



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM QUÍMICA**

MYLENA SARMENTO CUSTÓDIO

**A INSERÇÃO DA TEMÁTICA QUÍMICA VERDE E BIOCOMBUSTÍVEIS NO ENSINO
DE QUÍMICA: PERCEPÇÃO DE ALUNOS E PROFESSORES DE UMA ESCOLA
PÚBLICA.**

**CAMPINA GRANDE
2024**

MYLENA SARMENTO CUSTÓDIO

A INSERÇÃO DA TEMÁTICA QUÍMICA VERDE E BIOCOMBUSTÍVEIS NO ENSINO DE QUÍMICA: PERCEPÇÃO DE ALUNOS E PROFESSORES DE UMA ESCOLA PÚBLICA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Química.

Área de concentração: Educação Química.

Orientador 1: Prof. Me. Antonio Nóbrega Sousa
Orientadora 2: Profa Me. Mariana Leôncio Bertino Cabral

**CAMPINA GRANDE
2024**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

C987i Custodio, Mylena Sarmento.
A inserção da temática química verde e biocombustíveis no ensino de química [manuscrito] : percepção de alunos e professores de uma escola pública. / Mylena Sarmento Custodio. - 2024.
52 p. : il. colorido.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.
"Orientação : Prof. Me. Antonio Nobrega Sousa, Coordenação do Curso de Licenciatura em Química - CCT. "
"Coorientação: Profa. Ma. Mariana Leoncio Bertino Cabral , Coordenação do Curso de Licenciatura em Química - CCT. "
1. Ensino de Química. 2. Consciência Ambiental. 3. Proposta de Ensino. I. Título

21. ed. CDD 540

MYLENA SARMENTO CUSTÓDIO

A INSERÇÃO DA TEMÁTICA QUÍMICA VERDE E BIOCOMBUSTÍVEIS NO ENSINO DE QUÍMICA: PERCEPÇÃO DE ALUNOS E PROFESSORES DE UMA ESCOLA PÚBLICA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Química.

Área de concentração: Educação Química.

Aprovada em: 27/06/2024.

BANCA EXAMINADORA

Antonio N. Sousa

Prof. Me. Antonio Nóbrega Sousa(Orientador1)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Mariana Leoncio Bertino Cabral

Profa. Me. Mariana Leoncio B. Cabral(Orientadora2)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Francisco Dantas Ferreira Filho

Prof. Dr. Francisco Dantas Ferreira Filho
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Nataline Candido da Silva Barbosa

Profa. Me. Nataline Candido da Silva Barbosa
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

À minha mãe, meu esposo e amigos que sempre confiaram em mim e torceram pela minha vitória, dedico.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Ivonete, que nunca me desamparou e sempre esteve comigo me incentivando a concluir esta etapa da minha vida. Sem ela, nada disso estaria acontecendo.

Ao meu esposo, Jonathan Lucas, pelo incentivo, compreensão e carinho.

Aos meus professores do Curso de Licenciatura em Química da UEPB, por passar além de conhecimento, ensinamentos de vida, adquiridos ao longo desses quatro anos.

Aos professores e Mestres, Antonio Nóbrega e Mariana Leôncio, por me orientar na construção deste trabalho.

Aos meus amigos, em especial, Vitória Maria, que conheci no último ano do curso, mas que me deu um último impulso para chegar ao fim desta etapa com muita alegria.

A todas as pessoas que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a realização deste trabalho, obrigada.

RESUMO

Diante das mudanças climáticas, evidenciadas pelas catástrofes sem precedentes em diversas regiões do planeta, a conscientização mundial sobre atitudes que possam minimizar as atividades antropogênicas ao meio ambiente tornou-se uma necessidade recorrente. Neste sentido, este estudo buscou identificar as concepções dos alunos do ensino médio sobre Química Verde e Biocombustíveis, analisando os desafios enfrentados pelos professores de uma escola pública no ensino desses temas. Para tanto, foi realizado um estudo de caso com abordagem quali-quantitativa. Para a coleta de dados foi utilizado um questionário aplicado a turmas de ensino médio e professores de Ciências de uma escola pública em Campina Grande, PB. A pesquisa revelou discrepâncias entre as concepções de estudantes e professores, mostrando um distanciamento dos alunos em relação a certos tópicos ambientais discutidos em sala de aula. Apesar dos esforços dos professores em projetos ambientais e disciplinas eletivas, os resultados destacam a necessidade de uma abordagem mais eficaz da Química Verde no ensino. Recomenda-se a implementação de estratégias didáticas diferenciadas e o uso de tecnologias nas aulas, a inclusão de temas geradores e interdisciplinaridade no currículo, e formações continuadas para professores. Assim, a Química Verde pode ser melhor incorporada ao currículo de Química para promover uma educação mais efetiva e relevante, incentivando a formação crítica e a sustentabilidade no cotidiano dos alunos.

Palavras-Chave: ensino de química; consciência ambiental; proposta de ensino.

ABSTRACT

In the face of climate change, evidenced by unprecedented catastrophes in various regions of the planet, global awareness of attitudes that can minimize anthropogenic activities on the environment has become a recurring need. In this regard, this study aimed to identify the high school students' conceptions about Green Chemistry and Biofuels, analyzing the challenges faced by teachers in a public school in teaching these topics. To this end, a case study was carried out with a qualitative-quantitative approach. To collect data, a questionnaire was used, applied to high school classes and science teachers at a public school in Campina Grande, PB. The research revealed discrepancies between the conceptions of students and teachers, showing a distancing of students in relation to certain environmental aspects foreseen in the classroom. Despite teachers' efforts in environmental projects and elective courses, the results highlight the need for a more effective approach to Green Chemistry in teaching. It is recommended the implementation of differentiated teaching strategies and the use of technologies in classes, the inclusion of generating themes and interdisciplinarity in the curriculum, and continued training for teachers. Thus, Green Chemistry can be better incorporated into the Chemistry curriculum to promote a more effective and relevant education, encouraging critical training and sustainability in students' daily lives.

Keywords: chemistry teaching; environmental awareness; teaching proposal.

.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Reação Simplificada de Fermentação	16
Figura 2 –	Conversão do amido em açúcar e sua fermentação	17
Figura 3 –	Esquema do processo empregado para produção de biodiesel	19
Figura 4 –	Reação Simplificada de Transesterificação	19
Figura 5 –	Alunos que já ouviram falar sobre a Química Verde.	29
Figura 6 –	Séries em que o alunado teve contato com a QV.	30
Figura 7 –	Como a QV é explorada nas aulas de Química	31
Figura 8 –	Questão sobre matéria-prima utilizada na produção do etanol	35
Figura 9 –	Questão relacionada aos tipos de Biocombustíveis	36
Figura 10 –	Questão sobre como o conhecimento sobre biocombustíveis foi adquirido	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Opinião dos alunos do que viria a ser a Química Verde	31
Quadro 2 – O que se busca com o princípio “eficiência atômica”	32
Quadro 3 – Conceito de Biocombustível segundo alunado	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS.....	12
2.1	Objetivo Geral.....	12
2.2	Objetivos específicos.....	12
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
3.1	Breve Histórico da Química verde e seus Princípios.....	13
3.2	Biocombustíveis.....	15
3.2.1	Definição e Tipos de Biocombustíveis.....	15
3.2.2	Processo de Produção e Aplicações.....	16
3.2.2.1	Etanol.....	16
3.2.2.2	Biodiesel.....	18
3.2.2.3	Biogás.....	20
3.3	Combustíveis Fósseis.....	20
3.3.1	Definição e Tipos de Combustíveis Fósseis.....	20
3.3.2	Processo de Produção e Aplicações.....	21
3.3.2.1	Petróleo.....	21
3.3.2.2	Carvão Mineral.....	22
3.3.2.3	Gás Natural.....	22
3.4	Biocombustíveis x Combustíveis Fósseis.....	23
3.5	Importância da Química Verde e Biocombustíveis na Educação.....	25
4	METODOLOGIA.....	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
6	CONCLUSÃO.....	45
	REFERÊNCIAS.....	46
	APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO APLICADO AOS DISCENTES.....	49
	APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO APLICADO AOS DOCENTES.....	51
	APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E	
	ESCLARECIDO (TCLE).....	52

1 INTRODUÇÃO

O aumento dos desastres ambientais tem gerado preocupação frente ao futuro do nosso planeta. A poluição atmosférica devido a queima de combustíveis fósseis, a perda da biodiversidade devido à expansão agrícola e o desmatamento, as mudanças climáticas e a degradação do solo com metais pesados, foram apenas alguns dos motivos que fizeram a humanidade começar a refletir suas ações.

Diante desse contexto de crise, a Química tem um papel crucial nessa discussão, já que ela se manifesta em dois âmbitos distintos: o acadêmico e o industrial. Esta disciplina, além de fornecer técnicas para a transformação da matéria, está relacionada à geração de subprodutos, tanto materiais quanto energéticos, durante seus processos. Esses resíduos, em sua maioria, possuem potencial poluente e podem acabar contaminando o solo, a água e o ar, impactando diretamente os ecossistemas e diversas formas de vida, inclusive a vida humana. Desse modo, torna-se imprescindível reconhecer os efeitos causados pelas atividades antropogênicas. (Mozeto e Jardim, 2002 apud Roloff, 2016).

Tendo em vista a necessidade de minimizar os problemas ambientais, se intensificou a busca por novas práticas químicas, a exemplo daquelas orientadas pelos princípios da Química Verde (QV). A União Internacional de Química Pura e Aplicada - IUPAC, define a QV como “a invenção, desenvolvimento e aplicação de produtos químicos para produzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias perigosas” (Lenardão et. al, 2003, p. 3).

Um dos potenciais geradores de substâncias tóxicas são os combustíveis fósseis, que são derivados da decomposição de organismos vivos que existiram há milhões de anos, como o petróleo. Além da poluição do ar devido a combustão do petróleo e produção de gases como o dióxido de carbono (CO_2) e o dióxido de enxofre (SO_2), seu transporte e extração podem resultar em derramamentos, causando danos aos organismos marinhos.

Assim, com a crescente observância dos impactos ambientais e limitação da reserva desse tipo de combustível, as energias renováveis vêm ganhando espaço nas discussões entre os órgãos responsáveis.

Desde cedo, sempre fui fascinada pelos processos da natureza, o que despertou em mim uma curiosidade científica. Escolhi cursar Química pela sua capacidade de desvendar os segredos das substâncias que compõem o mundo ao nosso redor e porque

acredito firmemente que a química tem um papel crucial na busca por soluções relacionadas aos problemas ambientais. Quero contribuir para um futuro mais limpo e sustentável e acredito que a educação é a base para qualquer mudança significativa, e por isso, decidi focar minha pesquisa nessa área.

Nesse sentido, discutir sobre a Química Verde em sala de aula, tendo como tema gerador os Biocombustíveis, promove a conscientização ambiental entre os alunos - aprendem sobre fontes de energia renováveis e os benefícios ambientais dos biocombustíveis em comparação com os combustíveis fósseis, por exemplo – e torna-os pensadores críticos sobre as questões energéticas e suas implicações sociais e ambientais, além de aprenderem sobre os conceitos teóricos da Química como reações químicas, catálise e processos de transformação de energia.

Buscou-se ainda responder as seguintes problemáticas: Qual o nível de conhecimento dos estudantes de ensino médio sobre os conceitos de química verde e biocombustíveis? Ou ainda, quais são os desafios enfrentados pelos professores de ciências em relação à formação e capacitação para ensinar Química Verde e biocombustíveis de maneira eficaz?

Além disso, esta pesquisa utilizou como metodologia uma abordagem qualitativa, com a utilização de um questionário como instrumento de coleta de dados, a fim de responder a problemática criada.

Sob essa perspectiva, considerando a significância da química verde e sua inclusão no Plano Nacional de Educação Ambiental, conforme disposto na lei Nº 9.795/99 (BRASIL, 1999), torna-se essencial investigar o nível de conhecimento dos estudantes de ensino médio sobre os conceitos da QV e Biocombustíveis e os desafios enfrentados pelos professores de química no ensino de tais temas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Identificar as concepções dos alunos do ensino médio sobre Química Verde e Biocombustíveis, analisando os desafios enfrentados pelos professores de uma escola pública no ensino desses temas.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar o nível de conhecimento dos alunos do Ensino Médio sobre Química Verde com foco em Biocombustíveis;
- Explorar onde os alunos estão obtendo suas informações sobre esses temas, sejam elas de fontes escolares, mídias digitais, ou outras;
- Verificar como estão sendo abordados pelos professores os temas interdisciplinares no contexto escolar;
- Identificar o que pensam os alunos e professores do ensino médio acerca da temática;
- Propor a abordagem de conceitos de Química Verde e Biocombustíveis como tema gerador para facilitar aprendizagem de problemas ambientais;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Breve Histórico da Química Verde e seus Princípios

Diante de toda degradação que o meio ambiente vem sofrendo nas últimas décadas, várias iniciativas e políticas globais foram sendo implementadas para promover práticas mais sustentáveis. A exemplo, a publicação do livro “Silent Spring” por Rachel Carson, em 1962, que teve grande repercussão na opinião pública devido a exposição dos perigos do inseticida Dicloro-Difenil-Tricloroetano. Esse livro tornou público o impacto da indústria química, desencadeando uma série de movimentos ambientais em todo o mundo, despertando a preocupação com a eliminação de substâncias tóxicas, redução de resíduos e o uso de materiais renováveis (Roloff, 2016).

A agência ambiental norte americana EPA (*Environmental Protection Agency*) lançou, em 1991, o programa “Rotas Sintéticas Alternativas para a Prevenção da Poluição”, com intuito de financiar projetos de pesquisa que implementasse a prevenção da poluição nas rotas sintéticas, caracterizando no surgimento da Química Verde. Posteriormente o programa evoluiu e incluiu tópicos como solventes verdes e produtos químicos mais seguros (Ramos, 2009 apud Roloff, 2016).

A década de noventa, especificamente, foi marcada pelo crescimento da implantação de programas de premiação como incentivo à busca por inovações tecnológicas a serem aplicadas nas indústrias e o incentivo à pesquisa acadêmica.

Em 1993, o termo QV apareceu pela primeira vez em revistas científicas no título de um comentário na revista *Science* e em revistas pedagógicas, no título de uma publicação no *Journal Chemical Education* (JCEd), e foi a partir do lançamento do periódico *Green Chemistry* pela Sociedade Britânica de Química em 1999, que o termo foi sendo usado com mais frequência. (Machado, 2008 apud Roloff, 2016).

Nacionalmente, Roloff (2016) pontua que os conceitos da QV foram sendo inseridos recentemente em atividades como as Escolas de Verão, *workshops*, grupos de pesquisa voltados à QV e também através de publicações em revistas como *Química Nova* (QN), *Química Nova na Escola* (QNEsc), *Revista Virtual de Química* (RVq) e *Journal of the Brazilian Chemical Society* (JBCS), além de trabalhos produzidos e apresentados nas Reuniões Anuais da Sociedade Brasileira de Química (RASBQ).

Nesse contexto, a partir da necessidade de prevenir a poluição ambiental, causada por algumas atividades químicas e/ou produtos, por volta da década de 1990,

Paul Anastas e John Warner criaram o termo “Química Verde” e, em 1998, publicaram o livro “Green Chemistry: Theory and Practice”. De acordo com os autores, a Química Verde pode ser definida como “a criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente” (Anastas e Warner, 1998, p. 11).

Para Lenardão *et al* (2003), os produtos ou processos da química verde podem ser divididos em três partes:

1. O uso de fontes renováveis ou recicladas de matéria-prima;
2. aumento da eficiência de energia, ou a utilização de menos energia para produzir a mesma ou maior quantidade de produto;
3. evitar o uso de substâncias persistentes, bioacumulativas e tóxicas (Lenardão *et al*, 2003, p. 124).

A Química Verde é guiada por 12 princípios que foram estabelecidos por Anastas e Warner (1998) e apresentados por Lenardão *et al* (2003) e são considerados passos a serem seguidos para promover práticas sustentáveis:

1. **Prevenção.** Evitar a produção do resíduo é melhor do que tratá-lo ou limpá-lo após sua geração.
2. **Economia de átomos.** Deve-se procurar desenhar metodologias sintéticas que possam maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto final.
3. **Síntese de Produtos Menos Perigosos.** Sempre que praticável, a síntese de um produto químico deve utilizar e gerar substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao ambiente.
4. **Desenho de Produtos Seguros.** Os produtos químicos devem ser desenhados de tal modo que realizem a função desejada e ao mesmo tempo não sejam tóxicos.
5. **Solventes e Auxiliares mais Seguros.** O uso de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação, secantes, etc.) precisa, sempre que possível, tornar-se desnecessário e, quando utilizadas, estas substâncias devem ser inócuas.
6. **Busca pela eficiência energética.** A utilização de energia pelos processos químicos precisa ser reconhecida pelos seus impactos ambientais e econômicos e deve ser minimizada. Se possível, os processos químicos devem ser conduzidos à temperatura e pressão ambientes.
7. **Uso de Fontes Renováveis de Matéria-Prima.** Sempre que técnica e economicamente viável, a utilização de matérias-primas renováveis deve ser escolhida em detrimento de fontes não renováveis.
8. **Evitar a Formação de Derivados.** A derivatização desnecessária (uso de grupos bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária por processos físicos e químicos) deve ser minimizada ou, se possível, evitada, porque estas etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos.
9. **Catálise.** Reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são melhores que reagentes estequiométricos.
10. **Desenho para a Degradação.** Os produtos químicos precisam ser desenhados de tal modo que, ao final de sua função, se fragmentem em produtos de degradação inócuos e não persistam no ambiente.

11. **Análise em Tempo Real para a Prevenção da Poluição.** Será necessário o desenvolvimento futuro de metodologias analíticas que viabilizem um monitoramento e controle dentro do processo, em tempo real, antes da formação de substâncias nocivas.
12. **Química Intrinsecamente Segura para a Prevenção de Acidentes.** As substâncias, bem como a maneira pela qual uma substância é utilizada em um processo químico, devem ser escolhidas a fim de minimizar o potencial para acidentes químicos, incluindo vazamentos, explosões e incêndios (Lenardão *et al*, 2003).

Sendo assim, a Química Verde é considerada uma abordagem inovadora e sustentável na química. Enquanto a Química tradicional continua desempenhando seu papel em todos os processos, a Química Verde incorpora uma preocupação adicional com o meio ambiente. A QV reconhece a dependência total da natureza e por isso se preocupa em diminuir o consumo de energia nas atividades de pesquisa e produção e reafirma a necessidade de se utilizar materiais renováveis (Roloff, 2016).

3.2 Biocombustíveis

3.2.1 Definição e Tipos de Biocombustíveis

A energia sempre esteve presente na vida humana, desde o uso do fogo até a invenção dos motores a combustão. No entanto, à medida que o mundo foi se industrializando, a demanda por fontes de energia cresceu e a utilização de combustíveis fósseis como o petróleo e o carvão aumentaram exponencialmente os danos ao meio ambiente.

Nesse contexto, a preocupação com as mudanças climáticas e o aumento dos gases de efeito estufa impulsionou a busca por alternativas mais sustentáveis.

Os Biocombustíveis são combustíveis que oferecem uma maneira de gerar energia de forma limpa e renovável. Eles são produzidos a partir da queima da matéria orgânica (biomassa) por oxidação do carbono e hidrogênio, liberando energia térmica (bioenergia), Dióxido de Carbono (CO₂) e Água (H₂O). (Barbieri, 2009).

A *Agência Internacional de Energia* - IEA (2022), pontua que os biocombustíveis, principalmente produzidos a partir de plantas e resíduos, como lixo doméstico e resíduos industriais, podem ser queimados para gerar eletricidade ou calor. Esta prática pode oferecer vantagens ambientais e climáticas em comparação com a queima de combustíveis fósseis. No entanto, o impacto ambiental e climático dos biocombustíveis

varia amplamente, dependendo da fonte do combustível e da maneira como ele é utilizado.

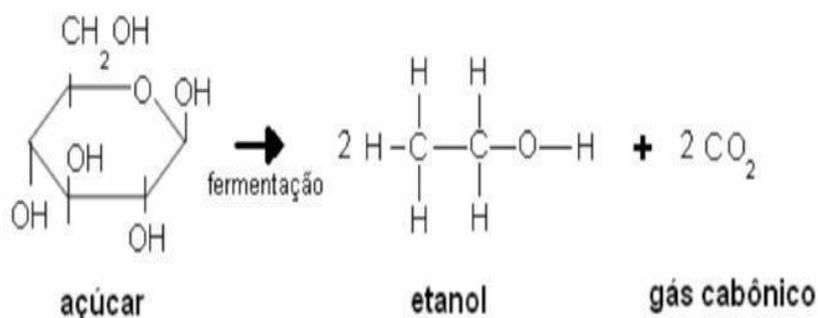
Nesse cenário, existem vários tipos de Biocombustíveis: etanol, biodiesel, biogás, óleos vegetais, etanol celulósico e biometano (derivado do biogás) porém, os biocombustíveis industriais mais consumidos no mundo são o etanol, o biodiesel, e o biogás que são utilizados como substitutos ou complementares dos fósseis (Taioli, 2009).

3.2.2 Processo de Produção e Aplicações

3.2.2.1 Etanol

Os processos de produção de etanol envolvem a fermentação de matérias-primas ricas em açúcar, como a cana-de-açúcar, ou a conversão do amido em açúcar antes da fermentação, como é o caso de cereais como milho, trigo e cevada, e de raízes como beterraba, batata e mandioca. Na produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, a matéria-prima é submetida a uma prensagem física e química para extrair os açúcares naturais. Esses açúcares são então fermentados usando cepas de bactérias cultivadas ou fermentos sintéticos, em caldeiras ou sistemas de tubulação de fluxo alternado (Barbieri, 2009). A seguir, a reação simplificada da fermentação direta de açúcares

Figura 1 – Reação Simplificada de Fermentação

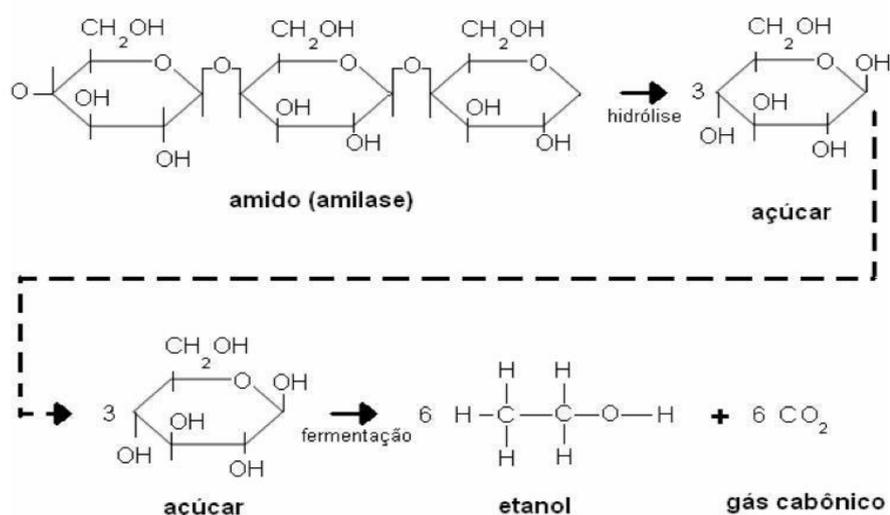


Fonte: Barbieri (2009).

Quando a matéria-prima utilizada contém amido como principal componente, há uma etapa anterior à fermentação, chamada de hidrólise, em que a matéria-prima é

prensada e a massa restante rica em amido é hidrolisada, ou seja, as cadeias são quebradas, para que as moléculas de açúcar estejam disponíveis para continuar o processo de fermentação e produção do etanol (Barbieri, 2009). Abaixo, a reação de conversão de amido em açúcar e sua fermentação:

Figura 2 – Conversão do amido em açúcar e sua fermentação



Fonte: Barbieri (2009).

O etanol pode ser anidro ou hidratado, podendo ser utilizado como aditivo ou substituto da gasolina. Além de ser utilizado como um biocombustível, Chagas (2012) destaca outros usos do etanol em várias ambientações diferentes:

[...] o etanol anidro também é utilizado pela indústria química, como matéria-prima para a produção de tintas, vernizes e solventes. O etanol hidratado é também empregado na indústria farmacêutica, alcoolquímica e bebidas, e como produto para limpeza. Na medicina, é utilizado, assim como outros álcoois também são, como esterilizante. É usado também na produção de biodiesel, onde o óleo reage com o etanol, gerando éster etílico e glicerina. O etanol é também usado como matéria prima para a produção de vinagre e ácido acético, a síntese de cloral e iodofórmio. (Chagas, 2012, p. 10-11).

Apesar de produzir menos gases do efeito estufa, o etanol possui menor eficiência energética em comparação à gasolina por exemplo, e demanda grandes quantidades de água durante sua produção, razão pela qual as usinas são instaladas nas proximidades de rios ou represas (Taioli, 2009).

3.2.2.2 Biodiesel

Rudolph Diesel, apresentou pela primeira vez em 1898, um motor de ignição que utilizava o óleo de amendoim como combustível. Ele acreditava que o combustível feito de biomassa seria a alternativa viável para motores a vapor. O que ele não esperava era que “gomos” se formavam nas paredes dos motores a diesel durante a combustão do óleo. Atualmente, são utilizados ésteres de óleo vegetal que são menos viscosos e que têm propriedades físicas semelhantes ao diesel de petróleo, impedindo a formação dessas “gomos” (Chagas, 2012).

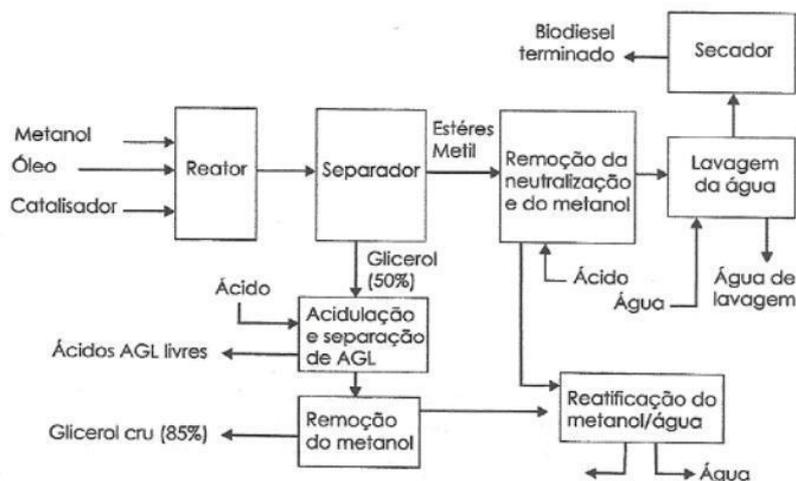
Partindo dessa perspectiva, o Biodiesel é definido com um biocombustível derivado da reação entre óleos de origem animal ou vegetal e álcoois, em sua maior parte, gerado a partir de um processo denominado transesterificação. Esse processo é derivado da reação entre triglicerídeos (gordura) e um álcool primário (etanol ou metanol), em meio alcalino de preferência. (Barros e Jardine, 2021).

A transesterificação ocorre em algumas etapas. De forma simplificada, Chagas (2012) exemplifica essas etapas de produção do biodiesel a partir do uso do óleo vegetal:

1. Álcool e o catalisador são misturados em um tanque com um agitador;
2. O óleo vegetal é colocado em um reator fechado contendo a mistura álcool/catalisador. O reator é usualmente aquecido à aproximadamente 70°C para aumentar a velocidade da reação, que leva entre 1 a 8 horas;
3. Ao final da reação, quando se considera convertido um nível suficiente de óleo vegetal, os ésteres (biodiesel) e a glicerina são separados por gravidade, podendo ser adotadas centrífugas para agilizar o processo.
4. O álcool em excesso é separado do biodiesel e da glicerina por evaporação sob baixa pressão (evaporação flash) ou por destilação. O álcool recuperado volta ao processo.
5. O biodiesel deve ser purificado e em alguns casos, lavado com água morna para remover resíduos de catalisador e sabões. (Chagas, 2012, p. 109-110).

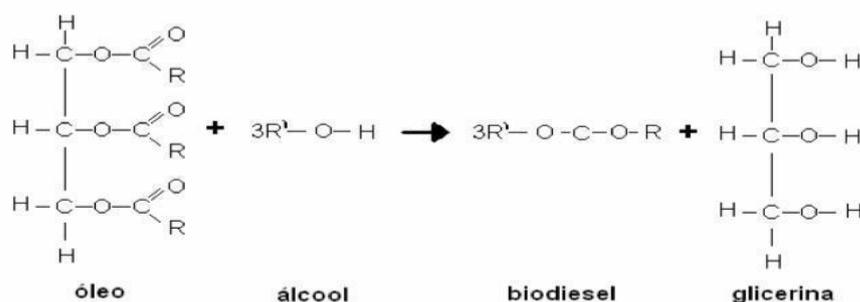
A seguir, observa-se o esquema da produção de Biodiesel a partir do processo de transesterificação (Figura 3) e a reação simplificada de seu processo (Figura 4):

Figura 3: Esquema do processo empregado para produção de biodiesel



Fonte: Barros e Jardine (2021).

Figura 4: Reação Simplificada de Transesterificação



Fonte: (Barbieri, 2009).

Segundo Barros e Jardine (2021), as principais matérias-primas de origem animal utilizadas para produção do biodiesel no Brasil são a gordura suína, o sebo bovino e o óleo de aves. Já as matérias-primas utilizadas para a produção do óleo vegetal são “soja, milho, girassol, amendoim, algodão, canola, mamona, babaçu, palma (dendê) e macaúba, entre outras oleaginosas existentes no país”. Quando comparado ao biodiesel de óleos vegetais, a gordura animal se destaca pelo maior número de cetanos, maior estabilidade de oxidação e menor índice de iodo. Em contrapartida, o uso da gordura animal se solidifica em temperatura ambiente e possui um percentual de enxofre maior. Além disso, por ter um número elevado de ácidos graxos livres, há a formação de sabões durante o processo de formação do biodiesel, dificultando a sua produção.

Leiras (2006), destaca que a extração do óleo vegetal pode ser feita por processo físico ou químico, através de prensagem ou com a utilização de solventes. Esta última

produz resultados melhores, apesar da prensagem ser a forma mais utilizada de extrair o óleo. A seleção da melhor forma de extraí-lo vai depender da capacidade produtiva e o teor de óleo.

3.2.2.3 Biogás

É através da decomposição da matéria orgânica, que o biogás é produzido. Geralmente, ele é constituído de 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de outros gases como hidrogênio e nitrogênio, e é gerado naturalmente pelo lixo depositado em aterros sanitários. Por ter uma grande quantidade de metano, ele é utilizado como combustível para veículos, fogões e na geração de energia elétrica. O Biogás também pode ser produzido artificialmente, através de um equipamento chamado biodigestor anaeróbico. Os gases poluentes (CH_4 e CO_2) passam por um processo de pressurização e são queimados em flares, onde o metano é transformado em gás carbônico. Esse processo de queima é feito visando reduzir o impacto ambiental, já que o gás metano polui 20 vezes mais que o gás carbônico. (Fogaça, 2020).

Utilizar o Biogás como biocombustível é uma ótima alternativa em relação aos combustíveis fósseis pois o lixo gerado pela população é usado como matéria-prima pelas indústrias, ocasionando sua redução e, por consequência, auxilia na diminuição da liberação desses gases poluentes na atmosfera, na redução de intoxicações e risco de explosões. (Fogaça, 2020).

3.3 Combustíveis Fósseis

3.3.1 Definição e Tipos de Combustíveis Fósseis

Os combustíveis fósseis são fontes de energia química formadas a partir de restos de organismos vivos que foram enterrados e submetidos a altas pressões e temperaturas ao longo de milhões de anos. Eles incluem carvão mineral, petróleo e gás natural (Bizerra, Queiroz e Coutinho, 2018). Esses combustíveis são chamados de "fósseis" porque derivam de restos orgânicos pré-históricos e são considerados não renováveis, ou seja, sua reposição na natureza ocorre de maneira extremamente lenta (Pena, 2017).

Os principais tipos de combustíveis fósseis são o carvão mineral, o gás natural e o petróleo, incluindo seus derivados, como o óleo diesel e a gasolina (Bizerra, Queiroz e Coutinho, 2018).

3.3.2 Processo de Produção e Aplicações

3.3.2.1 Petróleo

Quimicamente, o petróleo é composto por uma grande variedade de hidrocarbonetos e outros compostos orgânicos de diversas massas moleculares. Ele se origina da decomposição de matéria orgânica que se acumula no fundo de oceanos, mares e lagos, em um processo que dura milhares de anos (Pena, 2017). Adicionalmente, o petróleo é atualmente uma das principais fontes de energia e gera diversos subprodutos amplamente utilizados pela sociedade (Oliveira, Cruz e Ferreira, 2021).

A principal utilização do petróleo é sua conversão em gasolina e óleo diesel para veículos. Além disso, o petróleo é usado para produzir GLP (Gás Liquefeito de Petróleo, utilizado como gás de cozinha), nafta (um derivado utilizado na indústria petroquímica), querosene de avião, plásticos, solventes, entre outros produtos (Pena, 2017).

A utilização do petróleo como fonte de energia causa vários impactos na saúde humana e no meio ambiente, incluindo a poluição do ar e dos oceanos, além de intensificar o efeito estufa, contribuindo para o aquecimento global. A combustão desse combustível libera gases como dióxido de carbono, metano e dióxido de enxofre, que são prejudiciais tanto para o meio ambiente quanto para a saúde das pessoas (Oliveira, Cruz e Ferreira, 2021).

Bizerra, Queiroz e Coutinho (2018) afirmam que, sendo o petróleo uma fonte energética não renovável, é certo que ele acabará em algum momento. Por isso, diversos pesquisadores e empresas atualmente buscam alternativas viáveis aos combustíveis fósseis. De acordo com Schuchardt, Ribeiro e Gonçalves (2001), a biomassa seria um substituto natural para o petróleo em um país tropical como o Brasil, devido à sua renovabilidade e à redução da poluição ao aproveitar a energia solar (Bizerra, Queiroz e Coutinho, 2018).

3.3.2.2 Carvão Mineral

O carvão mineral é originado a partir da fossilização da madeira. É uma rocha sedimentar com alto teor de carbono em sua estrutura, podendo conter de 25% a 97% de carbono, dependendo de sua origem. Sua composição também inclui hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, enxofre e outros minerais. Embora seja o mais abundante dentre os combustíveis fósseis e possui alto poder calorífico e combustão rápida, sua produção é altamente poluidora. A queima do carvão mineral libera gases como dióxido de carbono e dióxido de enxofre, além de produzir cinzas (Carvalho, 2008).

Na natureza, existem quatro tipos de carvão mineral: linhito, antracito, hulha e turfa. O linhito é utilizado em gasogênios e na obtenção de alcatrão, ceras, fenóis e parafinas. O antracito, com um alto teor de carbono de 96%, é usado como fonte de geração de calor devido à sua eficiência, produzindo pouca fuligem, embora seu custo seja elevado. A hulha pode ser usada como combustível na metalurgia quando de qualidade superior e em fornos de usinas termelétricas quando de qualidade inferior. A turfa, com um teor de carbono entre 55% e 60%, é empregada como combustível em fornalhas e termelétricas, além de ser utilizada na obtenção de gás combustível, ceras, parafinas, amônia e alcatrão. Além disso, a turfa é eficaz em derramamentos de petróleo devido à sua capacidade de isolar e absorver compostos de hidrocarbonetos (Oliveira e Silva, 2024).

Segundo Bizerra, Queiroz e Coutinho (2018), durante a Revolução Industrial, o carvão mineral foi o principal combustível utilizado, fornecendo calor para a produção de vapor e, conseqüentemente, energia. No entanto, com o avanço tecnológico, essa fonte de energia perdeu gradualmente sua importância, sendo substituída por outras formas de geração de energia. Apesar disso, ainda é amplamente utilizado em diversos países para a produção de energia elétrica.

3.3.2.3 Gás Natural

O gás natural é composto principalmente por metano (CH_4), etano (C_2H_6), propano (C_3H_8) e butano (C_4H_{10}), sendo geralmente produzido em conjunto com o petróleo quando o reservatório deste está sob pressão elevada. Os componentes como butano e propano, quando resfriados um pouco abaixo da temperatura ambiente, formam o GLP, conhecido como gás de cozinha comum (Junior, 2009).

O gás natural é amplamente utilizado na geração de energia através da queima em usinas termoelétricas. Sua utilização para esta finalidade é favorecida pela alta eficiência energética e menor taxa de emissão de CO₂, tornando-se uma opção menos prejudicial ao meio ambiente em comparação com outros combustíveis fósseis (Reis et al., 2018). Além disso, é uma importante matéria-prima para diversos produtos petroquímicos, como plásticos, produtos farmacêuticos e fertilizantes nitrogenados (Reis et al., 2018; Taioli, 2009).

Comparado aos outros combustíveis fósseis, o gás natural apresenta alta produtividade e custos menores para o consumidor final. Além disso, é considerado mais seguro, pois não necessita de armazenamento em grandes quantidades e se dissipa mais rapidamente no ar em caso de vazamentos. Adicionalmente, o gás natural é facilmente transportado por meio de gasodutos (Junior, 2009).

3.4 Biocombustíveis x Combustíveis Fósseis

Comparar biocombustíveis e combustíveis fósseis envolve considerar diferentes aspectos que serão brevemente discutidos nos tópicos: *i) origem e renovabilidade ii) impacto ambiental, iii) disponibilidade e segurança energética e iv) uso e aplicações.*

i) Origem e Renovabilidade:

Biocombustíveis: São derivados de fontes renováveis, como culturas agrícolas (ex.: milho, cana-de-açúcar) e biomassa (ex.: resíduos agrícolas, algas). São produzidos através de processos biológicos.

Combustíveis Fósseis: Originam-se de restos de organismos vivos pré-históricos que se fossilizaram ao longo de milhões de anos. São recursos não renováveis, pois sua formação é extremamente lenta em escala humana. (Arredondo, 2009).

ii) Impacto Ambiental:

Biocombustíveis: Tendem a ter um impacto ambiental menor em comparação aos combustíveis fósseis, principalmente em termos de emissões de gases de efeito estufa. Podem contribuir para a redução da dependência de combustíveis fósseis e oferecer alternativas mais sustentáveis.

Combustíveis Fósseis: Causam impactos significativos no meio ambiente, incluindo poluição do ar, emissões de gases de efeito estufa (como CO₂, metano e óxidos de nitrogênio), acidificação dos oceanos e alterações climáticas (Bizerra, Queiroz e Coutinho, 2018).

iii) Disponibilidade e Segurança Energética:

Biocombustíveis: A disponibilidade pode variar de acordo com a produção agrícola e a capacidade de processamento de biomassa. Podem ajudar na diversificação da matriz energética e na segurança energética, especialmente em países com grande capacidade agrícola.

Combustíveis Fósseis: São amplamente disponíveis em reservatórios subterrâneos, mas sua extração pode ser complexa e geograficamente limitada. A dependência excessiva de combustíveis fósseis pode representar um risco para a segurança energética devido à sua finitude e à geopolítica envolvendo países produtores. (Guarieiro, Vasconcellos e Souci, 2011).

iv) Uso e Aplicações:

Biocombustíveis: São comumente utilizados como substitutos parciais ou totais de combustíveis fósseis em motores de veículos (ex.: etanol misturado à gasolina) e em sistemas de aquecimento. Também são explorados para a produção de biocombustíveis avançados e biogás.

Combustíveis Fósseis: São utilizados predominantemente em transporte (gasolina, diesel, querosene), geração de eletricidade (carvão, gás natural) e na indústria petroquímica para a produção de uma ampla gama de produtos. (Duarte, 2022; Bizerra, Queiroz e Coutinho, 2018).

Por fim, podemos concluir que os biocombustíveis oferecem uma alternativa mais sustentável aos combustíveis fósseis devido à sua origem renovável e menor impacto ambiental. No entanto, desafios como a competição com a produção de alimentos, a eficiência energética e a infraestrutura de distribuição precisam ser consideradas. Enquanto isso, os combustíveis fósseis continuam a ser amplamente utilizados devido à sua disponibilidade, densidade energética e infraestrutura estabelecida, apesar dos impactos ambientais significativos que apresentam.

3.5 Importância da Química Verde e Biocombustíveis na Sociedade Atual

Com base na definição e nos princípios da Química Verde e nos conceitos de Biocombustíveis e seus processos de produção já apresentados, nota-se a importância de desenvolver os temas para além do âmbito industrial e acadêmico: a educação básica. A abordagem da Química Verde na educação básica desempenha um papel indispensável na formação dos cidadãos, pois ela “conscientiza os alunos sobre a importância de práticas sustentáveis na química e estimula a reflexão sobre seu papel como cidadãos responsáveis na preservação do meio ambiente.” (Sandri & Santin Filho, 2019 apud Silva, 2023).

Para Machado (2011, p. 541), “a prática da QV na Indústria Química, em termos globais, é ainda algo incipiente e precisa ser desenvolvida, o que passa por lhe dar mais atenção no ensino da Química”.

Partindo dessa ideia, Sauv  (2005) sugere que educar as pessoas sobre o meio ambiente n  apenas aumenta a conscientiza o individual, mas também tem o potencial de estimular mudanças sociais dentro da comunidade local. Inicialmente, essas mudanças ocorrem em pequena escala, mas podem se expandir para formar redes mais amplas de solidariedade e a o coletiva em prol do meio ambiente.

Segundo Brasil (2018, p. 317), cabe às escolas a responsabilidade de incluir “temas contemporâneos que afetam a vida humana em escala local, regional e global”, destacando entre esses temas a educa o ambiental. Assim, a QV surge como um possível tema de inclusão no currículo escolar (não como uma disciplina), pois ela está diretamente ligada às formas de preven o, redu o e elimina o dos processos que afetam a vida humana. Sendo assim, mesmo que o conteúdo da QV não seja citado em documentos normativos como a BNCC, vale considerar a importância de apresentá-lo   comunidade estudantil com o intuito de formar um comportamento ambientalmente responsável.

Sob essas condi oes, percebe-se que os professores têm dificuldades de incorporar a QV no currículo escolar, pois, geralmente, as escolas já possuem um plano curricular definido e o alunado, como consequência, não reconhece os valores sustentados pela QV. Porém, não ter o tema no currículo pré-definido não quer dizer que este não possa ser incluído. (Nardotto, 2021).

Entretanto, apesar de existirem várias estratégias de ensino relacionadas à Química Verde, como é observado em artigos e publicações acadêmicas de forma geral, permear conceitos como a utilização de energias renováveis pode ser uma ótima iniciativa para envolver os estudantes em seu universo. Sabendo que um dos princípios da QV é o de sempre escolher matérias-primas renováveis em detrimento das não renováveis, torna-se essencial utilizar os biocombustíveis como tema gerador para o seu ensino. Para Tozoni-Reis (2006):

Ao tomar os temas ambientais como temas geradores de processos educativos ambientais duas preocupações devem estar presentes: os temas têm que ter significado concreto para os envolvidos e devem ter conteúdo problematizador. Isso significa dizer que os temas ambientais devem ser ponto de partida para a discussão mais ampla da crise do modelo civilizatório que estamos a enfrentar, crise que dá sentido à busca de uma sociedade sustentável. (Tozoni-Reis, 2006).

Portanto, isso implica que os temas ambientais devem ser usados como ponto de partida para discutir a crise do modelo antropológico atual, o que justifica a busca por uma sociedade sustentável.

Uma forma de aplicar essa temática no ensino é através dos "temas geradores", conceito central do método educacional de Paulo Freire. Esses temas são problemas significativos da realidade cotidiana dos alunos. Freire propôs uma educação problematizadora, onde os estudantes investigam criticamente sua realidade, refletem e buscam soluções coletivas. Esse processo envolve discussões em grupo sobre o funcionamento da sociedade. No método de Freire, não há um programa fixo ou atividades mecânicas; a avaliação é coletiva e foca na conscientização. O diálogo democrático e participativo é guiado pelos temas geradores (Costa e Pinheiro, 2013; Tozoni-Reis, 2006).

4 METODOLOGIA

4.1 Natureza da Pesquisa

Esta pesquisa consistiu em um estudo de caso exploratório de caráter predominantemente qualitativo, e teve como objetivo analisar as concepções dos alunos do 3º Ano do ensino médio da escola ECIT Bráulio Lima Jr, localizada no município de Campina Grande, acerca de conceitos da Química Verde e seus princípios, bem como o entendimento sobre Biocombustíveis e os desafios dos professores de ciências no ensino desses temas. Segundo Triviños (1997):

A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como fonte direta dos dados e o pesquisador como instrumento fundamental baseando suas conclusões nas descrições do real cultural que lhes interessa por tirar dele os significados que tem para as pessoas que pertencem a essa realidade e seus resultados são produtos de uma visão subjetiva, expressa por narrativas, declarações de pessoas e entrevistas (Triviños, 1997, p. 173).

O estudo de caso para YIN (2001), é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto de vida real.

Segundo Laville e Dionne (1999), uma vantagem que se destaca nessa estratégia de pesquisa é a possibilidade de aprofundamento que oferece, pois os recursos estão concentrados em um único caso e este não é submetido às restrições ligadas à comparação com outros casos.

4.2 Participantes e Universo da Pesquisa

O público alvo foram cinco turmas de 3º Ano do Ensino Médio (totalizando 110 alunos) de uma escola pública estadual (ECIT Bráulio Maia Jr) localizada no município de Campina Grande, e dois professores de Ciências (Química e Biologia).

4.3 Instrumento de Coleta de Dados

Quanto à técnica de coleta de dados, foi utilizado um questionário de 9 questões objetivas (Apêndice A), contendo conceitos básicos e específicos sobre a Química Verde e Biocombustíveis e 10 questões subjetivas sobre o mesmo tema (Apêndice B) aplicadas aos professores de Ciências.

O questionário foi aplicado entre os meses de maio e junho de 2024 através do Google Forms, por meio de um Qr Code que foi passado para todos os alunos e professores de Ciências de forma presencial e de acordo com a observância do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), (Apêndice C) e disponibilizado juntamente aos questionários, a fim de garantir o anonimato de todos os participantes.

4.4 Análise dos Dados

Para análise dos dados obtidos, utilizou-se o método Análise de Conteúdo por Bardin (1977). Para o autor, a análise de conteúdo é um método aplicado a diversas formas de comunicação, independente do suporte. Essa análise pode conter estratégias práticas que simplificam processos complexos, uma análise “para ver o que dá”, chamada de heurística e/ou pode conter hipóteses provisórias que são verificadas estruturadamente para confirmação ou refutação, sendo uma análise “para servir como prova”.

Ainda segundo Bardin (1977), a análise de conteúdo é um método empírico, altamente dependente do tipo de comunicação e do objetivo da interpretação. Não existem métodos prontos, mas sim regras básicas que precisam ser adaptadas a cada caso. Essa forma de análise adaptou-se ao tipo de comunicação utilizado (questionário semiestruturado) pois permitiu identificar padrões que foram fundamentais para enriquecer a compreensão do conhecimento e percepções dos participantes sobre os temas que aqui foram abordados e também verificar as hipóteses formuladas a partir das respostas coletadas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse tópico se refere aos resultados das aplicações dos questionários semiestruturados dos participantes: alunos e professores do Ensino de Ciências (Química e Biologia) da escola inserida na pesquisa.

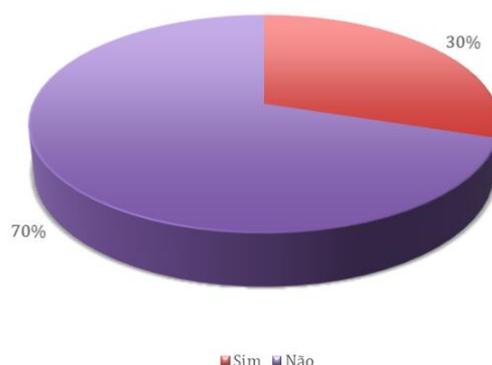
Para sistematizar a abordagem, segue uma organização descritivo-analítica das categorias desenvolvidos nos questionários, divididas em: i) *Concepções dos estudantes sobre conceitos básicos e específicos sobre a Química Verde*; ii) *Concepções dos estudantes relacionados aos Biocombustíveis* e iii) *Concepções dos professores à vista da temática Química Verde e Biocombustíveis*. Essas categorias estão detalhadas nos itens a seguir:

i) Concepções dos estudantes sobre conceitos básicos e específicos sobre a Química Verde

A avaliação inicial sobre os conhecimentos e concepções dos estudantes em relação à Química Verde abrange cinco questões específicas. As respostas dos participantes à questão 1 ("Você já ouviu falar em Química Verde?") estão sistematizadas na figura 5.

Figura 5 - Alunos que já ouviram falar sobre a Química Verde.

Você já ouviu falar em Química Verde?



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

A partir da figura 5, observa-se que 70% dos alunos responderam que nunca ouviram falar sobre Química Verde, enquanto 30% já estão familiarizados com o tema. Ou seja, 77 alunos nunca ouviram falar de Química Verde, um número significativo que

revela uma necessidade de reforçar práticas educativas na temática nas aulas de Química, como também em todas as áreas do ensino.

Para entender a relevância do resultado na questão 1, foi perguntado aos estudantes em qual série tiveram o contato com a Química Verde (Figura 6).

Figura 6 - Séries em que o alunado teve contato com a QV



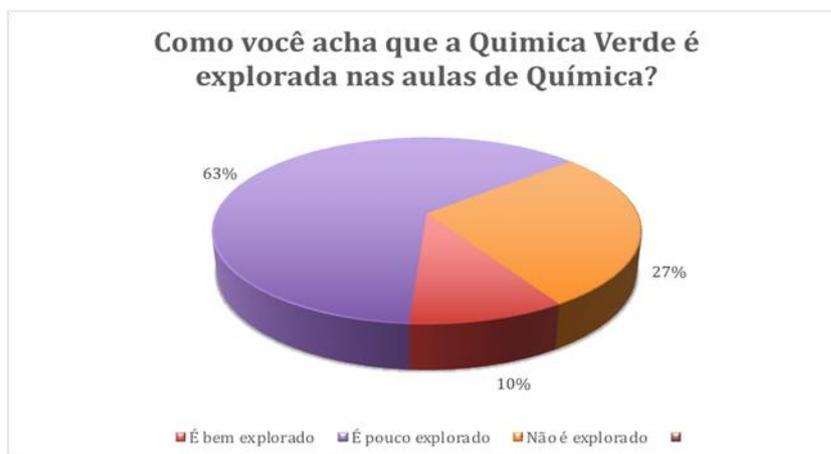
Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Na Figura 6, observa-se que dos 33 alunos que tiveram contato com a Química Verde, 18 estavam nos anos finais do Ensino Fundamental (9º ano) e 15 no Ensino Médio. As respostas dos alunos refletem a ausência de contextos da Química Verde no cotidiano escolar, destacando a necessidade de discutir esse campo cada vez mais relevante no ensino e na prática científica.

É importante destacar a relevância de abordar temas como a Química Verde de forma interdisciplinar. Conforme Guimarães (2012, p.124), “a educação ambiental é uma prática pedagógica que não se realiza sozinha, mas nas relações do ambiente escolar, na interação entre diferentes autores, conduzida por um sujeito: os professores.” No entanto, a apresentação da Química nas diversas áreas do conhecimento e as metodologias de ensino ainda são muito tradicionais, dificultando uma concepção contextualizada dos conceitos químicos relacionados à Química Verde e relegando a interdisciplinaridade a um segundo plano (Chassot, 1990 apud Nardotto, 2021).

Em seguida, perguntou-se aos alunos “Como você acha que a Química Verde é explorada nas aulas de Química?”. As respostas podem ser observadas na figura 7.

Figura 7 - Como a QV é explorada nas aulas de Química



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Como visto na figura 7, 63% dos alunos afirmaram que o tema Química Verde (QV) é pouco explorado, 27% afirmaram que não é explorado e apenas 10% consideraram que é bem explorado. Esse cenário evidencia a ausência de propostas pedagógicas em sala de aula, comparando que os professores não estão incluindo o tema da QV em suas aulas. Tozoni-Reis (2006) reforça duas preocupações ao trabalhar temas geradores na temática ambiental: primeiro, é necessário partir de um conteúdo problematizador, e segundo, é fundamental que tenha um significado concreto na vida dos estudantes. Talvez seja essa predisposição dos professores que dificulta a abordagem do tema. Outro ponto de vista, é que os professores enfrentam dificuldades para incorporar a QV no currículo escolar devido aos planos curriculares já definidos. Como consequência, os alunos não registram os valores da QV (Nardotto, 2021).

Além disso, a falta de interesse dos estudantes e a falta de iniciativa da gestão escolar em implementar projetos voltados para a QV são outros fatores que trazem para o afastamento desse tema do currículo escolar.

Outro ponto levantado foi a opinião dos alunos sobre o que se entende pela Química Verde. As respostas das alternativas dos alunos da pergunta 4 (De acordo com as alternativas abaixo, o que vem a ser a Química Verde?) estão inseridas no Quadro 1.

Quadro 1 - Opinião dos alunos do que viria a ser a Química Verde

<i>De acordo com as alternativas abaixo, o que vem a ser a Química Verde?</i>	
ALTERNATIVAS	ALUNOS

É um campo que estuda a química para o meio ambiente visando a conservação dos recursos naturais e redução ou eliminação de substâncias tóxicas aos humanos e ao ambiente.	90
É uma área da química dedicada exclusivamente ao estudo das plantas	10
É uma disciplina isolada que as escolas optam ou não em trabalhar	7
É uma novidade na educação, que deve ser estudada apenas no Ensino Superior	3

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Diante das respostas obtidas, explicitadas no Quadro 01, observa-se que 82% dos alunos (90) relacionaram os conceitos de Química Ambiental, provavelmente já estudados, com a Química Verde. Apesar de que a maioria dos estudantes tenha respondido que nunca ouviram falar em Química Verde nas questões anteriores (conforme mostram as Figura 1 e 2), eles ainda compreendem os conceitos de Química Verde aplicados à sustentabilidade ambiental.

Reforçando o conceito da Química Verde, conforme descrito por Anastas e Warner (1998), trata-se da concepção, desenvolvimento e implementação de produtos e processos químicos que visam minimizar ou eliminar a utilização e produção de substâncias prejudiciais à saúde. Essa discrepância nas respostas dos estudantes pode estar relacionada à fácil associação da expressão "Verde" com práticas sustentáveis, experiências com projetos ambientais em outras disciplinas ou mídias digitais, ou ainda à intuição e dedução lógica a partir das outras alternativas apresentadas. Apenas 10 alunos (9%) responderam que é uma área dedicada ao estudo das plantas, outros 7 alunos (6%) associaram a Química Verde a uma disciplina que pode ser trabalhada ou não na escola, e 3 alunos (3%) responderam que é uma novidade na educação que pode ser desenvolvida apenas no Ensino Superior.

Com base nos doze princípios da Química Verde, na questão 5 foi escolhido o princípio da "eficiência atômica", correspondente ao princípio número 2, para questionar os alunos sobre seus objetivos e implicações. No Quadro 2, é possível observar as respectivas respostas dos alunos, o que facilita uma melhor compreensão do tema.

Quadro 2 - O que se busca com o princípio "eficiência atômica"

<i>Um dos 12 princípios da Química Verde é a “eficiência atômica”. O que se busca com este princípio?</i>	
ALTERNATIVAS	ALUNOS
Utilizar o máximo de átomos possível dos reagentes nos produtos finais	44
Minimizar o uso de catalisadores	37
Maximizar a energia utilizada no processo químico	27
Aumentar a quantidade de resíduos tóxicos produzidos	2

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Como observado no Quadro 2, 40% dos alunos (44 alunos) responderam corretamente que o princípio da eficiência atômica se baseava em utilizar o máximo de átomos possível dos reagentes nos produtos finais. Porém, 60% dos estudantes corresponderam outras implicações, 34% e 24% dos alunos respectivamente, destacando o uso de catalisadores (37 alunos) e a energia utilizada nos processos químicos (27 alunos) como meio de implicações da eficiência atômica.

Analisando esses dados, observa-se que a distribuição das respostas incorretas reflete uma mistura entre a confusão sobre conceitos químicos básicos já estudados e/ou a falta desses conceitos específicos na Educação Química Ambiental. Alguns alunos podem ter confundido a eficiência atômica com outros princípios da Química Verde, como a redução do uso de substâncias auxiliares, incluindo catalisadores. A ideia de minimizar o uso dessas substâncias pode parecer relacionada à eficiência. Além disso, os alunos podem ter interpretado erroneamente o conceito de "eficiência", associando-o ao uso de energia, ou escolhido essa opção por desatenção ou falta de conhecimento. Diante das respostas incorretas, nota-se uma confusão na escolha da alternativa correta, evidenciando a necessidade de reforçar conceitos específicos sobre a Química Verde na educação.

ii) Concepções dos estudantes relacionadas aos Biocombustíveis

Com relação às questões relacionadas aos Biocombustíveis, foram realizadas 4 (quatro) perguntas específicas sobre o tema. Relacionado ao conceito de

Biocombustível, perguntou-se na questão 6: “Você provavelmente já ouviu falar em biocombustíveis. Para você, qual o conceito de biocombustível?” Sobre esse conceito, pode-se observar as respostas dos alunos no Quadro 3.

Quadro 3 - Conceito de Biocombustíveis Segundo Alunado

<i>Você provavelmente já ouviu falar em biocombustíveis. Para você, qual o conceito de biocombustível?</i>	
ALTERNATIVAS	ALUNOS
Biocombustível é uma forma de energia renovável derivada de fontes biológicas, como plantas, algas e resíduos orgânicos, que pode ser convertida em combustíveis líquidos, como biodiesel e etanol, ou em gases, como biogás, e é considerada uma alternativa mais sustentável aos combustíveis fósseis.	79
Biocombustível é um tipo de combustível fóssil extraído de depósitos geológicos, como petróleo e carvão, e não tem relação com matéria orgânica renovável.	15
Biocombustível é um termo usado para descrever qualquer tipo de combustível que não envolva matéria orgânica, mas sim processos químicos complexos para sua produção, como o hidrogênio sintético.	11
Biocombustível é um combustível exclusivamente sólido, como carvão vegetal, e não pode ser líquido ou gasoso.	6

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Conforme o Quadro 3, 71% dos alunos (79 alunos) responderam corretamente o conceito de biocombustíveis, como fonte de energia renovável derivadas de fontes biológicas e/ ou resíduos orgânicos. Ainda assim, 29% dos alunos (31 alunos) confundiram o conceito biocombustível como combustível fóssil, processos químicos complexos para sua produção, como o hidrogênio sintético e até mesmo como carvão vegetal.

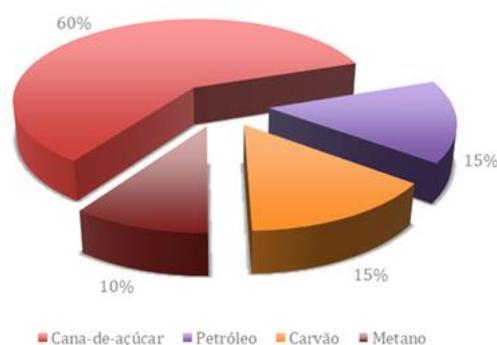
A predominância da escolha da alternativa correta, mostra que a maioria dos alunos possuem um entendimento correto sobre o conceito de Biocombustíveis, e isso pode ser atribuído a exposição de temas sobre energias renováveis por meio de aulas, projetos ou mídias sociais, mesmo que esse conhecimento não esteja atrelado a Química Verde. Em relação às outras alternativas, os alunos podem ter confundido o conceito de

“biocombustível” com combustíveis fósseis, que não envolvem matéria orgânica renovável, ou não foram informados suficientemente sobre o tema.

Posteriormente, foi questionado aos estudantes sobre qual matéria-prima é utilizada para produção de etanol na questão 7 (A produção de etanol é realizada a partir de qual matéria-prima?). As respostas dos estudantes encontram-se na Figura 8.

Figura 8 - Questão sobre matéria-prima utilizada na produção do etanol

A produção de Etanol é realizada a partir de qual matéria-prima?



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Como pode-se observar na figura 8, a maioria dos estudantes, 60% (66 alunos), identificou a cana-de-açúcar como a matéria-prima principal para a produção do etanol. Esta resposta está alinhada com a realidade brasileira, onde a cana-de-açúcar é a principal fonte de etanol devido à sua abundância e eficiência na produção dos biocombustíveis (Barros e Jardine, 2021).

Dos 40% dos estudantes (44 alunos) que responderam incorretamente sobre as matérias-primas para a produção de etanol, 15% (17 alunos) mencionaram o petróleo e 10% (11 alunos) indicaram o carvão. Essas opções são equivocadas, pois o petróleo e o carvão são fontes de combustíveis fósseis não renováveis e não são utilizados na produção de etanol. Além disso, outros 15% dos estudantes (16 alunos) citaram o metano. Embora o metano seja um gás natural usado na produção de biogás e outros combustíveis, ele não é empregado como matéria-prima na produção de etanol.

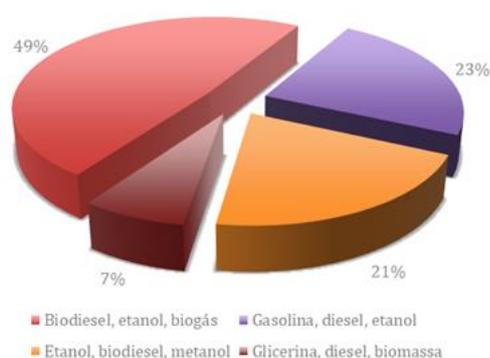
Apesar de que a maioria dos estudantes reconheça a cana-de-açúcar como a principal matéria-prima para a produção de etanol, há uma confusão significativa sobre outras fontes possíveis. Isso evidencia a necessidade de fortalecer o ensino sobre as diferenças entre combustíveis fósseis e biocombustíveis, garantindo que os alunos compreendam claramente quais materiais são úteis. Em suma, os biocombustíveis,

como (biodiesel, etanol, biogás) são combustíveis que oferecem uma maneira de gerar energia de forma limpa e renovável. Enquanto, combustíveis fósseis como o petróleo, carvão e gás natural aumentaram exponencialmente os danos ao meio ambiente (Barbieri, 2009).

Intencionalmente procurou-se identificar se os estudantes possuem reconhecimento dos exemplos de biocombustíveis na penúltima questão (Qual das opções abaixo encontra-se apenas biocombustíveis?). A figura 9 apresenta as respostas dos estudantes.

Figura 9 – Questão relacionada aos tipos de Biocombustíveis

Qual das opções abaixo encontra-se apenas Biocombustíveis?



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

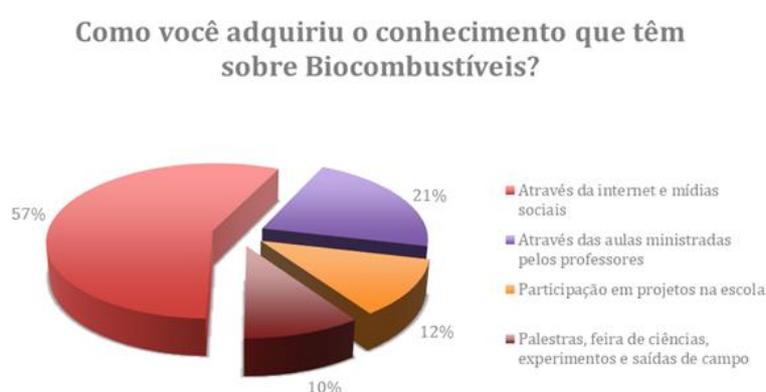
Analisando as informações da Figura 9, podemos concluir que quase metade dos estudantes (49%) escolheu corretamente a opção “Biodiesel, etanol, biogás” como a que contém apenas biocombustíveis. No entanto, uma parcela significativa dos estudantes (51%) ainda confunde biocombustíveis com combustíveis fósseis. Entre esses, 23% (26 alunos) confundiram gasolina e diesel, ambos combustíveis fósseis. Além disso, 21% (23 alunos) confundiram o metanol, que é comumente derivado do gás natural ou do carvão. Outros 7% dos alunos (8 alunos) confundiram diesel com biocombustível. Esses resultados indicam a necessidade de fortalecer o ensino sobre as diferenças entre combustíveis fósseis e biocombustíveis, garantindo que os alunos compreendam claramente quais materiais são usados na produção de biocombustíveis.

Os biocombustíveis são produzidos a partir da biomassa, liberando energia térmica, dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O) ao serem queimados por oxidação do carbono e hidrogênio (Barbieri, 2009). Enquanto os combustíveis fósseis são fontes de

energia não renováveis formadas pela preservação de organismos vivos ao longo de milhões de anos, liberando dióxido de carbono (CO₂) e outras emissões, provocando consequências ambientais, como a emissão de gases de efeito estufa.

Encerrando o levantamento de concepções existentes sobre aspectos da temática, a questão 9 do questionário permitiu analisar nas respostas dos estudantes de como foi adquirido o conhecimento que têm sobre Biocombustíveis, como mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Questão sobre como o conhecimento sobre biocombustíveis foi adquirido



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Percebe-se que a maioria dos alunos (57%) adquiriu conhecimento sobre biocombustíveis através da internet e mídias sociais. Isso destaca a importância das plataformas digitais na educação dos jovens. Dos 21% dos alunos (24 alunos) obtiveram conhecimento através das aulas, indicando que a escola ainda é uma fonte significativa de informação, embora menos dominante em relação à internet. Alguns estudantes, 12% (13 alunos) aprenderam sobre biocombustíveis participando em projetos escolares, sugerindo que atividades práticas e colaborativas são importantes, mas menos utilizadas no espaço escolar atuante. E ainda, 10% dos estudantes (11 alunos) mencionaram essas atividades, indicando que eventos e atividades extracurriculares (palestras, feiras de ciência, experimentos e saídas à campo) têm um papel menor na disseminação de conhecimento dos combustíveis.

Diante do exposto, isso sugere a necessidade de integrar mais recursos digitais no ensino e de fortalecer tanto o papel dos professores quanto a oferta de atividades práticas e extracurriculares na temática QV e Biocombustíveis no ensino geral. Com isso,

ocorre um engajamento dos estudantes de forma colaborativa e prática, destacando a importância da QV na redução do consumo de energia, utilizando materiais renováveis e com a preocupação crescente em encontrar alternativas mais sustentáveis para o meio ambiente (Roloff, 2016).

iii) Concepções dos professores à vista da temática Química Verde e Biocombustíveis.

Nesse tópico iniciaremos uma discussão em relação a aplicação do questionário com os professores na área de Ciências (Química e Biologia) da escola pesquisada.

Os questionamentos em relação aos professores do ensino de Ciências em relação à Química Verde abrangem dez questões abertas (Apêndice B). Serão elucidados nesse tópico as subcategorias referentes à temática Química Verde e Biocombustíveis: *i) formação e prática docente; ii) engajamento e conscientização dos alunos; iii) desafios e soluções; iv) recursos educacionais; v) interesse e motivação dos alunos e vi) sugestões para melhoria do ensino.*

i) formação e prática docente

As respostas dos participantes à questão 1 ("Qual é a sua área específica de ensino?") indicam que os docentes ensinam nas áreas de Química e Biologia. Ambas as disciplinas são fundamentais nas Ciências da Natureza e possuem um papel crucial na formação básica e avançada dos estudantes (Tozoni-Reis, 2006; Santos e Royer, 2018; Bizerra, Queiroz e Coutinho, 2018).

Na segunda questão, "Durante a sua formação docente, você teve disciplinas que abordaram a Química Verde? Se sim, como essas disciplinas influenciaram sua prática docente?" evidenciamos que os professores de Ciência que atuam na escola não tiveram disciplinas que abordassem a Química Verde na formação docente, como indicado pelas respostas negativas, sugerindo que este tema não foi incluído nos currículos dos respondentes. Isso pode indicar uma lacuna na formação dos docentes em relação a temas contemporâneos e relevantes para a educação ambiental e sustentável.

Segundo Santos e Royer (2018), a integração do ensino de Química com o cotidiano dos alunos permite que eles desenvolvam uma compreensão abrangente e crítica sobre questões ambientais que afetam a sociedade. Esta abordagem facilita a

percepção científica, cultural, tecnológica, social, política e econômica desses problemas ambientais que atingem a sociedade. Portanto, temas ambientais, como a Química Verde, é de extrema necessidade ser discutido nas preparações de professores em formação.

ii) engajamento e conscientização dos alunos

Com relação ao terceiro questionamento “em que medida você acha que estudar sobre Biocombustíveis influencia a conscientização ambiental dos alunos? Poderia dar exemplos de como isso ocorre?”, todos afirmaram que estudos na temática biocombustíveis vai além da teoria, promovendo cidadãos conscientes e críticos. Apresentando falas, como:

Os alunos tornam-se cidadãos conscientes e atuantes ao se depararem com as questões ambientais abordadas em sala de aula (PROFESSOR DE QUÍMICA).

Estudar biocombustíveis aumenta a conscientização ambiental dos estudantes ao informar sobre alternativas energéticas sustentáveis e os impactos negativos dos combustíveis fósseis. Promovendo pensamento crítico e a inovação. Projetos práticos, aulas interdisciplinares e debates sobre o tema envolvem os estudantes ativamente, fortalecendo seu compromisso com a sustentabilidade (PROFESSOR DE BIOLOGIA).

É possível observar através da fala do Professor de Biologia, que não só limita a conscientização dos estudantes ao estudar temáticas como biocombustíveis, mas também destaca a importância de informar os estudantes sobre alternativas energéticas sustentáveis e os impactos negativos dos combustíveis fósseis; estímulo ao pensamento crítico e à inovação para formação dos alunos não apenas o entendimento de problemas ambientais, mas também na preparação de buscar soluções criativas e eficazes para o problema (Tozoni-Reis, 2006).

Adicionalmente, o professor demonstra possibilidades em métodos de ensino como projetos práticos, aulas interdisciplinares como também debates sobre temas fortalecendo o compromisso da sustentabilidade. Para Tozoni-Reis (2006) métodos de ensino que impulsiona o compromisso da sustentabilidade possibilita os alunos “[...] valores e ações que contribuam para as transformações socioambientais exigindo responsabilidades individual e coletiva, local e planetária” (Tozoni-Reis, p.96, 2006).

No quarto questionamento perguntou-se aos professores se os alunos estão sendo preparados adequadamente para enfrentar os desafios ambientais do futuro. As duas respostas indicam duas abordagens distintas para a preparação dos alunos em relação aos desafios ambientais do futuro no mesmo ambiente escolar. Vejam nas falas dos participantes:

Em partes, pois nossa escola desenvolve projetos e ações voltadas para esse segmento (PROFESSOR DE QUÍMICA).

Em nossa escola, ECIT Bráulio Maia Júnior, os estudantes estão sendo preparados para enfrentar os desafios ambientais do futuro. Integramos cada vez mais temas de sustentabilidade e meio ambiente em seus currículos, promovendo a conscientização e capacitando os estudantes com o conhecimento e as habilidades necessárias para desenvolver soluções inovadoras e responsáveis (PROFESSOR DE BIOLOGIA).

Enquanto o Professor de Química indica uma preparação parcial com os estudantes através de projetos escolares, o Professor de Biologia mostra uma abordagem mais estruturada e integrada. Essa diferença pode refletir variações nas escolhas de recursos, na prioridade dada ao próprio tema ambiental nas aulas dos respectivos professores, ou nas metodologias de ensino adotadas pelos professores, apesar de estar falando da mesma instituição escolar.

Para uma preparação adequada dos alunos em relação aos desafios ambientais é necessário integrar de forma abrangente e consciente temas de sustentabilidade e meio ambiente em seus currículos como também a interdisciplinaridade, promovendo não apenas conscientização, mas também habilidades práticas e pensamentos críticos (Tozoni-Reis, 2006).

iii) desafios e soluções

Outro questionamento relevante foi perguntado aos professores “Quais são as principais dificuldades que você encontra ao ensinar sobre Química Verde? Como você lida com essas dificuldades?”. Não muito distante da realidade do Novo ensino médio, o professor de Química destaca que grande dificuldade é o tempo, “falta de carga horária”. E para o professor de Biologia destaca a falta de abordagem prática, como menciona “abordagem prática e recursos didáticos adequados”. Ambos não responderam como lidam com essas dificuldades.

No próximo questionamento, “Como você integra os conceitos de Química Verde e Biocombustíveis no currículo de Ciências? Há flexibilidade para incluir esses temas?. Para uma possível explicação do entendimento onde se adequa o conhecimento dos alunos, observem as falas dos professores:

Nas aulas de química, principalmente nas turmas de 3 série (PROFESSOR DE QUÍMICA).

Unidade sobre ciclos biogeoquímicos; fotossíntese e produção de biomassa; microbiologia e biotecnologia; impacto ambiental e ecologia; genética e melhoramento de plantas (PROFESSOR DE BIOLOGIA).

Em relação ao Professor de Química, se destaca a integração desses temas principalmente nas aulas de química para turmas de 3º série do E.M, limitando na flexibilidade do currículo. Enquanto nas aulas de biologia, é discutido em várias unidades temáticas do currículo de ciência, incluindo ciclos biogeoquímicos, fotossíntese e produção de biomassa, microbiologia e biotecnologia, impacto ambiental e ecologia, genética e melhoramento de plantas.

Isso é preocupante em relação às aulas de Química. Essas aulas restritas nas aulas de Química ou disciplinas complementares pode ser devido a restrições curriculares ou à falta de tempo, como o próprio professor mencionou em outra questão, como também falta de recursos para expandir a abordagem em outras turmas. Uma temática tão abrangente e flexível é essencial ser vista como tema transversal, que pode ser aplicado a diversas disciplinas e ser trabalhado de diversas formas (Bizerra, Queiroz e Coutinho, 2018).

iv) recursos educacionais;

Também foi levantado o questionamento sobre recursos didáticos. Na oitava questão, foi perguntado “Quais recursos didáticos e materiais você utiliza para ensinar sobre Química Verde e Biocombustíveis em suas aulas?”. Para tanto, as respostas dos professores foram transcritas abaixo:

Slides, vídeos e debates (PROFESSOR DE QUÍMICA).

Além de recursos como artigos científicos, vídeos educativos, e experimentos práticos, íntegros projetos de reciclagem e horta escolar para exemplificar

práticas sustentáveis e estimular a aplicação dos conceitos estudados (PROFESSOR DE BIOLOGIA).

A abordagem do professor de Química foca mais em recursos audiovisuais e debates, proporcionando uma compreensão teórica e incentivando a participação ativa dos alunos através da discussão. Enquanto a abordagem do Professor de Biologia oferece uma experiência de aprendizagem mais completa, integrando recursos como artigos científicos, vídeos, experimentos práticos, e projetos de reciclagem e horta escolar, estimulando a aplicação dos conceitos em situações reais.

Em relação às ações desenvolvidas com a temática na escola, os professores responderam ao questionamento: "A sua escola promove eventos ou atividades específicas voltadas para a conscientização ambiental? Se sim, poderia descrever alguns desses eventos?". As respostas são favoráveis para atividades escolares com a temática conscientização ambiental:

Sim. Nossa escola possui um projeto de reciclagem, o RECICLAECIT, (<https://www.instagram.com/projeto.recicla?igsh=ZzVjZDJnNTZyNWxz>), onde os alunos têm a oportunidade de atuar diretamente nessa questão da conscientização ambiental (PROFESSOR DE QUÍMICA).

Sim. Componentes eletivos na temática ambiental; projetos de intervenção comunitária e de pesquisa científica, a exemplo do "#rECIcla: educação ambiental começa na base!"; participação massiva na olimpíada do meio ambiente, conquistando em 2023 mais de 20 medalhas e menções honrosas. Entre outros vários projetos e ações que a ECIT professor Bráulio Maia Júnior promove. Pode conferir em: @projeto.recicla (PROFESSOR DE BIOLOGIA).

Através das respostas dos professores, destacam várias abordagens promovidas em eventos na escola. Dentre elas, foram citadas projeto de reciclagem, componentes eletivos e projetos de intervenção comunitária, participação em competições de Olimpíadas e uso de plataformas sociais, como Instagram. Em suma, as atividades descritas nas respostas demonstram um compromisso significativo das escolas com educação ambiental, utilizando uma variedade de métodos e abordagens para engajar os alunos e promover a conscientização ambiental de maneira prática e significativa.

v) interesse e motivação dos alunos

No penúltimo questionamento, foi tratado o interesse dos estudantes por temas ambientais (Você percebe interesse dos alunos em aprender sobre temas ambientais? Se sim, o que você acredita que desperta esse interesse?). Nas respostas dos professores, revelam posicionamentos diferentes:

Não muito. Uma parcela muito pequena de alunos tem interesse em participar e desenvolver projetos voltados para essa área (PROFESSOR DE QUÍMICA).

Sim, há um crescente interesse dos estudantes em aprender sobre temas ambientais devido à conscientização sobre os impactos ambientais e à busca por soluções sustentáveis para o futuro. E acredito que o envolvimento em projetos e atividades ambientais no cotidiano em nossa escola corrobora intensamente para esse interesse (PROFESSOR DE BIOLOGIA).

O professor de Química observa um baixo interesse entre os estudantes. Talvez seja os recursos adotados pelo professor. Isso sugere a necessidade de estratégias adicionais para engajar os alunos, como a implementação de métodos de ensino mais interativos e práticos, utilizando temas geradores e interdisciplinares (Tozoni-Reis, 2006). Para o autor, os objetivos da educação ambiental utilizado para todas as idades são definidos como “consciência, conhecimentos, comportamento, aptidões e participação” (Tozoni-Reis, p. 98, 2006). Diferente da observação do professor de Biologia, percebe um interesse crescente dos estudantes, atribuído à conscientização e ao envolvimento em atividades práticas. Isso destaca a importância de uma abordagem prática e contextualizada na educação ambiental (Bizerra, Queiroz e Coutinho, 2018).

vi) sugestões para melhoria do ensino.

Para finalizar os questionamentos, foi perguntado aos professores: Quais são suas sugestões para melhorar a educação ambiental e a conscientização sobre Química Verde e Biocombustíveis nas escolas?. As respectivas respostas dos professores oferecem duas abordagens complementares para melhorar a educação ambiental nas escolas:

Ter aulas com disciplina específica, voltada para o tema (PROFESSOR DE QUÍMICA).

Promover debates através de mesas redondas, seminários e oficinas, para que a universidade possa ir até às escolas falar sobre essa temática. Promover

formação continuada para os docentes do ensino básico (PROFESSOR DE BIOLOGIA).

Esse posicionamento do professor de Química se torna um desafio. Pois para implementar essa sugestão, seria necessário revisar o currículo escolar e possivelmente formar ou contratar professores especializados na área. Isso pode exigir recursos adicionais e apoio institucional. Por outro lado, uma disciplina específica garantiria uma cobertura abrangente e detalhada dos temas de Química Verde e Biocombustíveis, altamente benéfico para a formação dos alunos.

Em relação ao posicionamento do professor de Biologia, promover eventos como debates e oficinas pode aumentar o engajamento dos alunos e proporcionar um ambiente de aprendizado mais dinâmico e interativo. Além da formação continuada dos professores garante uma qualidade de ensino mais eficaz, pois o professor atualiza o seu próprio conhecimento e sua didática.

Portanto, melhorar a educação ambiental e a conscientização sobre Química Verde e Biocombustíveis nas escolas requer uma abordagem multifacetada, combinando disciplinas específicas, eventos interativos e formação continuada para docentes, com apoio institucional e comunitário adequado. Entretanto, para fortalecer as questões ambientais na disciplina de Química, é essencial integrá-las de maneira que influenciam a conscientização da população e promovam soluções para problemas ambientais (Santos, Royer, 2018).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da pesquisa revelaram uma discrepância nos posicionamentos entre alunos e professores, destacando a necessidade da abordagem do tema no processo de ensino e aprendizagem de Química Verde e Biocombustíveis. A maioria dos alunos nunca ouviu falar sobre Química Verde, apesar que, os professores situam-se que executam intervenções como projetos de reciclagem, componentes eletivos na temática ambiental e olimpíadas do meio ambiente na escola.

Os professores reconhecem a importância da Química Verde e Biocombustíveis, mas apontam as dificuldades de trabalhar essa temática se referindo a falta de tempo, ausências de recursos didáticos adequados e abordagem prática dentro das aulas do Ensino Médio. Isso condiz com as respostas dos alunos quando a maioria deles relatam que o conhecimento aprendido nessa temática é obtido pelas informações da internet e das redes sociais, com poucos aprendendo sobre o tema nas aulas. Além disso, muitos alunos ainda confundem biocombustíveis com combustíveis fósseis, o que indica a necessidade de uma maior ênfase na educação ambiental e sustentável no currículo escolar, evidenciando falhas no sistema educacional.

Uma possível solução eficaz para trabalhar a temática nos sistemas educacionais, seria revisar o currículo escolar, incorporando temas de Química Verde e Biocombustíveis de maneira prática e tecnológica, sempre que possível com temas geradores abrangendo a interdisciplinaridade, como também oferecendo formação continuada aos professores. Dessa forma, a implementação de atividades práticas e o uso de tecnologias digitais no currículo escolar pode enriquecer o aprendizado e engajar os alunos de forma mais eficaz, estimulando o pensamento crítico.

Assim, é fundamental fortalecer o ensino sobre as diferenças entre combustíveis fósseis e biocombustíveis e promover uma educação que valorize a sustentabilidade, para que os alunos compreendam a importância de práticas químicas mais verdes e sustentáveis para o futuro do nosso planeta. A escola deve assumir um papel proativo na conscientização e educação ambiental, capacitando os alunos a serem agentes de mudança em suas comunidades.

REFERÊNCIAS

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

ARREDONDO, H. I. V. **Avaliação Energética e Exergo-ambiental da Produção de Biocombustíveis**. 2009. 235f. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BARBIERI, R. F. **Biocombustíveis, controvérsia agrícola na economia do petróleo: o caso do etanol no Cerrado**. São Paulo, 2009. Parte 2, 231p. Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental - Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/90/90131/tde-22112011-143437/pt-br.php>. Acesso em 14 de Junho de 2024.

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

BARROS, T. D.; JARDINE, J. G. **"Agroenergia: Álcool"**. Embrapa. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/alcool/matérias-primas>. Acesso em 19 de Junho de 2024.

BARROS, T. D.; JARDINE, J. G. **"Agroenergia: Biodiesel"**. Embrapa. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel>. Acesso em 12 de Junho de 2024.

BIZERRA, A. M. C.; QUEIROZ, J. L. A. de; COUTINHO, D. A. M. O impacto ambiental dos combustíveis fósseis e dos biocombustíveis: as concepções de estudantes do ensino médio sobre o tema. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**. 2018. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/2502>. Acesso em 19 de Junho de 2024.

BRASIL. Lei nº. 9795, 27 abr. 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Diário Oficial I, Brasília, 28 abr. 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

CHAGAS, A. L. S. **Relatório Estudos Setoriais: Biocombustíveis**. Economia de Baixo Carbono: Avaliação de Impactos de Restrições e Perspectivas Tecnológicas. Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2012.

CARVALHO, J. F. de. Combustíveis fósseis e insustentabilidade. **Ciência e cultura**, v. 60, n. 3, p. 30-33, 2008.

COSTA, J. M. PINHEIRO, N. A. M. O ensino por meio de temas geradores: a educação pensada de forma contextualizada, problematizada e interdisciplinar. **Imagens da Educação**, v. 3, n. 2, p. 37-44, 2013.

DUARTE, V. H., et al. **Biocombustíveis: uma revisão sobre o panorama histórico, produção e aplicações do biodiesel**. Meio Ambiente (Brasil), v. 4, n. 2, 2022.

FOGAÇA, J. R. V. "**Biogás**"; Brasil Escola. 2020. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/o-biogas.htm>. Acesso em 13 de junho de 2024

GUARIEIRO, L. LN; VASCONCELLOS, P. C.; SOLCI, M. C. **Poluentes atmosféricos provenientes da queima de combustíveis fósseis e biocombustíveis: uma breve revisão**. 2011.

GUIMARÃES, M. **Formação de educadores ambientais**. 8. ed. Campinas: Papyrus, 2012.

IEA, **International Energy Agency**. *Share of renewables in energy consumption*. 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/countries/brazil/renewables>. Acesso em: 12 de Junho de 2024.

JUNIOR, E. R. **Projeto e construção de bancada para ensaios de filtração de gases a alta pressão**. 2009.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas**. Belo Horizonte: UFMG, 1999.

LEIRAS, A. **A Cadeia Produtiva do Biodiesel: uma avaliação econômica para o caso da Bahia**. 156p. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Industrial, PUC, Rio de Janeiro, 2006.

LENARDÃO, E. J., et al. " Green chemistry": os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v. 26, p. 3, 123-129, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/XQTWJnBbnJWtBCbYsKqRwsy>. Acesso em 08 de junho de 2024

MACHADO, A.A.S.C. Da gênese ao ensino da Química Verde. Universidade do Porto. Portugal. **Quím. Nova**, Vol. 34. No. 3, 535-543, 2011.

NARDOTTO, R. S. **A Química Verde e a Aprendizagem Significativa: Uma Proposta de Abordagem Alternativa para Ensino de Química Verde**. Cornélio Procópio - PR. 2021. Programa de Pós-graduação em Ensino - Universidade Estadual do Norte do Paraná.

OLIVEIRA, H. N. G; DA SILVA, K. I. S. Fontes de energia no Brasil. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 3. 2024.

OLIVEIRA, M. G. N. de; CRUZ, M. A. L.; FERREIRA, T. **Impactos causados pelo uso dos combustíveis fósseis e o uso do biocombustível como solução viável**. Trabalho de conclusão de curso (Curso Técnico em Química) - Escola Técnica Estadual Benedito Storani, Jundiaí, 2021.

PENA, R. F. A. "Combustíveis fósseis"; **Brasil Escola**. 2017. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/combustiveis-fosseis.htm>. Acesso em 18 de junho de 2024.

RAMOS, M. A. F. d'A. C. **Química Verde: potencialidades e dificuldades da sua introdução no ensino básico e secundário**. Tese de Doutorado, 109f, 2009.

REIS, H. L.; PEDROSA-SOARES, A. C.; VOLL, E.; CUNHA, E. C. **Gás natural**. Recursos minerais de Minas Gerais. Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), Belo Horizonte, p. 1-39, 2018.

ROLOFF, F. B. **A circulação de conhecimentos em química verde em teses e dissertações: implicações ao seu ensino e à formação de professores de química**. Doutorado em Educação Científica e Tecnológica. UFSC-Florianópolis, 2016.

SANTOS, D. M.; ROYER, M. R. Uma Análise da Percepção dos Alunos sobre a Química Verde e a Educação Ambiental no Ensino de Química. **Revista Debates em Ensino de Química**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 142–164, 2018. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/1805>. Acesso em: 16 jun. 2024.

SAUVÉ, L. Educação Ambiental: possibilidades e limitações. **Educação e pesquisa**, v.31, n. 2, p. 317-322, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/hn8HWBV6NQJJHmtMJrqTKBn/?lang=pt>. Acesso em: 14/06/2024.

SCHUCHARDT, U.; RIBEIRO, M.L.; GONÇALVES, A.R. A indústria petroquímica no próximo século: como substituir o petróleo como matéria-prima?. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 247-251, 2001

SILVA, E. dos S. **A química verde no ensino médio: uma abordagem das propriedades químicas de algumas plantas medicinais utilizando metodologias ativas**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Maranhão, Porto Franco, 2023.

TAIOLI, F. **Recursos energéticos e meio ambiente. Decifrando a Terra**. Tradução. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/b32b3d0a-e070-4bea-8dae-536ddc6c93b2/1823874.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2024.

TOZONI-REIS, M. F. de C. **Temas ambientais como “temas geradores”**. Educar, Curitiba, n. 27, p. 93-110, 2006.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Três enfoques na pesquisa em ciências sociais: o positivismo, a fenomenologia e o marxismo**. In: _____. Introdução à pesquisa em ciências sociais. São Paulo: Atlas, p. 31-79, 1987.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS DISCENTES

1. Você já ouviu falar em Química Verde?
 Sim
 Não

2. Em qual série você teve contato com a Química Verde?
 9º Ano do Ensino Fundamental
 1ª série do Ensino Médio
 2ª série do Ensino Médio
 3ª série do Ensino Médio
 Não tive contato

3. Como você acha que a Química Verde é explorada nas aulas de Química?
 Bem explorada
 Pouco explorada
 Não é explorada

4. Questão 4: De acordo com as alternativas abaixo, o que vem a ser a Química Verde?
 É um campo que estuda a química para o meio ambiente visando a conservação dos recursos naturais e redução ou eliminação de substâncias tóxicas aos humanos e ao ambiente.
 É uma área da química dedicada exclusivamente ao estudo das plantas.
 É uma disciplina isolada que as escolas optam ou não em trabalhar.
 É uma novidade na educação que deve ser estudada apenas no Ensino Superior.

5. Um dos 12 princípios da Química Verde é a “eficiência atômica”. O que se busca com este princípio?
 Utilizar o máximo de átomos possível dos reagentes nos produtos finais
 Minimizar o uso de catalisadores
 Maximizar a energia utilizada no processo químico
 Aumentar a quantidade de resíduos tóxicos produzidos

6. Você provavelmente já ouviu falar em biocombustíveis. Para você, qual o conceito de biocombustível?

Biocombustível é uma forma de energia renovável derivada de fontes biológicas, como plantas, algas e resíduos orgânicos, que pode ser convertida em combustíveis líquidos, como biodiesel e etanol, ou em gases, como biogás, e é considerada uma alternativa mais sustentável aos combustíveis fósseis.

Biocombustível é um tipo de combustível fóssil extraído de depósitos geológicos, como petróleo e carvão, e não tem relação com matéria orgânica renovável.

Biocombustível é um termo usado para descrever qualquer tipo de combustível que não envolva matéria orgânica, mas sim processos químicos complexos para sua produção, como o hidrogênio sintético

Biocombustível é um combustível exclusivamente sólido, como carvão vegetal, e não pode ser líquido ou gasoso.

7. A produção de etanol é realizada a partir de qual matéria-prima?

Cana-de-açúcar

Petróleo

Carvão

Metano

8. Qual das opções abaixo encontra-se apenas biocombustíveis?

Biodiesel, etanol, biogás

Gasolina, diesel, etanol

Etanol, biodiesel, metanol

Glicerina, diesel, biomassa

9. Como você adquiriu o conhecimento que têm sobre Biocombustíveis?

Através da internet e mídias sociais

Através das aulas ministradas pelos professores

Participação em projetos na escola

Palestras, feira de ciências, experimentos e saídas de campo

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS DOCENTES

1. Qual é a sua área específica de ensino?
2. Durante a sua formação docente, você teve disciplinas que abordaram a Química Verde? Se sim, como essas disciplinas influenciaram sua prática docente?
3. Em que medida você acha que estudar sobre Biocombustíveis influencia a conscientização ambiental dos alunos? Poderia dar exemplos de como isso ocorre?
4. Você acredita que os alunos estão sendo preparados para enfrentar os desafios ambientais do futuro?
5. Quais são as principais dificuldades que você encontra ao ensinar sobre Química Verde? Como você lida com essas dificuldades?
6. Como você integra os conceitos de Química Verde e Biocombustíveis no currículo de Ciências? Há flexibilidade para incluir esses temas?
7. Quais recursos educacionais você utiliza para ensinar sobre Química Verde e Biocombustíveis?
8. A sua escola promove eventos ou atividades específicas voltadas para a conscientização ambiental? Se sim, poderia descrever alguns desses eventos?
9. Você percebe interesse dos alunos em aprender sobre temas ambientais? Se sim, o que você acredita que desperta esse interesse?
10. Quais são suas sugestões para melhorar a educação ambiental e a conscientização sobre Química Verde e Biocombustíveis nas escolas?

APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Termo de Consentimento para Participação em Pesquisa

Título da Pesquisa: **A Importância da Química Verde e dos Biocombustíveis na Educação: Percepções e Conhecimentos dos alunos do Ensino Médio e Desafios dos Professores de uma Escola Pública**

Pesquisadora Responsável: Mylena S. Custódio

Instituição: Universidade Estadual da Paraíba

Contato: mylena.custodio@aluno.uepb.edu.br

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa que tem como objetivo colaborar com a produção do meu Trabalho de Conclusão de Curso. Sua participação será de grande importância para analisar o currículo escolar e procurar soluções acerca dos problemas enfrentados no ensino, com ênfase na Química Verde.

Procedimentos: A participação na pesquisa envolve um questionário de X questões e a duração estimada para a sua participação é entre 10 e 20 minutos.

Confidencialidade: Gostaríamos de assegurar que todos os dados coletados durante esta pesquisa serão mantidos estritamente confidenciais. Não serão divulgados dados pessoais ou imagens dos participantes. Os resultados serão apresentados de forma agrupada, sem identificação individual.

Riscos e Benefícios: A participação nesta pesquisa não envolve riscos significativos para os participantes.

Não há benefícios diretos para os participantes, mas os resultados desta pesquisa poderão contribuir para área da Educação em Química.

Direitos dos Participantes: A sua participação nesta pesquisa é completamente voluntária. Você tem o direito de desistir a qualquer momento, sem qualquer prejuízo. Se optar por não participar ou retirar o consentimento posteriormente, suas informações serão excluídas e não serão utilizadas na pesquisa.

Contato: Se tiver alguma dúvida sobre a pesquisa, seus direitos como participante, ou desejar retirar seu consentimento, por favor, entre em contato com Mylena Custódio através do email mylena.custodio@aluno.uepb.edu.br.

Você declara que leu e compreendeu as informações acima e concorda em participar voluntariamente desta pesquisa?

Desde já, agradeço sua participação!

() Sim, concordo em participar.

() Não desejo participar da pesquisa.