

**FERTILIZANTES
BIODEGRADÁVEIS NO
ENSINO DE QUÍMICA: UMA
ABORDAGEM
SUSTENTÁVEL EM UMA
PERSPECTIVA CTSA**

**BIODEGRADABLE FERTILIZERS IN CHEMISTRY EDUCATION: A
SUSTAINABLE APPROACH FROM A SCIENCE, TECHNOLOGY, AND SOCIETY
PERSPECTIVE**

Ciências Biológicas, Ciências Humanas • 02/05/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/777555367](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/777555367)

Queren Hapuque Silva¹

Túlio Rafael José Gomes da Silva¹

Marcos Antonio Sousa Barros²

RESUMO

A química ambiental e a sustentabilidade são bases que fundamentam e norteiam a compreensão crítica que envolve a pauta do uso dos fertilizantes químicos tradicionais e das alternativas biodegradáveis que embasam o contexto socioambiental contemporâneo. Anteposto, o presente trabalho aborda a contextualização do conceito de sustentabilidade a partir do estudo de fertilizantes utilizando uma perspectiva da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (CTSA), aprofundando-se nos estudos dos fertilizantes biodegradáveis. O objetivo é a promoção de uma abordagem sustentável no ensino de química explorando o uso de fertilizantes naturais a partir de materiais renováveis. A proposta é pautada na utilização dos conceitos químicos como: solubilidade, nutrientes, reação no solo e ciclagem da matéria. A abordagem CTSA embasa o estudo social, tecnológico e ambiental que estimula os estudantes a reconhecerem os benefícios e riscos associados ao uso dos fertilizantes químicos tradicionais, bem como analisar soluções mais ecologicamente viáveis, como os fertilizantes biodegradáveis. Durante a abordagem, foi produzido um fertilizante caseiro, a base de cascas de banana, cascas de ovos e borra de café, para consolidar a problematização e promover o pensamento crítico-social através do uso de materiais alternativos. A partir disso, foi levantado o seguinte questionamento: como o uso de fertilizantes biodegradáveis de liberação controlada pode contribuir para uma abordagem sustentável no ensino de química numa perspectiva CTSA. A pesquisa foi realizada em uma turma do primeiro ano do ensino médio e tem metodologia pautada na pesquisa qualitativa. Os resultados demonstram a relevância das metodologias empregadas na aplicação da sequência didática (SD) fundamentada na abordagem CTSA, indicando avanços na qualidade das argumentações dos estudantes, além de fazerem

relações diretas dos conteúdos estudados com o conceito de sustentabilidade.

Palavras-chave: Ensino de química; Sustentabilidade; Fertilizantes; CTSA.

ABSTRACT

Environmental chemistry and sustainability are the foundational pillars that guide a critical understanding of issues surrounding the use of traditional chemical fertilizers and biodegradable alternatives within the contemporary socio-environmental context. This study contextualizes the concept of sustainability through the examination of fertilizers from a Science, Technology, Society, and Environment (STSE) perspective, with a focus on biodegradable fertilizers. The objective is to promote a sustainable approach in chemistry education by exploring the use of natural fertilizers derived from renewable materials. The proposal is grounded in chemical concepts such as solubility, nutrients, soil reactions, and matter cycling. The STSE approach supports social, technological, and environmental study that encourages students to recognize the benefits and risks associated with traditional chemical fertilizers, as well as to analyze more ecologically viable solutions, such as biodegradable fertilizers. During the approach, a homemade fertilizer was produced using banana peels, eggshells, and coffee grounds to consolidate the problematization and foster critical-social thinking through the use of alternative materials. This led to the following question: how can the use of controlled-release biodegradable fertilizers contribute to a sustainable approach in chemistry education from a STSE perspective? The research was conducted with a first-year high school class and follows a quantitative research methodology. The results demonstrate the relevance of the methodologies employed in applying the STSE-

based didactic sequence, indicating improvements in the quality of students' arguments and direct connections between the studied content and the concept of sustainability.

Keywords: Chemistry education; Sustainability; Fertilizers; STSE.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a Química se consolidou como uma ciência central para o desenvolvimento da sociedade, sendo responsável por avanços em materiais, processos tecnológicos e soluções aplicadas a fenômenos cotidianos (Gomollón- Bel; García-Martinez, 2024). Embora tenha se estabelecido formalmente como uma ciência experimental no século XVIII, sua influência sempre esteve presente, desde os tempos antigos, contribuindo de maneira fundamental para o progresso de diversas civilizações, especialmente em áreas como a agricultura (Marques, 2019).

No âmbito educacional, a Química figura como um componente curricular que engloba as temáticas de ciências da natureza. De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), na área de Ciências da Natureza, os conhecimentos conceituais são sistematizados em leis, teorias e modelos. Isso justifica a necessidade do conhecimento técnico para o estudo dessa ciência e para a contextualização dos conceitos científicos. Por outro lado, essa disciplina também pode ser aplicada ao desenvolvimento crítico social, uma vez que seu estudo permeia os diferentes setores da sociedade, tendo uma perspectiva no âmbito da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), que “instrui e esclarece a sociedade em geral acerca dos impactos decorrentes dos avanços da Ciência e Tecnologia e suas consequências nos espaços sociais e ambientais” (Santos; Vilches; Brito, 2016).

Diante disso, o Ensino de Química, aliado ao movimento CTSA, busca contextualizar a aprendizagem com o desenvolvimento social, promovendo a reflexão sobre os impactos ambientais decorrentes das atividades produtivas. No âmbito individual, tem como objetivo ampliar o conhecimento do estudante sobre situações do cotidiano, fortalecendo sua capacidade de tomar decisões conscientes (Giffoni; Barroso; Sampaio, 2020).

Nesse sentido, um dos papéis do ensino de Química é auxiliar na compreensão dos avanços tecnológicos, das relações sociais e dos impactos dessas ações sobre o meio ambiente. Ao entender os processos químicos, torna-se possível perceber as consequências da intensa era de consumo e produção do mercado, como ocorre, por exemplo, no uso excessivo de fertilizantes na agricultura (Brady; Weil, 2013).

Na atualidade, em meio a uma grande escala de consumo, o uso de fertilizantes na agricultura brasileira tem crescido de forma significativa devido à sua importância na composição do solo e viabilidade do plantio (Brasil, 2023). Seu uso é legalmente reconhecido mediante a Lei nº 6.894/80 que não só autoriza, mas estabelece meios de inspeção e fiscalização da sua produção e comercialização (Brasil, 1980). Contudo, embora a aplicação desse composto químico esteja atrelada ao processo de desenvolvimento do mercado e conseqüentemente aos avanços da oferta de alimentos para a população, sua utilização excessiva confronta os ideais da sustentabilidade, uma vez que a utilização recorrente deles implica uma dispersão não mensurável de elementos que, se não tratados de forma correta, produzem toxicidade ao meio ecológico e a qualidade de vida de toda população (Mendes *et al.*, 2010).

De acordo com o Plano Nacional de Fertilizantes 2050, o Brasil ocupa a quarta posição no consumo mundial de fertilizantes, com destaque para o uso de potássio, fósforo e nitrogênio, sendo a soja a cultura que mais exige esses insumos. A maior parte dos fertilizantes é importada, já que a produção interna atende a menos de 20% da demanda, o que confere ao país certo poder de negociação, especialmente no segundo semestre (Brasil, 2023). No entanto, o uso intenso e concentrado desses nutrientes, quando mal manejado, pode gerar problemas ambientais, como poluição de rios, contaminação de lençóis freáticos e desequilíbrios nos ecossistemas, evidenciando a necessidade de práticas agrícolas mais sustentáveis (Mendes *et al.*, 2010).

Sendo observados todos esses fatores, no decorrer dos anos, surgiu a necessidade de uma alternativa mais ecológica para a boa produtividade das plantas, como os fertilizantes orgânicos biodegradáveis que têm como princípio ativo uma composição com agentes orgânicos permitindo a sua biodegradação segura e controlada no solo. Sua produção, diferente dos fertilizantes sintéticos, previne os impactos ambientais, sendo norteadada por um caminho de síntese segura e renovação da matéria prima, isso faz com que, em seu processo, sejam preservados ambientes naturais como os lençóis freáticos e o solo (Guedes *et al.*, 2025).

Diante do que foi exposto, percebe-se que a discussão proposta ultrapassa um simples problema técnico, exigindo uma abordagem sustentável no ensino de Química. Nesse contexto, este estudo busca investigar o seguinte problema de pesquisa: como o uso de fertilizantes biodegradáveis pode contribuir para uma abordagem sustentável no ensino de Química, na perspectiva CTSA. A questão destaca a importância de aproximar o ensino químico da realidade

socioambiental, incentivando nos estudantes a compreensão dos impactos das ações humanas e a adoção de práticas conscientes. A análise do uso de fertilizantes naturais permite ampliar o conhecimento acerca dos elementos que compõem esses produtos e suas implicações ambientais, estimulando a reflexão crítica sobre alternativas sustentáveis. Dessa maneira, o estudo não apenas fortalece o ensino de Química, mas também colabora para a formação de cidadãos mais conscientes e preparados para os desafios ecológicos contemporâneos.

Nesse sentido, o presente trabalho buscou promover a Educação Ambiental alinhado ao conceito de sustentabilidade no ensino de química, por meio da temática de fertilizantes biodegradáveis como elemento de contextualização científica e socioambiental. Para isso, realizou-se a aplicação de uma sequência didática fundamentada na perspectiva CTSA. Tal proposta buscou relacionar conteúdos químicos ao cotidiano dos estudantes, trazendo discussões sobre os possíveis impactos ambientais causados pela utilização excessiva dos fertilizantes sintéticos e apresentando uma alternativa de fertilização sustentável. Os resultados obtidos evidenciaram que esta aplicação contribuiu na compreensão dos estudantes acerca dos conceitos desenvolvidos, além promover e ampliar a reflexão crítica em sala de aula. Assim, este estudo destaca a relevância de metodologias contextualizadas na temática de fertilizantes para o ensino de Química como estratégia para a promoção de uma educação alinhada às questões socioambientais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Promover a Educação Ambiental dentro do contexto da sustentabilidade no ensino de Química por meio de uma sequência didática (SD) que explore o uso de fertilizantes naturais a partir de materiais orgânicos.

2.2. Objetivos Específicos

- Elaborar uma SD de maneira teórico/experimental, contemplando conteúdos sobre fertilização com materiais alternativos.
- Aplicar uma SD com estudantes da turma do 1º ano do Ensino Médio.
- Analisar a efetividade da SD no desenvolvimento da consciência crítica acerca de práticas sustentáveis.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão discutidas as temáticas que fundamentarão este trabalho, tais como: a) educação ambiental e sustentabilidade; b) o ensino de Química e a evolução das concepções de ensino: do tradicionalismo à tomada de consciência; c) movimento CTSA e contribuições no desenvolvimento do ensino científico; d) fertilizantes: histórico e desenvolvimento; fertilizantes químicos: uso e impactos ambientais e; fertilizantes biodegradáveis: uma alternativa sustentável. Estas temáticas servirão como base para análise dos resultados da SD aplicada neste trabalho.

3.1. Educação Ambiental (EA) e Sustentabilidade

A intensificação dos modelos produtivos ao longo do tempo tem acarretado significativas consequências sociais e ambientais. O consumo em massa e a produção excessiva demandam a utilização frequente de compostos químicos, muitos deles potencialmente poluentes, capazes de impactar negativamente o meio ambiente, evidenciando a irracionalidade ecológica dos padrões dominantes de produção e consumo (Leff, 2006). Nesse contexto, a ação preventiva torna-se necessária nos processos industriais e no desenvolvimento do pensamento crítico da população, por meio de uma Educação Ambiental integrada aos currículos educacionais e às ações do cotidiano social (Dias, 1992).

De acordo com Jacobi (2003), a análise das práticas sociais, diante de um cenário caracterizado pelo contínuo comprometimento ambiental e pela degradação dos ecossistemas, demanda a construção de significados que orientem a EA como instrumento de compreensão e transformação dessa realidade. Nesse sentido, Leff (2001) destaca que a efetivação da EA depende da construção de um saber ambiental complexo, que possa ser incorporado às práticas pedagógicas e orientar o desenvolvimento de pesquisas na área.

Na década de 1960, diante do agravamento da crise ambiental, surgiu a expressão “Educação Ambiental”, formalmente apresentada na Conferência de Educação da Universidade de Keele, em 1965 (Dias, 2004).

A década de 1960 caracterizou-se pelo avanço desordenado da industrialização e pelo uso indiscriminado de produtos químicos, que contribuíram para a deterioração do espaço ecológico e interferiram na qualidade de vida da população. Conforme

destacado por Pedrini (2008), ao analisar o livro “Primavera Silenciosa”, de Rachel Carson, as preocupações em âmbito mundial surgiram ao evidenciar que o uso incorreto de produtos químicos prejudicava os recursos naturais e comprometia a qualidade de vida, especialmente em nações cujo crescimento econômico se baseava na exploração ambiental de regiões menos desenvolvidas.

A publicação do livro “Primavera Silenciosa”, de Rachel Carson, em 1962, levantou debates e exerceu papel fundamental ao evidenciar impactos ambientais causados por pesticidas e outras substâncias tóxicas. Tais reflexões impulsionaram ideias críticas acerca dos limites das atividades produtivas da época e fortaleceram a conscientização ecológica, favorecendo a consolidação da EA como campo teórico e prático nos próximos anos (Almeida, 2023).

A partir da Conferência de Estocolmo, em 1972, realizada em resposta à crise ambiental, o meio ambiente passa a integrar a agenda internacional. Nesse contexto, a EA é reconhecida como um instrumento essencial na promoção da qualidade de vida e na articulação entre meio ambiente e desenvolvimento, consolidando o conceito de sustentabilidade (Jacobi, 2005).

Segundo Jacobi (2003), a noção de sustentabilidade está associada à tentativa de articular as dimensões ambiental e socioeconômica, de forma a orientar o uso dos ecossistemas para a satisfação das necessidades humanas no presente, sem comprometer sua capacidade de atender às gerações futuras. Dessa forma, entende-se que a prevenção ecológica se alinha ao desenvolvimento econômico, observando o teto necessário na utilização de recursos e garantindo qualidade de vida e espaço ordenado a longo prazo.

Com a Carta de Belgrado publicada em 1975, foram definidos objetivos de conscientização, conhecimento, atitudes, habilidades e participação social frente às necessidades ambientais. A EA deixa de ser apenas informativa e passa a ser formativa e participativa. Nessa perspectiva, os espaços educacionais tornam-se importantes para garantir o cumprimento dos objetivos e estimular o desenvolvimento crítico e individual (Ferreira *et al.*, 2019).

A partir da Conferência de Tbilisi, em 1977, com um marco conceitual definitivo, a EA é definida como processo contínuo, interdisciplinar e crítico. Em conformidade com as orientações de Tbilisi, entende-se que a EA deve ser compreendida como um processo contínuo e articulado, presente em todos os níveis de ensino e integrada de maneira transversal aos currículos escolares. Sua abordagem interdisciplinar possibilita que a dimensão ambiental ultrapasse os limites do espaço escolar, promovendo a participação ativa dos indivíduos em suas comunidades e na sociedade como um todo (Ross; Becker, 2012).

Nesse sentido, a EA nas escolas assume a função de orientar os estudantes nas análises e problematização dos impactos presentes no cotidiano, além disso, estimula o pensamento numa perspectiva de ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente em um mundo de constante desenvolvimento econômico por meio de um modelo focado na geração de capital (Dias, 2004; Ferreira *et al.*, 2019).

Com a presente inconsistência entre o crescimento econômico e a qualidade de vida social, o relatório de Brundtland define o conceito de desenvolvimento sustentável em 1987. A Educação Ambiental passa a ser um meio para alcançar a sustentabilidade que busca tornar-se instrumento de mudança de padrões de produção e

consumo. Por meio do conceito de sustentabilidade, o desenvolvimento econômico que era visto como algo sem limites é restrito à capacidade do meio ecológico, atribuindo politicamente um limite ao progresso material (Cavalcanti, 2001).

Assim, entende-se que o desenvolvimento sustentável não é neutro, mas depende de forças políticas, prioridades e interferência no modelo econômico. Para Ross e Becker (2012, p. 860), o processo de transição de um sistema para outro só é possível através da EA, que fornece as bases teóricas para chegar à sustentabilidade.

Diante disso, infere-se a importância da abordagem educativa ecológica na sociedade ao evidenciar as consequências de um sistema produtivo que impacta ambientes naturais, de consumo e de produção como o sistema agrícola. Entender o funcionamento desses espaços, sua utilidade e o comprometimento com o meio ambiente é fator fundamental para o desenvolvimento da EA individual e confere o entendimento crítico dos processos, produtos e dos serviços que cercam o cotidiano expondo os problemas da atual crise ambiental. Para Leff (2001), a crise ecológica é como uma ruptura que questiona a racionalidade econômica dominante e reposiciona a sustentabilidade como critério normativo para a reorganização da economia.

Em vista da necessidade de repensar os padrões de produção e consumo sob a ótica da sustentabilidade, a agricultura assume papel estratégico no debate ambiental, especialmente em razão do uso intensivo de insumos químicos. Nesse contexto, torna-se fundamental aproximar a EA dos conteúdos científicos que estruturam os sistemas agrícolas contemporâneos. A efetivação da EA no espaço escolar demanda a articulação entre conhecimentos

científicos e problemáticas ambientais concretas (Oliveira *et al.*, 2021).

Nesse sentido, o Ensino de Química desempenha papel fundamental ao possibilitar a contextualização de conceitos por meio de temas socialmente relevantes, como o uso de fertilizantes na agricultura, seus benefícios produtivos e seus impactos sobre o solo, a água e os ecossistemas. Ao analisar a composição, a função e os efeitos dessas substâncias, os estudantes são levados a desenvolver uma consciência crítica acerca das práticas agrícolas e de seus desdobramentos ambientais, sociais e econômicos. Esse enfoque evidencia que o ensino de Química deve ser orientado por situações-problema de relevância social, nas quais os conteúdos estejam alinhados às necessidades da realidade estudada, estimulando o pensamento crítico e promovendo a capacidade de os alunos intervirem de forma consciente na transformação desse cenário (Akahoshi, 2012).

3.2 o Ensino de Química e a Evolução das Concepções de Ensino: Do Tradicionalismo à Tomada de Consciência

A química, enquanto componente da área de Ciências da Natureza, é a ciência que estuda a matéria, suas transformações e as energias envolvidas, sendo de relevante importância no ensino básico, pois busca entender melhor o cotidiano para viver em sociedade (BNCC, 2018). Sua história é marcada por testes, descobertas e até incertezas, como na época dos alquimistas, que faziam misturas para transformar a matéria e entendê-las como resposta espiritual (Chassot, 2002).

Conforme aponta Porto e Kruger (2013), no Brasil, os primeiros movimentos do ensino de química foram em meados do ano 1772, na Academia Científica, no Rio de Janeiro, quando eram exploradas algumas seções de Química. A disciplina de química começa a aparecer também no curso de Engenharia da Academia Real Militar, já no século XIX (Porto e Kruger, 2013, p. 3). Contudo, a estrutura desses ensinamentos era fragmentada e exclusivamente voltada para o trabalho, não permitindo uma visão crítica da ciência, limitando a compreensão dos fenômenos químicos em sociedade.

Na década de 30, a Química passou a fazer parte do currículo da educação secundária - que hoje chamamos de ensino fundamental II e ensino médio - e tinha o propósito de trazer a realidade social para integrar a compreensão dos seus conteúdos e incentivar a busca pelo conhecimento da ciência (Castro; Paiva; Silva, 2019, p. 103). Mas foi só na década de 90 que esse propósito foi legitimado com a criação da Lei nº 9.394/96, a qual estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, que agrega o fundamento legal de que a educação compreende todos os processos de aprendizagem “que se desenvolvem na vida familiar, na convivência humana, no trabalho, nas instituições de ensino e pesquisa, nos movimentos sociais e organizações da sociedade civil e nas manifestações culturais” (Brasil, 1996, art. 1º).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) foram implementados pelo Ministério da Educação com propostas para fortalecer as diretrizes da educação no Brasil, pontuando referências para as atividades do professor em sala de aula, sobretudo para o desenvolvimento do planejamento pedagógico das escolas. Eles traziam o objetivo de melhorar a qualidade do sistema educacional

e ampliar seu alcance para se adaptar às exigências do cenário dinâmico que a sociedade vive (Brasil, 1997).

De acordo com os PCN, o ensino de Química transcende a memorização de conceitos, fórmulas, métodos, priorizando a construção do conhecimento científico de forma significativa e contextualizada. Assim, o componente curricular de Química assume a missão de formar sujeitos críticos, capazes de compreender os processos químicos envolvidos no seu cotidiano para compreender as implicações éticas e sociais, perspectiva que dialoga com as proposições previstas na BNCC (Brasil, 2018) ao orientar o desenvolvimento de competências que envolvem argumentação, pensamento crítico e posicionamento ético diante de problemáticas sociais e ambientais.

Estimular a investigação, a argumentação e a análise reflexiva também faz parte do ensino de Química, ao mesmo tempo em que promove valores como responsabilidade social, respeito ao meio ambiente, ética e cooperação, fundamentais para a promoção de uma educação de qualidade e para a formação integral dos estudantes, conforme aponta Santos (2011) ao evidenciar que uma educação científica comprometida com a cidadania deve possibilitar a análise crítica das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Para Beltran e Ciscato (1991) e Matos (2024), o ensino de química enfrenta dificuldades no processo de ensino-aprendizagem devido às práticas tradicionais. Eles apontam a escassez de aulas experimentais, que limita a visualização dos fenômenos e reações químicas, focando apenas no campo puramente teórico. Essa prática leva ao conteudismo, na qual vai de encontro aos debates

dos documentos e legislações que regem o propósito da educação no Brasil, conseqüentemente do ensino de Química, tornando, muitas vezes, as aulas sem correlação com os acontecimentos do cotidiano dos estudantes.

Essas práticas dificultam o alcance dos objetivos do ensino em questão, uma vez que não favorecem a formação crítica e consciente das questões sociais aos estudantes, isso pela apresentação dos conteúdos de forma segmentada e descontextualizada, levando ao comprometimento do processo de aprendizagem (Rubio *et al.*, 2012).

Embora essas sejam práticas comuns no ensino, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) vem normatizar como devem ser as abordagens das disciplinas (currículos) para que os alunos tenham acesso às “aprendizagens essenciais”, reconhecendo que “a educação tem um compromisso com a formação e o desenvolvimento humano global” (Brasil, 2018, p. 7 e 15). Ela traz a discussão de que o currículo deve valorizar a contextualização, a interdisciplinaridade, as metodologias e estratégias didático-pedagógicas, a avaliação formativa, a aplicação de recursos didáticos e tecnológicos, de forma adaptada para as diversas realidades de públicos, sem que haja perdas no processo de ensino-aprendizagem, e assim manter um equilíbrio entre as diferentes unidades de ensino.

À luz do que propõe a BNCC, o desenvolvimento da responsabilidade cidadã está atrelado à ação ética, tomada de decisão e compreensão dos problemas cotidianos. Nessa perspectiva, a BNCC defende a contextualização de temas que articulam conceitos sociais, tecnológicos, econômicos e ambientais

ênfatizando problemas reais de produção e consumo, impactos ambientais, desigualdades de acesso e desenvolvimento sustentável. Em vista do que é proposto no currículo nacional da educação, infere-se que o ensino de Química se configura como um auxílio de construção para a formação da cidadania, uma vez que permite a compreensão das transformações químicas, reflexões dos impactos e análise dos processos produtivos, trazendo uma abordagem que fortalece a formação de sujeitos críticos, conscientes e ativos (Brasil, 2018).

Santos (2011) argumenta que o conceito de cidadania é polissêmico e deve ser construído associado à tomada de decisão e ao pensamento crítico. Nesse sentido, ele visa o ensino de Química como um caminho que contribui na formação cidadã ênfatizando que a educação científica deve promover a participação ativa dos estudantes na sociedade, desenvolvendo capacidades de julgamento crítico e político.

Em contrapartida, Sousa e Ibiapina (2023) evidenciam a dificuldade de um ensino de Química contextualizado levando em consideração a parte estrutural da escola e o ensino tradicional comumente utilizado. Os autores apontam que mesmo em escolas bem estruturadas, os estudantes percebem um ensino fortemente centrado na transmissão de conceitos e fórmulas e destacam que a ausência de práticas experimentais e de debates em sala pode limitar a construção de uma compreensão crítica dos conteúdos e, conseqüentemente, da formação consciente dos futuros cidadãos.

Santos e Mortimer (2019) já ênfatizavam que a formação para a cidadania é amplamente reconhecida por professores como objetivo central do ensino médio. Entretanto, os resultados da pesquisa

comprovaram que ainda existe uma distância entre o discurso e a prática pedagógica, uma vez que muitos docentes relatavam dificuldades em implementar a contextualização de forma consistente. Além disso, apontam que frequentemente, a contextualização limita-se à aplicação dos conteúdos ao cotidiano, sem aprofundamento nas dimensões sociais, ambientais e éticas da ciência.

Esses resultados corroboram o argumento de que se faz necessária uma crítica ao ensino de ciências, revelam a necessidade de promover um ensino de Química contextualizado que englobe aspectos cotidianos e técnicos, possibilitando uma prática que resgate os saberes técnicos inseridos num contexto mais amplo, um contexto que avance em termos da mera visão dogmática de fórmulas e equações. É preciso transcender e avançar numa ótica que englobe as dimensões da ciência, seu uso racional em termos da tecnologia e suas implicações diretas à sociedade numa perspectiva crítica de sustentabilidade ambiental e por isso a perspectiva CTSA nos auxilia nesse alcance.

3.3. Movimento CTSA e Contribuições no Desenvolvimento do Ensino Científico

O processo de ensino nas escolas passa por constantes mudanças tendo bastante influência política e econômica ao longo de sua história, e se propaga ao ensino das ciências, quando, em 1970, a tomada de consciência sobre os papéis da ciência e tecnologia e suas implicações, começam a ganhar espaço, uma vez que geram impactos diretos na sociedade (Krasilchik, 1980, p. 85-86).

Conforme discutem Bazzo, Linsingen e Pereira (2003), esse avanço se deu em reflexo das conquistas pós Segunda Guerra Mundial - com o protagonismo da tecnologia - trazendo reflexões críticas na esfera social da ciência e da tecnologia, que vão desde os impactos de natureza social, política e econômica, e que influenciam o desenvolvimento científico-tecnológico, às repercussões éticas, ambientais e culturais. Tal movimento alicerçou as primeiras ideias no que viriam a ser os estudos da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Cabe ressaltar que só em meados de 1990 o termo foi ampliado, passando a ser chamado de CTSA, emergindo da necessidade de enfatizar a responsabilidade relacionada às questões ambientais (Santos, 2007; Vilches; Gilpérez; Praia, 2011) e é nessa década o movimento chega ao Brasil, conforme apontam Barroso, Giffoni e Sampaio (2020).

Esse movimento tem caráter interdisciplinar, articulando a ciência e a tecnologia como ferramentas para estudos acadêmicos, que canalizam a responsabilidade social e ambiental como desdobramentos de uma visão integrada desses aspectos, costurando uma forma de estudos multidimensionais. Esta definição é embasada por Bozzo, Linsingen e Pereira (2003) quando discutem a necessidade do entendimento da importância dos fenômenos científicos-tecnológicos frente às necessidades sociais, sejam elas relacionadas às suas condições ou aparências sociais e/ou ambientais.

Nessa perspectiva, é importante destacar a alfabetização científica e tecnológica (ACT) como parte integrante e protagonista do processo interdisciplinar do movimento CTSA, uma vez que a articulação

entre as diversas áreas do conhecimento permite o entendimento crítico dos impactos socioambientais por parte dos estudantes e professores (Polanczky, 2019, p. 27).

Esse entendimento traz ganhos sociais bastante significativos e contribui para a formação cultural do indivíduo, além de incentivar os jovens a buscarem o conhecimento pela ciência e tecnologia a fim de provocar o pensamento crítico que reflete comportamentos que agreguem às relações entre as pessoas e o ambiente onde elas convivem, exatamente como apontam Bazzo, Linsingen e Pereira (2003, p. 4).

Nessa conjuntura, para Freire (1989), a alfabetização é uma forma crítica de ler a sociedade e partir dela, por meio da leitura e da escrita, o indivíduo pode ser uma figura produtiva para o meio em que ele vive. Portanto, o pensamento crítico dá espaço ao aprendizado e possibilita ao indivíduo relacionar-se de forma mais coesa entre o seu pensamento e as coisas que acontecem ao seu redor. Logo, conforme aponta Santos (2007, p.7):

Nesse sentido, consideramos que pensar em educação científica e tecnológica crítica significa fazer uma abordagem com a perspectiva CTSA com a função social de questionar os modelos e valores de desenvolvimento científico e tecnológico em nossa sociedade.

Trazendo para o contexto do ensino de ciências, o movimento CTSA deve estar inserido na didática dos professores para que haja uma

conexão do estudante com as questões sociais, políticas, econômicas, éticas e ambientais, pois o conteúdo deve transcender o ambiente científico e contemplar as dimensões sociais (Santos, 2007, p. 8). Assim, no ensino de química, precisa-se superar a memorização de fórmulas e métodos e dar espaço à interação do conteúdo com as questões da tecnologia, sociedade e ambiente.

O currículo de Pernambuco preconiza que durante o processo de ensino-aprendizagem do estudante ele seja sujeito ativo do desenvolvimento de “competências, habilidades e valores necessários para sua efetiva participação no mundo em que vivem” (SEE-PE, 2025). Tal prática dialoga com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) indicando que o processo pedagógico possa ser orientado pela perspectiva CTSA, já que o documento sinaliza para muitas características do movimento, dentre os quais destacam-se: 1) “desenvolvimento do letramento científico”, 2) “processo de práticas de investigação”, 3) “a contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia” (Brasil, 2018), tudo isso no contexto da área do conhecimento de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Polanczky (2019), em seu estudo, aponta que o uso da CTSA no ensino de Ciências tem sido questionado pela forma como vem sendo aplicado em sala de aula, o paradoxo entre a possibilidade de inovar através de temáticas motivadoras e a mera exemplificação sem desdobramentos em uma aprendizagem efetiva. Nas palavras de Polanczky (2019):

A perspectiva CTSA, utilizada para favorecer a motivação dos estudantes ou destacar a importância do estudo de Ciências, tem o risco de permanecer em um nível instrumental, pois as questões relacionadas com os impactos socioambientais da ciência são pouco exploradas e, dependendo do caso, são praticamente desconhecidas (Polanczky, 2019, p. 58).

Por este motivo, as práticas pedagógicas devem ser pautadas numa abordagem progressista. O estudante pode assumir o papel de protagonista do seu conhecimento e o professor atuar como mediador, eliminando a minimização dos conceitos, ou mesmo a escassez da interdisciplinaridade, conforme defende Auler (2002), que também enfatiza a necessidade das instituições se aproximarem do conjunto social no qual estão inseridas, uma vez que o afastamento prejudica as diretrizes pedagógicas.

Berto (2023) evidenciou que a contextualização presente na articulação entre as aulas expositivas e a construção da compostagem doméstica, juntamente a compreensão de conceitos químicos favorecem a EA. Os resultados obtidos mediante a aplicação de questionários indicam uma contextualização da realidade dos estudantes participantes. A proposta apresenta aspectos de uma perspectiva CTSA ao integrar conhecimentos científicos, prática tecnológica, discussão social e reflexão ambiental sobre os resíduos sólidos. Isso reforça o potencial da abordagem CTSA nas temáticas químicas, sobretudo ambientais.

Em outro trabalho conduzido por Silva *et al.* (2019), notou-se que a junção entre análise do potencial hidrogeniônico (pH) do solo, conceitos de macro e micronutrientes, compostagem e capilaridade, relacionada à implantação de horta escolar, promove a compreensão dos conteúdos de Química em diálogo com problemáticas sociais e ambientais. Os autores enfatizaram que a abordagem na perspectiva CTSA contribuiu para o desenvolvimento da reflexão crítica, da tomada de decisão e da formação cidadã dos estudantes. Em vista desses resultados, nota-se que essas abordagens sociais, ambientais e tecnológicas se fundamentam também nas competências propostas pela BNCC, indicando um caminho contextualizado para o ensino de Química em temáticas que oferecem uma determinada problematização a ser estudada, como a dos fertilizantes.

Esses trabalhos exemplificam a mudança de paradigma ao se enfatizar a perspectiva CTSA no desenvolvimento de práticas pedagógicas efetivas e não meramente ilustrativas ou instrumentais. O fazer pedagógico fica inserido numa ótica abrangente, incorporando aspectos culturais amplos e interligados, ou seja, a visão crítica permeia caminhos técnicos e científicos sem se desvincular das implicações socioambientais.

3.4. Fertilizantes: Histórico e Desenvolvimento

O uso de fertilizantes está associado ao processo histórico de desenvolvimento da agricultura, que teve início nas sociedades neolíticas, caracterizadas pelo processo gradual de domesticação de animais e pela adoção da semeadura de plantas como práticas regulares de subsistência. Conforme aponta Mazoyer e Roudart (2010), a primeira revolução agrícola se desenvolveu de forma

independente em diferentes regiões do mundo, como o Crescente Fértil, a América Central, a China e a região da Nova Guiné. Esse processo policêntrico envolveu mudanças sociais, técnicas, culturais e ambientais, evidenciando que a agricultura não surge apenas como resposta à escassez de recursos, mas também para garantir produção e reorganização social.

De acordo com Primavesi (2002), as práticas agrícolas eram fundamentadas na observação empírica dos povos agricultores. Dessa forma, a fertilidade do solo era mantida por meio da incorporação de matéria orgânica, como resíduos vegetais e esterco animal. Apesar de eficientes no contexto das primeiras sociedades agrícolas, o aumento populacional gerou uma intensa pressão por produtividade ao longo dos anos, que contrariava os limites de reposição de nutrientes no solo.

Com o uso intensivo do solo e a expansão demográfica acelerada, o período histórico compreendido entre os séculos XVII e XVIII consolidou-se como um marco da Revolução Agrícola, que deixa de atuar baseando-se apenas no conhecimento tradicional e passa a incorporar o método científico. Segundo Brady e Weil (2013), para que fossem garantidas a proteção do ambiente e a produção de alimentos, é necessário obter novos conhecimentos e tecnologias, desenvolvendo a ciência de estudo do solo que foi importante para agricultores e gestores de recursos naturais. Nesse sentido, com o avanço científico, a observação empírica das práticas de fertilização é substituída por uma avaliação sistematizada.

A agricultura científica, ao longo dos anos, associa-se à adoção de experimentação controlada, com a realização de testes comparativos entre diferentes culturas, sistemas de rotação e

materiais fertilizantes, permitindo avaliar de forma sistemática seus efeitos sobre a fertilidade do solo e a produtividade agrícola (Mazoyer; Roudart, 2010; Brady; Weil, 2013).

O avanço científico contribuiu de forma significativa para o desenvolvimento da produção de alimentos, sobretudo com o avanço dos estudos de Química no século XIX. Embora já houvesse conhecimentos quanto à relação da nutrição das plantas com as características do solo, não se sabia quais elementos poderiam estar envolvidos nesse fenômeno. A partir da Química agrícola com os trabalhos de Humphry Davy, foi estimulado o uso de adubos naturais e fomentado investimentos e estudos voltados à melhoria da fertilidade dos solos. Dando continuidade, Justus von Liebig, com a Teoria Mineral e a Lei do Mínimo, sistematizou princípios fundamentais da nutrição vegetal reforçando a reposição equilibrada de nutrientes. Essas pesquisas contribuíram como base conceitual para a consolidação do uso de fertilizantes na agricultura moderna (Capilé; Santos, 2011).

Com a evolução dos estudos científicos ao longo dos anos, tornou-se possível identificar os principais nutrientes minerais responsáveis pelo desenvolvimento das plantas, destacando-se, entre eles, o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K). A compreensão das funções fisiológicas desses macronutrientes permitiu o desenvolvimento de fertilizantes minerais capazes de atender às exigências nutricionais das culturas agrícolas (Nachtigall, 2014).

O nitrogênio é um elemento essencial para as plantas, integrando moléculas vitais como Adenosina Trifosfato (ATP), proteínas e enzimas, e sua eficiência de uso está diretamente relacionada aos processos de absorção e metabolização dentro da planta

(Bredemeier; Mundstock, 2000). O fósforo, por sua vez, participa da formação do Ácido Desoxirribonucleico (DNA), Ácido Ribonucleico (RNA) e ATP, e compoendo fosfolipídios das membranas celulares. Nas plantas, o fósforo absorvido do solo é fundamental para o crescimento, a formação de frutos e sementes e a maturação das culturas (Pantano *et al.*, 2016). O potássio é um nutriente essencial para as plantas, participando da fotossíntese, respiração, transporte de carboidratos e regulação da turgidez celular. Ele também aumenta a resistência a estresses ambientais e contribui para a qualidade dos produtos agrícolas (Malavolta, 1980; Marschner, 1995; Davis *et al.*, 1997). Portanto, a disponibilização e o estudo desses macronutrientes foram determinantes para o desenvolvimento das plantas e possibilitaram o manejo adequado da fertilização, garantindo o aumento da produtividade agrícola.

À medida que o estudo científico sobre os nutrientes essenciais se aprofundou, houve avanços que culminaram em importantes marcos tecnológicos da história da agricultura. No início do século XX, foi desenvolvido pelos químicos Fritz Haber e Carl Bosch o processo de Haber-Bosch, caracterizado pela conversão do nitrogênio atmosférico (N₂) em amônia (NH₃), conforme apresenta a reação da equação (1):



Esse avanço foi considerado como a principal invenção do século XX e possibilitou a produção em grande escala de fertilizantes nitrogenados (Guelfi, 2017 *apud* Erisman *et al.*, 2008). Diante dessa grande inovação, a garantia de uma segurança alimentar por meio da grande produção de alimentos era evidente, embora fosse através de um método que requeria um grande consumo de energia, afetando o meio ecológico existente da época.

A partir do século XX, os fertilizantes minerais se consolidaram como pilares da agricultura, sobretudo com a revolução verde, definida pelo aumento expressivo da produtividade, mecanização da agricultura, uso intensivo de fertilizantes e pesticidas. Ainda que o grande foco fosse a alimentação em grande escala, os alimentos produzidos eram direcionados principalmente a países desenvolvidos (Feldens, 2018). Mesmo que a maioria da produção de alimentos fossem enviadas a regiões centralizadas na agricultura, o número de produtos fornecidos pela agricultura alimentar era superior a outros períodos. Pretty (1995) afirma que a adoção desses insumos levou à duplicação da produtividade média dos cereais em 30 anos. Esses fatores contribuíram para a permanência de um sistema focado no crescimento econômico e no sistema de produção intensivo levando a consequências ecológicas significativas.

A partir de 1960, as práticas dos sistemas agrícolas tornaram-se alvo de estudos e questionamentos quanto ao seu modelo de crescimento econômico. A utilização de pesticidas e fertilizantes começou a ser questionada e levada à exposição em mídias e pesquisas acadêmicas (Albergoni; Pelaez, 2007). Esses debates e discussões evidenciaram a necessidade de compreender os impactos causados pelo uso excessivo de fertilizantes no trabalho agrícola, os riscos de seu uso e impactos ambientais causados pela fertilização química.

3.4.1. Fertilizantes Químicos: Uso e Impactos Ambientais

Os fertilizantes químicos atuam fornecendo nutrientes essenciais ao solo com a função de repor elementos extraídos durante a colheita e ampliar a capacidade produtiva da cultura (Dias; Fernandez, 2006). A

atuação desses insumos está diretamente relacionada com a qualidade do solo de cultivo, que deve dispor de macronutrientes e micronutrientes que são absorvidos na forma de íons dissolvidos na água do solo, sendo suficientes para o adequado plantio (Silva; Borges, 2009).

A falta desses nutrientes essenciais, como o nitrogênio (N), pode resultar em menor crescimento vegetal e baixa formação de biomassa. A utilização de fertilizantes nitrogenados tem como função principal repor o nutriente N, que é fundamental para o desenvolvimento das plantas. Esse nutriente é vital para a fotossíntese, pois integra a clorofila, pigmento responsável pela absorção da luz solar e pela coloração verde das folhas, garantindo a produção de energia necessária ao crescimento vegetal (Domingues, 2024).

Nos fertilizantes, o nitrogênio apresenta-se sob diferentes formas químicas e cada uma com características distintas quanto à solubilidade e aos efeitos sobre o solo. Em termos de comparação, a forma nítrica (NO_3^-) é muito solúvel e tende a alcalinizar o solo, pois as plantas liberam íons hidroxila e ácidos carbônicos durante a absorção. Já a forma amoniacal (NH_4^+), presente no sulfato de amônio, promove acidificação do solo à medida que ocorre sua nitrificação em NO_3^- , enquanto a forma amídica, como a ureia, libera amônia que, após nitrificação, também reduz o pH do solo (Silva; Borges, 2009; Malavolta, 2006).

Além dos nitrogenados, os fertilizantes fosfatados (P) e potássicos (K) figuram como fertilizantes essenciais na produção agrícola. Os insumos à base de fósforo são essenciais na formação de ATP, DNA e RNA, desenvolve as raízes de forma saudável e apresenta eficiente

transferência de energia, no entanto por ser pouco móvel, a disponibilidade deve estar sempre próxima às raízes. As práticas de fertilização à base de potássio atuam na ativação de enzimas envolvidas na fotossíntese e na respiração das plantas. Além disso, o potássio regula o balanço hídrico e aumenta a resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos. Como o potássio se move moderadamente, deve ser também aplicado próximo às raízes (Brady; Weil, 2013).

Ao longo dos anos, os fertilizantes químicos NPK (Nitrogênio – Fósforo – Potássio) contribuíram para aumentar a produção de alimentos, promovendo maior segurança alimentar mundial. Através desse material pode-se utilizar um solo anteriormente empobrecido e garantir a sobrevivência do cultivo em áreas mais necessitadas. No entanto, a utilização excessiva de insumos químicos na agricultura tem colocado em risco a saúde ecológica e os ideais de um desenvolvimento sustentável que visa equilibrar o desenvolvimento econômico com a utilização dos recursos naturais (Bortolon; Mendes, 2014).

Os impactos ambientais oriundos dos fertilizantes estão majoritariamente relacionados à liberação excessiva de macronutrientes no solo, nos corpos hídricos e na atmosfera. Os macronutrientes são nutrientes essenciais como Nitrogênio (N), Potássio (K), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S). Cada um desempenha um papel fundamental relacionado ao crescimento, desenvolvimento e resistência da planta (Dias; Fernandez, 2006). Entretanto, o excesso desses elementos, especialmente aqueles com alta solubilidade e mobilidade, como o Nitrogênio, pode acarretar a eutrofização de corpos d'água,

limitando a oferta de oxigênio nesses ambientes e causando a perda de seres vivos no ambiente aquático (Brady; Weil, 2013).

A eutrofização é um processo de enriquecimento excessivo de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, em ecossistemas aquáticos, ocasionando desequilíbrio e alterações nas propriedades físico-químicas e biológicas desses ambientes. Ainda que esse fenômeno possa ocorrer de forma natural, devido ao “envelhecimento” de lagos e reservatórios, sua intensificação nos últimos anos decorre de atividades antrópicas, especialmente da expansão do trabalho agrícola e do uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos (Macedo; Sipaúba-Tavares, 2010).

Os fertilizantes sintéticos são compostos majoritariamente por nutrientes inorgânicos essenciais ao desenvolvimento vegetal, destacando-se os íons nitrato (NO_3^-), fosfato (PO_4^{3-}) e potássio (K^+). Embora fundamentais para o aumento da produtividade agrícola, quando aplicados em excesso ou sem manejo adequado, esses compostos podem ultrapassar a capacidade de absorção das plantas e de retenção do solo. Nesse cenário, ocorre o processo de lixiviação, no qual tanto a água da chuva quanto a água da irrigação favorece o transporte de íons solúveis que alcançam os lençóis freáticos, rios e lagos (Gadelha et al., 2022).

O aumento excessivo de nutrientes em ambientes aquáticos atua como um fertilizante para algas. A grande disponibilidade de macronutrientes favorece a proliferação e aumento da biomassa algal, fator que compromete o equilíbrio ecológico e a qualidade de água (Yang *et al.*, 2008).

Anderson *et al.* (2002), no estudo *Florações de algas nocivas e eutrofização: fontes, composição e consequências dos nutrientes*, argumentam que o enriquecimento dos ecossistemas aquáticos por nutrientes de origem antrópica, sobretudo nitrogênio e fósforo, favorece a intensificação das florações de algas nocivas. Com base na análise comparativa de evidências científicas provenientes de diferentes regiões, os autores indicam que há uma relação consistente entre o aumento da carga de nutrientes e a maior frequência e severidade desses eventos.

Essa proliferação ocasiona o consumo de oxigênio nos ambientes aquáticos pelas algas, causando a mortandade de peixes (Figura 1) e de seres vivos presentes nos corpos hídricos. Essa falta de oxigênio decorre também do ciclo de vida curto dessas algas, que acarreta a decomposição por microrganismos aeróbicos, comprometendo a respiração e vida dos organismos aquáticos. (Brady; Weil, 2013; Gadelha *et al.*, 2022; Macedo; Sipaúba-Tavares, 2010).

Figura 1 – Mortandade de peixes associada à eutrofização em ambiente aquático



Fonte: Ecoangola (2024).

Embora o fósforo não apresente elevada mobilidade e solubilidade, como ocorre com o nitrogênio, sua forte interação com o solo faz com que o mesmo, em processos de escoamento superficial e erosão, seja transportado para ambientes aquáticos, contribuindo para o enriquecimento excessivo de nutrientes nesses ambientes. (Lourenzi et al., 2021). Além disso, o acúmulo de íons de potássio liberados pelos fertilizantes químicos provoca competição entre cátions como K^{+} e Mg^{2+} no solo, resultando em desequilíbrio nutricional e redução da absorção de Mg pelas plantas. (Yang et al., 2024).

Desta forma, entende-se que o uso exagerado dessas substâncias artificiais afeta o equilíbrio dos ecossistemas, ainda que sua utilização tenha um objetivo social ligado à alimentação da população mundial (Brady; Weil, 2013). Esse cenário evidencia uma tensão entre o aumento da produção agrícola e os princípios do desenvolvimento sustentável, que alerta para o uso racional dos

recursos naturais. Neste contexto, a literatura científica já evidenciava, ao longo dos anos, impactos ambientais e sociais decorrentes de substâncias químicas. Conforme afirma Pedrini (2008), esta problemática já havia sido demonstrada por Rachel Carson ao discutir o uso indiscriminado de agrotóxicos em fazendas americanas e seu espalhamento descontrolado no ambiente, fato amplamente documentado em sua obra clássica *Primavera Silenciosa*. Embora os fertilizantes não atuem como venenos diretos, como os agrotóxicos, seu uso excessivo pode causar impactos indiretos significativos. Assim, ao estabelecer um paralelo entre as diferentes formas de intervenção química na agricultura, percebe-se que os problemas ao meio ecológico não se limita à consequências imediatas das substâncias, mas também aos efeitos em cadeia que decorrem de um uso inadequado.

Diante disso, dentro das discussões acerca do uso de fertilizantes na agricultura, apresentam-se os fertilizantes biodegradáveis como uma alternativa viável para práticas mais sustentáveis.

3.4.2. Fertilizantes Biodegradáveis: Uma Alternativa Sustentável

Diante dos impactos ambientais associados ao uso intensivo de insumos químicos e da crescente busca por um desenvolvimento agrícola sustentável, tornou-se essencial discutir os fertilizantes orgânicos biodegradáveis como uma alternativa para a reposição de nutrientes às plantas. No contexto da agricultura contemporânea, os sistemas produtivos tornaram-se mais intensivos ao longo dos anos, e a rápida modernização contribuiu para adequar a produção ao aumento da demanda por alimentos (Tilman *et al.*, 2011). Embora tenha sido um ponto importante para o desenvolvimento econômico mundial, a utilização dos fertilizantes químicos em

excesso contraria alguns dos objetivos previstos pela Organização das Nações Unidas (ONU) na Agenda 2030, como a promoção do consumo e da produção responsáveis e de uma agricultura sustentável (ONU, 2015).

Nessa perspectiva, os fertilizantes biodegradáveis se apresentam como aliados ao crescimento da agricultura e ao objetivo de garantir a qualidade de vida e o equilíbrio ecológico (Guedes *et al.*, 2025). A biodegradação refere-se a um processo natural de decomposição da matéria orgânica que ocorre pela ação de microrganismos no solo. Para que esse processo ocorra de forma eficiente, algumas características são essenciais, como a umidade do solo, a temperatura, o pH e a própria atividade biológica do meio físico de cultivo (Chagas-Spinelli, 2007). Os microrganismos são responsáveis pela mineralização da matéria orgânica, processo no qual ocorre a transformação desses compostos em formas assimiláveis pelas plantas sem comprometer a dinâmica natural do solo (Reginaldo, 2023).

Em contraste com os fertilizantes químicos, os fertilizantes orgânicos favorecem o equilíbrio ecológico, pois apresentam liberação gradual de nutrientes, o que minimiza o acúmulo no solo e a contaminação de corpos hídricos. Essa liberação ocorre porque, diferentemente dos insumos químicos, os nutrientes presentes nos fertilizantes biodegradáveis não se encontram prontamente disponíveis na forma mineral, estando incorporados à matéria orgânica, a qual é progressivamente decomposta pela ação de microrganismos do solo (Chagas-Spinelli, 2007; Reginaldo, 2023; Gobatto, 2025). Os fertilizantes biodegradáveis podem ser produzidos por meio de resíduos animais, vegetais, agroindustriais e até de resíduos domésticos. Com a adição desse tipo de fertilizante, o crescimento

das plantas é beneficiado pela melhoria das condições do solo, que passa a apresentar maior atividade microbiana, melhor retenção de água e aumento do conteúdo de matéria orgânica (Rocha *et al.*,2024).

Em uma perspectiva socioeconômica e agrônômica, os fertilizantes orgânicos, em razão da matéria orgânica e ação da microbiota, podem contribuir para a melhoria da estrutura do solo, favorecendo a aeração adequada e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, fatores essenciais para o crescimento vegetal saudável. Quando o solo apresenta maior estabilidade estrutural, torna-se menos suscetível aos processos erosivos, que configuram um dos principais problemas associados à agricultura intensiva (Nascimento, 2019; Chagas-Spinelli, 2007).

Além disso, os fertilizantes biodegradáveis, por apresentarem liberação gradual de nutrientes oriundos da decomposição da matéria orgânica, permitem uma maior sincronia entre a disponibilidade de nutrientes no solo e a demanda das plantas ao longo de seu ciclo de desenvolvimento (Rodrigues; Teixeira, 2023). Dessa forma, esses fertilizantes contribuem para a redução do risco de transporte de nutrientes, como N e P, para ambientes não preparados para recebê-los. Esse transporte ocorre, principalmente, por meio do processo natural de lixiviação e pode resultar em impactos ambientais significativos, tais como o crescimento desordenado de algas, a eutrofização de corpos hídricos e a consequente perda da biodiversidade e da vida aquática (Domingues, 2024).

Ourives *et al.* (2010), em seu estudo, demonstra que a utilização de compostos orgânicos na atividade de fertilização contribui na

melhoria de aspectos físicos, químicos e biológicos do solo. Ao utilizar o Bokashi como composto orgânico percebeu uma grande eficiência no fornecimento de macro e micronutrientes para a cultura cultivada, chegando a apresentar resultados equivalentes à adubação convencional, a qual pode resultar em impactos negativos ao meio ecológico devido ao uso excessivo de substâncias de baixa biodegradabilidade.

A biodegradabilidade dos fertilizantes orgânicos pode proporcionar a decomposição natural, sendo realizada por microrganismos. Garantido assim uma produção eficiente e segura ao meio ambiente. Nesse sentido, Sediya *et al.* (2016) evidenciaram um cultivo sob diferentes formas de fertilização orgânica, levando em consideração a escala de produção e a redução de possíveis impactos negativos ao meio. Dessa forma, notou-se um aumento de 42% na produtividade com relação ao solo sem adubação. Esses resultados reforçam a eficácia dos fertilizantes biodegradáveis como uma alternativa sustentável.

Embora apresente muitas características sustentáveis, os fertilizantes orgânicos apresentam desafios para a produção agrícola, dentre eles, destaca-se o fato de os compostos orgânicos não oferecerem elementos de forma imediata e específica. Isso faz com que o alcance da produtividade seja menor comparado ao uso sintético (Panday *et al.*, 2024). Além disso, a produção em larga escala encontra barreiras com relação ao custo-benefício, a padronização e ao conhecimento técnico para fazer os materiais orgânicos sustentarem toda a demanda de desenvolvimento da planta até a produção de alimentos (Kolawole *et al.*, 2025).

Em vista disso, a temática de fertilizantes orgânicos biodegradáveis apresenta significativa relevância pedagógica para o ensino de Química, uma vez que permite abordar conceitos científicos da disciplina, como também, ambientais, tecnológicos e sociais. A partir desses estudos, pode-se contextualizar conteúdos de decomposição da matéria orgânica, pH, solubilidade, íons e elementos químicos relacionando-os à promoção da EA e da sustentabilidade em uma perspectiva CTSA.

4. METODOLOGIA

Nesta seção serão apresentadas as metodologias utilizadas para aplicação da SD. Na oportunidade serão abordados os seguintes tópicos: a) delineamento da pesquisa; b) perfil dos participantes; c) coleta de dados; d) elaboração da sequência didática, sendo esta subdividida em i) aplicação do pré-questionário; ii) intervenção didática e; iii) aplicação do pós-questionário.

4.1. Delineamento da Pesquisa

O presente trabalho é caracterizado como uma pesquisa de abordagem qualitativa, de viés exploratório e descritivo. Segundo Minayo (2006), a pesquisa qualitativa volta-se à compreensão de elementos da realidade coletiva que não podem ser quantificados, privilegiando a análise das dimensões subjetivas da experiência social. Nessa perspectiva, utilizou-se a temática da fertilização orgânica como eixo norteador para a construção e problematização do conceito de sustentabilidade.

Dessa forma, a adoção da abordagem qualitativa justifica-se por permitir uma análise aprofundada dos significados atribuídos pelos sujeitos ao fenômeno investigado, o conceito de sustentabilidade,

especialmente no que se refere às percepções, práticas e compreensões relacionadas ao uso de fertilizantes biodegradáveis, que não seriam plenamente captados por procedimentos exclusivamente quantitativos.

O trabalho também se classifica como de natureza exploratória. Tal classificação decorre do fato de a pesquisa exploratória permitir maior aproximação do pesquisador com o objeto de estudo, contribuindo para a formulação de hipóteses e para a clarificação de conceitos teóricos, por meio de procedimentos sistemáticos pautados em método, lógica e organização (Lakatos e Marconi, 2003).

Diante disso, como estratégia metodológica, adotou-se uma Sequência Didática (SD), que possibilitou a abordagem do conteúdo e a coleta de informações relevantes para a compreensão do objeto de estudo, contribuindo para a formulação de hipóteses e para o refinamento dos conceitos teóricos investigados. Nesse sentido, Zabala (1998) compreende a SD como um conjunto organizado, articulado e progressivo de atividades de ensino e aprendizagem, planejadas com início, meio e fim, com o objetivo de promover a aprendizagem dos conteúdos trabalhados.

Dessa forma, a adoção da SD neste estudo permitiu estruturar a abordagem dos fertilizantes biodegradáveis de maneira sistemática, favorecendo a compreensão de seus aspectos químicos e ambientais em uma perspectiva sustentável, bem como a análise de seu potencial como alternativa aos fertilizantes convencionais, em consonância com uma metodologia de educação científica crítica e contextualizada.

4.2. Perfil dos Participantes

O estudo foi realizado com 28 estudantes do primeiro ano do Ensino Médio Integrado do curso técnico em Segurança do Trabalho, pertencentes ao Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) – Campus Ipojuca. Os participantes tinham idades entre 14 e 16 anos.

A escolha desse público foi pautada no que estabelece o programa do Sistema Seriado de Avaliação 1 (SSA 1) da Universidade de Pernambuco (UPE), o qual indica que, na avaliação da área de conhecimento de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, para alunos do primeiro ano do ensino médio, serão abordados temas voltados à degradação e reaproveitamento na perspectiva da sustentabilidade (SSA, 2024). Essa abordagem é assegurada pela BNCC, que estabelece que o Ensino Médio deve proporcionar ao estudante a compreensão e a apropriação crítica dessas temáticas (BNCC, 2018).

A intervenção ocorreu por meio de um encontro presencial, desenvolvido no turno da tarde, com duração aproximada de duas horas, inserido na rotina escolar. As atividades propostas contemplaram momentos expositivos e práticos, organizados de forma a favorecer a participação dos estudantes e a compreensão dos conteúdos trabalhados.

4.3. Coleta de Dados

A coleta de dados ocorreu por meio da observação e da aplicação de questionários em dois momentos, sendo um anterior e outro posterior ao desenvolvimento da SD. Essa estratégia teve como finalidade identificar possíveis mudanças no entendimento dos estudantes ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

O instrumento de coleta de dados foi elaborado em consonância com o nível de desenvolvimento dos estudantes, tomando como referência a competência específica 3 (três) da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que enfatiza a investigação de situações-problema, a avaliação das aplicações do conhecimento científico e tecnológico e a proposição de soluções considerando demandas locais, regionais e globais. O questionário foi composto por questões abertas, possibilitando aos estudantes expressar livremente seus entendimentos acerca dos temas trabalhados.

De acordo com Gil (2008), o questionário consiste em uma técnica de investigação que possibilita o levantamento de opiniões, conhecimentos e percepções dos participantes. Dessa forma, trata-se de um instrumento planejado de maneira sistemática, que não se baseia no improviso, considerando aspectos como a forma, o conteúdo e a ordem das questões. Nesse sentido, o questionário utilizado nesta pesquisa foi elaborado de modo a contemplar a temática dos fertilizantes biodegradáveis, buscando investigar os conhecimentos prévios e as percepções dos estudantes acerca de sua utilização, impactos ambientais e relevância no contexto da sustentabilidade.

4.4. Elaboração da Sequência Didática (SD)

A proposta pedagógica foi estruturada a partir da definição de um percurso didático planejado, voltado à abordagem dos fertilizantes biodegradáveis no ensino de Química. Esse percurso contemplou etapas distintas do processo educativo, permitindo a análise das aprendizagens construídas pelos estudantes. Para Bacich e Moran (2018), a organização intencional do percurso didático contribui para a aprendizagem significativa, pois promove o engajamento dos

estudantes e a integração entre os saberes teóricos e as atividades práticas. Dessa forma, a organização foi dividida em algumas etapas

4.4.1. Aplicação do Pré-questionário

- Etapa Inicial – Diagnóstico dos conhecimentos prévios:

Como parte dos procedimentos metodológicos, os estudantes responderam a um questionário diagnóstico composto por seis questões abertas, elaborado com a finalidade de identificar e analisar os conhecimentos prévios relacionados aos fertilizantes biodegradáveis, à sustentabilidade e às implicações ambientais decorrentes de seu uso. Conforme Gil (2008), a construção do questionário exige cuidados técnicos e deve estar alinhada aos objetivos do estudo, garantindo a obtenção de dados pertinentes para a compreensão da realidade pesquisada.

Na sequência do estudo, apresentam-se as perguntas do pré-questionário e a finalidade de cada uma.

4.4.1.1. O Que Você Entende por Sustentabilidade?

Essa pergunta busca identificar as concepções iniciais dos estudantes sobre o conceito de sustentabilidade, compreendendo o grau de familiaridade com o tema, as representações construídas a partir de experiências cotidianas e do senso comum, bem como as noções preliminares relacionadas às dimensões ambiental, social e econômica.

Sustentabilidade refere-se à capacidade de atender às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as futuras gerações atenderem às suas próprias necessidades, envolvendo o

equilíbrio entre as dimensões ambiental, social e econômica. (Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1987).

4.4.1.2. O Que Você Entende por Sustentabilidade na Agricultura?

Busca analisar como os estudantes associam o conceito de sustentabilidade à agricultura, verificando o reconhecimento de práticas agrícolas sustentáveis e das dimensões ambiental, social e econômica, além de indícios de uma compreensão crítica acerca dos impactos dessas práticas no meio ambiente e na sociedade.

4.4.1.3. O Que Você Entende por Fertilizantes? Há Alguma Correlação com a Agricultura?

Tem por objetivo identificar o nível de conhecimento prévio dos estudantes sobre fertilizantes e sua relação com a agricultura, verificando se compreendem sua função, as formas de aplicação e sua importância para o aumento da produtividade agrícola e o manejo do solo.

4.4.1.4. Na Sua Opinião, os Fertilizantes Convencionais Podem Impactar o Meio Ambiente?

Busca avaliar a percepção dos estudantes acerca dos possíveis impactos ambientais associados ao uso de fertilizantes convencionais, analisando se reconhecem consequências como a contaminação do solo e da água, a eutrofização de corpos hídricos e outros efeitos decorrentes dessas práticas no equilíbrio ambiental.

4.4.1.5. O Que Você Entende por Fertilizantes Biodegradáveis?

Essa questão tem a finalidade de investigar o entendimento dos estudantes sobre fertilizantes biodegradáveis, considerando a identificação de suas características físico-químicas gerais, seus mecanismos de degradação no solo e no ambiente, e suas distinções em relação aos fertilizantes convencionais. Busca-se ainda analisar se os estudantes associam esse tipo de fertilizante à redução de impactos ambientais e à promoção da sustentabilidade na agricultura.

4.4.2. Intervenção Didática

- Etapa Intermediário – Aula expositiva e produção do fertilizante biodegradável:

A intervenção pedagógica foi realizada com foco na abordagem dos fertilizantes biodegradáveis no ensino de Química, articulando conceitos científicos, sustentabilidade ambiental e contexto social. A metodologia adotada contemplou a utilização de diferentes recursos didáticos e estratégias de ensino, visando favorecer a compreensão dos conteúdos trabalhados ao longo da SD.

Inicialmente, foi ministrada uma aula expositiva dialogada, com o uso de recursos audiovisuais, especialmente o projetor multimídia, destinada à abordagem dos conceitos de sustentabilidade, fertilizantes sintéticos e seus impactos ambientais. Nessa etapa, foram promovidas discussões sobre problemas ambientais associados ao uso de fertilizantes convencionais, como a eutrofização, a lixiviação de nutrientes e a contaminação de corpos hídricos. Para favorecer a contextualização e a problematização do tema, utilizaram-se slides e um vídeo educativo sobre sustentabilidade, em consonância com Bacich e Moran (2018), que

destaca o potencial dos recursos audiovisuais na construção de aprendizagens significativas.

Em seguida, realizou-se a demonstração de uma maquete didática com a finalidade de ilustrar os processos de lixiviação, mobilidade e dissolução dos sais na água. Esse recurso pedagógico possibilitou a visualização de fenômenos químicos e ambientais, sendo associado à utilização de um condutímetro para a análise da condutividade elétrica da água. A maquete didática foi planejada como um recurso pedagógico voltado à diversificação dos materiais utilizados na intervenção, considerando as particularidades do contexto educativo. Essa escolha está alinhada às contribuições de Zabala (1998), que destaca a relevância de materiais curriculares diversificados para a construção de propostas pedagógicas adequadas à realidade educacional.

Na etapa final, foi apresentado um roteiro experimental para a produção de fertilizantes biodegradáveis a partir de resíduos orgânicos, como casca de ovo, casca de banana e borra de café contendo seus principais macro e micronutrientes (figura 2). A atividade foi realizada de forma demonstrativa, sendo conduzida por um dos estudantes, que seguiu os procedimentos descritos no roteiro experimental. Essa prática possibilitou a articulação entre teoria e prática, evidenciando o potencial educativo do reaproveitamento de materiais orgânicos no ensino de Química. A intervenção foi conduzida conforme os procedimentos metodológicos estabelecidos, e seus resultados são apresentados e analisados em seção específica deste trabalho.

Figura 2 - Principais nutrientes da casca de banana, casca de ovo e borra de café.



Fonte: autores.

4.4.3. Aplicação do Pós-questionário

- Etapa Final – Avaliação dos conhecimentos após a aplicação da aula expositiva e a produção do fertilizante biodegradável:

Após a aplicação da aula e a produção do fertilizante biodegradável, estabeleceu-se a reaplicação do questionário diagnóstico ao final da intervenção, seguida de uma avaliação da aula feita pelos alunos, caracterizando-o como pós-questionário. Esse instrumento foi concebido com a finalidade de possibilitar a avaliação da aprendizagem dos estudantes, bem como a análise da efetividade da SD proposta, especificamente no que se refere à temática dos fertilizantes biodegradáveis.

Essa estratégia avaliativa, ao empregar o mesmo questionário nos momentos anterior e posterior à aplicação da aula, possibilitou a comparação das concepções dos estudantes acerca do conteúdo abordado, favorecendo a reflexão dos próprios estudantes sobre a evolução de suas aprendizagens.

5. RESULTADOS E ANÁLISE

Apresenta-se, neste tópico, a análise dos resultados obtidos a partir da aplicação da SD sobre fertilizantes biodegradáveis, os quais possibilitaram responder ao problema de pesquisa proposto. A análise permitiu refletir sobre o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos relacionados aos fertilizantes, à sustentabilidade e aos impactos ambientais associados ao seu uso, bem como a visão dos estudantes quanto aos fertilizantes biodegradáveis como uma alternativa sustentável, considerando as atividades desenvolvidas ao longo da intervenção pedagógica.

Para tanto, a análise dos resultados foi organizada a partir dos seguintes eixos:

- I. Análise dos conhecimentos prévios dos estudantes acerca dos fertilizantes biodegradáveis, identificados por meio do questionário diagnóstico;
- II. Análise e descrição da SD e da intervenção pedagógica desenvolvida;
- III. Análise dos conhecimentos construídos após a intervenção pedagógica, com base no questionário final.

5.1. Sequência Didática (SD)

A proposta de elaboração de uma SD, aliada aos conceitos químicos previstos na BNCC, permite uma organização mais sistemática e uma contextualização significativa do componente curricular de Química. Conforme aponta Zabala (1998), a SD pode ser definida como um conjunto de atividades organizadas e estruturadas, que contempla diferentes fases interligadas, envolvendo os processos de planejar, aplicar e avaliar. Nesse sentido, a adoção dessa estrutura no

ensino de Química possibilita a construção de aulas que articulam os conteúdos programáticos com temáticas sociais, tecnológicas e ambientais, favorecendo uma aprendizagem mais contextualizada e significativa.

Levando em consideração tanto os desafios enfrentados pelos docentes quanto às manifestações e o engajamento dos estudantes, investigaram-se os fatores que influenciaram, de forma positiva ou negativa, os resultados da proposta pedagógica, no decorrer da implementação desta SD.

Entre os aspectos positivos observados, destaca-se a participação ativa dos estudantes na resposta aos questionamentos relacionados às temáticas abordadas em aula. Os estudantes demonstraram capacidade de reflexão e de associação dos conteúdos com situações do cotidiano, trazendo exemplos de impactos industriais e agrônômicos presentes em seus contextos de vivência. Além disso, foram mencionadas práticas voltadas à sustentabilidade, bem como exemplos de fertilização e atividades correlatas, evidenciando a contextualização do conhecimento químico com a realidade social e ambiental dos alunos.

Durante a aula expositiva dialogada, os estudantes demonstraram elevado engajamento, participando ativamente das discussões e respondendo às questões propostas de forma colaborativa. A contextualização da temática da sustentabilidade associada à atividade agrícola possibilitou que os discentes relacionassem o conteúdo ao seu cotidiano e à realidade da localidade do campus, que é rodeada por plantações de cana de açúcar. Essa abordagem favoreceu reflexões envolvendo aspectos relacionados à alimentação, ao consumo e aos processos de produção.

A temática dos fertilizantes permitiu aos estudantes desenvolver múltiplas compreensões acerca de sua utilidade, ampliando o conhecimento sobre sua composição, aplicabilidade e os riscos associados ao uso excessivo, como a eutrofização dos corpos hídricos. Tal discussão contribuiu significativamente para o fortalecimento da interação entre docentes e discentes, promovendo um ambiente favorável ao diálogo, no qual os estudantes puderam formular questionamentos e responder às indagações propostas pelos professores.

Apesar dos aspectos positivos observados, a aula também apresentou algumas limitações que merecem ser consideradas para o aprimoramento da proposta pedagógica. Entre os pontos negativos, destaca-se o tempo reduzido para a abordagem dos diversos conteúdos que compõem a temática dos fertilizantes. Além disso, observou-se que nem todos os estudantes mantiveram o nível de interesse ao longo de toda a aula.

Durante a aplicação da SD, observou-se um aumento progressivo da curiosidade dos estudantes à medida que foram utilizados recursos didáticos diversificados, os quais contribuíram para complementar o processo de ensino e aprendizagem. Dentre esses recursos, destacam-se a utilização de uma maquete e a realização de um teste com condutivímetro, empregado para demonstrar a presença de sais dissolvidos em água. Além disso, os estudantes passaram a interagir de forma mais ativa durante as atividades em que se evidenciavam as diferenças entre materiais plásticos e orgânicos, o que favoreceu uma compreensão mais aprofundada acerca da biodegradabilidade de determinados materiais e de sua relação com a sustentabilidade.

Na atividade prática de síntese do fertilizante biodegradável, realizada em sala de aula e conduzida com a colaboração de um estudante, observou-se um maior engajamento da turma. Durante a atividade, os demais estudantes participaram ativamente, orientando e auxiliando o colega na manipulação das substâncias orgânicas envolvidas no processo. Essa etapa mostrou-se fundamental para a compreensão dos macronutrientes presentes em cada material orgânico utilizado, possibilitando aos estudantes o contato direto com insumos responsáveis pela fertilização do solo.

Como aspecto limitador da proposta, destaca-se a indisponibilidade de tempo para a aplicação do fertilizante biodegradável em uma planta. Diferentemente dos fertilizantes sintéticos, os fertilizantes orgânicos não apresentam resultados imediatos, uma vez que os materiais orgânicos necessitam passar por processos como decomposição, compostagem e mineralização para que os macronutrientes se tornem disponíveis para absorção pelas plantas. Em razão desse fator, não foi possível realizar a etapa de aplicação do fertilizante orgânico durante a SD, priorizando apenas sua produção que foi essencial para a assimilação do conteúdo aplicado.

Diante do exposto, compreende-se que a abordagem do tema dos fertilizantes biodegradáveis mostrou-se fundamental para a construção de um pensamento crítico, à medida que possibilitou aos estudantes ampliarem sua compreensão sobre os fertilizantes para além da perspectiva tradicionalmente apresentada. Essa temática contribuiu para o fortalecimento da contextualização do conhecimento químico sob a perspectiva CTSA, em consonância com as diretrizes estabelecidas pela BNCC, além de apresentar alternativas voltadas à promoção da sustentabilidade. Por outro lado, os aspectos limitadores identificados evidenciaram a

necessidade de um planejamento mais criterioso do tempo e da dinâmica das atividades, de modo a viabilizar uma aplicação mais eficiente da proposta e potencializar sua contribuição para o ensino de Química.

A seguir, apresenta-se a descrição da intervenção pedagógica aplicada, detalhando suas etapas e atividades.

5.1.1. Primeira Etapa – Teste Prévio

No início da intervenção pedagógica, foi aplicado aos estudantes um questionário diagnóstico (Figura 3) composto por cinco questões discursivas, relacionadas à sustentabilidade, à agricultura, aos fertilizantes sintéticos e seus impactos, bem como aos fertilizantes biodegradáveis. Esse instrumento mostrou-se fundamental para o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes acerca da temática, além de servir como auxílio para a análise e validação da SD elaborada. O fato de ser constituído por questões discursivas permitiu que os estudantes tivessem a possibilidade de responderem de forma livre, fazendo uso de suas próprias opiniões, o que é essencial para a obtenção de informações mais aprofundadas e específicas de cada estudante (Marconi; Lakatos, 2003).

Figura 3 – Teste prévio

Pré – questionário da Sequência Didática

Alunos aplicadores: Queren Hapuque Silva
Túlio Rafael José Gomes da Silva

1. O que você entende por sustentabilidade?

É a que sustenta a fim parte das relações industriais de
diversos setores.

2. O que você entende por sustentabilidade na agricultura?

Não sei

3. O que você entende por fertilizantes? Ha alguma correlação com a agricultura?

Sim, a relação com a agricultura, os fertilizantes servem
para deixar a solo fértil, saudável

4. Na sua opinião, os fertilizantes convencionais podem impactar o meio ambiente?

Como?

Não sei

5. O que você entende por fertilizantes biodegradáveis?

São fertilizantes que compõem o solo, na cultura e
produção de alimentos, plantas

Fonte: autores.

Seguindo a análise de conteúdo de Bardin (2011), foi realizada uma leitura flutuante das respostas dos estudantes. Essa primeira análise possibilitou um melhor entendimento do conteúdo apresentado e facilitou a organização das respostas em categorias, tornando a análise mais clara e respeitando as diferentes opiniões dos estudantes.

5.1.1.1. Primeira Etapa – Levantamento Prévio de Conhecimentos

Nesta etapa da pesquisa serão analisadas as respostas dos 28 estudantes que participaram da aplicação da SD, conseqüentemente do pré-questionário, sendo os participantes identificados de A01 a A28, a partir do pré-questionário aplicado.

É importante salientar que as respostas obtidas neste momento da pesquisa não foram influenciadas pelos conteúdos abordados na SD, portanto, são meramente baseadas em vivências anteriores. Nessa

perspectiva, Bardin (2011) discute a importância de conhecer os resultados primitivos, o que permite uma análise comparativa com os dados futuros, implicando em uma análise mais estratégica.

Cada questão discutida terá suas respostas estratificadas em categorias visando facilitar a análise, conseqüentemente a organização das ideias frente aos objetivos traçados para cada pergunta. Nesse sentido, as categorias serão apresentadas por meio de gráficos de pizza e tabelas com descrição dos dados que orientarão o percentual e serão a base para o desenvolvimento das análises.

Essa organização dos dados permitirá reconhecer padrões, repetições e eventuais fragilidades nas concepções dos estudantes, relacionando as respostas dos estudantes aos fundamentos teóricos que orientam o estudo. Desse modo, será delineado o panorama inicial dos conhecimentos dos participantes, o qual servirá de base para a análise comparativa com os resultados obtidos após a implementação da SD.

Cada questão será avaliada a partir da divisão das respostas em 3 (três) categorias, das quais serão discutidas em cada questão, tais como:

1. Uma categoria que contemple as respostas que trazem termos e conceitos sobre o questionamento da questão;
2. Uma segunda categoria de respostas que indiquem uma perspectiva mais simples, genérica do tema da questão; e
3. Por fim, uma outra categoria onde não há respostas para a questão, ou respostas como “não sei”, ou mesmo respostas

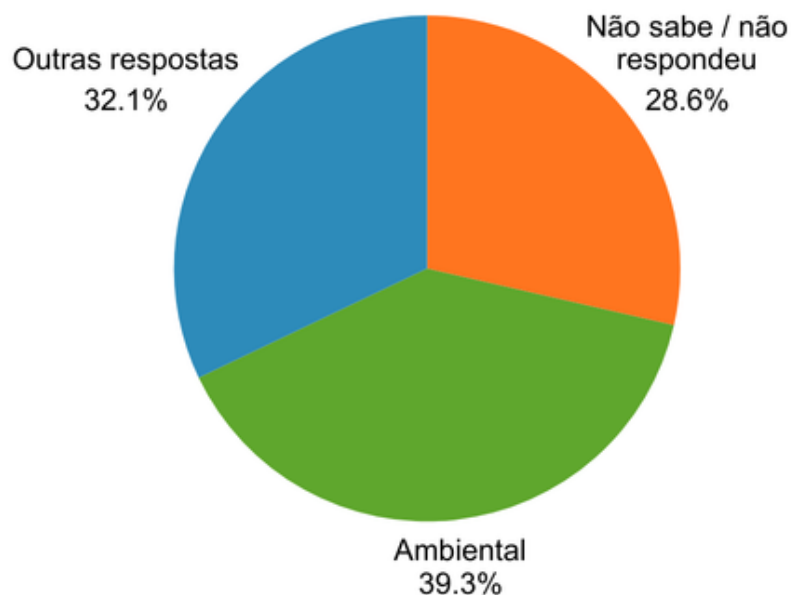
que fogem da temática.

Deste modo, a seguir serão apresentadas as discussões e análises de cada questão do pré-questionário

1) O que é sustentabilidade?

Conforme mostra a Figura 4, a respeito do questionamento sobre o que é sustentabilidade, tem-se uma porcentagem de aproximadamente 39% de estudantes que, timidamente, apresentaram conceitos básicos sobre sustentabilidade, conforme apresenta as respostas: “é uma forma de menos prejudicar o meio ambiente” (A11); “é um ato que visa diminuir os impactos ambientais gerados pela indústria” (A05); e “são formas sustentáveis de fazer algo como reaproveitar materiais para criar algo ou usar de forma inteligente as coisas” (A26). Nota-se que são termos coerentes com a pergunta, porém sem muita fundamentação ou com ideias particionadas, focadas exclusivamente no aspecto ambiental, sem mencionar outros pilares da sustentabilidade. Observa-se também uma associação dos estudantes com relação à sustentabilidade ser algo prático do cotidiano sem focar em uma abordagem técnica, o que apresenta oportunidades para a contextualização científica (Tabela 1).

Figura 4 – Questão 01 - O que é sustentabilidade?



Fonte: autores.

Tabela 1 – Dados da questão 01 do pré-questionário

Questão 01 - O que é sustentabilidade?			
Categoria	Alunos	Quantidade	%
Ambiental (cuidado com meio ambiente, reduzir impactos, poluição, reaproveitamento)	2, 5, 8, 10, 11, 14, 17, 19, 21, 23, 26	11	39.3%
Não sabe / não respondeu	1, 7, 13, 15, 18, 20, 24, 25	8	28.6%
Outras respostas (econômico/financeiro, produto/durabilidade, definições vagas)	3, 4, 6, 9, 12, 16, 22, 27, 28	9	32.1%

Fonte: autores.

As respostas que não trouxeram embasamento com o tema da pergunta ou que apresentaram termos fora do contexto foram

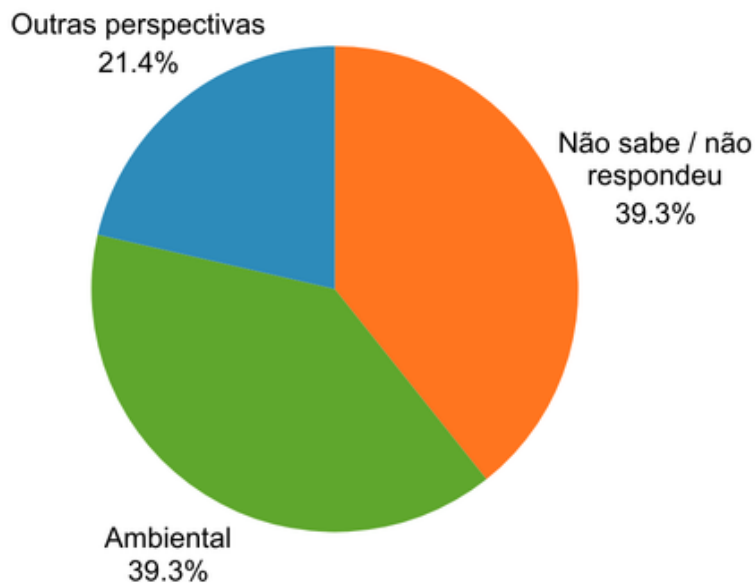
enquadradas na categoria “respostas incompletas ou genéricas” totalizando 32,1% (Figura 4). Já a categoria “não sabe/não respondeu” contempla 28,6% dos estudantes (Figura 4). Tais informações evidenciam a necessidade de um reforço conceitual antes de avançar para temas mais técnicos. Esses dados também indicam a oportunidade de trabalhar o conceito para aprimorar os discursos trazidos pelos estudantes (Tabela 1). Ainda que menos da metade dos estudantes tenha apresentado termos coerentes, outra parte, devido à assimilação do conceito, pontua expressões que podem ser desenvolvidas e direcionadas para dentro da temática (Tabela 1).

Ausubel (2003) leva em consideração a assimilação conceitual que serve como base para compreensão de novos temas e resolução de determinados problemas. Portanto, existe um grande potencial para estimular debates críticos e científicos em sala de aula, contribuindo para a formação reflexiva dos estudantes, consequentemente atingindo àqueles que, por hora, não apresentaram respostas à questão.

2) O que você entende por sustentabilidade na agricultura?

Ao analisar as categorias presentes na Figura 5, obteve-se um empate entre duas categorias em que ambas ficaram com 39,3% das respostas. A primeira categoria a destacar é a “Ambiental”, na qual se mostra que um grupo relacionou sustentabilidade na agricultura com o meio ambiente, uso racional de recursos e práticas que evitam danos futuros. Algumas das respostas dos estudantes foram: A08: “usar coisas da agricultura que não agridam o meio ambiente”, A25: “que pode ajudar muito cuidar do meio ambiente, ajudar os agricultores, acho que é isso”.

Figura 5 – Questão 02: O que você entende por sustentabilidade na agricultura?



Fonte: autores.

Tabela 2 – Dados da questão 02 do pré-questionário

Questão 02 - O que você entende por sustentabilidade na agricultura?			
Categoria	Alunos	Quantidade	%
Não sabe / não respondeu	1, 4, 7, 12, 15, 18, 20, 22, 26, 27, 28	11	39.3%
Ambiental (cuidado com meio ambiente, uso racional de recursos, práticas sustentáveis)	2, 5, 8, 10, 11, 14, 17, 19, 21, 24, 25	11	39.3%
Outras perspectivas (econômico, manutenção, equilíbrio, interpretações diversas)	3, 6, 9, 13, 16, 23	6	21.4%

Fonte: autores.

A outra categoria levantada é dos estudantes que não souberam responder à pergunta. Embora exponha uma lacuna no desenvolvimento científico dos estudantes, tal cenário oferece uma oportunidade de assumir estratégias pedagógicas que englobam os objetivos e pilares do desenvolvimento sustentável. As respostas que apresentaram contextos genéricos e com outras perspectivas, formaram 21,4% (Figura 5). Essa informação indica uma lacuna na compreensão do conceito de sustentabilidade, ficando as respostas pautadas apenas na abordagem ambiental sem relação alguma com os aspectos social e econômico (Tabela 2).

Diante disso, nota-se a oportunidade de aprofundar o conceito de sustentabilidade nos processos de produção de alimentos e atividades agroeconômicas. Esse tipo de abordagem engloba o conceito de desenvolvimento sustentável que permite aos estudantes uma reflexão crítica quanto ao modelo de desenvolvimento econômico da agricultura e suas implicações na qualidade de vida e no equilíbrio do meio ecológico.

As lacunas culturais e conceituais possibilitam a aplicação de uma abordagem para o ensino de Química na perspectiva CTSA, levando em consideração as habilidades previstas na BNCC, especialmente a habilidade EM13CNT206, que visa a discussão da conservação do meio ecológico levando em consideração os parâmetros qualitativos e quantitativos e a avaliação das consequências antrópicas e políticas que garantem a sustentabilidade em todo o planeta (Brasil, 2018).

3) O que você entende por fertilizantes? Há alguma correlação com a agricultura?

Nesta questão, obteve-se respostas muito satisfatórias ao conceito de fertilizantes. Conforme mostrado na Figura 5, 63,3% dos estudantes trouxeram uma definição geral em suas respostas, mostrando que esse conceito está bem organizado, mesmo antes da intervenção da SD. Aqui destacam-se algumas respostas que trazem o conceito de fertilizantes de modo geral: A05: “são substâncias químicas ou naturais utilizadas para o enriquecimento do solo. Sim, é essencial”; A07: “são produtos ou coisas que fertilizam o solo e os deixam mais ricos para as plantas. Ajudam as plantas a crescerem.”

Figura 6 – Questão 03: O que você entende por fertilizantes? Há alguma correlação com a agricultura?



Fonte: autores.

Tabela 3 – Dados da questão 03 do pré-questionário

Questão 03 - O que você entende por fertilizantes? Há alguma correlação com a agricultura?

Categoria	Alunos	Quantidade	%
Não sabe / não respondeu	24, 25, 26, 27	4	13.3%
Definição geral (fertilizantes como produtos que ajudam o solo/plantas a crescer)	1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23	19	63.3%
Perspectivas alternativas (químicos, estética, pragas, sustentabilidade, agronegócio)	3, 6, 12, 20, 28, 29, 30	7	23.4%

Fonte: autores.

Em outra resposta, houve uma confusão conceitual parcial da pergunta, de modo que o estudante A22: “com relação a agricultura seria um neutralizador de pragas, que possivelmente viviam para afetar as plantas, mas também benéfico para a planta, que pode ajudar ela a crescer com os nutrientes necessários.” O que permite inferir que o estudante trouxe conceitos referentes ao uso de agrotóxicos que são utilizados para controle de pragas, e em seguida ele finaliza trazendo termos que são associados ao uso de fertilizantes.

Este equívoco pode estar relacionado à falta de distinção conceitual entre os produtos agrícolas ou decorrer de uma percepção social de que os produtos utilizados na agricultura estão sempre associados a impactos ambientais, essas hipóteses evidenciam lacunas na alfabetização científica quando se refere à função química dessas substâncias. Nesse sentido, através desse tipo de resposta, observa-

se um potencial pedagógico para a contextualização da temática dos fertilizantes no ensino de Química (Tabela 3).

Conforme mostrado na Figura 6, em outro grupo de respostas, evidenciou que 13,3% dos estudantes não responderam ou afirmaram não saber responder. Ainda houve a categoria das respostas alternativas, que teve percentual de 23,4%, a qual pode ser exemplificada numa das respostas: “fertilizantes basicamente é obrigatório para a agricultura, faz bem às plantas”. Uma caracterização superficial que analisa apenas uma dimensão do uso de fertilizantes mas não sua totalidade, não se observa aprofundamento na ideia de práticas alternativas.

Dias e Fernandez (2006) discutem que fertilizantes ampliam a capacidade produtiva da cultura através da reposição de nutrientes para plantas, fazendo com que ocorra a aceleração da produção e diminuição do tempo da colheita. Enquanto, na agricultura familiar, por exemplo, pode-se optar pela não utilização de fertilizantes, uma vez que as plantas têm seu processo natural de desenvolvimento, desde que em solo adequado. Já, em uma visão sustentável, pode ser utilizado o fertilizante biodegradável.

Aqui, novamente, observa-se a oportunidade de trabalhar melhor os conceitos, a fim de aprimorar as concepções daqueles que trazem uma bagagem do conteúdo e, conseqüentemente, contribuir para a formação daqueles que ainda não têm as definições construídas em seu subconsciente.

4) Na sua opinião, os fertilizantes convencionais podem impactar o meio ambiente?

Esta pergunta já requer um pouco mais de conhecimento específico sobre os fertilizantes, uma vez que o estudante necessita saber sobre os tipos de fertilizantes mais comuns. Os resultados mostram (Figura 7) que 44,4% deles não responderam ou não sabem dessa classificação. Outros 22,2% trouxeram uma visão associada a outros aspectos de outras problemáticas, chegando o estudante A11 a afirmar que fertilizantes convencionais “podem agir como veneno em algumas situações”. Uma possível explicação à resposta pode estar relacionada ao uso de defensivos agrícolas como agrotóxicos. Entretanto, essa relação não tem fundamentação uma vez que os fertilizantes têm como função a reposição de nutrientes, conforme aponta Silva e Borges (2009).

Figura 7 - Questão 04 - Na sua opinião, os fertilizantes convencionais podem impactar o meio ambiente?



Fonte: autores.

Tabela 4 – Dados da questão 04 do pré-questionário

Questão 04 - Na sua opinião, os fertilizantes convencionais podem impactar o meio ambiente?

Categoria	Alunos	Quantidade	%
Não sabe / não respondeu	1, 3, 4, 5, 6, 8, 18, 22, 23, 24, 25, 28	12	44.4%
Reconhece impacto ambiental (respostas afirmativas com justificativa)	11, 12, 13, 14, 16, 17, 20, 21, 26, 27	10	37.0%
Outras respostas (visões vagas ou diferentes)	2, 7, 9, 10, 15, 19	6	22.2%

Fonte: autores.

Já as demais respostas, 37%, trouxeram definições coerentes sobre a temática. Entre as definições temos os estudantes: A22: “sim, se forem utilizados de forma exagerada, poluindo o meio ambiente.”; A15: “sim. Ocupando e afetando de algum modo a natureza, mas trazendo benefícios para quem utiliza”; e A28: “sim, alterando a composição do solo”. Nessas respostas, infere-se que esse grupo de estudantes compreende que esse tipo de fertilizante tanto contribui para o processo produtivo de alimentos, mas também reconhece que a alta concentração de macronutrientes presentes no solo pode mudar suas características (Tabela 4), principalmente quando utilizados em grandes quantidades, conforme aponta Brady e Weil (2013).

No cotidiano de sala de aula, é importante trazer os conceitos prévios desses estudantes para enriquecer o debate, conseqüentemente levar esse entendimento ao alcance de todos os outros. Essas respostas contribuem para o início do debate à medida em que suas respostas permeiam entre uma EA e conceitos técnicos da Química estabelecendo elementos que favorecem o

aprofundamento e o enriquecimento do conteúdo, como evidenciado em uma Educação problematizadora de Freire (1987) que visa desenvolver a capacidade crítica e reflexiva dos estudantes.

5) O que você entende por fertilizantes biodegradáveis?

Os resultados apontam, de acordo com a Figura 8, que 39,3% das respostas se enquadram na categoria “não sei/não respondeu”, evidenciando que uma boa parte da turma não tem contato com a temática de fertilizantes biodegradáveis, enquanto 25% trouxeram respostas vagas ou que não se aproximam do conteúdo da questão, como as respostas dos estudantes a seguir: A22: “bioquímicos que degradam o solo, com danos irreversíveis” e A13: “são fertilizantes que podem ser reutilizados pela natureza”.

Figura 8 – Questão 05: O que você entende por fertilizantes biodegradáveis?



Fonte: autores.

Tabela 5 – Dados da questão 05 do pré-questionário

Questão 05 - O que você entende por fertilizantes biodegradáveis?			
Categoria	Alunos	Quantidade	%
Não sabe / não respondeu	1, 3, 6, 7, 9, 15, 20, 23, 24, 25, 26	11	39.3%
Definição parcialmente correta (naturais, decompõem-se, não poluem, sustentáveis)	2, 5, 8, 10, 16, 17, 18, 21, 27, 28	10	35.7%
Outras respostas (visão vaga ou confusa)	4, 11, 12, 13, 14, 19, 22	7	25.0%

Fonte: autores.

Fertilizantes biodegradáveis não têm função de degradar o solo, eles correspondem a materiais orgânicos que se decompõem na natureza, potencializados por microrganismos, que nutrem o solo (Chagas-Spinelli, 2007). Esses equívocos expõem que os estudantes costumam misturar conceitos que englobam a vertente ambiental, como sustentabilidade, reutilização de materiais e degradação, indicando lacunas do domínio científico.

Com outra perspectiva, 35,7% (Figura 8) apresentaram conceitos pertinentes à temática. Foram apresentadas ideias relacionadas à compostagem, ao uso de esterco, à degradabilidade e a alternativas sustentáveis para o meio ambiente; ainda que com argumentos simples, mostraram-se pertinentes ao conteúdo. Isso demonstra que o tema não é totalmente desconhecido e apresenta lacunas conceituais para ser explorado pelo professor em seu planejamento didático (Tabela 5).

Esse resultado, mais uma vez, mostra a oportunidade de proporcionar o aprofundamento do conteúdo. Aqui chama-se atenção à temática da biodegradabilidade, o que pode ser a chave ao entendimento deste assunto, e envolve diretamente o conceito de fertilizantes biodegradáveis.

5.1.2. Segunda Etapa – Intervenção Pedagógica

Após a realização do questionário diagnóstico, foi aplicada uma SD idealizada para trabalhar os temas relacionados aos conceitos de sustentabilidade na agricultura, fertilizantes NPK sintéticos e seus efeitos ambientais, e aos fertilizantes orgânicos biodegradáveis (figura 9). O objetivo dessa intervenção foi fortalecer e aprofundar o aprendizado dos alunos, promovendo uma compreensão contextualizada dos conteúdos abordados.

Figura 9 – Intervenção pedagógica



Fonte: autores

A intervenção iniciou-se com uma aula expositiva voltada à abordagem dos conceitos de sustentabilidade na agricultura,

considerando suas dimensões social, ambiental e econômica. Esse momento inicial foi fundamental para fazer um levantamento histórico e uma reflexão crítica acerca do desenvolvimento da produção alimentícia, possibilitando aos estudantes compreenderem que o crescimento econômico no setor agrícola deve estar articulado à qualidade de vida da população e à preservação do equilíbrio ecológico, conforme é proposto no Artigo 225 da Constituição Federal de 1988.

A partir dos conceitos apresentados, foi possível formular questionamentos relacionados ao cotidiano dos estudantes, considerando as atividades industriais presentes em seu entorno e os possíveis impactos que comprometem o equilíbrio da sustentabilidade. Dessa forma, estabeleceu-se um diálogo e questionamentos mais aprofundados entre os professores e os estudantes acerca do conceito de sustentabilidade, favorecendo a construção coletiva de significados sobre o tema. Também foi introduzido aos estudantes, durante a SD, o vídeo “O que é sustentabilidade?”, disponível na plataforma YouTube, como estratégia para introduzir e problematizar o conceito de sustentabilidade sob a perspectiva CTSA, relacionando ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

Indica-se que a articulação entre os questionamentos problematizadores e o recurso audiovisual tenha contribuído para a construção de uma compreensão mais crítica e contextualizada acerca da sustentabilidade. Partindo da concepção de Leff (2001), que associa a sustentabilidade à construção de uma racionalidade ambiental crítica frente aos padrões tradicionais de desenvolvimento, buscou-se promover uma reflexão contextualizada por meio da exibição de um vídeo. Tal escolha

metodológica encontra respaldo em Moran (2008), ao afirmar que os recursos audiovisuais, quando utilizados de forma planejada, podem ampliar as possibilidades de aprendizagem significativa

Após a abordagem do conceito de sustentabilidade, introduziu-se aos estudantes a temática da sustentabilidade na agricultura, com ênfase na utilização de fertilizantes NPK para a produção de alimentos. Nesse momento, foram propostos questionamentos conceituais e problematizadores, tais como: O que caracteriza um solo fértil? A planta se desenvolve sozinha no solo? Se o solo perde nutrientes a cada colheita, como a produção de alimentos aumentou ao longo dos anos? Quais fatores contribuíram para evitar o esgotamento do solo diante do aumento da demanda agrícola? e se as substâncias de fertilização poderiam ocasionar algum problema social e ambiental. Essas perguntas foram fundamentais pois estabeleceram um caminho para a participação dos estudantes complementando a análise diagnóstica (Figura 10).

Figura 10 – Aula expositiva: fertilizantes NPK



Fonte: os autores

Os questionamentos propostos fundamentaram-se na concepção de educação problematizadora defendida por Paulo Freire (1987), ao promover a análise crítica de dimensões significativas da realidade dos estudantes e favorecer a compreensão da totalidade que permeia os processos de produção agrícola. A reflexão acerca da

fertilidade do solo, da reposição de nutrientes e da produtividade ampliou a abordagem do conteúdo químico, situando-o em um contexto mais abrangente, atravessado por aspectos científicos, econômicos e socioambientais.

Essa proposta encontra afinidade com as orientações da Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), especialmente ao promover a investigação de situações-problema e a análise das implicações do conhecimento científico em diferentes escalas. Desse modo, a atividade contribuiu para o desenvolvimento de competências investigativas e para a consolidação de uma postura crítica diante das questões socioambientais. A partir disso, observou-se que os estudantes passaram a estabelecer relações mais consistentes entre os conceitos químicos e suas aplicações no contexto agrícola, além de compreender os conceitos químicos que permeiam a temática de fertilizantes demonstrando maior participação nas discussões e argumentações mais fundamentadas.

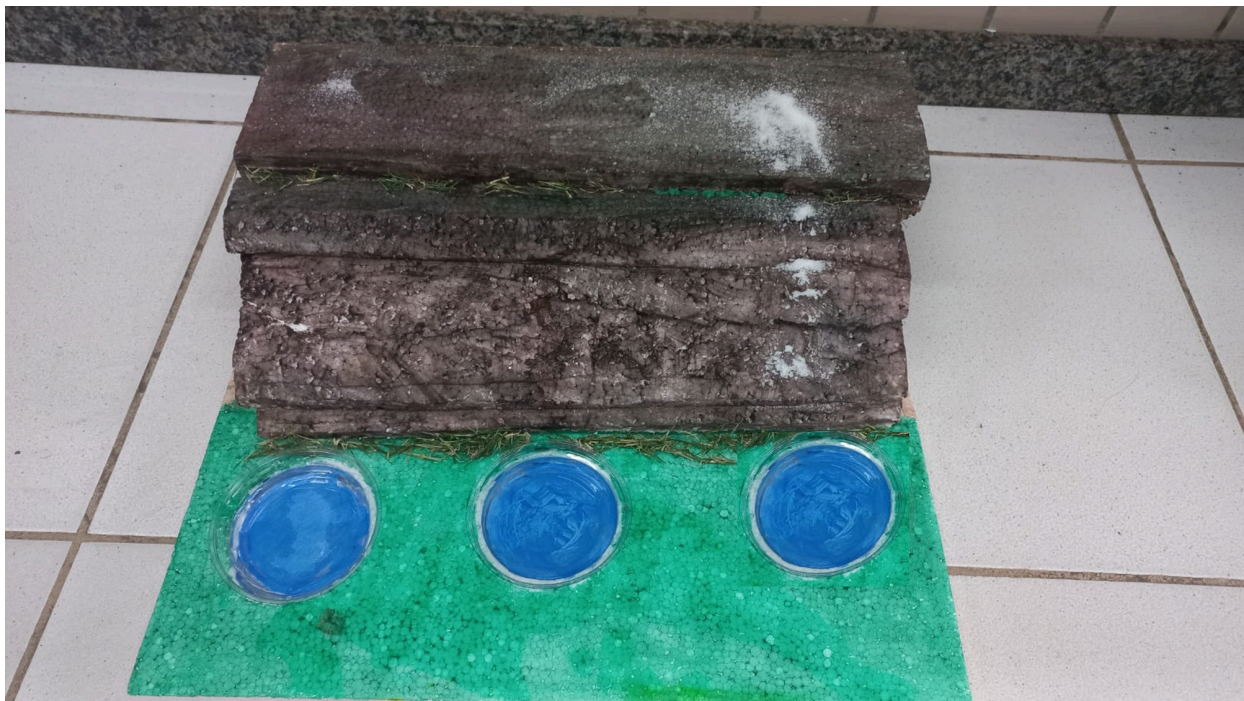
Em continuidade com a SD, realizou-se uma atividade demonstrativa com a utilização de uma maquete para evidenciar fenômenos de lixiviação e dissolução dos sais em água, bem como demonstrar os impactos causados pelo excesso de fertilizantes, como a eutrofização. O objetivo da utilização dessa maquete foi garantir a contextualização de conteúdos químicos em fenômenos cotidianos, possibilitando aos estudantes uma compreensão de forma visual e interativa.

A partir das observações realizadas, os estudantes puderam identificar a presença de sais dissolvidos em água e associar essa demonstração ao processo de eutrofização, decorrente do excesso de macronutrientes provenientes dos fertilizantes, que, por meio da

lixiviação, são carregados para os corpos hídricos (Domingues, 2024). Esses macronutrientes, em sua maioria, são compostos iônicos que se dissolvem em água, liberando íons em solução. A partir dessa compreensão, foi possível abordar o conceito químico de que soluções contendo íons apresentam condutividade elétrica (Feltre, 2004).

Nessa atividade, adicionou-se um punhado de sal no topo da maquete (Figura 11), em seguida simulou-se uma pequena chuva que dissolveu o sal e o arrastou até as piscinas, originando-se uma solução eletrolítica simulando o arraste dos fertilizantes pela chuva.

Figura 11 – Maquete para simular a chegada dos sais nos rios e lagos



Fonte: autores.

Em seguida, com auxílio do condutivímetro, os estudantes puderam observar que, quando o metal entrava em contato com a água que não contém sal (Figura 12) a lâmpada continuava apagada. Quando o metal entrava em contato com a água com menor concentração

de sal, após a simulação com pouca água para simular a chuva, a lâmpada acendia com menor intensidade (Figura 13), já em uma solução com maior concentração, quando adicionado mais água simulando a chuva, a intensidade da luz aumentava significativamente (Figura 14). Essa diferença evidenciou a relação entre concentração de íons e condutividade elétrica.

Figura 12 – demonstração da maquete: sem sal



Fonte: os autores.

Figura 13 – demonstração da maquete: pouca concentração de sal



Fonte: os autores.

Figura 14 – demonstração da maquete: alta concentração de sal



Fonte: os autores.

A maquete foi desenvolvida para representar o processo de lixiviação responsável pelo transporte de sais para os corpos hídricos. Ao relacionar essa demonstração à temática dos fertilizantes, os estudantes compreenderam que determinados macronutrientes apresentam alta solubilidade e mobilidade no solo, podendo,

quando em excesso, favorecer o crescimento descontrolado de algas e a conseqüente redução do oxigênio na água, comprometendo a vida aquática (Domingues, 2024). Dessa forma, os estudantes puderam reconhecer que, embora essenciais para a produção de alimentos, os fertilizantes podem provocar desequilíbrios ambientais quando utilizados de maneira inadequada, evidenciando a necessidade de alternativas sustentáveis.

Após a apresentação da maquete, foi introduzida aos estudantes uma alternativa sustentável relacionada ao uso de fertilizantes produzidos a partir de substâncias orgânicas, denominados fertilizantes biodegradáveis. Nesse momento, buscou-se explorar o conceito de biodegradabilidade por meio da comparação entre materiais plásticos e materiais orgânicos, favorecendo uma compreensão mais clara e significativa do conteúdo que seria desenvolvido na sequência (Figura 15).

Figura 15 – materiais biodegradáveis e não biodegradáveis



Fonte: os autores.

Na demonstração, foram utilizadas uma maçã natural e uma maçã de plástico (figura 14), a partir das quais se lançou o seguinte questionamento aos estudantes: “Se jogarmos essas duas maçãs no ambiente, elas permanecerão pelo mesmo tempo? Qual delas demorará mais para se degradar? Nessa lógica, qual pode ser considerada biodegradável?”. Esses questionamentos funcionaram como uma estratégia de problematização inicial, estabelecendo uma ponte para a apresentação dos materiais orgânicos que comporiam o fertilizante biodegradável a ser preparado posteriormente.

Essa mediação foi fundamental para que a aula expositiva se mantivesse dialogada, em consonância com a perspectiva de uma educação problematizadora. Observou-se que, durante os questionamentos, os estudantes participaram de forma mais ativa, expressando suas hipóteses e argumentos.

Desse modo, essa etapa configurou-se como um momento essencial de reflexão, no qual os estudantes puderam compreender a importância de alternativas biodegradáveis e reconhecer por que o fertilizante biodegradável se apresenta como uma opção ambientalmente mais segura, em comparação a materiais de lenta degradação e maior potencial de impacto ao meio ambiente. Assim, durante a discussão, indica-se que os estudantes tenham compreendido que, diferentemente dos fertilizantes sintéticos, os fertilizantes orgânicos não disponibilizam seus macronutrientes de forma imediata às plantas (Panday *et al.*, 2024). Foi possível perceber, por meio das falas levantadas, indícios de que os discentes reconheceram que esses nutrientes dependem da decomposição da matéria orgânica para serem liberados gradualmente no solo. Essa compreensão pode auxiliar no reconhecimento de que a

liberação lenta reduz o risco de excesso de nutrientes no ambiente e, conseqüentemente, diminui as chances de lixiviação e de impactos como a eutrofização (Domingues, 2024). Assim, os estudantes demonstraram entender que o fertilizante orgânico pode se configurar como uma alternativa ambientalmente mais segura, por promover um fornecimento mais equilibrado de nutrientes às plantas e menor potencial de contaminação dos corpos hídricos.

5.1.3. Síntese Demonstrativa do Fertilizante Biodegradável

Após a realização da aula expositiva, apresentou-se aos estudantes o roteiro do experimento a ser demonstrado em sala. Com o auxílio de um dos alunos, procedeu-se à produção do fertilizante biodegradável (Figura 17 e 18), enquanto os demais participaram ativamente, orientando as etapas e indicando a adição de cada ingrediente utilizado na preparação da substância. Os materiais orgânicos utilizados foram borra de café, casca de ovo e casca de banana (Figura 16).

Figura 16 – casca de ovo, borra de café e casca de banana



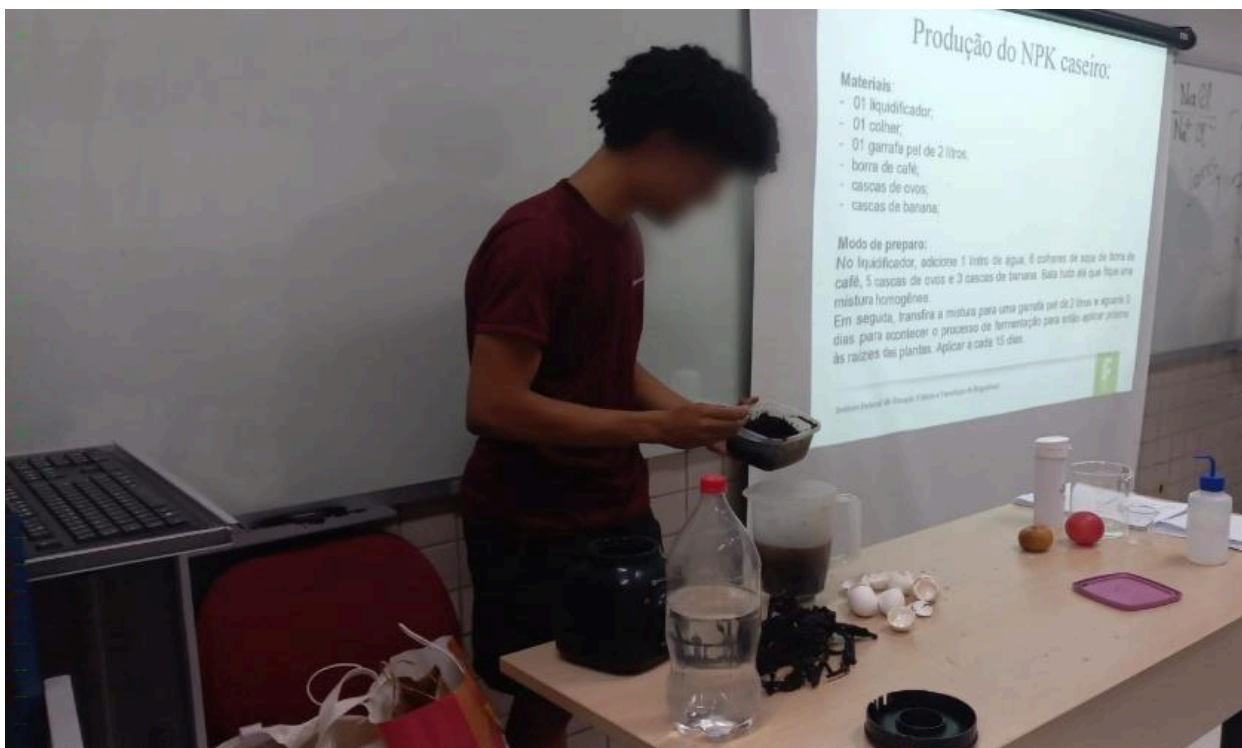
Fonte: os autores.

Figura 17 – Estudante realizando a produção do fertilizante biodegradável



Fonte: os autores.

Figura 18 – estudante realizando a produção do fertilizante biodegradável



Fonte: os autores

Durante a prática, foram demonstradas as funcionalidades dos materiais orgânicos que compõem o fertilizante biodegradável. A partir das interações apresentadas, observaram-se indícios de que os estudantes compreenderam que os materiais eram compostos de

macronutrientes essenciais e associaram a borra de café à presença de nitrogênio, reconhecendo sua importância para o crescimento vegetal e para a formação de proteínas. De modo semelhante, verificou-se que relacionaram a casca de ovo ao fornecimento de cálcio, destacando sua contribuição para o fortalecimento da parede celular e para o desenvolvimento das raízes. Além disso, determinadas falas dos discentes sugeriram a compreensão de que a casca de banana é fonte de potássio, elemento essencial para a regulação do equilíbrio hídrico e para o aumento da resistência das plantas. A junção desses ingredientes com a água resultou em uma mistura caracterizada como fertilizante orgânico, cuja funcionalidade está relacionada à sua capacidade de biodegradação, em razão de sua composição constituída por materiais orgânicos biodegradáveis.

Figura 19 – resultado da atividade prática: fertilizante caseiro NPK



Fonte: autores.

Essa atividade mostrou-se fundamental para que os estudantes compreendessem as funções dos macronutrientes incorporados por meio da matéria orgânica, promovendo uma articulação direta entre a prática experimental e os conteúdos teóricos abordados. Além disso, supõe-se que a experiência tenha favorecido a reflexão dos estudantes acerca da relevância do reaproveitamento de resíduos orgânicos e da destinação ambientalmente adequada desses materiais, alinhando-se à perspectiva da sustentabilidade.

5.1.4. Última Etapa – Questionário Final

Após a síntese do fertilizante biodegradável, os estudantes responderam ao mesmo questionário do pré-teste (Figura 20). Esse

questionário teve a finalidade de avaliar a SD e fazer uma comparação direta entre os resultados obtidos antes e depois da intervenção pedagógica. Esse método de avaliação contribuiu na perspectiva metodológica dos professores, bem como na autoavaliação e reflexão dos próprios estudantes, podendo eles fortalecerem ou mudar os conceitos já existentes e ampliar novos conhecimentos a partir dessa aula e prática pedagógica.

Figura 20 – estudantes respondendo o pós-questionário



Fonte: os autores.

Para este trabalho acadêmico, o pós-questionário desempenhou um papel relevante fortalecendo a análise dos resultados. A comparação dos dados obtidos antes e após a intervenção permitiu avaliar os impactos da SD adotada. Assim, o pós-questionário contribuiu para a validação das hipóteses, permitindo o aprofundamento das discussões que serão apresentadas mediante conclusões mais fundamentadas.

Com relação aos estudantes, essa avaliação desempenhou um papel formativo. À medida em que os estudantes puderam reconhecer o seu percurso de aprendizagem, consolidando os conhecimentos e exercitando a argumentação. De forma geral, o pós-questionário contribuiu na avaliação dessa SD.

5.1.4.1. Resultados Finais – Análise Pós-intervenção

A análise das respostas do questionário final demonstrou uma evolução expressiva na compreensão dos estudantes acerca da sustentabilidade, especialmente no que se refere ao uso de fertilizantes. As discussões teóricas, associadas às atividades práticas realizadas durante a aplicação da SD, favoreceram a construção de ideias e modelos que, no primeiro momento, eram pouco claros ou até desconhecidos pela maior parte dos estudantes. Os dados obtidos indicam que a articulação entre teoria e prática contribuiu de forma relevante para o processo de aprendizagem, além de ampliar o interesse da turma pelas questões relacionadas às práticas sustentáveis no contexto dos fertilizantes.

A partir das análises do pós-questionário, foram observadas, como esperado, respostas com mais embasamento teórico-prático, visto que foram bastante discutidos durante a intervenção da SD. Os estudantes tiveram a oportunidade de participar ativamente das discussões contribuindo para o enriquecimento do conhecimento assim como da SD como um todo.

Para este momento da avaliação as respostas serão estratificadas em três categorias, conforme a orientação de análise de conteúdo de Bardin (1986): aquelas que trouxeram termos e conceitos do conteúdo da pergunta de forma coesa e pertinente aos conceitos

questionados no questionário aplicado, as que apresentam ainda conceitos básicos, sem muito aprofundamento e, por fim, as colocações que ainda não estão de acordo com o contexto, que fogem do tema.

Assim, a análise do pós-questionário permitiu avaliar o nível de compreensão dos conceitos abordados, bem como a efetividade da SD trabalhada em sala de aula, indicando se as atividades práticas e as discussões teóricas foram capazes de ampliar a compreensão dos estudantes sobre a temática dos fertilizantes biodegradáveis como uma alternativa sustentável.

Deste modo, será seguida a mesma categorização do pré-questionário onde cada questão será avaliada a partir da divisão das respostas em 3 (três) categorias, das quais serão discutidas em cada questão, tais como:

- I. Uma categoria que contemplem as respostas que trazem termos e conceitos sobre o questionamento da questão;
- II. Uma segunda categoria de respostas que indiquem uma perspectiva mais simples, genérica do tema da questão e;
- III. Por fim, uma outra categoria onde não há respostas para a questão, ou respostas como “não sei”, ou mesmo respostas que fogem da temática.

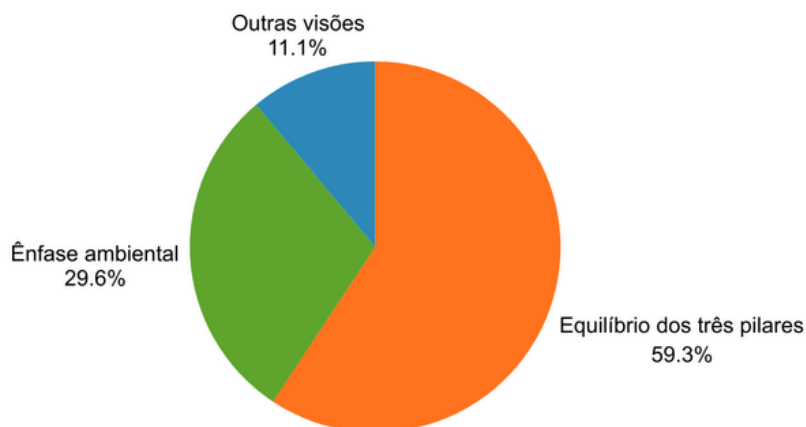
A seguir serão apresentadas as discussões das análises de cada questão do pré-questionário

1) O Que Você Entende por Sustentabilidade?

Ao observar a Figura 21, é notória a evolução das respostas com relação à melhoria das colocações e apresentação de termos técnicos que conceituam a sustentabilidade. Enquanto apenas 11,1% dos dados correspondem às respostas que destoam do contexto pretendido, mais de 59% das respostas trouxeram a expressão “equilíbrio” como abordagem principal.

Dentre as respostas dos estudantes, nota-se a diferença na forma de contextualização, destacando afirmações como: “Sustentabilidade é o equilíbrio e qualidade de vida. Quanto mais você cuida do meio ambiente, você cuida da vida humana. [...] uma vida com equilíbrio e controle sobre os cuidados da natureza, economia e as pessoas”, “é formada por 3 pilares: economia, ambiental e social e visa o equilíbrio entre eles”; alguns citaram o conceito de desenvolvimento sustentável, que enriquece a discussão da temática: “suprir a sua necessidade sem prejudicar a próxima geração”. Essas respostas indicam uma forte abordagem do conceito de sustentabilidade durante a aplicação da SD que além de assumir uma aula expositiva dialogada, utilizou um vídeo temático para fortalecer a compreensão do conceito nos aspectos social, econômico e ambiental.

Figura 21 – Questão 01: O que você entende por sustentabilidade?



Fonte: os autores.

Tabela 6 – Dados da questão 01 do pós-questionário

Questão 01 - O que você entende por sustentabilidade?			
Categoria	Alunos	Quantidade	%
Equilíbrio dos três pilares (econômico, social e ambiental)	1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 23, 27	16	59.3%
Ênfase ambiental (preservação, uso racional, práticas ligadas ao meio ambiente)	3, 8, 10, 11, 12, 18, 22, 26	8	29.6%
Outras visões (autossuficiência, renda justa, práticas gerais)	17, 24, 25	3	11.1%

Fonte: autores.

Bacich e Moran (2018) defendem a utilização de vídeo como algo estimulador à investigação. Esse fator proporciona uma análise crítica e a contextualização de conceitos que podem ser problematizados em sala de aula. Assim, nota-se que a utilização desse recurso multimídia fortaleceu o processo de aprendizagem.

Numa colocação mais simplificada, 29,6% (Figura 21) dos estudantes apresentaram concepções que contemplam parcialmente o conceito de sustentabilidade, ao responderem que o termo referido é “uma forma de ajudar o meio ambiente” ou “uma forma de menor agressão ao meio ambiente”. Esses levantamentos podem evoluir no sentido de que a conscientização acerca do equilíbrio econômico, social e ambiental deve existir para que sejam, ao menos, amenizados os impactos ao meio ecológico, como sugere outra resposta que enfatiza a sustentabilidade como algo para melhorar a “capacidade de preservar”.

Embora sejam respostas que se relacionam ao conceito de sustentabilidade, a forma generalizada em que são expostos indica que alguns estudantes permaneceram ou evoluíram para uma definição simplificada e exclusiva no aspecto ambiental, tendo ainda uma ausência de aprofundamento conceitual. Assume-se como hipótese que esse resultado está relacionado à visão geral da intervenção pedagógica aplicada, estando os estudantes privilegiando um único pilar no conceito de sustentabilidade. Para Jacobi (2003), a sustentabilidade busca a integração dos aspectos socioeconômicos aliado ao meio ambiente, garantindo um equilíbrio nos setores. Desta forma, os dados simplificados indicam uma compreensão minimizada do conceito.

De um modo geral ao somarmos as categorias “equilíbrio dos três pilares” e “ênfase ambiental” (Tabela 6), é possível enxergar que quase 89% dos estudantes compreenderam o conceito de sustentabilidade, ainda que de forma simples, mas apresentam uma base que pode lhes proporcionar a discussão crítica sobre o assunto, dando-lhes margem para evoluir progressivamente a temática sustentável. Isso evidencia que o ensino de química é uma

ferramenta significativa na promoção do conhecimento e quando associado às práticas da CTSA, tem grande potencial para desenvolver a aprendizagem na sala de aula.

2) O Que Você Entende por Sustentabilidade na Agricultura?

Com base nos dados da Figura 22, é perceptível o avanço significativo na compreensão da relação da sustentabilidade e agricultura. Observa-se que houve um aumento da compreensão do conteúdo, quando as respostas saíram de 39,3% para 57,7%. Considerando o aumento observado, infere-se que esse avanço decorre da associação, nas respostas dos estudantes, entre o conceito trabalhado e práticas concretas, como “a utilização de fertilizantes biodegradáveis, utilizar o necessário de água, cuidar do solo do plantio” e “a agricultura é sustentável quando utilizam fertilizantes biodegradáveis”. Esses argumentos fazem menções aos cuidados com o solo, uso de fertilizantes naturais e práticas sustentáveis (Tabela 7). Nota-se que os estudantes, embora vejam a agricultura como uma prática econômica, conseguem associar essa atividade produtiva a um aspecto ambiental.

Figura 22 – Questão 02: O que você entende por sustentabilidade na agricultura?



Fonte: os autores.

Tabela 7 – Dados da questão 02 do pós-questionário

Questão 02 - O que você entende por sustentabilidade na agricultura?			
Categoria	Alunos	Quantidade	%
Práticas específicas (uso de fertilizantes biodegradáveis, água consciente, cuidado com o solo, métodos sustentáveis)	2, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 25	15	57.7%
Definição geral (agricultura sem prejudicar o meio ambiente, cultivo consciente)	1, 9, 12, 13, 20, 24, 26	7	26.9%
Não sabe / conceito tangencial	3, 7, 15, 22, 27	5	19.2%

Fonte: os autores.

Essa associação fortalece o debate de um ensino de Química contextualizado em uma perspectiva CTSA, que não apenas auxilia a compreensão do conceito de desenvolvimento sustentável, mas

também questiona a compreensão do desenvolvimento científico e tecnológico diante dos atuais desafios relacionados à cidadania e à sustentabilidade (Polanczky, 2019). Esse resultado aponta a evolução dos estudantes na argumentação, na colocação de termos mais apropriados à temática como observado os termos na Tabela 7.

Somadas a esse grupo, 26,9% das respostas demonstram uma compreensão válida do tema, mesmo que com abordagens simples, mas trazem a ideia do equilíbrio, preservação ambiental e cultivo consciente, ideias e termos discutidos durante a intervenção didática como “uma forma de minimizar os impactos ambientais” e “plantar de um jeito que não prejudique tanto a natureza”. Tais aspectos contribuem para uma aprendizagem significativa conforme aponta Ausubel (1968) que expande a compreensão a partir de novas ideias, em consonância com o movimento CTSA alinhado aos estudos da química ambiental e questões do cotidiano social, que embasam um ensino contextualizado e formativo.

Esses resultados também apontam que determinados estudantes estão começando a internalizar conceitos-chave como o cultivo consciente. Essa hipótese pode estar associada aos questionamentos levantados pelos professores durante a aplicação da SD em que foi feita a abordagem da escala de produção da agricultura mecanizada e familiar, percebendo diferenças na escala de produção, uso de insumos e sustentabilidade.

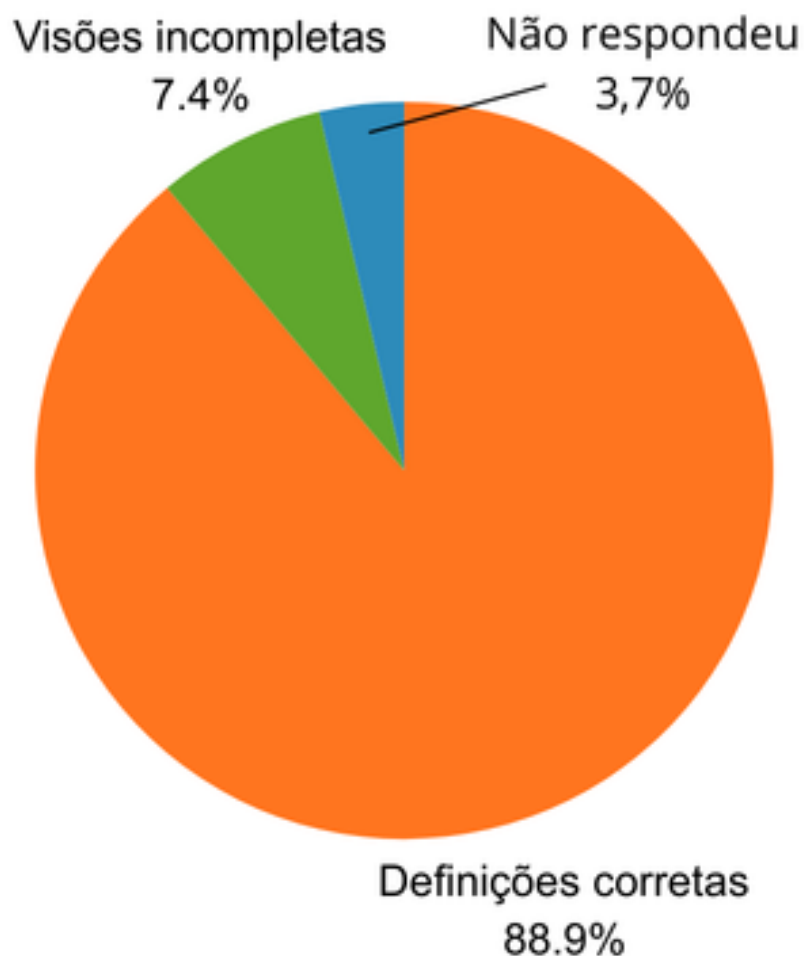
Ao dar ênfase à escala de produção realizada pela agricultura e os impactos do excesso de insumos não mensuráveis, como aponta Mendes *et al.* (2010), propõe-se que os estudantes pudessem entender que grandes produções sem o controle adequado podem ir contra os objetivos da sustentabilidade. Essa comparação promove

o aprendizado teórico com exemplos concretos do entorno social e aos poucos, ainda que de forma generalizada, pode reforçar a importância da responsabilidade socioambiental e promover a EA que segundo Dias (2004) serve na orientação dos estudantes para a problematização de práticas ocorridas no cotidiano.

3) O Que Você Entende por Fertilizantes? Há Alguma Correlação com a Agricultura?

Para esta questão, apresenta-se um dado muito importante (tabela 8) que destaca um avanço significativo para este trabalho: apenas um estudante, que corresponde a 3,7% do percentual total, não respondeu à pergunta, o que pode estar relacionado a dificuldades na forma como o estudo foi apresentado e absorvido, levando em consideração os diferentes níveis de compreensão de cada indivíduo conforme destaca Vygotsky ao afirmar que os estudantes não aprendem em um mesmo nível tendo o desenvolvimento diferentes mediações (2007).

Figura 23 – Questão 03: O que você entende por fertilizantes? Há alguma correlação com a agricultura?



Fonte: os autores.

Tabela 8 – Dados da questão 02 do pós-questionário

Questão 03 - O que você entende por fertilizantes? Há alguma correlação com a agricultura?			
Categoria	Alunos	Quantidade	%
Definições corretas (nutrientes para plantas/solo, relação direta com agricultura)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25	24	88.9%
Visões incompletas (respostas vagas ou pouco desenvolvidas)	10, 27	2	7.4%

Não respondeu	26	1	3.7%
----------------------	----	---	------

Fonte: os autores.

Outros dados na figura 23 indicam que 7,4% dos estudantes trouxeram uma visão mais simplificada ou incompleta do assunto abordado. Esse fator pode ser justificado pelo fato de o conteúdo ter sido absorvido de forma generalizada com a temática ambiental, sem foco no conceito e na função direta dos fertilizantes. Ainda assim, quase 89% apresentaram conceitos bem definidos, conforme foram discutidos na SD. Esse resultado leva em consideração a constatação de que alguns estudantes já apresentavam ter uma noção simplificada acerca dos fertilizantes antes da aplicação da SD, mas que foi aprimorado através dos questionamentos e problematizações levantados em sala de aula. Para essa questão foram abordados em sala de aula todos os elementos componentes do solo, a alta produção de alimentos, a reposição de nutrientes no solo, a necessidade dos fertilizantes e sua composição.

Algumas considerações feitas pelos estudantes podem ser discutidas a fim de garantir o aprofundamento do conteúdo, tal como “Sim! Eles nutrem o solo, alimentam a plantação e os fazem crescer mais rápido.” O “fazer crescer” faz parte dos objetivos do uso dos fertilizantes, especialmente os insumos à base de nitrogênio, sendo o crescimento da planta uma das principais funções dele. Outro questionamento que pode ser levantado é quanto à conscientização do uso: “Nutrição de plantas”. [...], mas devemos buscar o sustentável”. Aqui o estudante já apresenta uma reflexão crítica e alerta quanto à agressão ao meio ambiente. Essa resposta indica a eficiência da problematização discutida em sala de aula, como aponta Paulo Freire (1987) a educação problematizadora tem

a capacidade de promover a reflexão crítica e tomada de decisão dos estudantes.

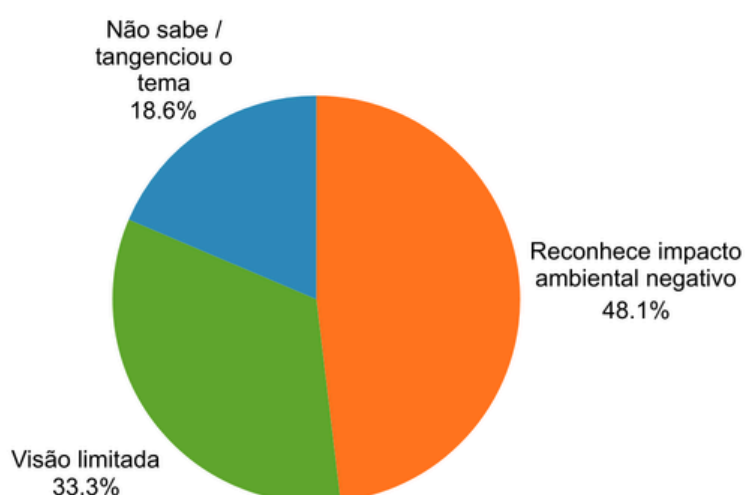
Outra colocação diz que “os fertilizantes são cruciais para a agricultura, tem vários elementos que as plantas precisam”. observa-se que ainda de forma indireta, essa afirmação indica uma compreensão acerca da composição química dos fertilizantes à medida em que reconhece que os fertilizantes fornecem elementos essenciais para o desenvolvimento vegetal. Isso evidencia a presença dos conceitos de Química na temática apresentada. Propõe-se também que a utilização do adjetivo “crucial”, destaca as produções de grande escala, pois apresentam maior dependência desses insumos; entretanto, a agricultura camponesa também pode utilizá-los, ainda que, em muitos contextos, recorra a práticas mais diversificadas e a alternativas orgânicas. Apresentar diferentes tipos de visões compatíveis com uma definição coerente sobre os fertilizantes demonstra uma forte abordagem do conteúdo em sala de aula.

Logo, fica evidente o crescente desenvolvimento dos argumentos dos estudantes que trazem uma bagagem teórico-prática da aula, a qual sustenta o uso de ferramentas CTSA como meio de apresentar o conteúdo, trazendo a realidade do dia a dia para dentro do contexto da sala de aula, conforme é proposto através das competências presentes na BNCC (Brasil, 2018). Para além disso, a todo momento as respostas fazem menção ao conceito de sustentabilidade, atingindo o objetivo deste trabalho.

4) Na Sua Opinião, os Fertilizantes Convencionais Podem Impactar o Meio Ambiente?

Os resultados dessa questão (Figura 24) mostram mudanças relevantes na forma como os estudantes abordam a temática dos impactos ambientais associados ao uso de fertilizantes convencionais. Enquanto no primeiro momento (pré-questionário) houve um número muito expressivo de respostas que apontavam desconhecimento, agora mais de 80% trazem conceitos pertinentes, sendo 48,1% desses expressando respostas mais objetivas como “sim, negativamente, pois são liberados em excesso e de uma única vez” (A05). Essa afirmativa evidencia dois pontos importantes: o primeiro é o entendimento acerca da quantidade de fertilizantes utilizados quando se pontua o fato da utilização excessiva, o segundo ponto é a frase “de uma única vez” que está associada a liberação imediata de nutrientes na planta, diferentemente dos fertilizantes biodegradáveis que apresentam liberação gradual. (Chagas-Spinelli, 2007; Reginaldo, 2023; Gobatto, 2025). Em vista disso, obteve-se respostas como “o [...] excesso pode prejudicar severamente o meio ambiente” (A03) e “podem afetar o solo e poluir o ambiente” (A04).

Figura 24 – Questão 04: Na sua opinião, os fertilizantes convencionais podem impactar o meio ambiente?



Fonte: os autores.

Tabela 9 – Dados da questão 04 do pós-questionário

Questão 04 - Na sua opinião, os fertilizantes convencionais podem impactar o meio ambiente?			
Categoria	Alunos	Quantidade	%
Reconhece impacto ambiental negativo (poluição, desequilíbrio, prejuízos ao meio ambiente)	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 13, 16, 17, 19, 20, 27	13	48.1%
Visão mais contida (contaminação de rios, eutrofização, efeitos específicos)	9, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 21, 22	9	33.3%
Não sabe / tangenciou o tema	6, 23, 24, 25, 26	5	18.6%

Fonte: os autores.

Os outros 33,3% pontuam com mais ênfase a contaminação de rios e a eutrofização quando destacam que “podem poluir os rios, desmatando algas e animais marinhos” (A14) e “com o excesso dos nutrientes [...] quando a chuva vem ela leva eles e isso prejudica outro ecossistema, o aquático” (A13). Essa afirmativa evidencia a conceituação acerca do processo de lixiviação explicado com o auxílio de uma maquete (Figura 6), “[...] dando nutrientes demais, que acaba indo para os rios onde ocorre um aumento no tamanho de algas que eutrofizam os rios” (A16), nessa resposta vemos uma explicação que aborda os processos lixiviação e eutrofização, ao mesmo tempo que reconhece os nutrientes como composição dos

fertilizantes. A Tabela 9 mostra alguns termos presentes nessas respostas, separados por categoria.

Essas colocações partem das abordagens vivenciadas na SD, no qual foi discutido acerca dos impactos socioambientais com relação ao uso excessivo de fertilizantes convencionais. A partir do delineamento sobre as consequências desses insumos químicos, os estudantes puderam refletir que a atividade produtiva da agricultura não se equilibra em todos os pilares propostos do desenvolvimento sustentável. Na oportunidade foi utilizada uma maquete (Figura 11) para ilustrar processos de lixiviação demonstrando como os nutrientes iônicos chegam aos rios e lagos e causam consequências, como a eutrofização.

Essa atividade proporcionou a conceituação de forma visual através do teste de condutivímetro que expressa a presença de sais em água. Infere-se, portanto, que esse tipo de aprendizagem foi fundamental para a contextualização dos conteúdos de ensino. Zabala (1998) defende a utilização de materiais diversificados explicando que tais auxílios são peças de construção à medida em que impede a adoção de um ensino unilateral e promove adaptação de conteúdos que facilitem o entendimento.

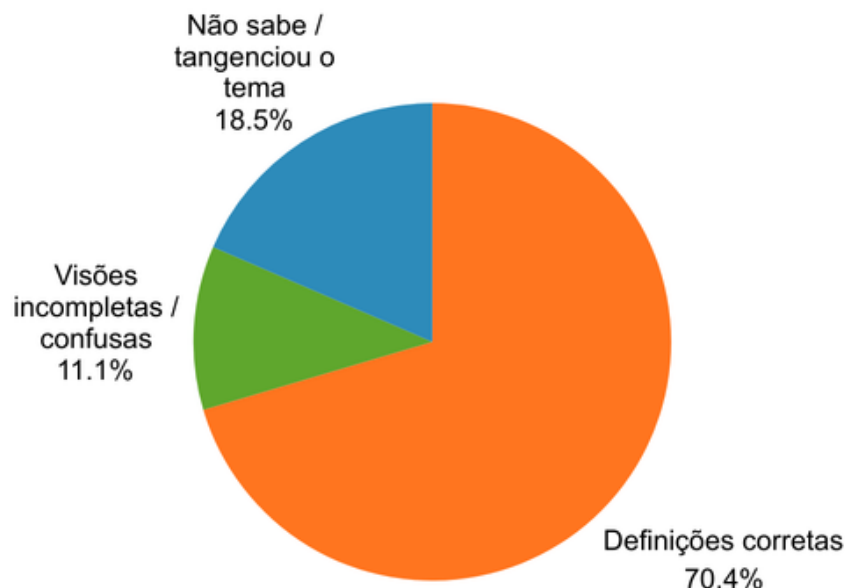
Deste modo, percebe-se que a assimilação da temática em questão é o resultado da relação entre: as práticas vivenciadas, conteúdos dos processos químicos envolvidos e as consequências ambientais. Tudo isso evidencia a força das práticas pedagógicas que fundamentam o movimento CTSA, uma vez que permite ao estudante interpretar o conhecimento químico dentro das dimensões científicas, tecnológicas, sociais e ambientais possibilitando análises críticas e reflexivas. Na perspectiva desse

ensino, o enfoque CTSA foi além de uma simples metodologia didática reforçando o que é discutido por Giffoni, Barroso e Sampaio (2020) ao associar esses aspectos como uma abordagem orientada a valores de responsabilidade socioambiental.

5) O Que Você Entende por Fertilizantes Biodegradáveis?

Os resultados dessa questão mostram (Figura 25) que 18,5% não responderam ou não trouxeram argumentos alinhados ao quesito fertilizantes biodegradáveis, enquanto 11,1% trouxeram uma visão pouco desenvolvida como “é o reaproveitamento no fertilizante de coisas que seriam descartadas” (A26), essa afirmativa pode estar associada à atividade prática de síntese do fertilizante biodegradável (Figura 19) em que se aproveitou materiais do cotidiano, como casca de ovo, borra de café e casca de banana, que seriam descartados. Essa hipótese ganha força à medida que outro estudante faz menção a materiais utilizados na atividade prática na seguinte resposta: “cascas de frutos e ovos ajudam o solo e a planta propriamente dita” (A02). É possível notar que suas respostas fazem sentido com o contexto e são pertinentes para a questão, porém faltou mais embasamento e argumento para fundamentar suas respostas, as quais seriam oportunas para serem melhor desenvolvidas caso surgidas durante a SD. Desta forma, evidencia-se uma ausência de aprofundamento na definição do conceito questionado.

Figura 25 – Questão 05: O que você entende por fertilizantes biodegradáveis?



Fonte: os autores.

Tabela 10 – Dados da questão 05 do pós-questionário

Questão 05 - O que você entende por fertilizantes biodegradáveis?			
Categoria	Alunos	Quantidade	%
Definições corretas (naturais, decompõem-se, não prejudicam o meio ambiente, sustentáveis)	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 27	19	70.4%
Visões incompletas / confusas (respostas vagas ou pouco desenvolvidas)	2, 9, 26	3	11.1%
Não sabe / tangenciou o tema	10, 15, 17, 20, 25	5	18.5%

Fonte: autores.

As respostas com definições mais coerentes (tabela 10) ultrapassaram os 70%, esse número quase dobrou em relação ao

pré-questionário. Vejamos algumas delas: “Fertilizantes naturais que ajudam o solo” (A03), “são fertilizantes feitos da matéria orgânica de alimentos, o que os tornam melhores pro meio ambiente” (A18) e “é uma boa alternativa para manter a sustentabilidade, pois a própria natureza consegue decompor com facilidade” (A23). Aqui vemos termos e conceitos bem colocados, atrelados ao que foi discutido em sala de aula, como biodegradabilidade, a partir do comparativo da degradação entre materiais orgânicos, como evidencia a Figura 9, e utilizado de forma estratégica para introduzir o conceito de fertilizantes biodegradáveis.

A partir dos dados obtidos, percebe-se que a atividade demonstrativa dos materiais orgânicos e sintéticos foi essencial para fortalecer o conceito de sustentabilidade. Isso é observado quando os estudantes, em suas respostas trazem termos como, “decomposição” “fertilizantes naturais” e “matéria orgânica” que englobam o conceito de biodegradabilidade conforme é apontado por Chagas-Spinelli, 2007. Essa junção de contextos químicos com demonstração de utilidades do cotidiano reforça a amplitude e capacidade metodológica que o ensino de Química pode oferecer.

Com base desta questão, mais de 70% dos estudantes definiram o conceito de forma concreta e fundamentada. Logo, infere-se que a atividade prática da produção do fertilizante foi essencial para a contextualização da temática proposta na intervenção pedagógica, reforçando os conceitos de sustentabilidade e biodegradabilidade. Tais dados sugerem que a inclusão de práticas articuladas aos conceitos científicos favorece a aprendizagem ao permitir que o estudante relacione a teoria à prática estruturada. Nesse sentido, essa experiência dialoga com a concepção de ensino integrado defendida por Araújo (2015) ao compreender o processo prático

educativo com ações formativas e não fragmentadas do saber. Assim, articular conhecimentos químicos em uma prática de fertilizantes biodegradáveis que envolve o conceito sustentável, em aspectos sociais que se relacionam a qualidade de vida e aspectos econômicos referente à agricultura contribuiu para promover maior autonomia intelectual dos estudantes e ampliar seus horizontes de compreensão crítica.

Essa estratégia mostra-se coerente com a perspectiva CTSA, pois mobiliza conhecimentos prévios dos estudantes como ponto de partida para a construção de novos saberes e, mais uma vez, fomenta a articulação positiva entre o ensino das ciências em uma perspectiva ambiental, associada à temas sociais para a formação do pensamento crítico e a construção de debate científico na finalidade de desenvolver atitudes mais positivas em relação à ciência (Solomon, 1994 *apud* Mendes, 2012).

6) Qual a Sua Avaliação para Essa Aula?

A avaliação dos alunos sobre a aula foi amplamente positiva, demonstrando um alto nível de satisfação e engajamento. Conforme mostra a Figura 26, a maioria absoluta (85,2%) classificou a experiência como excelente, utilizando termos como “ótima”, “maravilhosa”, “amei” e atribuindo notas máximas. Esses relatos destacaram a clareza das explicações, a didática abordada, a interatividade e a relevância do conteúdo abordado, evidenciando que os objetivos pedagógicos foram atingidos.

Figura 26 – Questão 06: Qual a sua avaliação para essa aula?



Fonte: os autores.

Tabela 11 – Dados da questão 06 do pós-questionário

Questão 06 – Qual a sua avaliação para essa aula?			
Categoria	Alunos	Quantidade	%
Avaliação muito positiva (ótima, excelente, nota 10, maravilhosa, amei, adorei)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27	23	85.2%
Avaliação positiva com ressalvas (bom, mas repetitivo ou longo demais)	10, 23	2	7.4%
Não avaliou / resposta vaga	24, 26	2	7.4%

Fonte: os autores.

Um grupo menor de 2 (dois) alunos, conforme mostra a Tabela 11, também avaliou a aula de forma positiva, mas trouxe ressalvas pontuais, como momentos de repetição ou a necessidade de maior objetividade na apresentação. Essas observações indicam que, embora a percepção geral seja pertinente, há espaço para ajustes metodológicos que podem tornar a experiência ainda mais dinâmica e direta.

Por fim, apenas 2 (dois) alunos (Tabela 11) não apresentaram uma avaliação clara ou deram respostas vagas, o que representa uma pequena lacuna de participação, sem impacto significativo no resultado geral.

Em síntese, os dados mostram que a aula foi considerada muito proveitosa e bem conduzida, gerando entusiasmo, aprendizado e conscientização entre os estudantes. O elevado índice de avaliações muito positivas confirma a eficácia da abordagem utilizada, enquanto as poucas observações críticas oferecem subsídios para aprimorar futuras práticas pedagógicas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho usou como base a perspectiva do movimento CTSA com o objetivo de promover o conceito de sustentabilidade no Ensino de Química a partir de uma SD. Para isso, foi explorado o uso de fertilizantes naturais, a partir de materiais orgânicos que seriam descartados, em uma turma do primeiro ano do Ensino Médio do Instituto Federal de Pernambuco. A abordagem propôs uma reflexão crítica acerca de práticas sustentáveis aplicadas à plantação

de alimentos e contou com embasamento teórico de conteúdos de química ambiental.

Os resultados obtidos mostraram a eficiência da Sequência Didática. A análise comparativa entre o pré-questionário e o pós-questionário evidenciou um progresso com relação à compreensão dos estudantes sobre o assunto ministrado. No primeiro momento, em uma avaliação diagnóstica, notou-se definições genéricas e superficiais acerca dos temas fertilizantes e sustentabilidade. Com a inserção de uma intervenção didática que englobou diversas abordagens de ensino referente ao tema, pode-se observar o engajamento assíduo e maior clareza conceitual, demonstrando uma construção significativa do conceito de fertilizantes biodegradáveis como uma alternativa sustentável para a prática agrícola.

Esse avanço na compreensão dos estudantes está relacionado à abordagem pedagógica adotada durante a SD, que buscou ser aplicada com base nas ideias iniciais apresentadas, à medida em que se utilizou de saberes prévios para o desenvolvimento do assunto. Com esse processo, foi possível aprimorar conceitos a partir de um debate provocativo, crítico e científico. Desta forma, pode-se observar uma interação mais consistente em sala de aula por meio de uma proposta que buscou estimular o pensamento crítico dos estudantes.

Tais estímulos puderam ser observados com o aumento de respostas coerentes e mais elaboradas no pós-questionário, especialmente no que se refere aos possíveis impactos causados pelo uso de fertilizantes químicos e nas definições acerca do produto biodegradável produzido em sala de aula. Este processo de

ensino buscou ir além das concepções tradicionais de educação, ao articular teoria e prática, além de proporcionar a participação ativa dos estudantes, contribuindo para a construção da relação entre os saberes da escola com as situações do cotidiano.

A utilização de recursos didáticos favoreceu a assimilação do conteúdo pelos estudantes ao utilizar exemplos práticos com materiais, exposições associadas ao cotidiano, explicações com auxílio de maquete e a realização de uma atividade experimental e demonstrativa. Assim, observou-se que a maioria dos estudantes demonstrou compreender o conteúdo ao fazer menção a acontecimentos e materiais utilizados durante a aula, estabelecendo relações com o conceito de sustentabilidade, especialmente ao citar os ingredientes utilizados na fabricação do fertilizante biodegradável, fator apresentado nas respostas e análise do pós-questionário.

De modo geral, notaram-se avanços significativos nas definições dos conceitos trabalhados. Mesmo assim, identificou-se que um pequeno grupo de estudantes ainda demonstrou ter dificuldades em estabelecer associações entre os conceitos, discussões e práticas realizadas em sala. Diante disso, é importante potencializar as práticas pedagógicas a fim de minimizar, ainda mais, a dispersão e ampliar o interesse e o envolvimento dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem.

A SD para o ensino de Química possibilitou uma aproximação dos estudantes com o conteúdo a partir de práticas do cotidiano. Aqui é importante ressaltar a relevância que a escola tem para fomentar o conhecimento científico a partir da contextualização, como pede a BNCC, que também chama o movimento CTSA para as práticas

pedagógicas ao propor metodologias alternativas, interdisciplinares e transversais, que este trabalho bem celebrou.

Como delineamento para pesquisas futuras, sugere-se a aplicação do fertilizante biodegradável construído neste trabalho (NPK caseiro) em plantações pequenas para fazer o comparativo prático do desenvolvimento da planta com e sem o fertilizante. Na ocasião, podem ser utilizados outros ingredientes para potencializar o fertilizante, além de levantar novas discussões sobre os nutrientes envolvidos. Nessa perspectiva, também pode ser feita a análise do desenvolvimento da planta ao receber os nutrientes dos ingredientes do NPK caseiro de forma separada para analisar seus impactos no desenvolvimento da planta de forma individual.

Sendo assim, este trabalho reforça a importância do Ensino de Química a partir de abordagens baseadas em temas contemporâneos, que valorizam os conhecimentos prévios e as vivências dos estudantes, contribuindo para a construção de aprendizagens significativas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKAHOSHI, Leidryana Hapuque. **Uma Análise de Materiais Instrucionais com Enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente Produzidos por Professores em um Curso de Formação Continuada**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-23042013-113843/pt-br.php>. Acesso em: 16 dez. 2025.

ALBERGONI, Leide; PELAEZ, Victor. Da Revolução Verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas? **Revista de Economia**, v. 33, n. 1, 2007. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/economia/article/view/8546>. Acesso em: 14 dez. 2025

ALMEIDA, Bianca Letícia de. **Primavera silenciosa (1962)**: o clássico livro ambiental. *Cadernos de História da Ciência*, São Paulo, v. 17, p. 1-20, 2023. Disponível em: <https://periodicos.saude.sp.gov.br/cadernos/article/view/39186/37956>. Acesso em: 05 jan. 2026.

ANDERSON, Donald M.; GLIBERT, Patricia M.; BURKHOLDER, JoAnn M. **Harmful algal blooms and eutrophication**: nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries*, v. 25, n. 4B, p. 704–726, ago. 2002. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02804901>. Acesso em: 03 fev. 2026.

AULER, Décio. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências**. 2002 .Tese (Doutorado em Educação), Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Educação, Florianópolis, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/82610>. Acesso em: 14 jan. 2024.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BACICH, Lilian; MORAN, José (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BAZZO, Walter Antonio; LINSINGEN, Irlan von; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale. **O que são e para que servem os estudos CTS**. Florianópolis: UFSC, 2000.

BAZZO, Walter Antonio; LINSINGEN, Irlan von; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale. **Introdução aos estudos CTS**. Cadernos de Ibero-Almeida, 2003.

BELTRAN, Nelson Osvaldo; CISCATO, Carlos Alberto. **Química**. São Paulo: Cortez, 1991. (Coleção Magistério de 2º grau).

BERTO, Francisca Rodrigues. **O uso da prática da compostagem orgânica como ferramenta facilitadora no ensino de química**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Cuité, 2023. Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/28972>. Acesso em: 06 jan. 2026.

BORTOLON, Brenda; MENDES, Marisa Schmitt Siqueira. A Importância da educação ambiental para o alcance da sustentabilidade. **Revista Eletrônica de Iniciação Científica**, Itajaí, v. 5, n. 1, 2014. Disponível em: <https://www.univali.br/graduacao/direito-itajai/publicacoes/revista-de-iniciacao-cientifica-ricc/edicoes/Lists/Artigos/Attachments/984/Arquivo%206.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2025.

BRADY, Nyle Clifford; WEIL, Ray Roy. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRASIL. **Constituição (1988) da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso: 02 dez. 2025

BRASIL. Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980. **Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas.** Brasília: Diário Oficial da União, 1980. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6894-16-dezembro-1980-371561-normaatualizada-pl.html>. Acesso em: 07 jan. 2026.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.** Brasília, DF: Presidência da República, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 13 jan. 2026.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio.** Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: https://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 14 jan. 2026.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Fundamental – Introdução aos PCNs.** Brasília, DF: MEC, 1997. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/pcn_ensfund.pdf. Acesso em: 06 jan. 2026.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretária de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais:** introdução aos parâmetros curriculares nacionais. Brasília, DF: MEC/SEF, 1997. Disponível em: <https://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Plano Nacional de Fertilizantes 2050:** uma estratégia para os fertilizantes no Brasil. Brasília, DF: MAPA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes>. Acesso em: 05 jan. 2026.

CAPILÉ, Bruno; SANTOS, Nadja Paraense dos. **A química no melhoramento da produção agrícola e sua divulgação na revista Agrícola.** In: LOPES, Maria Margaret; HEIZER, Alda (orgs.). Colecionismos, práticas de campo e representações. Campina Grande: EDUEPB, 2011. p. 183-194. Disponível em: <https://bit.ly/3fjQKCb>. Acesso em: 10 dez. 2025.

CARSON, Rachel. **Primavera silenciosa.** Tradução de Raul de Polillo. 2. ed. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1969.

CARTA DE BELGRADO. **Colóquio Internacional sobre Educação Relativa ao Ambiente.** Belgrado, Iugoslávia, 13–22 out. 1975. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/educacao-ambiental/glossario-ea/carta-de-belgrado>. Acesso em: 15 dez. 2025.

CASTRO, Eder Alonso; PAIVA, Fernanda Marcondes; SILVA, Allan Marques. Aprendizagem em química: desafios da educação básica. **Revista Nova Paideia- Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa**, Brasília, DF, v. 1. n. 1. p. 73-88, 2019. Disponível em:

<https://ojs.novapaideia.org/index.php/RIEP/article/view/15/6>. Acesso em: 14 jan. 2026.

CAVALCANTI, Clóvis (org.). **Desenvolvimento e natureza:** estudos para uma sociedade sustentável. 3.ed. São Paulo: Cortez; Recife, PE: Fundação Joaquim Nabuco, 2001.

CHAGAS-SPINELLI, Alessandra Carla Oliveira. **Biorremediação de solo argiloso contaminado por hidrocarbonetos poliaromáticos provenientes de derrame de óleo diesel.** 2007. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6415?locale=pt_BR. Acesso em: 01 dez. 2025.

CHASSOT, Attico. **A ciência através dos tempos.** São Paulo: Editora Moderna, 1994.

DAVIS, Richard M. *et al.* **Compendium of lettuce diseases.** California: Academic Press, 1997.

DESLANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu; MINAYO, Maria Cecília de Souza (orgs.). **Pesquisa social:** teoria, método e criatividade. 26. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.

DIAS, Genebaldo Freire. **Educação ambiental:** princípios e práticas. São Paulo: Gaia, 1992.

DIAS, Genebaldo Freire. **Educação ambiental:** princípios e práticas. 9. ed. rev. e ampl. São Paulo: Gaia, 2004.

DIAS, Victor Pina; FERNANDES, Eduardo. Fertilizantes: uma visão global sintética. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 24, p. 97-138, set.

2006. Disponível em:
<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2657>. Acesso em: 07
jan. 2026.

DOMINGUES, Jeniffer dos Santos. **Impacto do uso de fertilizantes nitrogenados**. *In*: Conversando sobre meio ambiente e saúde: uma abordagem popular. Marília: Marília Publishers, 2024. . Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/386410148_Impacto_do_uso_de_fertilizantes_nitrogenados. Acesso em: 22 jan. 2026

FELDENS, Leopoldo. **O homem, a agricultura e a história**. 1. ed. Lajeado: Ed. Univates, 2018.

FELTRE, Ricardo. **Química**. v. 1. 6 ed. São Paulo: Moderna, 2004.

FERREIRA, Leidryana da Conceição *et al.* Educação Ambiental e Sustentabilidade na Prática Escolar. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 201-214, 2019. Disponível em:
<https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/2678>.
Acesso em: 03 jan. 2026.

FREIRE, Paulo. **A importância do ato de ler**: em três artigos que se completam. 52. ed. São Paulo: Cortez, 2021.

GADELHA, José Eduardo Ferreira da Silva *et al.* Consequências da eutrofização em corpos hídricos. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 3, 2022. Disponível em:
<https://www.scribd.com/document/844109265/Artigo-CONSEQUENCIAS-DA-EUTROFIZACAO-EM-CORPOS-HIDRICOS>.
Acesso em: 02 Jan. 2026.

GIFFONI, Joel de Sousa; BARROSO, Maria Cleide da Silva; SAMPAIO, Caroline de Gois. Aprendizagem significativa no ensino de Química: uma abordagem ciência, tecnologia e sociedade. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, e13963416, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340713622_Aprendizagem_significativa_no_ensino_de_Quimica_uma_abordagem_ciencia_tecnologia_e_sociedade. Acesso em: 05 fev. 2026.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOBATTO, Débora Regiane. **Relação entre fontes de adubação, microbiota do solo e desempenho agrônômico do feijão**. 2025. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2025. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/38898>. Acesso: 15 Jan. 2026.

GOMOLLÓN-BEL, Fernando; GARCÍA-MARTÍNEZ, Javier. Connecting chemical worlds for a sustainable future. **Chemical Science**, v. 15, 2024. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/em/content/articlelanding/2024/sc/d3sc06815c>. Acesso em: 05 fev. 2026.

GUEDES, Maria José Francisco *et al.* Fertilizantes orgânicos: uma alternativa sustentável. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 8, n. 1, 2025. Disponível em: <https://www.revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/articled/view/3837>. Acesso em: 05 fev. 2026.

GUELFÍ, Douglas. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. **IPNI**, São Paulo, 2017. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/316281491_Fertilizantes_nitrogenados_estabilizados_de_liberacao_lenta_ou_controlada. Acesso em: 22 dez. 2025.

JACOBI, Pedro Roberto. Educação ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.31, n.2, p.233-250, maio/ago.2005. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1TFEnCN8EPnJOIPOIGZROlgENGCEzjY4Y/view?usp=drivesdk>. Acesso em: 04 dez. 2025.

KOLAWOLE, Funsho Olaitan *et al.* Organic fertilizers synthesized from domestic food waste: a green sustainable approach – a review. **Bioresource Technology Reports**, v. 31, p. 102231, 2025. Disponível em: <http://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2025BiTeR..3102231K/>. Acesso em: 22 dez. 2025.

LEFF, Enrique. **Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Enrique-Leff/publication/389945224_RACIONALIDADE_AMBIENTAL/links/67d9faf835f7044c9232ce63/RACIONALIDADE-AMBIENTAL.pdf. Acesso em: 03 dez. 2025

LEFF, Enrique. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. 9 ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

MACEDO, Carla Fernandes; SIPAÚBA-TAVARES, Lúcia Helena. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 149–163, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/268430176_EUTROFIZACA

O_E_QUALIDADE_DA_AGUA_NA_PISCICULTURA_CONSEQUENCIAS
_E_RECOMENDACOES. Acesso em: 03 fev. 2026.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Ceres, 1980. p. 251.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. p. 631.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARQUES, Gilberto Telmo Sidney. **História da Química.** 2. ed. Fortaleza: Editora da Universidade Estadual do Ceará – EdUECE, 2019. Disponível em: <https://www.educapes.capes.gov.br/>. Acesso em: 05 fev. 2026.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. **Academic Press,** London, p. 889. 1995. Disponível em: https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf. Acesso em: 26 jan. 2026.

MATOS, Kédima Ferreira de Oliveira. Metodologias ativas e aprendizagem significativa no ensino de química na educação básica. **Revista Acadêmica Digital,** 77 ed. Minas Gerais: Souzaead, 2024. Disponível em: <https://souzaeadrevistaacademica.com.br/revista/77-setembro-2024/07-kedima-ferreira-de-oliveira-matos.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2026.

MAZOYER, Marcel; ROUDART, Laurence. **História das agriculturas no mundo:** do neolítico à crise contemporânea. São Paulo: Editora

UNESP; Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário (NEAD), 2010. Disponível em: https://docs.fct.unesp.br/docentes/geo/bernardo/BIBLIOGRAFIA%20DISCIPLINAS%20POS-GRADUACAO/HISTORIA%20DA%20AGRICULTURA/Historia_das_agriculturas.pdf. Acesso em: 03 Jan. 2026.

MENDES, Alessandra Monteiro Salviano *et al.* **Impactos ambientais causados pelo uso de fertilizantes agrícolas.** *In:* BRITO, Luiza Teixeira de Lima; MELO, R. F. de; GIONGO, V. (Org.). Impactos ambientais causados pela agricultura no Semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 55–99. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/875492>. Acesso em: 05 dez. 2025.

MENDES, Antero Dâmaso Santinhos. **Trabalho prático no ensino da química:** um estudo com alunos do 12º ano. 2012. Dissertação (Mestrado em Educação – Didáctica das Ciências) – Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/6717>. Acesso em: 03 fev. 2026.

MORAN, José Manuel. **A educação que desejamos:** novos desafios e como chegar lá. 1. ed. Campinas, SP: Papirus, 2007/2008.

KRASILCHIK, Myriam. **Reformas e realidade:** o caso do ensino das ciências. São Paulo: Em perspectiva, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/spp/a/y6BkX9fCmQFDNnj5mtFgzyF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 08 jan. 2026.

NACHTIGALL, Gilmar Ribeiro. Nutrição mineral de plantas. **Informativo AGAPOMI**, 247 ed., Dez. 2014. Embrapa. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/100267>

2. Acesso em: 17 dez. 2025

NASCIMENTO, Rodolpho José de Almeida. **Erodibilidade em entressulcos, escoamento superficial e formação de crosta em solos representativos do estado da Paraíba.** 2019. 114 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2019. Disponível:

[https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/14130?](https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/14130?locale=pt_BR)

[locale=pt_BR](https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/14130?locale=pt_BR). Acesso em: 13 dez. 2025

OLIVEIRA, Rosana Maria de *et al.* Educação ambiental no espaço escolar: um olhar voltado para o conhecimento das leis ambientais.

Revista Fitos, v. 15, n. 3, p. 307–315, 2021. Disponível em:

[https://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-](https://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/1072)

[fitos/article/view/1072](https://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/1072). Acesso em: 18 dez. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando nosso mundo:** a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Nova York: ONU, 2015. Disponível em:

<https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>.

Acesso em: 02 Jan. 2026

OURIVES, Ornã Enisson Almeida *et al.* Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. **Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia**, v. 40, n. 2, p. 126-132, abr./jun. 2010. Disponível em:

<https://revistas.ufg.br/pat/article/view/5138>. Acesso em: 03 fev. 2026.

PANDAY, Dinesh *et al.* Rooted in nature: the rise, challenges, and potential of organic farming and fertilizers in agroecosystems.

Sustainability, v. 16, n. 4, p. 1530, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/4/1530>. Acesso 03 dez. 2025

PANTANO, Glaucia *et al.* Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. **Química Nova**, v. 39, n. 6, p. 732–740, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/YLbww37mZWK7qJLr4SxGnFP/?lang=pt>. Acesso em: 03 dez. 2025

PEDRINI, Alexandre de Gusmão. **Educação Ambiental empresarial no Brasil**. 1 ed. São Carlos: Rima editora, 2008.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO E ESPORTES DE PERNAMBUCO. **Organizador curricular: química ensino médio**. Recife: SEE-PE, 2025. Disponível em: <portal.educacao.pe.gov.br>. Acesso em: 14 jan. 2026.

SEDIYAMA, Maria Aparecida Nogueira *et al.* Uso de fertilizantes orgânicos no cultivo de alface americana (*Lactuca sativa* L.) 'Kaiser'. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 66-74, jun. 2016. Disponível em: <https://scholar.google.com/>. Acesso em: 03 fev. 2026.

POLANCZKY, Carla. **Pesquisas e estilos de pensamento sobre práticas do enfoque CTSA no ensino de ciências da natureza**. Dissertação (mestrado) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (Campus Ijuí). Educação nas Ciências. Ijuí, 2019. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNIJ_b578bd54ec729c5505b5c52d831e1b6c. Acesso em: 06 jan. 2026.

PORTO, Edimilson Antonio Bravo; Kruger, Verno. **Breve histórico do ensino de química no Brasil**. 33 ed. EDEQ: Ijuí, 2013. Disponível em:

<https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/edeq/article/view/2641>. Acesso em: 14 jan. 2026.

PRETTY, Jules N. Participatory learning for sustainable agriculture. **World Development**, v. 23, n. 8, p. 1247–1263, ago. 1995. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0305750X9500046F>. Acesso em: 8 dez. 2025.

PRIMAVESI, Ana. **O manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais**. 2. Ed. São Paulo: Nobel, 2002. ISBN 85-213-0004-2. Acesso em: 01 dez.2025

REGINALDO, Laís Tereza Rêgo Torquato. **Seleção de isolados microbianos para degradação de oxyfluorfen no solo**. 2023. 63 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2023. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFER_ad8e6ce72326885afb563357de0b9969. Acesso em: 03 dez. 2025

ROCHA, Dhyovana Lopes Ferreira da *et al.* Nutrindo a terra e o bolso: fertilizantes orgânicos como solução de baixo custo. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 9, n. 1, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.61164/rmnm.v9i1.2906>. Acesso em: 15 dez. 2024.

RODRIGUES, Itamar García; TEIXEIRA, Rafaela Eduarda. Uso de fertilizantes orgânicos na melhoria da qualidade do solo e produção de cenoura. **Revista ft**, v. 27, p. 8–21, 2023. Disponível em: <https://revistaft.com.br/uso-de-fertilizantes-organicos-na-melhoria-da-qualidade-do-solo-e-producao-da-cenoura/>. Acesso em: 06 jan. 2025.

ROOS, Alana; BECKER, Elsbeth Leia Spod. Educação ambiental e sustentabilidade. **REGET: Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v. 5, n. 5, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/4259>. Acesso em: 06 jan. 2026.

RUBIO, Fabiana Martins; DIAS, Kátia Barbosa; MOTA, Josiane da Silva; CARDOSO, Carlos Alberto Lopes. **O Ensino de Química na Rede Estadual de Educação de Dourados: percepção dos professores**. In: 35ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Águas de Lindóia/SP, maio, 2012.

SANTOS, Daniel Alves dos; VILCHES, Amparo; BRITO, Lélia Cristina Silveira. Importância concedida à CTSA e sustentabilidade em revistas de investigações científicas educacionais no Brasil e Espanha. **Indagatio Didactica**, v. 8, n. 1, p. 1808–1822, 2016. DOI: 10.34624/id.v8i1.12047. Disponível em: <https://proa.ua.pt/index.php/id/article/view/12047>. Acesso em: 15 dez. 2025.

SANTOS, Wildson Lopes dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. **A dimensão social do ensino de química – um estudo exploratório da visão de professores**. In: II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 1., 2019. Disponível em: <https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/encontros/enpec/iienpec/Dados/trabalhos/A57.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2026.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. A Química e a formação para a cidadania. **Educación química**, México, 2011, v. 22, n. 4, out. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?>

[script=sci_arttext&pid=S0187-893X2011000400004](#). Acesso em: 07 dez. 2025.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva Crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. especial, nov. 2007. Disponível em: <https://recursosdefisica.com.br/files/149-530-1-PB.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2026.

SILVA, Danniell Camargo *et al.* Agroquímica, horta escolar e educação CTSA: um projeto desenvolvido pelo Pibid química da UEG. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 4, p. 150-164, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/2617>. Acesso em: 06 jan. 2026.

SILVA, Davi José; BORGES, Ana Lúcia. **Fertilizantes para fertirrigação**. In: EMBRAPA. [Revista Embrapa], jan. 2009. P. 20–36. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/660340>. Acesso em: 22 fev. 2026.

SOUSA, José Antonio de; BIAPINA, Bruna Rafaela Silva. Contextualização no ensino de química e suas influências para a formação da cidadania. **Revista Ifes Ciência**, v. 9, n. 1, p. 01-14, 2023. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/view/1510>. Acesso em: 07 dez. 2025.

TILMAN, David *et al.* Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. **Science**, v. 331, n. 6022, p. 1097–1102, 2011. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1116437108>. Acesso em: 07 dez. 2025

VILCHES, Amparo; GIL-PÉREZ, Daniel; PRAIA, João. **De Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA):** educação por um futuro sustentável. *In:* SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; AULER, Décio (Organizadores). *Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa.* Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011. P. 161-184.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich. **A formação social da mente:** o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 7. Ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007. Disponível em: <https://ria.ufrn.br/jspui/handle/123456789/1227>. Acesso em: 06 fev. 2026.

YANG *et al.* Mechanisms and assessment of water eutrophication. **Journal of Zhejiang University Science B**, 9(3), 2008.197-209. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1631/jzus.B0710626>. Acesso em: 03 jan. 2026.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa:** como ensinar. Tradução: Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACT: Alfabetização Científica e Tecnológica

ATP: Adenosina Trifosfato

Ca: Cálcio

CTS: Ciência, Tecnologia e Sociedade

DNA: Ácido Desoxirribonucleico

EA: Educação Ambiental

IFPE: Instituto Federal de Ciencia e Tecnologia de Pernambuco

K: Potássio

K⁺: Íon Potássio

Mg: Magnésio

Mg²⁺: Íon Magnésio

N: Nitrogênio

N₂: Nitrogênio Atmosférico

NH₃: Amônia

NH₄⁺: Amônio

NO₃⁻: Íon Nitrato

NPK: Nitrogênio, Fósforo e Potássio

ONU: Organização das Nações Unidas

P: Fósforo

PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais

pH: Potencial Hidrogeniônico

PO_{3/4}: Íon Fosfato

RNA: Ácido Ribonucleico

S: Enxofre

SD: Sequência Didática

SSA: Sistema Seriado de Avaliação

UPE: Universidade de Pernambuco

Monografia apresentada à Coordenação de Graduação em Licenciatura em Química do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Pernambuco, como requisito para obtenção do título de Licenciados em Química. Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Sousa Barros

¹ Licenciandos em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) - Campus Ipojuca.

² É licenciado em Química pela UFRPE / especialista em ensino de ciências pela UFPE/ Mestre em tecnologia ambiental pelo ITEP / Professor do IFPE - Campus Ipojuca