de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Segundo Rodríguez e Del Pino (2019), essa abordagem contribui para que os estudantes adquiram conhecimento científico e aprendam a avaliar as implicações sociais, éticas e ambientais, promovendo uma tomada de ações e decisões mais conscientes e responsáveis em relação à ciência e à tecnologia.

METODOLOGIA

Nesta intervenção pedagógica, adotou-se uma abordagem qualitativa de natureza participante. Segundo Magalhães Júnior e Batista (2021), a pesquisa qualitativa é amplamente utilizada em estudos de diferentes campos científicos, inclusive na educação e no ensino de ciências. Além disso, os autores evidenciam uma importante particularidade dessa metodologia, que trata da possibilidade de os pesquisadores captarem as visões, percepções e teorias dos sujeitos pesquisados sobre o mundo.

Nesse contexto, a escolha pela abordagem qualitativa de natureza participante se justifica pela possibilidade de o pesquisador manter uma interação direta, contínua e duradoura com os participantes em seus contextos culturais, conforme apontado por Correia (2009). A autora ressalta que, nessa abordagem, o pesquisador atua como o principal instrumento de investigação, estando imerso na realidade dos atores sociais.

O universo da pesquisa abrangeu uma turma inclusiva do 4º ano do Curso Técnico Integrado ao Ensino Médio de Controle Ambiental, composta por 38 (trinta e oito) alunos matriculados, sendo 35 (trinta e cinco) alunos ouvintes e 3 (três) alunas surdas, do Instituto Federal da Paraíba (IFPB), *Campus* João Pessoa. Nessa turma, ocorreu a aplicação do projeto que contempla os 5 (cinco) níveis da MBT, avaliados em momentos distintos, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Etapas da aplicação.

MOMENTOS	NÍVEIS
Momento 1	Nível Macroscópico
Momento 2	Nível Simbólico
Momento 3	Nível Microscópico
Momento 4	Nível Elemento Humano
Momento 5	Nível Inclusão

Fonte: Própria (2024).

Vale ressaltar que, o presente trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do IFPB, sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE): 78438724.4.0000.5185, conforme regulamenta a Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde (CNS) (Brasil, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

NÍVEL MACROSCÓPICO

Ao longo do desenvolvimento da pesquisa, adotou-se a MBT como fundamento em todas as suas etapas, contemplando seus diferentes níveis. Desde o delineamento da proposta, foi considerada a importância de integrar uma abordagem prática que representasse fenômenos macroscópicos, culminando em atividades experimentais. A prática experimental é vista como uma ferramenta indispensável para o aprendizado em Química, uma vez que facilita a compreensão dos conceitos pelos estudantes (Faitanini; Bretones, 2021).

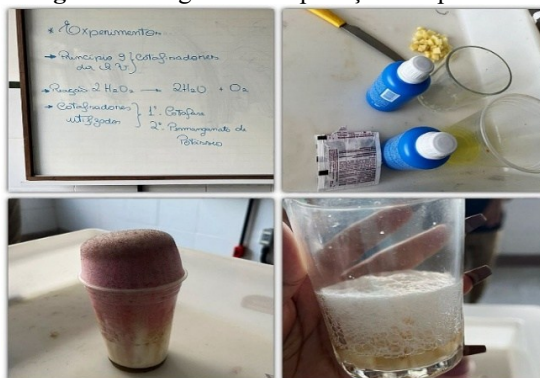
A estruturação da aula experimental teve foco na implementação de alternativas em conformidade com os princípios da QV, com ênfase especial no 9º (nono) princípio, que trata da utilização de catalisadores (Anastas; Warner, 1998). Na parte teórica, realizada previamente à aula prática, foram conduzidos debates que abordaram os conceitos centrais do tema,

ressaltando a importância do uso de matérias-primas e reagentes que causem o menor impacto ambiental possível.

Ademais, foi discutida a eficácia das reações químicas sustentáveis em comparação com as sínteses tradicionais, ressaltando a importância de gerar poucos subprodutos, desde que sejam biodegradáveis e seguros tanto para o meio ambiente quanto para a saúde humana. Durante os debates realizados na exposição teórica, surgiu a seguinte questão: como desenvolver um experimento químico que estivesse alinhado à teoria e, ao mesmo tempo, respeitasse aos princípios da QV?

Dessa forma, foram propostas aos alunos duas atividades experimentais: “Prática 1: Decomposição Enzimática do Peróxido de Hidrogênio com Catalase de Batata” e “Prática 2: Decomposição Química do Peróxido de Hidrogênio com Permanganato de Potássio”. Ambas as práticas seguiam o mesmo princípio reacional e tipo de síntese, diferenciando-se apenas pelo catalisador utilizado (Figura 5). Por esse motivo, foram conduzidas em uma única aula, seguidas de uma explicação detalhada pelos pesquisadores.

Figura 5 - Registros da aplicação das práticas.



Fonte: Própria (2024).

Os catalisadores utilizados nas práticas, a enzima catalase de batata e o permanganato de potássio, estão em conformidade com o princípio 9 da QV, que salienta a utilização de catalisadores para reduzir a energia de ativação das reações, acelerando-as sem a formação de subprodutos indesejados (Santos *et al.*, 2021). A catalase, uma enzima natural encontrada em diversos organismos, é um exemplo de catalisador biológico (Oliveira; Dias; Jardim, 2021). Por ser um composto presente em recursos acessíveis e não tóxicos, como a batata, a catalase se torna especialmente apropriada para experimentos educacionais que enfatizam a sustentabilidade e os princípios da QV.

Já o permanganato de potássio, um composto inorgânico amplamente disponível, destaca-se por sua eficiência na aceleração de reações e suas aplicações em cuidados com a

pele. Utilizado em soluções diluídas, ele desinfeta feridas e trata condições dermatológicas (Andrade *et al.*, 2023). Assim, ambos os catalisadores demonstram a capacidade de acelerar reações químicas de maneira eficiente e segura, preservando o meio ambiente e a saúde humana.

O momento experimental realizado revelou resultados significativos, especialmente em relação à interação entre os alunos, que demonstraram um elevado interesse pelas discussões. Durante essa atividade, surgiram perguntas pertinentes, como: “*Apenas a batata contém catalase?*”, “*A formação de bolhas observada é semelhante àquela que ocorre ao aplicar água oxigenada em ferimentos?*” e “*Essa reação aconteceria mesmo na ausência dos catalisadores?*”. A Figura 6 apresenta alguns registros dos estudantes durante a realização dos experimentos.

Figura 6 - Registros das aulas experimentais.



Fonte: Própria (2024).

A análise dos resultados destacados desponta o engajamento dos alunos, refletindo seu interesse e curiosidade pelo tema. As perguntas formuladas foram fundamentais para aprofundar a compreensão dos conceitos abordados. Além disso, essa interação demonstra que as experiências práticas são fundamentais para facilitar a aprendizagem e a aplicação dos princípios da Química. Essa verificação confirma os estudos de Sousa (2023), que evidenciam que a realização de experimentos em sala de aula enriquece o processo educativo ao estabelecer conexões significativas entre teoria e prática, promovendo um aprendizado mais eficaz.

Portanto, a relevância dos experimentos nas aulas de Química reside na sua capacidade de estimular a curiosidade e facilitar a compreensão de conceitos complexos. Assim, a proposta da pesquisa alcança o primeiro nível da MBT, ao proporcionar uma demonstração macroscópica do conteúdo discutido. Essa abordagem enriquece a experiência de aprendizado dos alunos e fortalece a conexão entre teoria e prática, que é essencial para a formação de cidadãos críticos e bem-informados.

NÍVEL SIMBÓLICO

O segundo nível da MBT no projeto abordou o aspecto simbólico das reações químicas, enfatizando a representação gráfica e a interpretação dos símbolos químicos envolvidos. O foco principal foi a utilização de catalisadores não tóxicos, uma prática que exige uma compreensão precisa das equações químicas. Conforme indicado por Chang (2010), as equações químicas atuam como representações visuais e simbólicas das reações, sendo essenciais para a compreensão dos demais processos.

Nesse sentido, a familiarização dos alunos com esses símbolos facilita a assimilação dos conteúdos, promovendo uma visão crítica e analítica sobre as sínteses químicas. Com isso, observou-se que a introdução de catalisadores não tóxicos pode ser realizada de forma simplificada, permitindo que os alunos entendam melhor como esses compostos influenciam a aceleração das reações.

A representação gráfica da energia de ativação, tanto antes quanto após a aplicação de um catalisador, é uma ferramenta didática valiosa, pois demonstra a redução dessa energia e, consequentemente, o aumento da velocidade da reação. Além disso, modelos de síntese mais curtos e diretos, típicos da QV, ajudam os alunos a visualizar de maneira clara a simbologia química.

Nesse contexto, foi realizada uma verificação qualitativa da participação dos estudantes e de seus desempenhos nas atividades propostas ao longo das aulas, revelando a compreensão dos conteúdos por parte dos participantes. Essa compreensão está intimamente relacionada aos resultados da aplicação da abordagem simbólica, que incentivou os alunos a associar os símbolos químicos às suas respectivas funções nas reações. Dessa forma, conclui-se que o nível simbólico foi um aspecto significativo abordado durante a execução do projeto de pesquisa.

Nível Microscópico

O terceiro nível da MBT no projeto abordou o estudo molecular das reações químicas, destacando os processos de ligação atômica que culminam na formação de novos produtos, além de discutir a função dos catalisadores, que atuam sem interferir diretamente nas reações. Para facilitar essas representações, foram empregadas Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs), destacando-se a utilização de animações por meio do *software Microsoft PowerPoint*.

O *PowerPoint* foi utilizado para criar materiais didáticos mais dinâmicos, incorporando uma variedade de recursos de animação. Essas funcionalidades tornam a abordagem do nível simbólico mais tangível, proporcionando uma visualização microscópica das reações químicas, tanto catalisadas, quanto não catalisadas. Essa abordagem revelou-se relevante, uma vez que a

compreensão dessas reações em sua dimensão molecular é fundamental para que os alunos possam internalizar conceitos abstratos (Gibin; Rodrigues, 2023), promovendo um entendimento mais sólido e integrado.

Dessa forma, o nível microscópico foi efetivamente explorado no desenvolvimento dos materiais didáticos, tornando o conteúdo mais dinâmico, interativo e acessível para os alunos. A interatividade é um componente crucial no processo de ensino-aprendizagem (Bandeira; Vasconcelos, 2023), pois permite que os alunos se tornem protagonistas de sua aprendizagem, facilitando a construção do conhecimento de forma ativa.

NÍVEL ELEMENTO HUMANO

No que se refere ao nível de elemento humano da MBT, foram considerados diversos fatores para o andamento das atividades da pesquisa, tais como as vivências dos estudantes, sua formação técnica e o nivelamento dos conteúdos de acordo com o conhecimento dos alunos. Como já mencionado, a turma era composta por estudantes do curso Técnico em Controle Ambiental integrado ao Ensino Médio. Assim, a abordagem de temáticas sustentáveis, como a QV e seus princípios, é indispensável para a formação técnica e para a vida profissional dos discentes.

Relatos dos estudantes apontaram um desconhecimento prévio em relação a QV, apesar desse tema estar presente no ENEM e em outros vestibulares (Da Silva Júnior; Lopes, 2021). Esse fato destacou a importância do projeto, que integrou um conteúdo essencial, mas pouco abordado. Embora os conceitos de reações químicas e catalisadores fossem tratados no Ensino Médio, o projeto os contextualizou com a QV e os apresentou de forma mais dinâmica e interativa, utilizando jogos, experimentos, debates e outras atividades.

A metodologia de situação-problema também foi aplicada, incentivando os estudantes a formularem hipóteses para solucionar as problemáticas apresentadas, com base em seus conhecimentos prévios (Bernardo; Suart; Souza, 2023). Essa abordagem reforçou ainda mais a exploração do quarto nível da MBT no desenvolvimento do projeto, promovendo uma aprendizagem ativa e significativa.

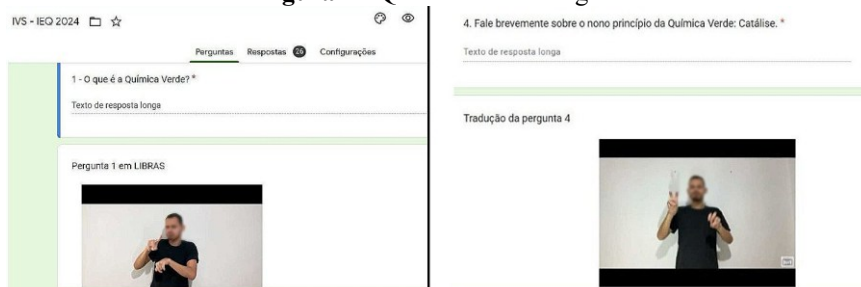
Adicionalmente, a pesquisa focou no ODS 4, referente à educação de qualidade, mostrando aos estudantes a relevância de abordar esses conceitos em sala de aula para tornar o ensino mais qualificado. Dessa maneira, o nível de elemento humano foi plenamente integrado, principalmente por meio das discussões promovidas, desenvolvendo a interpretação crítica dos alunos sobre os conteúdos tratados em sala de aula.

NÍVEL INCLUSÃO

O diferencial da proposta da MBT em relação a outras representações do ensino de Química reside na presença do nível de inclusão, que constitui um dos cinco pilares desse modelo didático (Da Silva Júnior, 2023). Nesse sentido, o ensino de Química não pode se dissociar da Educação Inclusiva. Para atender a esse aspecto, o projeto foi totalmente desenvolvido, desde o planejamento até a implementação final, por meio da Metodologia Bilíngue, garantindo que todos os materiais fossem acessíveis para ouvintes e surdos, além da presença constante de TILS nas aulas.

Esse fator esteve presente nos questionários, que contavam com tradução para Libras (Figura 7). A construção dos questionários bilíngues, no *Google Forms*, seguiu a seguinte sequência: formulação das perguntas; gravação das perguntas com a tradução em Libras; estruturação dos formulários em português-Brasil; inserção dos vídeos contendo a tradução em Libras.

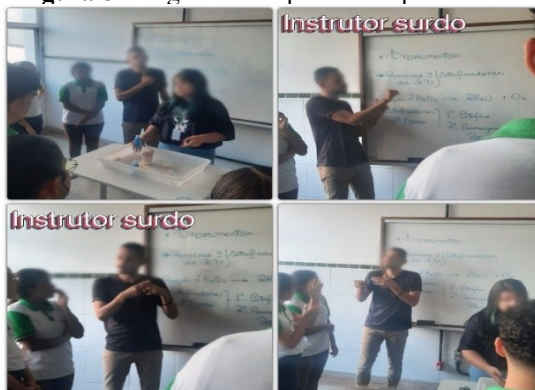
Figura 7 - Questionário Bilíngue.



Fonte: Própria (2024).

A utilização do *Google Forms* reflete a importância das TDICs para o desenvolvimento de materiais acessíveis, promovendo maior interação entre surdos e ouvintes, conforme destacado por Nascimento (2020). Nesse andamento, nas práticas realizadas durante as aulas, o nível de inclusão também foi abordado, sendo os experimentos apresentados por um instrutor surdo e um ouvinte (Figura 8).

Figura 8 - Registros das práticas experimentais.

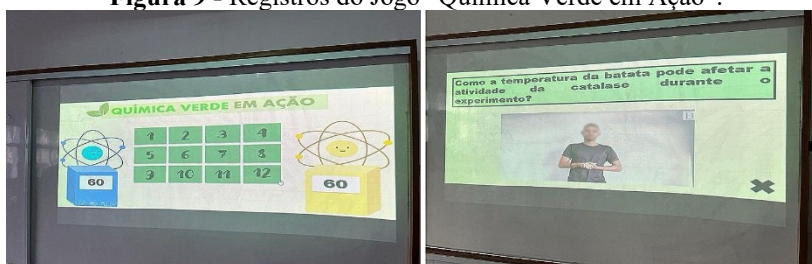


Fonte: Própria (2024).

Tais ações foram cruciais para garantir que os alunos surdos pudessem participar ativamente das atividades experimentais. Essa inclusão visou tanto favorecer a compreensão dos conceitos químicos abordados, quanto promover um ambiente de aprendizado mais equitativo. Embora haja um consenso sobre a importância dos experimentos nas aulas de Química, ainda existe uma lacuna significativa em relação à inclusão efetiva de estudantes surdos nessas atividades (Souza, 2022). Isso demonstra a relevância do quinto nível da MBT em todas as abordagens metodológicas.

Por fim, com o objetivo de tornar o processo de aplicação do projeto mais dinâmico e atraente para os estudantes, foi desenvolvido um jogo educativo intitulado “Química Verde em Ação” (Figura 9). Este material consiste em um jogo de perguntas e respostas relacionado aos conteúdos abordados nas aulas anteriores. Para a sua aplicação, a turma foi dividida em dois grupos, e, a cada resposta correta, os participantes acumulavam pontos.

Figura 9 - Registros do Jogo “Química Verde em Ação”.



Fonte: Própria (2024).

O diferencial do recurso mencionado, em comparação aos demais jogos educativos disponíveis na literatura, é a presença da tradução simultânea em Libras, o que o caracteriza como um material bilíngue. Segundo Velozo *et al.* (2024), a falta de adaptação ou criação de jogos inclusivos ainda é uma realidade. Assim, essa ação desenvolvida na pesquisa revela-se de extrema importância para o ensino de Química, atendendo ao nível de inclusão da MBT.

CONCLUSÕES

Os dados obtidos na pesquisa confirmam que os cinco níveis propostos pela MBT foram plenamente alcançados em todas as etapas, evidenciando a relevância do desenvolvimento de recursos didáticos inclusivos para atender às necessidades de todos os estudantes. Para isso, é imprescindível adotar um enfoque educacional que valorize a inclusão, especialmente em disciplinas com conceitos abstratos, como a Química.

A MBT destaca que o ensino de Química deve ir além da teoria, garantindo acessibilidade e promovendo um ambiente de aprendizado mais dinâmico para todos os perfis

de estudantes. A proposta apresentada alcançou esse objetivo, ao tornar a Química Verde mais acessível e interativa, reforçando a importância de um ensino inclusivo.

Além disso, a pesquisa visa servir como meio de fundamentação para futuras investigações na área, especialmente com a criação de materiais didáticos bilíngues e o uso das TDICs integradas à QV. Esses resultados apontam para a necessidade de mais investigações sobre a inclusão no ensino de Ciências. Logo, a pesquisa busca abrir portas para novas iniciativas que contribuam para a formação escolar, alinhadas ao ODS 4, que visa garantir uma educação de qualidade para todos.

REFERÊNCIAS

ANASTAS, P. T.; WARNER, J. C. Green Chemistry: Theory and Practice. **Green Chemistry: Theory and Practice**, Oxford University Press, New York, 1998.

ANDRADE, R. B. *et al.* Uso do azul de metileno e permanganato de potássio em lesão cutânea de *Phractocephalus hemioliopus*. **Pubvet**, v. 17, n. 4, p. e1371, 2023.

ANDRADE, R. S.; ZUIN, V. G. A Alfabetização Científica em Química Verde e Sustentável. **Educação Química em Punto de Vista**. v.7, p. 1-15, 2023.

BANDEIRA, L. G.; VASCONCELOS, T. L. S. Elaboração de Materiais Didáticos Interativo para Disciplina de Química Inorgânica. **Seminário de Projetos de Ensino**, v. 7, n. 1, 2023.

BERNARDO, R. A.; SUART, R. C.; SOUZA, J. A. Contribuição de uma Sequência de Aulas Investigativas para a Promoção da Argumentação em Química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 9, n. 1, p. 294-315, 2023. DOI: <https://doi.org/10.53003/redequim.v9i1.5797>

BRASIL, **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 15 set. 2024.

BRASIL, **Decreto nº 5.626**, de 22 de dezembro de 2005. Diário Oficial da União. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5626.htm. Acesso em: 15 set. 2024.

BRASIL, **Lei nº 10.436**, de 24 de abril de 2002. Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110436.htm. Acesso em: 10 set. 2024.

BRASIL. **Resolução Nº 466**, de 12 de dezembro de 2012. Disponível em: <https://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>. Acesso em: 11 out. de 2024.

CHANG, R. **Química Geral: Conceitos Essenciais**. 4ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2010.

COLACIQUE, R. C.; GONÇALVES, L. C. Adequação curricular e BNCC: desafios para o ensino bilíngue de estudantes surdos. **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação**, v. 39, n. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21573/vol39n12023.128390>

CORREIA, M. C. B. A observação participante enquanto técnica de investigação. **Pensar Enfermagem**, v. 13, n. 2, p. 30-36, 2009. DOI: <https://doi.org/10.56732/pensarenf.v13i2.32>

CRUZ, D. K. A. *et al.* Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as fontes de dados para o monitoramento das metas no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, número especial, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/SS2237-9622202200010.especial>

DA SILVA JÚNIOR, C. A. **Química verde: a utilização de ferramentas didáticas numa sala inclusiva**. Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura em Química - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, 2017.

DA SILVA JÚNIOR, C. A.; LOPES, J. R. G. Química Verde no ENEM: Uma Análise Documental das Provas de 2009 a 2020. In: II Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, 2021, Diamantina – MG. Anais do II Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, 2021. DOI: <https://doi.org/10.29327/143026.2-84>

DA SILVA JÚNIOR, C. A.; JESUS, D. P.; GIROTTO JÚNIOR, G. Química Verde e a Tabela Periódica de Anastas e Zimmerman: Tradução e Alinhamentos com o Desenvolvimento Sustentável. **Química Nova**, v. 45, p. 1010-1019, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170893>

DA SILVA JÚNIOR, C. A. Triangular Bipyramid Metaphor (TBM), an Imagetic Representation for the Awareness of Inclusion in Chemical Education (ICE). **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 3, p. 10567-10578, 2023. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n3-112>

DA SILVA JÚNIOR, C. A. *et al.* Green chemistry for all: three principles of Inclusive Green and Sustainable Chemistry Education. **Pure and Applied Chemistry**, v. 96, n. 9, 2024, p. 1299-1311. DOI: <https://doi.org/10.1515/pac-2024-0245>

DINIZ, F. E. *et al.* O Ensino de química integrado a temas ambientais: um relato de experiência com escolares do ensino médio. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e25110817378-e25110817378, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17378>

FAITANINI, B. D.; BRETONES, P. S. A Análise da Motivação de Alunos a partir de um Processo de Escolha, Preparação e Apresentação de Experimentos de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.21, p. 1–33, 2021. DOI: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u679711>

FERRAZ, J. M. S. *et al.* Criação de Vídeos didáticos em Libras a partir da Metáfora da Bipirâmide Triangular (MBT) para o Ensino de Química Verde. **International Journal Education and Teaching (PDVL)**, v. 7, n. 3, p. 143-161, 2024. DOI: <https://doi.org/10.31692/2595-2498.v7i3.397>

FERRAZ, J. M. S. *et al.* Educação inclusiva em química verde para surdos: contextualização por meio de situações-problema. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 17, n. 1, p. e7151, 2025. DOI: <https://doi.org/10.55905/cuadv17n1-022>

GIBIN, G. B.; RODRIGUES, A. M. Modelos mentais de alunos do ensino médio sobre a pilha de Daniell: animações produzidas por meio do aplicativo stop motion. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, v. 13, n. 2, p. 153-171, 2023. DOI: <https://doi.org/10.31512/encitec.v13i2.609>

GOMES, E. M. L. S.; Souza, F. F. Pedagogia visual na educação de surdos: análise dos recursos visuais inseridos em um LDA. **Revista Docência e Ciberultura**, v. 4, n. 1, p. 99-120, 2020. DOI: <https://doi.org/10.12957/redoc.2020.49323>

GUIMARÃES JUNIOR, J. C. *et al.* Bilingual education for the deaf in Brazil in the context of basic education: a bibliometric study based on stricto sensu research (2017 – 2021). **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e30111326720, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26720>

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9, p. 701, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1021/ed070p701>

LEITE, É. R. D. O. R.; LEITE, B. S. O Ensino de Química para Estudantes Surdos: A Formação dos Sinais. In: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química, 2012, Salvador – BA. Anais do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química, 2012.

MAGALHÃES JÚNIOR, C. A. O.; BATISTA, M. C. **Metodologia da pesquisa em educação e ensino de ciências**. Maringá: Editora Massini, 2021.

MAHAFFY, P. Moving chemistry education into 3D: A tetrahedral metaphor for understanding chemistry. Union Carbide Award for Chemical Education. **Journal of Chemical Education**, v. 83, n. 1, p. 49, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1021/ed083p49>

NASCIMENTO, S. T. O Uso de TDIC no Processo de Construção da Aprendizagem do Aluno Surdo no Ensino Superior. In: Congresso Internacional de Educação e Tecnologias, São Carlos – SP, 2020.

NORDIO, V. A.; NEVES, R. C. Educação de surdos no Brasil e Bilinguismo: um olhar sobre o tema. **Cadernos de Educação Básica**, v. 7, n. 1, p. 176-194, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33025/ceb.v7i1.3160>

OLIVEIRA, B. T.; DIAS, D. P. P.; JARDIM, M. I. A. Propostas de roteiros experimentais sobre o conteúdo de cinética química, subsidiados pelas concepções empirista-indutivista e ensino investigativo. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.3.3-36>

ONU BRASIL. Objetivo 4. Educação de Qualidade: Garantir o acesso à educação inclusiva, de qualidade e equitativa, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos, 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/4>. Acesso em: 28 fev. 2024.

PIMENTEL, G. S. R. O Brasil e os desafios da educação e dos educadores na agenda 2030 da ONU. **Revista Nova Paideia-Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa**, v. 1, n. 3, p. 22-33, 2019. DOI: <https://doi.org/10.36732/riep.v1i3.36>

QUEIROZ, J. G. G. et al. Formação de Professores e Inclusão: Metáfora da Bipiâmide Triangular no Planejamento de Aulas Inclusivas de Química para Ouvintes e Surdos. **International Journal Education and Teaching (PDVL)**, v. 7, n. 3, p. 125-142, 2024. DOI: <https://doi.org/10.31692/2595-2498.v7i3.396>

RODRÍGUEZ, A. S. M.; DEL PINO, J. C. O enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na reconstrução da identidade profissional docente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 2, p. 90-119, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n2p90>

RÜNTZEL, P. L.; MARQUES, C. A. Ambiente temático virtual de Química Verde para simulações de sínteses no Ensino de Química na perspectiva do desenvolvimento sustentável. **Química Nova na Escola**, v. 44, n. 2, p. 183-193, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160308>

SANTOS, K. M. S. *et al.* Avaliando Métricas em Química Verde de Experimentos Adaptados para a Degradação do Corante Amarelo de Tartrazina para Aulas no Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 4, p. 411-417, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160260>

SANTOS, P. M. M. *et al.* Educação inclusiva no Ensino de Química: uma análise em periódicos nacionais. **Revista Educação Especial**, v. 33, p. 1-19, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/1984686X36887>

SANTOS, A. C. S.; PONTES, A. N. Avaliando o alcance dos objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil. **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**, n.2, p. 1-14, 2019.

SILVA, A. R. **O desafio do bilinguismo para alunos surdos no contexto da inclusão: o caso de uma escola municipal do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado - UFRJ, 2015.

SILVA, I. R. Educação bilíngue para surdos e valorização de línguas minoritárias. **Estudos Linguísticos**, v. 44, n. 2, p. 574-583, 2015.

SILVA, D. D. *et al.* Abordagem inclusiva da química verde e sustentável para estudantes surdos e ouvintes no ensino médio integrado. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 1, p. e13065, 2025. DOI: <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n1-008>

SOARES, C. R. G.; SILVA, M. S.; NUNES, L. A. G. Um olhar sobre o Ensino de Química para os alunos surdos do Ensino Médio. **Devir Educação**, v. 7, n. 1, p. e-654, 2023. DOI: <https://doi.org/10.30905/rde.v7i1.654>

SOUSA, K. M. C. **A importância das atividades experimentais no processo de ensino-aprendizagem de química no ensino médio**. Trabalho de Conclusão de Curso de Química. Universidade Federal do Maranhão, 2023. Disponível em: <https://rosario.ufma.br/jspui/handle/123456789/6886>. Acesso em: 13 out. 2024.

SOUZA, N. S. *et al.* Inclusive Teaching in Organic Chemistry: A Visual Approach in the Time of COVID-19 for Deaf Students. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 10, n. 1, p. 290-306, 2022. DOI: <https://doi.org/10.31686/ijer.vol10.iss1.3618>

SOUZA, M. N. V. **Os desafios da aprendizagem de Química para uma estudante surda**. Trabalho de Conclusão de Curso de Ciências Naturais/Química, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), 2022. Disponível em: <https://rosario.ufma.br/jspui/handle/123456789/6878>. Acesso em: 13 out. 2024.

STROBEL, K. **As imagens do outro sobre a cultura surda**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008.

TAVARES, M. J. F. **Estudo de Caso e Produção Audiovisual Inclusiva Relacionados aos Princípios da Química Verde**. Monografia (Graduação em Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba, Paraíba, 2021.

TAVARES, M. J. F. *et al.* Inclusão de um discente surdo em uma turma de ouvintes: Uma abordagem contextualizada em período de pandemia. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 38389-38407, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-346>

TAVARES, M. J. F. *et al.* A Importância do Ano Internacional das Ciências Básicas para o Desenvolvimento Sustentável. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 11243-11258, 2022a. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n2-185>

TAVARES, M. J. F. *et al.* A Química Verde nos Artigos Publicados na Química Nova na Escola: 2011-2021. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 11308-11324, 2022b. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n2-189>

VALSECHI, G. S. V. S.; MARTINS FILHO, L. J. Discussão acerca da educação de surdos no momento atual: uma visão concreta sobre a educação inclusiva versus a educação bilíngue.

Comunicações, v. 27, n. 2, p. 105-119, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15600/2238-121X/comunicacoes.v27n2p105-119>.

VELOZO, M. C. S. *et al.* Ensino inclusivo de Química e Educação Ambiental: a utilização do lúdico para a inclusão de alunos surdos. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 17, p. e91111738626-e91111738626, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i17.38626>

VELOZO, M. C. S. *et al.* Rota Verde: um jogo educativo e potencialmente inclusivo para o ensino de Química Verde para surdos. **Química Nova na Escola**, v. 46, n. 4, p. 491-499, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160386>

Submetido em: 20/10/2024

Aceito em: 29/11/2024

Publicado em: 30/04/2025

Avaliado pelo sistema *double blind review*