

**ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA POR MEIO DA
CONTROVÉRSIA CONTROLADA: UM ESTUDO SOBRE BIOCOMBUSTÍVEIS
NO ENSINO DE QUÍMICA**

**SCIENTIFIC LITERACY THROUGH CONTROLLED CONTROVERSY: A
STUDY ON BIOFUELS IN CHEMISTRY EDUCATION**

Francisca Rayssa Freitas Ferreira¹

Ana Karine Portela Vasconcelos²

Ana Laura dos Santos Oliveira³

Resumo: Este estudo abordou a implementação da controvérsia controlada no ensino de Química, com o tema Biocombustíveis, para promover a alfabetização científica e o pensamento crítico em alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola privada. A metodologia aplicada foi a controvérsia controlada, para a coleta de dados foram desenvolvidos questionários, debates e observações. Os resultados revelaram avanços na compreensão dos alunos sobre benefícios, desafios e políticas relacionados aos Biocombustíveis. O método possibilitou uma participação ativa dos estudantes, estimulando o protagonismo e a reflexão. Apesar de algumas limitações e lacunas, a abordagem se mostrou eficaz na promoção da alfabetização científica com intuito de promover autonomia e formação do pensamento crítico dos estudantes. A interdisciplinaridade, a contextualização e a simulação contribuíram para uma aprendizagem mais crítica sobre temas científicos e sociais.

Palavras-chave: ACT; Ensino de Química; Ensino médio.

Abstract: This study addressed the implementation of controlled controversy in Chemistry education, focusing on the topic of Biofuels, aiming to promote scientific literacy and critical thinking among 3rd-year high school students at a private school. The methodology applied was controlled controversy, and data collection involved questionnaires, debates, and observations. The results revealed advancements in students' understanding of the benefits, challenges, and policies related to Biofuels. The method enabled active participation of the students, stimulating protagonism and reflection. Despite some limitations and gaps, the approach proved effective in promoting scientific literacy with the aim of fostering students' autonomy and formation of critical thinking. Interdisciplinarity, contextualization, and simulation contributed to a more critical learning about scientific and social issues.

Keywords: ACT; Chemistry Teaching; High School.

¹Especialista em Ensino de Química pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Mestranda em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: ray.ferreir@outlook.com.

²Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professora permanente do Programa de Pós - Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PGECM) e da RENOEN do IFCE, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: karine@ifce.edu.br.

³Especialista em química e Biologia pela Faculdade Kurios (FAK). Mestranda em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: anlauradso@gmail.com.

1 Introdução

O ensino para Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) vai além da transmissão de conceitos e teorias. É uma oportunidade para capacitar os estudantes a se tornarem cidadãos científicos ativos, capazes de tomar decisões informadas e contribuir para a sociedade. Com o ritmo acelerado das descobertas científicas e tecnológicas, é essencial que os estudantes desenvolvam habilidades para se envolver em questões científicas e tecnológicas (Santos, 2008; Santos, 2012; Firme, 2020).

A ACT envolve uma compreensão profunda dos princípios científicos, mas também vai além disso, abrangendo a capacidade de aplicar esse conhecimento em contextos do mundo real. Ela implica em ter um pensamento crítico e ético, sendo capaz de avaliar evidências, considerar múltiplas perspectivas e tomar decisões informadas sobre questões científicas e tecnológicas na visão de especialistas (Fourez, 1995; Santos e Schnetzler, 1997; Kist e Munchen, 2021).

Na sala de aula, o ensino voltado com ênfase na ACT pode transformar a forma como os estudantes interagem com o conhecimento científico. Em vez de serem meros receptores passivos, os estudantes são incentivados a se envolverem ativamente em projetos, discussões e atividades que os capacitam a aplicar o conhecimento científico em situações do mundo real, para que dessa forma possa “participar ativamente de decisões democráticas sobre ciências e tecnologia, que questione a ideologia dominante do desenvolvimento tecnológico”, afirma Santos (2008, p. 114).

Segundo Passos, Vasconcelos e Silveira (2022) o Ensino de Química deve estar elencado com o cotidiano do aluno para que dessa forma possa compreender as transformações químicas que ocorrem ao seu redor, para assim, fazer conexões e criar estratégias para solucionar problemas.

Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007, p. 72) afirmam que,

Torna-se cada vez mais necessário que a população possa, além de ter acesso às informações sobre o desenvolvimento científico-tecnológico, ter também condições de avaliar e participar das decisões que venham a atingir o meio onde vive. É necessário que a sociedade, em geral, comece a questionar sobre os impactos da evolução e aplicação da ciência e tecnologia sobre seu entorno e consiga perceber que, muitas vezes, certas atitudes não atendem à maioria, mas, sim, aos interesses dominantes.

É importante que se tenha uma sociedade formada com valores científicos e sociais, assim, para que haja uma formação mais voltada para o entendimento da tecnologia e da ciência é necessário que os indivíduos sejam formados e tenham entendimento sobre diversos temas para que possam realizar críticas embasadas no conhecimento tecnocientífico (Pinheiro, Silveira e Bazzo, 2007)

Na literatura pode-se ver que muitos autores relatam sobre a importância da inserção de temas que relacionem a ciência e a tecnologia buscando construir indivíduos mais críticos e reflexivos em questões sociais. Autores como Chrispino (2005), Santos e Schnetzler (1997) e Santos (2012) relatam em seus trabalhos as dificuldades e percepções no ensino CTS, trazem maneiras de como inserir os temas transversais no cotidiano escolar a fim de estreitar as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Construir cidadãos esclarecidos exige um aperfeiçoamento de quem os ensina, é fundamental que professores insiram a abordagem CTS no seu modo de ensinar para que assim sejam formados cidadãos que questionem e não só reproduzam conceitos prontos (Souza e Chrispino, 2021).

Todavia, é válido ressaltar a importância de uma aula em que se pode ouvir os estudantes e saber o que ele pensa sobre determinados temas, ainda que *a priori*, o mesmo não tenha tanto conhecimento na temática abordada. Dessa forma para construção do conhecimento pode-se adotar como método de ensino a controvérsia controlada, que segundo Souza e Chrispino (2021, p. 166),

é uma técnica onde é possível simular um debate real a partir de um tema socialmente relevante, onde os estudantes podem representar os diferentes atores sociais (cientistas, técnicos especialistas, políticos, associações de moradores, ambientalistas, organizações não governamentais etc), que serão afetados de diferentes formas por uma decisão política. Por meio da controvérsia, são realizados debates e reflexões com o objetivo de ampliar a visão dos participantes sobre a verdadeira relação CTS e perceber na prática a importância de ser um cidadão socialmente ativo.

De acordo com Gordillgo e Osorio (2003) citado em Souza e Chrispino (2021), representar situações de cunho social e ambiental em sala de aula, a transforma em um laboratório que simula a democracia, visto que nela é encenado possíveis fatores sociais com a mesma significância durante a exposição de argumentos e pontos de vista.

Este trabalho propõe uma estratégia para desenvolver e aprimorar o processo de alfabetização científica na sala de aula, fornecendo uma base sólida para o desenvolvimento de habilidades científicas, bem como para a conscientização sobre as implicações sociais e

éticas da ciência e da tecnologia. A metodologia adotada foi a controvérsia controlada. Para Chrispino (2005) a promoção da construção do conhecimento através da interação entre grupos com ideias e posições divergentes incentivam o conflito saudável de ideias que fundamenta uma sociedade democrática.

2 Referencial Teórico

A ACT é um componente essencial da Educação, superando a mera memorização de fatos para capacitar os indivíduos a compreenderem e participarem ativamente no mundo científico em constante evolução. Em sua essência, a ACT engloba não apenas a aquisição de conhecimento sobre conceitos e teorias científicas, mas também o desenvolvimento de habilidades que permitem aos alunos questionar, analisar e interpretar informações científicas. Essa abordagem vai além do tradicional modelo de ensino, proporcionando uma compreensão mais ampla do papel da ciência na sociedade e estimulando uma postura investigativa (Santos, 2007).

No contexto educacional, a ACT não apenas prepara os estudantes para possíveis carreiras nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM), mas também os capacita como cidadãos conscientes. Ao promover uma compreensão aprofundada dos princípios científicos, ela permite que os indivíduos participem de discussões informadas sobre questões científicas e tecnológicas presentes em sua vida cotidiana. A alfabetização científica e tecnológica, portanto, não é apenas um meio de transmitir conhecimento, mas uma ferramenta crucial para desenvolver uma população que possa enfrentar os desafios complexos e interdisciplinares do mundo contemporâneo (Costa, Ribeiro e Zompero, 2016).

Para Chassot (2003, p. 91-92),

Entender a ciência nos facilita, também, contribuir para controlar e prever as transformações que ocorrem na natureza. Assim, teremos condições de fazer com que essas transformações sejam propostas, para que conduzam a uma melhor qualidade de vida. Isto é, a intenção é colaborar para que essas transformações que envolvem o nosso cotidiano sejam conduzidas para que tenhamos melhores condições de vida. Isso é muito significativo. Aqueles que se dedicam à educação ambiental têm significativos estudos nessa área.

Essa perspectiva reforça a importância da alfabetização científica não apenas como um meio de compreensão, mas como uma ferramenta para influenciar positivamente o ambiente e a qualidade de vida. Contemplando a citação acima, para este trabalho, a escolha do tema para objeto de estudo trabalhado foi crucial para auxiliar o método de ensino escolhido,

que foi a técnica da controvérsia controlada, que tem como uma das características a realização de um debate, Chrispino e Santos (2011, p. 67-68), relata que a controvérsia é uma,

[...] construção de consenso (pelo menos no processo de debate) minuciosamente preparado a partir de regras previamente definidas visando ao exercício de (1) identificação de problemas comuns para fomentar a controvérsia; (2) o exercício de estabelecer padrões mutuamente aceitáveis para sustentar um debate; (3) a busca organizada de informações pertinentes ao tema definido; (4) a preparação da exposição em defesa da posição; (5) a capacidade de escutar a posição controversa apresentada racionalmente pelos demais participantes; (6) o exercício de contra-argumentar a partir do conhecimento dos argumentos utilizados pelos demais debatedores e (7) reavaliar as posições - a sua e as demais - a partir de novas informações.

Ao utilizar essa estratégia de ensino visando atingir uma aprendizagem significativa e englobando os argumentos estipulados por Millar (1996) citado em Santos (2007), onde ele justifica a preocupação de uma alfabetização científica através de cinco categorias primordiais:

a) argumento econômico, que conecta o nível de conhecimento público da ciência com o desenvolvimento econômico do país; b) utilitário, que justifica o letramento por razões práticas e úteis; c) democrático, que ajuda os cidadãos a participar das discussões, do debate e da tomada de decisão sobre questões científicas; d) social, que vincula a ciência à cultura, fazendo com que as pessoas fiquem mais simpáticas à ciência e à tecnologia; e e) cultural, que tem como meta fornecer aos alunos o conhecimento científico como produto cultural (Millar, 1996 *apud* Santos, 2007, p. 477).

Dessa forma estaria juntando conceitos que muitas vezes ficam dispersos quando se tenta realizar aulas contextualizadas, pois na realização do método de ensino da controvérsia os alunos estão frente a situações reais que de alguma forma pode atingi-los futuramente, e que poderão agir de forma coerente, com senso crítico que mais se adeque dentro de determinado contexto que esteja inserido.

A abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), é compreendida como uma inovação educacional alinhada às recomendações internacionais mais pertinentes e contemporâneas, visando oferecer, no ensino de Ciências, uma alfabetização científica e tecnológica abrangente e aplicável a todas as pessoas (Acevedo, Vázquez e Manassero, 2003).

Diante do exposto, visando uma atividade diferenciada, juntou-se todos esses conceitos que ao incorporar a perspectiva de Chassot (2003) sobre o entendimento da ciência como meio de contribuir para controlar e prever as transformações na natureza, este trabalho

ênfatiza a relevância da alfabetização científica não apenas como um fim em si mesmo, mas como um meio de influenciar positivamente o ambiente e a qualidade de vida.

A escolha da técnica da controvérsia controlada como abordagem de Ensino, embasada nas considerações de Chrispino e Santos (2011), proporciona um ambiente propício para a construção de consenso, preparando os alunos para identificar problemas, estabelecer padrões, buscar informações pertinentes, apresentar argumentos e, fundamentalmente, desenvolver um pensamento crítico que transcenda os limites da sala de aula. Ao alinhar essa abordagem com as categorias de justificação de Millar (1996), o trabalho propõe uma integração coesa e significativa de conceitos que muitas vezes permanecem fragmentados em abordagens mais tradicionais, reforçando a importância da ACT como um processo dinâmico e aplicável às situações da vida real.

3 Metodologia

Este trabalho relata um estudo de caso em CTS, realizado nas aulas de Química de estudantes do 3º ano do Ensino Médio de uma escola privada, a turma totaliza 32 estudantes, mas no dia da realização da atividade apenas 28 compareceram à aula. O estudo de caso será utilizado devido aos seus métodos, que possibilitam ampliar e explorar situações reais dentro de um determinado contexto, ou seja, o método busca compreender as complexidades do caso em seu contexto natural (Malheiros, 2011).

A metodologia adotada para a realização da técnica da Controvérsia foi a adaptação feita por Chrispino (2017) de Gordillo e Ozorio (2003), sendo aplicada conforme Palacios et al. (1996, p.87) o enxerto CTS, que é quando se abre questionamentos e discussões nas disciplinas de Ciências sobre um tema com “acontecimentos tecnocientíficos que permitam reflexão e motivação para o estudo e debate”. O tema gerador para produção do debate foi “Biocombustíveis”, pois o livro didático dos estudantes abordava a temática dentro do conteúdo de Química Orgânica.

Para coleta de dados das atividades realizadas, foram utilizados: um questionário discursivo sobre o tema, debate e a observação participativa do professor. O questionário foi aplicado antes e depois das discussões.

Para que fosse possível avaliar o nível de conhecimento dos estudantes sobre Biocombustíveis, um questionário foi construído pelo professor com auxílio do livro didático. Segue as perguntas elaboradas no quadro 1:

1) O que você entende por biocombustíveis?
--

2) Quais são os benefícios ambientais dos biocombustíveis em comparação aos combustíveis fósseis?
3) Quais são os principais desafios associados à produção em larga escala de biocombustíveis?
4) Quais são os critérios para avaliar a sustentabilidade dos biocombustíveis?
5) Quais as vantagens e desvantagens da utilização dos biocombustíveis? Cite 2 exemplos de cada.
6) Quais são as perspectivas futuras para os biocombustíveis, há alguma tecnologia promissora em desenvolvimento?
7) Quais são as principais políticas e regulamentações relacionadas aos biocombustíveis no Brasil?

Quadro 1: Perguntas do questionário.

Fonte: Autoras (2024).

As atividades dividiram-se em três momentos: o primeiro foi aplicação do questionário, o segundo foi a realização do debate e o terceiro foi a reaplicação do questionário.

Para realizar o debate os estudantes foram divididos em grupos, cada grupo era responsável por um setor, conforme representado no quadro 2 abaixo:

Grupo 1: aspectos positivos quanto ao uso de biocombustíveis
Grupo 2: aspectos negativos quanto ao uso de biocombustíveis
Grupo 3: aspectos socioeconômicos e equidade
Grupo 4: políticas públicas e regulamentação

Quadro 2: Grupos formados para o debate.

Fonte: Autoras (2024).

Para realizar as pesquisas, os alunos receberam algumas orientações de fontes confiáveis e como deveriam se preparar para o debate. A fim de eles se organizarem melhor o professor aconselhou que eles anotassem qual opinião iriam defender, os argumentos que iriam falar e caso fossem atacados quais argumentos iriam utilizar como defesa, em fichas que poderiam ser consultadas ao longo do debate. As anotações deveriam ser entregues ao professor no final do debate. Os estudantes tiveram duas semanas para se preparar para o debate.

Após aplicação do questionário foi realizado o debate entre os grupos, primeiro aconteceu o debate do **grupo 1 x grupo 2, grupo 2 x grupo 4, grupo 2 x grupo 3**. O debate foi mediado pelo professor.

O debate foi realizado em etapas para que ficasse organizado os conceitos que seriam expostas pelos estudantes. Na primeira etapa os estudantes expuseram as ideias iniciais com argumentos e pontos de vista. Na segunda etapa houve confronto de opiniões com direito a réplica e a tréplica quando necessário. E na terceira e última etapa houve uma avaliação pessoal da atividade realizada. Uma conversa entre os colegas e o professor sobre suas

percepções acerca da atividade e da temática abordada. Ao final da atividade todos responderam novamente o questionário inicial.

Para tratamento dos dados, os discursos e questionários dos alunos foram analisados com base na análise de conteúdo de Bardin (1977), que se caracteriza na fase de pré-análise, onde foram organizadas e preparadas as respostas dos alunos, depois formuladas algumas hipóteses iniciais e escolhidas as falas do discurso para análise. Em seguida, durante a exploração do material, realizaram-se leituras para obter uma visão geral das partes importantes e foram organizadas conforme as perguntas do questionário.

Para leitura dos resultados envolve o agrupamento das partes importantes de acordo com as perguntas realizadas no questionário. Na etapa de interpretação, analisam-se o discurso dos alunos, realizou-se conclusões e estabeleceu-se relações entre elas, como pode ser visualizado no tópico dos resultados.

4 Resultados e discussões

Durante a observação feita pelo professor, o debate em seu primeiro momento foi bem realizado, os estudantes apresentaram seus pontos de vista com embasamento, mostrando dados legítimos, justificativas plausíveis e as razões pelas quais optaram pelos argumentos utilizados.

Em alguns momentos houve intervenções feitas pelo professor, pois a discussão ficou um pouco mais calorosa quando os **grupos 1 e 2** expuseram seus argumentos, alguns estudantes levaram para o lado pessoal e acabaram se perdendo em alguns momentos, pois expuseram apenas a sua opinião, sem nenhum tipo de contra-argumento para revidar o comentário feito pelo colega. Esse tipo de intervenção é necessário para manter a discussão produtiva e respeitosa, conforme sugere Vygotsky (2007) em sua teoria sociocultural, onde o mediador (professor) guia os alunos em suas zonas de desenvolvimento proximal.

Todavia, o debate teve uma certa qualidade, apesar de que alguns grupos estavam bem mais preparados que outros, alguns souberam se portar melhor que outros, mas isso já era esperado pelo professor. A inserção de temas com essa magnitude, e um tema que na época que foi apresentado estava em alta na grande mídia acabaria trazendo argumentos sem comprovação ou insegurança nas falas, alguns por despreparo, ou seja, por não ter estudado o tema como havia sido combinado, outros por timidez.

Notou-se que nos grupos de apoio a produção de biocombustíveis a maioria dos argumentos, estavam reforçando a ideia de uma “ciência salvadora” e inquestionável, já o lado contrário a produção de biocombustíveis via-se totalmente oposto a essa ideia, pois argumentaram que diante de todas as grandes conquistas humanas dentro da ciência sempre acaba em guerras, deram como exemplo o conflito de 1973, na crise do petróleo desencadeada pelo embargo imposto pelos países membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) contra nações ocidentais, em especial os Estados Unidos, em retaliação ao apoio desses países a Israel durante a Guerra do Yom Kippur, em outubro de 1973. Os estudantes usaram esse argumento para enfatizar a criação do Programa Proálcool no Brasil, que apesar de um grande feito também tem seus riscos. Os atores que representavam as queixas sociais apresentaram argumentos sólidos e de extrema importância para a sociedade, como as questões ambientais e a segurança alimentar. Esses argumentos foram utilizados pelo grupo de aspectos socioeconômicos e equidade.

Alguns argumentos apresentados pelos estudantes serão discorridos abaixo para comprovar tais conclusões.

Exemplo 1:

Quando perguntados sobre quais as vantagens sociais de se utilizar os biocombustíveis o grupo 1 respondeu:

A produção de biomassa para biocombustíveis pode vim a beneficiar áreas rurais, proporcionando oportunidades de emprego e renda para agricultores locais. Isso contribui para a população no campo continue no campo, reduz o êxodo rural e fortalece as economias locais.

Para justificar a fala, o grupo trouxe uma matéria de 2021, do Governo Federal falando sobre o aumento da produção de biomassa em regiões rurais.

Exemplo 2:

Um dos grupos que trouxe um argumento pouco confiável foi o grupo 4, para se defender de uma das falas do grupo 2.

A produção pode concentrar recursos, como terras boas para o cultivo e investimentos, em áreas específicas ou em grandes empresas, o que pode resultar em desigualdades e excluir pequenos produtores rurais e comunidades locais dos benefícios econômicos.

O contra argumento utilizado pelo grupo 4 foi: “Isso não vai acontecer, pois haverá uma regulamentação para distribuição das terras e das rendas”.

Quando perguntados como seria feita a regulamentação, nenhum dos integrantes do grupo questionado soube responder, disseram frases vazias como: “a própria população fará a fiscalização”.

Exemplo 3:

Em um momento de discussão do grupo 3, quando questionados como a tecnologia não iria danificar o meio ambiente através do processo de geração de biocombustíveis com a utilização de matérias-primas não convencionais, o grupo respondeu:

Pesquisas científicas e inovações tecnológicas estão melhorando a eficiência de conversão de biomassa em biocombustíveis e isso inclui o desenvolvimento de novos catalisadores, otimização das etapas de produção, resultando em maior rendimento e menor desperdício de matéria-prima.

E afirmaram que “A ciência é capaz que melhorar até a capacidade de diminuição de gases poluentes no processo de fabricação dos biocombustíveis”.

Essa frase demonstra preocupação com a emissão de gases poluentes durante o processo de fabricação, porém os estudantes sugerem que a ciência pode contribuir tanto para a redução dos gases poluentes no processo de fabricação tanto na utilização dos biocombustíveis.

No primeiro argumento o grupo trouxe dados coerentes ao que estavam afirmando, no último comentário aqui citado os estudantes não trouxeram argumentos que comprovam a sua fala. Entretanto, na primeira fala podemos notar uma confiança imutável de que a ciência poderia resolver todo e qualquer problema que acontecesse no processo de produção.

Após realizado o debate, os estudantes puderam dar a sua opinião sobre o tema. Alguns estudantes disseram que mudaram o que pensavam, alguns comentaram que achavam que o debate não daria certo, por terem medo de falar algo errado na hora do debate, outros já mais confiantes, disseram que gostaram do novo método e se surpreenderam com a quantidade de informações que foi trabalhada nas aulas. Os estudantes comentaram da importância do tema e não imaginavam que a produção de um produto desencadeia tantas áreas. A maioria dos estudantes gostou da realização do debate, e que queriam que fossem realizadas mais vezes por professores de outras áreas.

De acordo com Paulo Freire (2005), a educação deve ser um processo de conscientização, onde os alunos desenvolvem a capacidade de refletir criticamente sobre a realidade e agir sobre ela. Esse princípio se aplica perfeitamente à alfabetização científica e tecnológica, que busca não apenas transmitir conhecimentos técnicos, mas também desenvolver habilidades críticas e reflexivas nos estudantes.

Da mesma forma John Dewey, defende a aprendizagem ativa e a importância da experiência prática no processo educativo. Dewey acreditava que a educação deve preparar os alunos para a vida real, o que inclui a capacidade de pensar criticamente e resolver problemas. Essas ideias são fundamentais para a implementação de debates no processo educação

científica e tecnológica. Realização de metodologias como o debate permite que os alunos pratiquem a refutação de argumentos, o que é essencial para o desenvolvimento do pensamento crítico. A habilidade de analisar criticamente os argumentos contrários e construir contra-argumentos sólidos é uma competência chave para a alfabetização científica, corroborando com o que diz Nunes *et al.* (2023) e Silva *et al.* (2022).

O questionário realizado pelos estudantes antes da realização do debate, mostrou resultados abaixo do esperado, pois antes da aplicação o professor realizou aulas expositivas sobre o tema gerador. A seguir tem um breve resumo das respostas do questionário, que apesar de discursivo seguiram uma linha bem parecida quando respondidos, a análise foi baseada na interpretação das respostas dada pelos estudantes. Serão utilizadas algumas respostas dos estudantes para confirmar as afirmações feitas em algumas perguntas. Para uma melhor compreensão dos resultados os alunos e os grupos no qual estavam participando serão indicados pelo código A1-G1.

1. O que você entende por biocombustíveis?

Antes e após a realização do debate, a maioria dos estudantes conseguiu responder à questão com êxito. Alguns até citaram exemplos de biocombustíveis mais utilizados no Brasil. Abaixo está um exemplo de resposta mais completa de um dos alunos. Vale notar que, nesses momentos, os alunos não podiam consultar seus livros didáticos.

A3-G2: Biocombustíveis são combustíveis derivados de fontes orgânicas, como plantas, resíduos orgânicos e microrganismos. Desempenham um papel importante na busca por fontes de energia mais sustentáveis e renováveis. Os biocombustíveis podem ser biocombustíveis de primeira geração, que são produzidos a partir de alimentos, como milho e cana-de-açúcar, por exemplo: o etanol. E biocombustíveis de segunda geração que são produzidos a partir de resíduos agrícolas e materiais não alimentares, por exemplo: o biogás.

2. Quais são os benefícios ambientais dos biocombustíveis em comparação aos combustíveis fósseis?

Tanto antes como depois da realização da atividade, grande parte dos estudantes soube responder a esse questionamento, enfatizando os motivos pelo quais a utilização dos biocombustíveis era muito melhor em relação aos combustíveis fósseis, algumas respostas estão a seguir:

A12-G1: “A utilização dos biocombustíveis influencia na redução das emissões de gases de efeito estufa e a diminuição da poluição do ar.”

A resposta acima foi dada antes da aplicação da atividade.

A27-G3: “Utilizar biocombustíveis pode ajudar a estimular à agricultura sustentável, como rotação de culturas e agricultura regenerativa.”

A resposta foi elaborada após a realização da atividade.

3. Quais são os principais desafios associados à produção em larga escala de biocombustíveis?

Esta questão grande parte dos estudantes (23 estudantes) não conseguiram respondê-la antes da realização do debate e das pesquisas realizadas por eles. Ainda após a realização da atividade alguns estudantes se viram perdidos para responder a essa pergunta. Duas respostas estão a seguir, uma, de um aluno que conseguiu compreender e a outra, de um aluno que não obteve êxito em sua resposta.

A1-G1: “A produção em larga escala de biocombustíveis pode acarretar uma competição por terras agrícolas, o que pode resultar no deslocamento da produção de alimentos, no aumento dos preços dos alimentos e em questões relacionadas à segurança alimentar.”

A2-G2: “Isso pode levar a guerras entre os povos da região, fazendo que com eles briguem por comida”

4. Quais são os critérios para avaliar a sustentabilidade dos biocombustíveis?

Nesta questão não se obteve respostas coerentes. Antes do debate as respostas foram soltas e quase sem conexão com a pergunta. Já depois da atividade se teve respostas mais coerentes sobre os conceitos trabalhados, uma resposta chamou bastante atenção.

A3-G2: “Para isso é preciso considerar o custo benefício de aplicar essas tecnologias e qual impacto a produção vai causar para as pessoas envolvidas.”

Verificou-se que o aluno consegue compreender a temática trabalhada e também soube utilizar argumentos sociais dentro do contexto, porém de forma restrita a conhecimentos básicos, isso sugere que apesar dos estudos realizados pelo mesmo, ainda existe uma lacuna de conhecimentos que ainda não foi preenchida. Isso consegue ser observado pois o aluno não enfatiza que podem haver pontos positivos e negativos na produção de biocombustíveis.

Seguido o que diz a ACT atividades que geram debates de cunho científico e social proporcionam condições para a adoção de novas formas de pensamento, comportamento e tomada de decisões.

5. Quais as vantagens e desvantagens da utilização dos biocombustíveis? Cite 2 exemplos de cada.

Como os estudantes tiveram uma aula expositiva sobre o assunto antes da realização das atividades, a maioria soube responder a essa questão tanto antes do debate, como depois do debate. A maioria das respostas já eram esperadas pelo professor. Alguns exemplos são expostos abaixo.

A3-G1: “Vantagens: redução de emissões de gases que contribuem para o efeito estufa e utilizar materiais reutilizáveis.

Desvantagens: valores dos alimentos podem aumentar e incentivo ao desmatamento”

Na primeira vantagem mostra que o aluno compreendeu a importância de práticas sustentáveis para mitigar as mudanças climáticas. Já na segunda vantagem a menção a materiais reutilizáveis indica um entendimento sobre a importância da reciclagem e da redução de resíduos sólidos oriundos da matéria orgânica, como resto de comida e vegetação, ambos utilizados na produção de biocombustíveis.

As desvantagens propostas pelo aluno sugerem uma consciência das implicações econômicas das práticas sustentáveis, mostrando que entende que há um custo associado a mudanças ambientais, além de demonstrar que ele está ciente dos possíveis efeitos colaterais negativos das práticas agrícolas ou industriais que, mesmo visando a sustentabilidade, podem levar ao desmatamento se não forem bem gerenciadas.

6. Quais são as perspectivas futuras para os biocombustíveis, há alguma tecnologia promissora em desenvolvimento?

Antes da realização do debate pouquíssimos estudantes souberam responder a essa questão, que foi dita por eles como a mais difícil de responder. Mesmo após o debate muitos não responderam, cerca de metade dos estudantes deixou a questão em branco. Esperava-se que os alunos abordassem vários pontos importantes, com base no conhecimento adquirido na aula expositiva e nas discussões realizadas. Uma resposta completa poderia incluir os seguintes aspectos: Biocombustíveis de Segunda e Terceira Geração, Tecnologias de Melhoramento Genético e Engenharia Enzimática. Poderia também ter sido evidenciado que apesar dos avanços, o custo de produção dos biocombustíveis ainda é um desafio. É necessário investimento contínuo em pesquisa e desenvolvimento para tornar essas tecnologias mais competitivas. Além disso, é crucial garantir que a produção seja sustentável, evitando impactos negativos como desmatamento e competição com alimentos. Por fim, políticas públicas favoráveis e investimentos em infraestrutura são essenciais para apoiar o desenvolvimento e a adoção dos biocombustíveis.

Os alunos poderiam ter fornecido exemplos mais específicos e com dados mais relevantes como esses mencionados acima, pois ambos foram mencionados nas aulas expositivas antes da realização do questionário e do debate. Isso pode sugerir que apesar da realização das aulas os alunos podem não terem absorvido informações suficientes sobre o tema para formular uma resposta completa e detalhada. O que pode ser observado em uma das respostas listadas abaixo:

A10-G4: “Seria interessante houvesse uma melhora na regulamentação e as políticas de incentivo.”

A resposta tenta fugir um pouco da pergunta, porém foi o que mais se aproximou de certo.

O aluno pode ter focado apenas em um aspecto das perspectivas futuras dos biocombustíveis, como a regulamentação e as políticas de incentivo, sem abordar as tecnologias promissoras. Isso pode indicar uma compreensão parcial do tema. O aluno pode não ter tido conhecimento suficiente sobre as tecnologias emergentes em desenvolvimento e, portanto, optou por mencionar um ponto mais genérico e frequentemente discutido, como a necessidade de melhores políticas e regulamentações, ou ele pode ter interpretado a pergunta de maneira errada, pensando que se referia a aspectos políticos e regulatórios em vez de avanços tecnológicos específicos, essas foram algumas hipóteses levantadas afim de compreender o porquê que os alunos não conseguiram obter respostas mais completas.

7. Quais são as principais políticas e regulamentações relacionadas aos biocombustíveis no Brasil?

Os estudantes não conheciam nenhuma política, e muito menos regulamentação relacionadas aos biocombustíveis no Brasil, isso foi observado não só durante a realização do primeiro questionário, mas também durante as aulas expositivas. Com a realização do debate os estudantes souberam responder a esta pergunta com alguns programas que foram comentados por um dos grupos do debate (nesse caso o grupo 4), como o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel e o Proálcool, poucos lembraram que esses programas tinham sido comentados em sala de aula pelo professor.

Durante a realização da atividade pode-se notar a grande participação dos estudantes, o interesse gerado nas demais turmas para que fosse realizado mais atividades daquela forma, foi observado pelos estudantes que mesmo o tema sendo trabalhado dentro da disciplina de Química os conceitos que tiveram que trabalhar abordava as demais disciplinas escolares, como História, Geografia e Biologia, em conformidade ao que diz Chrispino (2017), Cutcliffe (2003) e Acevedo (1996) que afirmam que a CTS deve ser trabalhada de

forma transversal, interdisciplinar e contextualizada abordando temas atitudinais e axiológicos nas esferas econômicas, políticas, históricas etc.

A atividade de debate possibilitou o protagonismo dos estudantes, mesmo havendo alguns mais tímidos, que chegaram a afirmar que não iriam participar, pois tinha vergonha de falar em público, porém ambos abordaram suas ideias, demonstraram interesse no tema, formularam e reformularam suas hipóteses com embasamento teórico de fontes seguras, o que reforça a ideia de que a realização de atividades fora do contexto tradicional gera estímulo nos estudantes, além de propiciar o desenvolvimento do pensamento crítico.

Os estudantes tiveram a chance de se envolver ativamente no processo de aprendizado, saindo do papel passivo de receptores de informações e se tornando agentes ativos na construção do conhecimento. Eles puderam investigar, discutir e argumentar sobre os biocombustíveis, o que promoveu um engajamento mais profundo e significativo com o tema.

A atividade de debate exigiu que os alunos analisassem criticamente as informações disponíveis, identificando evidências, questionando premissas e avaliando a validade dos argumentos apresentados. Processo central para a alfabetização científica, que busca capacitar os estudantes a pensar de forma lógica e crítica sobre questões científicas e tecnológicas (Silva e Sasseron, 2021).

A necessidade de formular e reformular hipóteses com embasamento teórico incentivou os alunos a serem autônomos e responsáveis por seu próprio aprendizado. Eles aprenderam a buscar informações em fontes confiáveis, avaliar a relevância dos dados, construir argumentos sólidos, habilidades essenciais para sua formação, propor explicações provisórias e testar suas ideias através da discussão e do debate, o que é essencial para a compreensão dos métodos científicos.

A atividade proporcionou um espaço para a expressão de diferentes perspectivas, permitindo que os alunos desenvolvessem suas habilidades de comunicação e colaborassem com seus colegas. Isso é fundamental para o desenvolvimento de competências socioemocionais e para a construção de um ambiente de aprendizado inclusivo e respeitoso.

Abaixo consta a fala de um dos alunos após realização das atividades de debate e questionários:

A28-G4: Hoje eu consigo entender o porquê dos processos tecnológicos demoram tanto para chegar a serem realizados em grande escala, mesmo sendo simples, a burocracia complica muito. As regulamentações precisam chegar antes da realização dos testes que tornam a fabricação dos biocombustíveis viável. Além da burocracia, há uma série de desafios técnicos e econômicos que também contribuem para a demora na implementação de novas tecnologias. Por exemplo,

pode ser necessário investir em pesquisa e desenvolvimento para otimizar os processos de produção, garantir a eficiência e a segurança, e reduzir os custos. Além disso, é importante considerar os impactos ambientais e sociais das novas tecnologias, o que requer avaliações detalhadas e o envolvimento de várias partes interessadas. Então, embora a burocracia possa ser um obstáculo, é apenas uma parte do quadro mais amplo que influencia a adoção e implementação de inovações tecnológicas.

A avaliação do pensamento crítico se deu quando os alunos foram questionados ao final da atividade sobre as respostas que tinham dados durante a realização do debate e do questionário, mesmo que alguns alunos tenham dado resposta superficiais, quando questionados a posteriori foi possível identificar a presença de argumentos que diferem das respostas dadas, mas não de forma incoerente e sim de maneira mais complexa do que as que constavam anteriormente nos questionários, o que deixa mais evidente que houve um aprimoramento no processo de formação do pensamento crítico.

5 Considerações finais

O desenvolvimento da atividade de controvérsia controlada sobre o tema dos biocombustíveis proporcionou uma experiência rica em aprendizado e reflexão aos estudantes. A análise dos resultados revela que, apesar de alguns desafios e lacunas identificados, a metodologia adotada demonstrou ser eficaz na promoção da alfabetização científica e no estímulo ao pensamento crítico dos estudantes.

A técnica da controvérsia permitiu que os alunos se envolvessem na discussão de questões que inter-relacionam a Ciência, Tecnologia e Sociedade relacionadas aos Biocombustíveis. A divisão dos grupos auxiliou na exploração de diferentes perspectivas e aprofundou o conhecimento envolvido na produção e uso desses combustíveis.

Os resultados dos questionários indicaram um aprimoramento no entendimento dos estudantes sobre os benefícios e malefícios ambientais, desafios econômicos e sociais, e perspectivas futuras dos biocombustíveis.

As intervenções do professor durante o debate foram fundamentais para direcionar a discussão e mitigar possíveis conflitos, ressaltando a importância do papel do educador como mediador e facilitador do processo de aprendizagem. O ambiente simulado de debate permitiu que os alunos experimentassem diferentes papéis sociais, contribuindo para o desenvolvimento de uma visão crítica e consciente sobre as questões discutidas.

Assim como afirmam Chaves e Chrispino (2012, p. 136), utilizar a controvérsia, sendo ela planejada rigorosamente, é um importante,

recurso didático para o desenvolvimento de processos de ensino e de aprendizagem em sala de aula, possibilitando aos professores envolvidos atuarem de maneira distinta daquela em que eles são apenas expositores de informações.

Vale destacar que a atividade despertou o interesse dos alunos, gerando uma percepção mais ampla sobre a interdisciplinaridade dos temas científicos e tecnológicos. A inserção de contextos sociais, econômicos e ambientais enriqueceu a abordagem tradicional da disciplina de Química, alinhando-se com a ideia de uma educação focada para a Alfabetização Científica.

Por fim, a estratégia de controvérsia controlada mostrou-se uma ferramenta adequada para promover a Alfabetização Científica e estimular o pensamento crítico dos alunos. A continuidade e ampliação desse tipo de abordagem pedagógica podem contribuir consideravelmente para a formação de cidadãos mais informados e capazes de participar ativamente das decisões relacionadas à Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Referências

ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A.; MANASSERO, M. A.. **El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad de las ciencias**. Sala de Leituras CTS+I de la OEI. 2003. Disponível em: <https://www.oei.es/historico/salactsi/acevedo13.htm#2>. Acesso em: 15 jul. 2023.

ACEVEDO DÍAZ, J. A. La formación del profesorado de enseñanza secundaria y la educación CTS. Una cuestión problemática. **Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado**, Zaragoza, v. 26, p. 131-144, 1996b. Disponível em: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo9.htm>. Acesso em 7 jul. 2023.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

CHASSOT, A.. 2003. Alfabetização Científica: Uma Possibilidade Para a Inclusão Social. **Revista Brasileira De Educação**, n. 22, p. 89-100, jan. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/gZX6NW4YCy6fCWFQdWJ3KJh/#>. Acesso em: 15 nov. 2023.

CHAVES, A.; CHRISPINO, A.. Uma experiência CTS em sala de aula: a internacionalização da Amazônia. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v.9, n. 17, p.122-140, dez. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/1658>. Acesso em: 15 nov. 2023.

CHRISPINO, A.; SANTOS, T. C. Dos.. Política de ensino para a prevenção da violência: técnicas de ensino que podem contribuir para a diminuição da violência escolar. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 19, n. 70, p. 57–80, jan. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ensaio/a/v9gW9xNdm5fpHtGKtKkyGwq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 16 nov. 2023.

CHRISPINO, A.. **Proibição do fumo**: Decisão pessoal ou social? Uma abordagem de ensino CTS para o tema tabagismo a partir da simulação de controvérsia controlada. 2005. Disponível em: <http://www.oei.es/salactsi/alvaro.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2023.

CHRISPINO, A.. **Introdução aos enfoques CTS (ciência, tecnologia e sociedade) na educação e no ensino**. Madrid: OEI. 2017. Disponível em:

<http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Introducao-aos-Enfoques-CTS-Ciencia-Tecnologia-e-Sociedade-na-educacao-e-no>. Acesso em: 15 jun. 2023.

COSTA, W. L. da; RIBEIRO, R. F.; ZOMPERO, A. de F. Alfabetização Científica: diferentes abordagens e alguns direcionamentos para o Ensino de Ciências. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, [S. l.], v. 16, n. 5, p. 528–532, 2016. DOI: 10.17921/2447-8733.2015v16n5p528-532. Disponível em:

<https://revistaensinoeducacao.pgsscogna.com.br/ensino/article/view/3868>. Acesso em: 16 nov. 2023.

CUTCLIFFE, S. **La emergência de CTS como campo acadêmico**. In: Ideas, Máquinas y Valores. Los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad. Barcelona: Anthropos. 2003.

DEWEY, J. **Experiência e educação**. Tradução de Renata Gaspar. 2. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

FIRME, R. do N. Abordagem ciência-tecnologia-sociedade (CTS) no ensino de ciências: de qual tecnologia estamos falando desde esta perspectiva em nossa prática docente? **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 65–82, 2020. Disponível em:

<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/14300>. Acesso em: 14 nov. 2023.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 42. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.

FOUREZ, G. **A construção das ciências**: Introdução à filosofia e à ética das ciências. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.

GORDILLO, M. M.; OSORIO, C. M. Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica. **Revista Iberoamericana de Educación**, Madrid, n. 32, mayo-ago. 2003. Disponível em: <http://www.rieoei.org/rie32a08.htm>. Acesso em: 20 jul. 2023.

KIST, D.; MÜNCHEN, S. A Prática Docente na Educação Básica e as relações com a Educação CTS. **Revista Insignare Scientia - RIS**, Cerro Largo, v. 4, n. 3, p. 129-144, 3 mar. 2021.

Disponível em: <https://periodicos.ufrs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12117>. Acesso em: 20 jul. 2023.

MALHEIROS, B. T. **Metodologia da Pesquisa em Educação**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MILLAR, R. Towards a science curriculum for public understanding. **School Science Review**, [S. l.], v. 77, n. 280, p. 7-18, 1996.

NUNES, A. O.; FRANZEN LEITE, R.; APARECIDA, D. J. L. ; RODRIGUES, M. F. A alfabetização científica e tecnológica em cursos de licenciatura em Ciências Biológicas: uma investigação em instituições públicas brasileiras. **Holos**, [S. l.], v. 1, n. 39, 2023. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/14351>. Acesso em: 31 maio. 2024.

PALACIOS, F. A.; OTERO, G. F.; GÁRCIA, T. R. **Ciencia, Tecnología y Sociedad**. Madrid: Ediciones Del Laberinto, 1996.

PASSOS, B.; VASCONCELOS, A. K.; SILVEIRA, F. Ensino de Química e Aprendizagem Significativa: uma proposta de Sequência Didática utilizando materiais alternativos em atividades experimentais. **Revista Insignare Scientia - RIS**, Cerro Largo, v. 5, n. 1, p. 610-630, 16 mar. 2022. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12649> . Acesso em: 20. jul 2023.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 1, p. 71–84, jan. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/S97k6qQ6QxbyfyGZ5KysNqs/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 26 jul. 2023.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. Ijuí: UNIJUÍ, 1997.

SANTOS, W. L. P. Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 109-131, mar. 2008. Disponível em: http://www.ppgect.ufsc.br/alexandriarevista/numero_1/artigos/WILDSON.pdf. Acesso em: 26 jul. 2023.

SANTOS, W. L. P. Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, Belém, v. 9, n. 17, p. 49-62, dez. 2012. ISSN 2317-5125. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/1647>. Acesso em: 15 jun. 2023.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Rev. Bras. Educ.** Rio de Janeiro, v. 12 n.36 Sept./Dec.2007 Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-24782007000300007. Acessado em: 16 jun. 2023

SOUZA, P. S., CHRISPINO, A. Aplicação da Técnica da Controvérsia Controlada para a construção do Pensamento Crítico sobre as Relações CTSA de alunos do Ensino Médio. **Experiência em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 16, n. 2, p. 164-184, mar. 2021. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/919> Acesso em: 26 jul. 2023.

SILVA, E. V. B. Alfabetização científica e tecnológica, uma dimensão esquecida na educação profissional: um estudo no curso técnico integrado em eletrotécnica. In: SANTOS, F. A. A.; SOUZA, F. C. S.; MAIA, S. C. F. (org.). *Processos formativos na educação profissional e tecnológica*. 1 ed. Natal: IFRN, 2022. p. 180-208.

SILVA, M. B. E; SASSERON, L. H. Alfabetização Científica e Domínios Do Conhecimento Científico: Proposições Para Uma Perspectiva Formativa Comprometida Com a Transformação Social. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 23, p. e34674, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/ZKp7zd9dBXTdJ5F37KC4XZM/#>. Acesso em: 28 mai. 2024.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 7. ed. São Paulo, SP: Martins Fontes, 2007. 182 p. (Psicologia e Pedagogia).

Considerações éticas

O pesquisador optou por não utilizar o nome, fotos ou algo que identificasse o estudante a fim de evitar qualquer tipo de constrangimento ao mesmo. O pesquisador explicou como aconteceria a dinâmica e todos que estavam presentes no momento concordaram em participar.

Recebido em: 29 de fevereiro de 2024

Aceito em: 06 de junho de 2024