

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO – PPGE**

JENNIFER COELHO DE OLIVEIRA

**ENSINO DE QUÍMICA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL: O CULTIVO HIDROPÔNICO
NO DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE SOLUÇÕES QUÍMICAS**

ALFENAS, MG

2025

JENNIFER COELHO DE OLIVEIRA

**ENSINO DE QUÍMICA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL: O CULTIVO HIDROPÔNICO
NO DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE SOLUÇÕES QUÍMICAS**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação, pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Ensino de Ciências, Matemáticas e Tecnologias.

Orientadora: Prof^a Dr^a Elaine Angelina Colagrande.

ALFENAS, MG

2025

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Central

Oliveira, Jennifer Coelho de.

Ensino de química e educação ambiental: o cultivo hidropônico no desenvolvimento do estudo de soluções químicas / Jennifer Coelho de Oliveira. - Alfenas, MG, 2025.

153 f. : il. -

Orientador(a): Elaine Angelina Colagrande.

Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2025.

Bibliografia.

1. Educação Ambiental. 2. Ensino de Química. 3. Soluções químicas. 4. Hidroponia. I. Colagrande, Elaine Angelina, orient. II. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

JENNIFER COELHO DE OLIVEIRA

ENSINO DE QUÍMICA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL: O CULTIVO HIDROPÔNICO NO DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DE SOLUÇÕES QUÍMICAS

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Educação pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Fundamentos da Educação e Práticas Educacionais.

Aprovada em: 09 de dezembro de 2025.

Profa. Dra. Elaine Angelina Colagrande
Instituição: Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG)

Profa. Dra. Simone Alves de Assis Martorano
Instituição: Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP-SP)

Prof. Dr. Gabriel Gerber Hornink
Instituição: Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG)



Documento assinado eletronicamente por **Elaine Angelina Colagrande, Professor do Magistério Superior**, em 09/12/2025, às 10:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1680600** e o código CRC **C1063956**.

*Dedico a minha vó Maria,
qualquer sofrimento é ínfimo perto da dor de
não te tê-la celebrando minhas conquistas.*

AGRADECIMENTO

Ao meu amado companheiro de vida Mateus, so tenho a agradecer. Obrigada por todo apoio, por sempre me incentivar na minha caminhada, por ser luz quando só havia escuridão, por ser ânimo quando não havia mais vontade e por ser minha perseverança quando eu já pensava em desistir. Sem sua presença eu não teria chegado até aqui.

Aos meus pais, Maria Rosa e Vitor, que sob muito sol, me fizeram chegar aqui pela sombra e com água fresca. Obrigada por não cortar minhas asas, mesmo quando as suas foram cortadas tantas vezes.

A minha irmã mais nova Anny, agradeço nosso companheirismo, nossos segredos e risadas que deixaram meus dias mais leves. Os dias ruins aliviaram-se com a força de nossa união e a certeza de que temos sempre uma à outra para recomeçar *“Oh, if the sky comes falling down, for you there’s nothing in this world i wouldn’t do”*.

Aos meus amigos, a presença de vocês me fez mais forte e determinada. A trajetória não seria tão colorida sem a existência de cada um, agradeço por comprarem minhas brigas, por ouvirem minhas reclamações e por festejarem minhas vitórias.

Agradeço em especial minha amiga Eduarda, que sempre esteve comigo em todos esses anos, me apoiando, torcendo por mim e sendo a melhor amiga que eu poderia ter.

Agradeço a UNIFAL pelo ensino de qualidade e minha orientadora, Elaine, obrigada pela paciência, pelos conselhos e sugestões durante todo esse percurso. Não teria melhor escolha para essa dissertação, obrigada pela honra de tê-la como orientadora.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Tantas pessoas por trás desse trabalho, então achei injusto que apenas meu nome estivesse nele.

Obrigada.

RESUMO

Ao longo dos anos a relação entre o ser humano e a natureza se modificou de diversas maneiras, associada à revolução dos modelos da sociedade e do desenvolvimento científico e tecnológico da modernidade. A sociedade atual vem enfrentando uma crise socioambiental que afeta diretamente o planeta. Dessa forma, entende-se a necessidade de os processos de ensino e aprendizagem estabelecerem um diálogo com situações reais incorporando essas discussões ao currículo escolar, particularmente no ensino de Química, de modo a proporcionar aos estudantes contribuições que relacionam seu cotidiano a conteúdos científicos para criar caminhos que possibilitem repensar as problemáticas socioambientais. Nesse sentido, a pesquisa apresentou como objetivo analisar a compreensão dos estudantes sobre aspectos conceituais e socioambientais envolvendo o conteúdo de soluções químicas, por meio da implantação de um sistema hidropônico como ação de educação ambiental. A pesquisa, conduzida com estudantes do 2º ano, matriculados em uma escola estadual do sul de Minas Gerais, possui uma abordagem metodológica qualitativa de natureza interpretativa, com a utilização da observação participante, que possibilita ao pesquisador entrar no mundo social dos participantes do estudo, e utilizou como instrumentos de coleta de dados, questionário prévio e avaliativo, audiogravação, formulário e diário de campo da pesquisadora. Os resultados indicaram que, embora os estudantes demonstrassem uma forte compreensão intuitiva de exemplos qualitativos de soluções, apresentavam fragilidade na argumentação científica e dificuldades com cálculos. A prática como ação ambiental funcionou como um mecanismo de aprendizagem ativa, catalisando o entusiasmo e o trabalho colaborativo. Os resultados finais confirmaram um salto significativo no domínio conceitual, com melhora na segurança e na assimilação do vocabulário de soluções químicas, apesar da persistência em concepções alternativas e na dificuldade com abstrações matemáticas. Em termos socioambientais, a intervenção foi crucial: expandiu a percepção dos estudantes de problemas pontuais para uma compreensão sistêmica da crise, que se estendeu à saúde e à ética. A experiência prática com a hidroponia e as discussões sobre agroecologia consolidaram o desenvolvimento de uma consciência crítica e responsável, reforçando o potencial da Educação Ambiental (EA) para transformar o conhecimento em ação social e investigativa, apesar dos limitantes de custo e tempo inerentes à metodologia.

Palavras-chave: Educação ambiental; ensino de química; soluções químicas; hidroponia.

ABSTRACT

Throughout the years, the relationship between human beings and nature has changed in several ways, associated with the revolution of societal models and the modern scientific and technological development. Contemporary society faces a socio-environmental crisis that directly affects the planet. Thus, it is necessary for teaching and learning processes to establish a dialogue with real-life situations, incorporating these discussions into the school curriculum, particularly in Chemistry education. This approach aims to provide students with contributions that connect scientific content to their daily lives, creating pathways to rethink socio-environmental problems. In this sense, the research aimed to analyze students' understanding of conceptual and socio-environmental aspects involving the content of chemical solutions, through the implementation of a hydroponic system as an environmental education action. The study, conducted with 2nd-year high school students in a state school in southern Minas Gerais, utilized a qualitative methodological approach of an interpretive nature, employing participant observation, pre and post-intervention questionnaires, audio recording, an online form, and the researcher's field diary for data collection. The initial results indicated that although students demonstrated a strong intuitive understanding of qualitative examples of solutions, they showed fragility in scientific argumentation and difficulties with calculations. The hands-on action (hydroponics) functioned as an active learning mechanism, catalyzing enthusiasm and collaborative work. Final results confirmed a significant leap in conceptual domain, with improved confidence and assimilation of the chemical solutions vocabulary, despite the persistence of alternative conceptions and difficulties with mathematical abstractions. In socio-environmental terms, the intervention was crucial: it expanded students' perception from specific issues to a systemic understanding of the crisis, extending to health and ethics. The practical experience with hydroponics and discussions on agroecology consolidated the development of a critical and responsible consciousness, reinforcing Environmental Education's (EE) potential to transform knowledge into social and investigative action, despite the inherent cost and time limitations of the methodology.

Keywords: Environmental education; chemistry teaching; chemical solutions; hydroponics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação ilustrativa do funcionamento de um sistema hidropônico NFT.....	27
Figura 2 – Diagrama PRISMA referente às etapas do processo de seleção dos artigos.....	34
Figura 3 – Esquema de análise de dados qualitativos de Yin (2016).....	50
Figura 4 – Nuvem de Palavras com situações de soluções citadas pelos estudantes em seu cotidiano.	56
Figura 5 – Representação de solução insaturada, saturada e supersaturada.....	62
Figura 6 – Questionário diagnóstico, questão 6: Resoluções quantitativas de soluções químicas 1.	67
Figura 7 – Questionário diagnóstico, questão 6, item d: Resoluções quantitativas de soluções químicas 2.....	68
Figura 8 – Registros da montagem do sistema hidropônico.....	72
Figura 9 – Rótulo fertilizante mineral PlantPar.....	76
Figura 10 – Cálculos na determinação do soluto para as soluções nutritivas.....	78
Figura 11 – Realização das medições de soluto para a solução nutritiva.....	81
Figura 12 – Adição da Alface aos sistemas hidropônicos.....	82
Figura 13 – Cálculos da concentração das soluções nutritivas.....	84
Figura 14 – Desenvolvimento da alface em sistemas hidropônicos distintos.	88
Figura 15 – Desenvolvimento da Alface no Sistema Hidropônico adequado.....	90
Figura 16 – Questionário Avaliativo, questão 3d: Cálculos do soluto para a solução nutritiva.	117
Figura 17 – Questionário Avaliativo, questão 3e: Cálculo da concentração das soluções nutritivas.....	118

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Questionário diagnóstico, questão 3: Entendimento de uma situação de preparação de solução química.	59
Gráfico 2 – Questionário diagnóstico, questão 4: Entendimento do estado físico das Soluções Químicas.	60
Gráfico 3 – Questionário diagnóstico, questão 5: Entendimento dos conceitos de soluções insaturadas, saturadas e supersaturadas.	63
Gráfico 4 – Avaliação da pesquisa na contribuição do ensino de soluções químicas.	122

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Caracterização dos artigos da revisão PRISMA.....	35
Quadro 2 – Instrumentos para a coleta de dados e seus objetivos.....	46
Quadro 3 – Etapa de preparo das atividades da pesquisa.	47
Quadro 4 – Roteiro de atividades conduzidas ao longo da pesquisa.....	47
Quadro 5 – Tratamento de Dados da Pesquisa.	51
Quadro 6 – Questionário diagnóstico, questão 2: Entendimento de soluções cotidianas como Soluções Químicas.	57
Quadro 7 – Questionário diagnóstico, questão 6b: Entendimento sobre o conceito de soluto e solvente.....	64
Quadro 8 – Formulário, questão 6: Impressões dos estudantes sobre a montagem.	73
Quadro 9 – Formulário, questão 9: Contribuições do sistema hidropônico no ensino de soluções químicas.....	85
Quadro 10 – Questionário Diagnóstico, Questão 6e - Percepção de Riscos: Excesso e Carência de Solute na Aplicação de Agrotóxicos.	93
Quadro 11 – Questionário Diagnóstico, questão 6e: Concepções ao uso dos agrotóxicos.	94
Quadro 12 – Questionário Diagnóstico, questão 6f: Percepções aos riscos excessivos de agrotóxicos a longo prazo.....	95
Quadro 13 – Formulário, questão 1: Percepções prévias dos impactos da agricultura industrial.	98
Quadro 14 – Questionário avaliativo, Questão 8: Vantagens do sistema hidropônico ao meio ambiente.	106
Quadro 15 – Questionário Avaliativo, questão 9: Relatos da conscientização Socioambiental.	110
Quadro 16 – Questionário Avaliativo, questão 4: Dificuldades durante a pesquisa.	121
Quadro 17 – Questionário Avaliativo, questão 7: Autoavaliação de progressão entre questionários.....	122
Quadro 18 – Questionário Avaliativo, questão 10: Relatos da satisfação dos estudantes pela sequência didática.....	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação dos participantes e não participantes da pesquisa.	44
Tabela 2 – Questionário diagnóstico, questão 6c: Respostas quantitativas.....	66
Tabela 3 – Formulário, questão 2 – Impactos da agricultura: Percepções do documentário.	101
Tabela 4 – Questionário Avaliativo, questão 1 e 2: Receptividade e Dificuldades na pesquisa.	113
Tabela 5 – Questionário Avaliativo, questão 3b: Elementos químicos necessários no desenvolvimento da Alface.	114

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1.	MINHA TRAJETÓRIA ATÉ AQUI.....	14
1.2.	RELAÇÕES DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O ENSINO DE QUÍMICA.....	15
1.3.	OBJETIVO GERAL	19
1.3.1.	Objetivos Específicos	19
2.	QUADRO TEÓRICO	21
2.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL.....	21
2.2.	A HIDROPONIA COMO INSTRUMENTO DE APRENDIZAGEM	25
2.3.	O ENSINO DE SOLUÇÕES QUÍMICAS	30
3.	METODOLOGIA.....	43
3.1.	NATUREZA DA PESQUISA	43
3.2.	CONTEXTO E CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA	43
3.3.	INSTRUMENTOS DE COLETA	45
3.4.	PERCURSO METODOLÓGICO	46
3.5.	ANÁLISE DOS DADOS	50
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1.	CONHECIMENTOS INICIAIS DOS PARTICIPANTES SOBRE SOLUÇÕES QUÍMICAS EM SEU COTIDIANO E ASPECTOS CIENTÍFICOS	54
4.1.1.	Aspectos qualitativos	55
4.1.2.	Aspectos quantitativos	65
4.2.	SISTEMA HIDROPÔNICO COMO FORMA DE CULTIVO	70
4.2.1.	Montagem do sistema hidropônico.....	71
4.2.2.	Solução nutritiva.....	75
4.2.3.	Observações horta hidropônica.....	86
4.3.	ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS	90
4.3.1.	Percepções iniciais sobre os desafios da agricultura	91
4.3.2.	Contribuições: Documentário e ação socioambiental - Hidroponia	100
4.4.	CONSTRUÇÃO E CONHECIMENTO FINAIS	112
4.4.1.	Conhecimentos solução química nutritiva - Aspectos quantitativos	115
4.4.1.	Conhecimentos solução química nutritiva - Aspectos qualitativos	119

4.4.3. Percepções gerais da sequência	120
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	126
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
APÊNDICES	138

1. INTRODUÇÃO

1.1. Minha trajetória até aqui

Os caminhos que decidimos seguir em nossa jornada profissional muitas vezes se distanciam dos sonhos de uma juventude ingênua, mas isso não quer dizer que deu errado, assim eu penso. A licenciatura, por exemplo, não estava nem nas mais longas listas dos cursos que um dia eu desejaria cursar, mas, maior que os meus sonhos, era a realidade onde eu estava.

No ensino médio, a euforia por entrar em uma faculdade era grande, e logo iniciou-se a pesquisa pelos cursos e faculdades que me interessavam, mas como nem tudo são flores, meu objetivo de tornar-me dentista foi ofuscado pela renda da minha família. Entenda, ninguém da família (avós, pais, tios, primos) havia cursado faculdade, muitos nem mesmo completaram o ensino médio, então o estudo não era prioridade para eles, mas para mim era. Ver meus amigos entusiasmados em fazer faculdade e imaginar que talvez eu não poderia realizar essa etapa não era uma opção.

Durante meu último ano na escola, não realizei nenhum vestibular em faculdades privadas, já que não teria condições de me manter no curso, mas pesquisei sobre as universidades públicas e me deparei com a Universidade Federal de Alfnas, que ofertava o curso que eu desejava e ainda se localizava próxima da minha cidade. Realizei então, em 2015, minha primeira edição do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), sem sucesso. Em 2016, empreendi na compra de cursinhos online, enquanto me arriscava em outras atividades remuneradas para ajudar em minhas despesas. Neste ano, ao receber o resultado do ENEM, vi que ainda assim a nota obtida não era suficiente para o curso que eu queria, mas resolvi arriscar ingressar em outro curso em que a nota era suficiente: a química licenciatura.

Apesar do impacto em um primeiro momento nas aulas de cálculo I, que me fizeram querer desistir, durante esse ano inicial da faculdade fiz amizades que levo até hoje e que me ajudaram a seguir nessa jornada, a paixão pelas aulas experimentais e principalmente as aulas de química (tirando físico-química), fizeram com que eu permanecesse no curso, e mesmo quando tive a oportunidade de trocar por meu sonho inicial me mantive nesse caminho, e não me arrependo, pois, ao começar a lecionar em sala consegui enxergar que ali era minha vocação.

O desenvolvimento de uma pesquisa possui uma relação direta com as vivências, experiências e escolhas que foram tomadas em nossas trajetórias. Como aluna no ensino médio, tivemos uma grande sorte na disciplina de química, possuir a melhor professora e madrinha de turma que poderíamos ter, a saudosa professora Águeda, e que sempre vai ser uma grande perda

na vida de quem a conheceu. Ao mesmo tempo que a química me parecia muito interessante nas práticas experimentais realizadas com a turma, ela também acabava sendo muito difícil de se compreender, quando a teoria não tinha nenhuma relação com o mundo ao meu redor, e essa dificuldade não se limitou ao ensino médio, mas também à graduação.

Durante a minha graduação, o interesse em entender sobre as dificuldades na compreensão de conceitos químicos por estudantes se intensificou, principalmente nas disciplinas de Laboratório de Ensino de Química I, II e III, as quais aumentaram minhas percepções para as dificuldades e desafios no ensino e aprendizagem da química, e para conhecer as estratégias e instrumentos que colaboram com o trabalho do professor.

Ao realizar o estágio docente em 2019, em uma escola pública, novamente presenciei a mesma dificuldade na compreensão de outros estudantes. Dessa forma, meu objetivo sempre foi propor uma pesquisa que ajudasse na compreensão de conceitos químicos por meio da interação dos estudantes com a prática.

No ano de 2022, já docente, ao ministrar a disciplina Pegada Hídrica, que tinha o objetivo de conscientizar os alunos aos gastos da água e sua importância, participei de um projeto sobre agricultura, no qual tive meu primeiro contato com o cultivo de hortaliças através de sistemas hidropônicos. Ao estudar um pouco mais sobre o tema pude perceber que poderia relacionar o assunto com conceitos da área de química como o de soluções, e percebi as vantagens desse método de cultivo na preservação do meio ambiente, o que fez meu interesse intensificar. Essa trajetória me fez perceber que queria contribuir na educação dos estudantes e com o meio ambiente.

Foi então que, ao retornar à UNIFAL-MG para cursar o Mestrado, conheci minha orientadora, professora Elaine, que propôs o estudo da Educação Ambiental para abordar esse tema tão relevante. Em parceria com minha orientadora, desenvolvemos o presente estudo, que utiliza a Educação Ambiental como lente para abordar o conteúdo de soluções químicas. A prática central é uma ação ambiental utilizando o cultivo hidropônico, uma proposta que partiu de minha iniciativa e foi amplamente enriquecida pelas contribuições de minha orientadora, e que será apresentado a você, caro leitor, nas páginas a seguir.

1.2. Relações da Educação Ambiental e o Ensino de Química

A partir da década de 1970, mudanças começaram a se estabelecer na sociedade e nos currículos de ensino de ciências, motivados pela degradação ambiental, agravamentos éticos, econômicos e sociais, além da vinculação do desenvolvimento científico e tecnológico,

fomentados por movimentos ambientalistas. A consciência de uma possível crise ambiental só surge quando, ao final da primeira metade do século XX, o potencial destrutivo da ação antrópica sobre o meio ambiente se torna tão evidente que leva a humanidade a se questionar sobre sua própria sobrevivência (Guimarães, 2022).

Atualmente é indiscutível que a humanidade enfrenta graves problemas socioambientais, resultantes de atividades industriais, e os produtos gerados pela indústria química, agrícolas e urbanas, advindos de um processo histórico (Guimarães, 2022). Dessa forma as questões ambientais integram cada vez mais as discussões, sendo uma crescente preocupação em todo o mundo, devido ao acelerado agravamento ambiental.

A construção de uma sociedade preocupada e envolvida na preservação ambiental, insere-se obrigatoriamente na educação. Nesse sentido, a Educação Ambiental e o conhecimento já construído nesse campo podem proporcionar importantes contribuições. Segundo a Lei 9.795/99, que estabelece a Política Nacional de Educação Ambiental, art. 2º, a educação ambiental é parte fundamental e contínua da educação do Brasil, devendo ser integrada de maneira coordenada em todos os níveis e modalidades do sistema educativo, tanto em contextos formais quanto informais (Brasil, 1999).

A Educação Ambiental (EA), de acordo com Loureiro e Torres (2014), é compreendida como uma filosofia que busca reorientar as premissas do pensar e do agir, na perspectiva de transformação das situações concretas e limitantes de melhores condições de vida dos sujeitos, implicando mudança cultural e social. Além disso, Oliveira *et al.* (2016), destaca a EA como um instrumento valioso na construção e desenvolvimento do pensamento crítico, com o objetivo que vai além de apenas dotar os aprendizes de saberes, mas também na formação de cidadãos éticos, capazes de desenvolver valores e comportamentos sustentáveis ao meio ambiente.

Essa reflexão ética e comportamental, que a EA permite em seu desenvolvimento, exige que o conhecimento científico seja contextualizado e significativo, especialmente em uma ciência fundamental da natureza, como a Química. Entretanto, o ensino de química, segundo Rocha e Vasconcelos (2016), na atualidade, configura-se como uma disciplina com conteúdos de difícil compreensão aos estudantes, uma vez que tal ensino permanece sendo abordado de maneira tradicional, descontextualizado, resultando em grande desinteresse dos alunos pela disciplina. Mesmo com conceitos químicos presentes na realidade dos estudantes, a abordagem tradicional e fragmentada ocasiona um distanciamento de seu cotidiano, o que pode influenciar o ensino de uma ciência pouco significativa.

Segundo Ferreira (2015), a química é uma ciência que se dedica ao estudo das

propriedades das substâncias, suas modificações, interações e dos materiais que compõem a natureza. Essa ciência permeia todos os ambientes e está presente no cotidiano das pessoas. No entanto, compreender a química é um desafio para educadores e educandos devido à sua complexidade. Essas limitações, de acordo com Santos *et al.* (2013), estão relacionadas com as dificuldades de abstração de conceitos, elaboração e compreensão de modelos científicos e o surgimento de concepções alternativas.

Tratando-se do conteúdo de soluções químicas, é indiscutível sua importância no ensino de química, considerando sua ampla aplicação nos processos industriais, atividades cotidianas e no funcionamento de organismos vivos (Niezer *et al.*, 2016). Entretanto, é possível notar, de acordo com Ferreira (2015), que alunos do nível médio e até mesmo ao início do ensino superior, apresentam dificuldades ao estabelecer relações entre as composições das substâncias e suas propriedades, e esse fato está interligado a dificuldade de diferenciar os três níveis de análise química, o macroscópico, submicroscópico e simbólico.

Johnstone (1982) é reconhecido como um pioneiro ao apresentar um modelo que articula os diferentes planos de representação do conhecimento químico em seu artigo "Macro and micro-chemistry". O autor estabeleceu três níveis conceituais: o macroscópico, que se refere às representações mentais adquiridas pela experiência sensorial; o submicroscópico, que corresponde às representações abstratas (como a estrutura molecular e atômica); e o simbólico, que envolve o conhecimento formal da Química, expresso através de fórmulas e equações químicas (Johnstone, 1991 *apud* Wartha; Rezende, 2011). O ponto central de sua argumentação reside no fato de que uma porção significativa das dificuldades encontradas pelos estudantes advém do processo de ensino e aprendizagem ocorrer de forma quase exclusiva em apenas um desses níveis de representação, privando o aluno da sua capacidade essencial de modelagem e de transitar fluidamente entre os três domínios (Johnstone, 1991 *apud* Wartha; Rezende, 2011).

Rahmawati *et. al* (2020) e Albaiti, Jukwati e Lepa, (2022) apontam que a aprendizagem de química só se torna completa e significativa se for associada aos três níveis de características de aprendizagem de química. Estudos mais recentes, como o de Albano e Delou (2023), ressaltam a dificuldade dos estudantes em compreender os cálculos relacionados ao tema soluções químicas, principalmente pela dificuldade em estabelecer conexões entre o mundo submicroscópico (abstrato e teórico) e o macroscópico (real e prático). Essa limitação é atribuída à fragmentação do ensino, que leva o aluno a aceitar os modelos como representações absolutas, sem perceber seu caráter de construção científica dinâmica e passível de críticas e reformulações (Albano; Delou, 2023).

Entendendo a importância das conexões entre teoria e um ensino significativo e

contextualizado, a EA, segundo Oliveira *et al.* (2016), quando presente nas aulas de Química, contribui para o desenvolvimento de valores, comportamentos e atitudes nos alunos, promovendo o senso crítico e aumentando a consciência sobre como suas ações impactam tanto suas vidas quanto a sociedade como um todo. Além de facilitar na compreensão dos conceitos de química, ao relacioná-los com eventos que ocorrem no cotidiano dos alunos (Oliveira *et al.*, 2016).

De acordo com Dias (2000), a EA, por ser interdisciplinar, por lidar com a realidade, por adotar uma abordagem que considera todos os aspectos que compõem a questão ambiental (socioculturais, políticos, científico-tecnológicos, éticos, ecológicos, entre outros), por ser catalisadora de uma educação para a cidadania consciente, pode e deve ser o agente otimizador de novos processos educativos que conduzam as pessoas por caminhos em que se vislumbre a possibilidade de mudança e de melhoria do meio ambiente.

Dessa forma, o ensino de química junto a EA pode ser uma maneira de questionar o modelo de sociedade em que vivemos, juntamente com sua lógica e valores, podendo apresentar um novo papel para a ciência, na busca de “tecnologias limpas” e, principalmente, de “atitudes sustentáveis” com relação à natureza. Nessa perspectiva, a ciência não se limita apenas a apresentar seus conhecimentos específicos, mas também a discutir suas implicações socioambientais.

A partir da reflexão a respeito de tecnologias limpas que levam as questões socioambientais em consideração, a hidroponia constitui-se uma possibilidade viável de ser implementada para o ensino, como parte de uma ação educacional na conscientização da conservação do solo e preservação da água. A crescente demanda mundial em alimentos associada à má distribuição das chuvas e o uso inadequado do meio ambiente, está exigindo, cada vez mais, a utilização de água. Além disso, uma parcela considerável dos ecossistemas terrestres vem sendo alterada de forma intensiva pelo homem e o ritmo de exploração dos recursos naturais parece caminhar para ultrapassar a capacidade de regeneração de muitos desses ecossistemas (Rodrigues, 2023).

Substituindo o solo por uma solução aquosa, a hidroponia, segundo Cuba (2015), é uma técnica alternativa de cultivo, contendo apenas os nutrientes necessários aos vegetais. Neste sistema, há a implementação de canais de cultivo, onde as plantas crescem e por onde a solução nutritiva circula. A hidroponia torna-se interessante para a educação ambiental, pelo fato de a água ser reutilizada, não possuindo perdas para o solo. A água é bombeada para os canais e volta para a caixa d'água de origem refazendo sempre esse percurso. Além disso, um sistema hidropônico pode ser implementado tanto de forma vertical como horizontal, reduzindo a área

de plantio e reduzindo a degradação do solo (Cuba, 2015).

Utilizando o cultivo por sistemas hidropônicos, a solução aquosa presente nesse sistema se torna uma possibilidade de abordar o conceito de soluções químicas de maneira contextualizada e numa perspectiva crítica aos modelos de agricultura vigentes e seus malefícios ao meio ambiente, como ação socioambiental no ensino.

Nesse sentido, pensando nas dificuldades e desmotivação por parte dos estudantes no aprendizado de soluções química, surgiu o interesse em investigar a relação entre ensino de química e educação ambiental, por meio de uma ação planejada para esse fim, proporcionando um ensino contextualizado que oportunize aos estudantes adquirirem compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico, capazes de tomarem decisões e desenvolverem o pensamento crítico e a independência intelectual.

Todas as reflexões apresentadas nessa introdução levaram a formulação da seguinte questão de pesquisa: Quais evidências de compreensão apresentam os estudantes sobre aspectos conceituais (entendimento teórico e técnico dos conceitos científicos) e socioambientais (implicações ambientais e sociais da prática) envolvendo o conteúdo de soluções químicas, a partir da utilização de um sistema hidropônico como ação de educação ambiental?

Nesse contexto, entende-se que a EA pode ser uma ferramenta na mudança de mentalidades e de atitudes na relação homem-ambiente, além de contribuir diretamente no ensino e aprendizagem de conteúdos químicos. Sendo assim, abaixo são apresentados os objetivos gerais e específicos propostos para essa pesquisa.

1.3. Objetivo Geral

Compreender as concepções dos estudantes sobre aspectos conceituais e socioambientais envolvendo o conteúdo de soluções químicas, por meio da implantação de um sistema hidropônico como ação de educação ambiental.

1.3.1. Objetivos Específicos

- Identificar os conhecimentos prévios dos participantes sobre aspectos qualitativos e quantitativos das soluções químicas;
- Identificar as percepções dos estudantes sobre o funcionamento e a utilidade de um sistema hidropônico;

- Compreender as percepções dos estudantes sobre os impactos ambientais da ação ambiental conduzida;
- Analisar o processo de construção dos conhecimentos dos estudantes sobre soluções químicas após a ação de educação ambiental com o sistema hidropônico;
- Avaliar o desenvolvimento de uma sequência didática envolvendo o ensino de soluções químicas e a educação ambiental.

O presente texto de defesa foi organizado em seis capítulos, além das referências bibliográficas e dos apêndices. No capítulo 1 foi apresentado um pouco sobre a minha trajetória acadêmica até aqui. Em seguida, ainda neste capítulo, houve uma introdução a respeito da relação da Educação Ambiental com a proposta do trabalho, que é o ensino de soluções químicas através de um sistema hidropônico, no qual disserto, baseada em pesquisas, um pouco sobre cada tema que faz parte dessa dissertação. Além disso, também é apresentado neste capítulo a questão da investigação e os objetivos da pesquisa. No capítulo 2, é apresentado o quadro teórico, dividido em 3 subtópicos: o primeiro aborda a Educação ambiental e seu histórico, enfatizando as legislações vigentes e sua importância para o ensino, seguido pela descrição sobre a técnica da hidroponia na agricultura e sua importância na conservação ambiental e, por fim, no terceiro subtópico do quadro teórico é discutido o ensino de soluções químicas para o ensino médio, a partir de uma revisão bibliográfica de propostas existentes para essa temática, justificando a relevância da pesquisa para a área da educação. O terceiro capítulo traz o contexto metodológico da pesquisa, bem como o percurso para a sua execução. No capítulo 4, são apresentados os resultados e a discussão dos dados coletados para essa pesquisa, buscando alcançar os objetivos propostos e contribuir para o ensino de soluções químicas. O capítulo cinco corresponde às considerações finais da pesquisa. Na parte final do trabalho, são apresentadas as referências bibliográficas e os apêndices.

2. QUADRO TEÓRICO

2.1. Contextualização da Educação Ambiental

A natureza é constituída pelo conjunto de elementos vivos e não vivos que formam o planeta Terra e todos esses elementos se relacionam entre si, influenciando e sofrendo influência, dessa forma constituindo um equilíbrio (Guimarães, 2022). Entretanto, observando os impactos no meio ambiente atualmente, pode-se dizer que, em algum momento, essa relação de equilíbrio se desfez e a humanidade passou a utilizar de maneira descontrolada os recursos naturais. De acordo com Guimarães (2022), a consciência individual dos seres humanos foi se firmando ao passar dos anos, agora assumindo a noção de estar a parte da natureza e não integrada a ela, afastando-se da relação harmoniosa antes observada.

Na sociedade atual, é observado o ser humano mais individualista, o homem ao passar dos anos se afastou da natureza não percebendo mais as relações de equilíbrio que o meio ambiente necessita, sendo suas atitudes desarmônicas causa de grandes desequilíbrios socioambientais. A cultura capitalista propiciou a formação de uma sociedade contemporânea antropocêntrica, na qual o ser humano não se considera parte da natureza, mas sim um ser que a utiliza e a domina (Guimarães, 2022).

Em decorrência da preocupação aos desequilíbrios socioambientais, a questão ambiental ganha espaço nas discussões globais, a partir das décadas de 1960 e 1970. Nessa época, as sociedades ocidentais começaram a perceber a grave degradação do meio ambiente. Esse reconhecimento foi amplificado por meio de relatos de acidentes que evidenciavam os riscos sociais e ambientais associados a essas situações (Oliveira; Carvalho, 2011).

Segundo Oliveira e Carvalho (2011) a partir desse período, diversas conferências e encontros foram organizados com o objetivo de debater e solucionar uma possível crise ambiental. Dessa forma, o histórico de movimentos na solução dessa problemática possui grandes marcos em sua trajetória, sendo um deles a publicação do livro “Primavera Silenciosa” obra de Rachel Carson, trazendo os primeiros alertas mundiais do agravamento dos impactos ambientais (Rufino; Crispim, 2015). Segundo Oliveira *et al.* (2017), após sua publicação em 1962, inúmeras reuniões e manifestações começaram a emergir em prol da discussão dos problemas ambientais vigentes e medidas para amenizar a problemática.

Em 1972, realizou-se a Conferência das Nações Unidas sobre o Homem e o Meio Ambiente na cidade de Estocolmo, na Suécia, conferência que reuniu 113 países no intuito de discutir problemas ambientais, que inseriu internacionalmente a problemática em debate. Além

disso, foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e definido como dia Mundial do Meio Ambiente a data de 5 de junho (Rocha, 2017).

Como resultado da Conferência de Estocolmo, a Presidência da República do Brasil instituiu, em 1973, a primeira entidade brasileira dedicada à gestão ambiental, a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), vinculada ao Ministério do Interior. Esse órgão teve um papel crucial nas discussões ambientais no país, embora, devido a questões políticas, fosse impedido de atuar diretamente na EA (Rufino; Crispim, 2015). Já no âmbito mundial houve a realização de outros dois importantes eventos para a EA. O primeiro foi o congresso de Belgrado em 1975, promovido pela Organização das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNESCO) e o PNUMA, que resultou na criação da PIEA (Programa Internacional de Educação Ambiental) e na “Carta de Belgrado”, documento na qual apresenta a fundamentação da EA, mencionada em todos os níveis de ensino, em âmbito formal ou não formal, já introduzindo o caráter socioambiental (Dias, 2013).

Segundo Dias (2013), apesar das discussões terem sido fundamentais para o avanço da temática, os conceitos ambientais permaneciam bastante fixos e reducionistas, sem estabelecer uma conexão real entre o ser humano e o meio ambiente. O entendimento sobre meio ambiente era ainda simplista, restringindo-se a aspectos naturais e biofísicos, além dos problemas relacionados. Essa visão não contemplava as interdependências nem o papel das ciências sociais e de outras áreas na compreensão e melhoria do ambiente humano.

Um dos encontros, considerado um dos mais importantes para a EA, foi a Conferência Intergovernamental de Educação Ambiental de Tbilisi, ocorrida em 1977 na antiga União Soviética. A conferência abriu novas discussões abrangendo as perspectivas da EA. Nesse evento foram formulados sua prática educacional transformadora, objetivos, definições, princípios e estratégias, e adotados no mundo (Oliveira *et al.*, 2017).

No Brasil, na década de 80, os encontros internacionais e compromissos com a EA repercutem. A lei 6.938/81, em seu art. 2, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e cita a presença da EA em todos os níveis de ensino. Além disso, foi criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e em 1988, sete anos mais tarde, por meio da Lei 7.735, criou-se o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) (Dias, 2013). A primeira Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) foi extinta para dar lugar ao Ibama em 1989, quando os dois órgãos foram fundidos, juntamente com o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), a Superintendência de Pesca (Sudepe) e a Superintendência da Borracha (Sudhevea). O objetivo da criação do Ibama foi unificar a gestão ambiental no país (Dias, 2013).

Em 1992, houve a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Rio 92, nela reconhece-se a insustentabilidade do modelo de desenvolvimento então vigente e é reafirmado os compromissos com o meio ambiente (Dias, 2013). Nessa conferência nomeia-se a Agenda 21 como um Plano de Ação para a sustentabilidade humana e reconhece-se a Educação Ambiental como o processo de promoção estratégico do modelo de desenvolvimento sustentável. Nesse mesmo ano ocorreu ainda a elaboração da “Carta Brasileira para a Educação Ambiental” e o “Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global”, documentos importantes no contexto histórico da EA no Brasil (Rocha, 2017).

De acordo com Rufino e Crispim (2015), o impulso legal para a educação ambiental no Brasil ganhou força decisiva em 1994, quando uma colaboração entre o Ministério da Educação (MEC), o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA), com a participação do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e do Ministério da Cultura (Minc), resultou na formulação do Programa Nacional de Educação Ambiental (PRONEA). Esse processo foi consolidado com a assinatura da Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) pelo Presidente Fernando Henrique Cardoso, regida pela Lei no 9.795, de 27 de maio de 1999, a qual dispôs que:

Art. 1º Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

Art. 2º A educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não-formal (Brasil, 1999).

Outros importantes marcos das discussões socioambientais ainda podem ser citados, como em 2002, conferência realizada com representantes de 189 países em Johannesburgo, chamada de Rio +10 que passa a discutir sobre fatores socioambientais. Em 2012, a Conferência das Nações Unidas, conhecida como Rio +20, resultando o documento final, intitulado "O Futuro que Queremos", que serviu como base para a criação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que seriam formalmente adotados em 2015 pela Agenda 2030. A conferência renovou o compromisso político com a temática e impulsionou a transição para economias mais sustentáveis (Rufino; Crispim, 2015).

Entende-se que a definição da EA pela PNEA, descrita no art. 1º, deixa implícita a necessidade dessa educação para um desenvolvimento de uma consciência mais crítica e reflexiva dos estudantes. A construção de valores sociais individuais e coletivos na preservação

do meio ambiente, traz uma perspectiva que busca garantir o exercício social e a cidadania. Nesse sentido, Loureiro (2004, p. 66, 67) reflete sobre a importância da EA:

Educação ambiental é uma perspectiva que se inscreve e se dinamiza na própria educação, formada nas relações estabelecidas entre as múltiplas tendências pedagógicas e do ambientalismo, que têm no “ambiente” e na “natureza” categorias centrais e identitárias.

A partir de uma matriz que vê a educação como elemento de transformação social (movimento integrado de mudança de valores e de padrões cognitivos com ação política democrática e reestruturação das relações econômicas), inspirada no fortalecimento dos sujeitos, no exercício da cidadania, para a superação das formas de dominação capitalistas, compreendendo o mundo em sua complexidade como totalidade. Portanto, trato aqui de uma educação ambiental que se origina no escopo das pedagogias críticas e emancipatórias, especialmente dialéticas, em suas interfaces com a chamada teoria da complexidade, visando um novo paradigma para uma nova sociedade.

A perspectiva de possibilitar um desenvolvimento mais consciente e crítico, faz com que a EA, nesse sentido, se afaste das vertentes denominadas conservadora e pragmática e se aproxime mais a uma vertente crítica da EA, macrotendências mapeadas e discutidas por Layrargues e Lima (2014). Os autores relatam que inicialmente a EA possuía um caráter mais conservacionista, ou seja, uma abordagem educacional que visava promover uma nova sensibilidade humana em relação à natureza, dessa forma, buscava promover, através de conscientização, mudanças no comportamento individual do indivíduo. Essa prática era orientada pela conscientização ambiental e fundamentada nos princípios da ciência ecológica, excluindo o contexto político e social do debate.

Ainda segundo Layrargues e Lima (2014), conforme o reconhecimento da importância da EA no contexto da crise ambiental aumenta, modificações na visão da EA foram necessárias. A vertente conservacionista, que era mais individualista, deixa de ser a habitual e abre espaço a vertente pragmática, voltada a educação para um desenvolvimento e consumo sustentável, voltando-se ao meio ambiente como um recurso de uso humano em esgotamento, e a vertente crítica, que por sua vez, reúne as correntes da Educação Ambiental Popular, Emancipatória e Transformadora, além de incorporar aspectos do Processo de Gestão Ambiental, com o objetivo de enfrentar politicamente as desigualdades e a injustiça socioambiental.

Dessa forma a vertente crítica, segundo Layrargues e Lima (2014), não busca apenas transmitir conhecimentos sobre questões ambientais, mas também desenvolver a capacidade dos indivíduos de analisar criticamente as relações entre sociedade e natureza, bem como as estruturas sociais que geram problemas ambientais.

A importância do caráter crítico na EA é recomendada pelo Programa Nacional Ambiental (ProNEA), quando cita:

Promover educação que contribua para um projeto de sociedade que integre os saberes nas dimensões ambiental, ética, cultural, espiritual, social, política e econômica, impulsionando a dignidade, o cuidado, o bem viver e a valorização de toda forma de vida no planeta (Brasil, 2018, p. 26).

Dessa maneira, as discussões percorridas até aqui, além de estabelecer a importância da EA na superação dos obstáculos encontrados na área socioambiental, são também necessárias e requeridas dentro do contexto escolar, no debate e conscientização ambiental dos estudantes, enquanto prática social, com participação de cidadãos críticos e reflexivos.

Entretanto, apesar do manifesto indicado no art. 2º da Lei no 9.795, de 27 de maio de 1999, na realidade a EA é pouco abordada em sala de aulas e citada pela BNCC do ensino médio apenas uma vez, indicando o pouco incentivo da abordagem no ensino. A BNCC, ao detalhar as competências e habilidades esperadas para os alunos, orienta que a sustentabilidade seja integrada em várias áreas do conhecimento, e que promova a reflexão crítica sobre o impacto das ações humanas no meio ambiente. Embora a BNCC seja um documento nacional, sua implementação nas escolas depende da adaptação dos conteúdos aos contextos locais e regionais (Junior *et al.*, 2024).

De acordo com Junior *et al.* (2024), a falta de formação adequada dos professores, a escassez de recursos materiais e a resistência a mudanças em práticas educacionais tradicionais são fatores que dificultam a integração efetiva da educação ambiental nos currículos escolares, ainda na atualidade.

A EA é trabalhada de forma pontual no ensino e não deve se limitar a um aprendizado teórico sobre as questões ambientais, mas deve ser praticada no cotidiano escolar, e isso se torna um desafio, pois exige um esforço constante de atualização, reflexão e adaptação ao contexto local e às especificidades de cada comunidade escolar. Dessa forma, projetos que envolvem questões socioambientais como o cultivo de hortas escolares, como a hidroponia, são oportunidades valiosas de aprendizagem prática e vivencial.

2.2. A hidroponia como instrumento de aprendizagem

Como citado na introdução, para o desenvolvimento da pesquisa houve a utilização de um sistema hidropônico como ferramenta para o ensino de química e para o desenvolvimento da ação ambiental proposta.

O termo hidroponia vem dos radicais gregos *hydro* significa água e *ponos* trabalho, podendo se expressar como “trabalho com água”. De acordo com Neto e Barreiro (2011), a hidroponia é um conjunto de técnicas utilizadas para cultivar plantas sem o uso do solo,

garantindo que, mesmo dessa maneira, os nutrientes minerais essenciais sejam providenciados às plantas via solução nutritiva (Neto; Barreiro, 2011).

Ainda conforme Neto e Barreiro (2011), o primeiro relato na literatura registrado sobre o cultivo de plantas sem a utilização do solo foi do pesquisador John WoodWard (1665-1728). O pesquisador cultivou, em vasos com diferentes soluções, plantas de menta. John WoodWard cultivou essas plantas em vasos com água de chuva, torneira, enxurrada e líquido de esgoto diluído, e pode observar um maior desenvolvimento nas plantas cultivadas com líquido de esgoto diluído. Dessa forma, o estudioso percebeu que as plantas se alimentam da água e dos elementos nela dissolvidos.

Em 1860, o botânico alemão Julius von Sachs demonstrou que a fase sólida do solo pode ser dispensada no cultivo de plantas, e preparou, sem saber disso, soluções de sais contendo os nutrientes essenciais para as plantas. Em 1936, Hoagland e Broyer formularam uma solução nutritiva que, com modificações, ainda é amplamente usada. Mas foi apenas em 1937 que o termo “hidroponia” foi empregado pela primeira vez, pelo pesquisador William Frederick Gericke, para indicar o cultivo de plantas sem a utilização do solo (Guimarães, 2018).

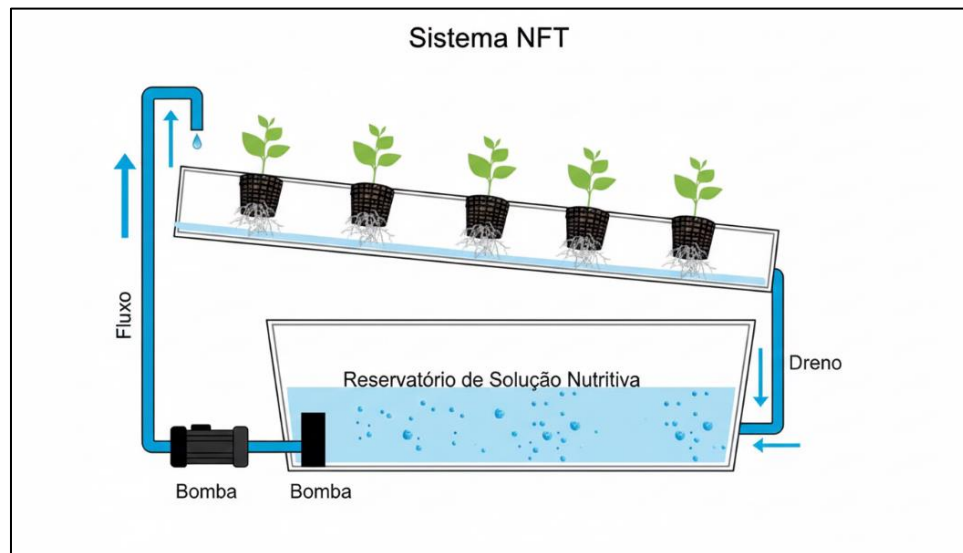
Segundo Cabistani (2001), apesar de todas as contribuições mencionadas, o grande avanço na hidroponia foi a descoberta da técnica NFT (Nutrient Film Technique) pelo inglês Alan Cooper nos anos 70. Ainda segundo o autor, nesta técnica, as plantas desenvolvem seu sistema radicular parcialmente submerso em um fluxo de água reciclada, sem a necessidade de substrato. A água, que contém todos os elementos necessários, é denominada solução nutritiva. Esta solução é bombeada do reservatório até os canais de cultivo, onde escoar por gravidade formando uma fina camada que irriga as raízes das plantas (Cabistani, 2001). O sistema pode ser instalado tanto no sentido horizontal como no sentido vertical, ocupando uma área de cultivo menor que a de praxe. O sistema NFT de cultivo é classificado entre as técnicas de cultivo hidropônico como um sistema fechado, isto é, a solução nutritiva circula pelos canais de cultivo sendo reutilizada continuamente (Rodrigues, 2002).

De acordo com Cuba (2015), em um sistema hidropônico são necessários alguns componentes principais, como o Reservatório, para armazenar a solução nutritiva do sistema, a Bomba d'água, para bombear a solução até os canais de cultivo, os Canais de cultivo, onde serão inseridos a planta e o local onde haverá a circulação da solução nutritiva e a Solução Nutritiva, para garantir os nutrientes necessários para o desenvolvimento da planta.

É possível observar essa estrutura na Figura 1. A ilustração do sistema hidropônico NFT foi desenvolvida por meio de Inteligência Artificial generativa, utilizando o modelo Gemini 3 Flash. O processo de criação baseou-se em um método de refinamento iterativo, no qual

comandos textuais foram ajustados progressivamente para garantir a precisão técnica dos componentes do sistema hidropônico NFT, sistema que foi implementado neste estudo. Vale ressaltar que o sistema utilizado na pesquisa possui escala menor que os sistemas utilizados para a agricultura atualmente.

Figura 1 – Representação ilustrativa do funcionamento de um sistema hidropônico NFT.



Fonte: Autoria própria, 2025.

De acordo com Nascimento e Salomão (2014), o elemento crucial na hidroponia é, sem dúvida, a solução nutritiva, pois uma nutrição adequada é essencial para o desenvolvimento saudável das culturas. Portanto, na hidroponia, a solução nutritiva deve atender a todas as necessidades nutricionais das plantas, já que é a única fonte de nutrientes disponível para elas.

Na preparação da solução nutritiva, 16 elementos são necessários para o desenvolvimento da planta. Segundo Nascimento e Salomão (2014), os elementos podem se dividir em elementos orgânicos (carbono, hidrogênio e oxigênio), estes providos do ar e da água e elementos inorgânicos (nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, cálcio, magnésio, manganês, ferro, zinco, boro, cobre, molibdênio e cloro), disponibilizados pela solução nutritiva.

Apesar da necessidade dos nutrientes, é essencial a quantificação exata desses elementos para a preparação adequada da solução nutritiva, a formulação da solução deve ser definida de acordo com as necessidades da plantação, além de sempre ajustar o pH da mistura em valores acima de 3,5, em valores abaixo desse pH as plantas não conseguem sobreviver (Nascimento; Salomão, 2014).

De acordo com a Agenda 21 (1992), a sustentabilidade apoia-se em um tripé marcado pela viabilidade econômica, equilíbrio ecológico e equidade social. Nos últimos anos, vem

aumentando a procura de sistemas de produção sustentáveis, em especial aquelas que podem ser cultivadas em pequenas áreas, como é o caso das hortaliças (Ruiz *et al.*, 2019). Dessa forma, a utilização do sistema hidropônico no cultivo de hortaliças pode ser considerada uma alternativa positiva em relação ao cultivo convencional, e apresenta vantagens ao produtor e ao meio ambiente. Segundo os estudos de Furlani *et al.* (1996) e Rodrigues (2002) algumas vantagens para o produtor são, a obtenção de produtos de alta qualidade, maior produtividade, menor gasto de água, de insumos agrícolas e de mão de obra.

Em relação ao meio ambiente, a hidroponia apresenta vantagens significativas em comparação com a agricultura tradicional intensiva. A escassez da água trata-se de um problema enfrentado mundialmente, e tem se intensificado com o passar dos anos. Segundo Guimarães (2018), a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura divulgou, em 2015, os efeitos drásticos da mudança climática na América do Sul, como a diminuição de 22% das chuvas no Nordeste do Brasil, sendo que durante os anos de 2014-2015 o país enfrentou uma das maiores crises hídricas da história, dando ênfase a região Sudeste, sendo ainda um risco recorrente no Brasil e no mundo. Além disso, é necessário constatar que a atividade agrícola é responsável em média pelo consumo de 70% dos recursos hídricos captados no Brasil, sendo a atividade que mais consome água no mundo (Cuba, 2015).

Neste contexto, na busca de tecnologias “limpas”, considera-se que a hidroponia pode tornar-se um método viável e sustentável na produção agrícola. Na agricultura, o cultivo hidropônico pode ser considerado uma alternativa, tendo um menor gasto de água e a sua reutilização, além da pouca necessidade de agrotóxicos (Cuba, 2015). De acordo com Cardoso, Souza e Oliveira (2025) o uso de água é significativamente reduzido, uma vez que o sistema hidropônico pode operar com até 90% menos consumo hídrico em comparação ao cultivo em solo. Outro ponto mencionado pelo autor, reflete na falta de necessidade de grandes extensões de terra cultivável, prevenindo a erosão, o esgotamento de nutrientes e o desmatamento para abertura de novas áreas, uma vez que os sistemas hidropônicos podem ser implementados em qualquer solo. No entanto, esse método requer um custo financeiro nos investimentos iniciais mais elevados e um maior nível de monitoramento técnico, sendo mais complexo para pequenos produtores que não dispõem de infraestrutura adequada (Cardoso; Souza; Oliveira, 2025).

Apesar de seus benefícios, a hidroponia pode gerar também impactos quando aplicada em larga escala na agricultura. Os principais impactos ambientais da hidroponia estão ligados à sua dependência de tecnologia e infraestrutura, o sistema hidropônico é intrinsecamente dependente de eletricidade para o bombeamento e recirculação da solução nutritiva. O alto custo da energia elétrica é frequentemente citado em estudos de viabilidade econômica e ambiental

(SciCrop, 2024).

Além disso, embora a hidroponia seja um sistema fechado, a necessidade de descarte periódico da solução "efluente hidropônico" é um risco ambiental. O descarte inadequado de efluentes hidropônicos pode causar contaminação ou poluição salina, enfatizando a necessidade de tratamento rigoroso desse efluente para a sustentabilidade do sistema (SciCrop, 2024).

Referente a infraestrutura hidropônica, especialmente o sistema NFT, depende fortemente de materiais plásticos como tubos de PVC, filme de polietileno. As análises de ciclo de vida de sistemas hidropônicos frequentemente apontam o plástico como um fator relevante no impacto ambiental devido à sua origem não-biodegradável e ao manejo do resíduo sólido ao fim da vida útil da estrutura (SciCrop, 2024).

Embora a hidroponia seja uma tecnologia de mitigação para a crise hídrica e a degradação do solo, a sustentabilidade da prática em alta escala depende da capacidade do produtor de neutralizar sua elevada pegada energética, por implementação também de energias renováveis e de gerir de forma responsável seus efluentes químicos e resíduos plásticos.

No ensino, o sistema hidropônico também pode ser uma valiosa ferramenta para a aprendizagem dos estudantes. Calixto, Lima e Ramalho (2016) em seu trabalho utilizou o sistema hidropônico como técnica de ensino difusora da EA em sala de aula a alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola estadual, e os autores relataram como a experiência facilita no aprendizado e no entendimento de temas ambientais, além de tornar a aula mais dinâmica e contextualizada. No trabalho citado, não foi possível identificar se houve a abordagem de conceitos químicos durante a prática, mas os autores destacaram sua importância no processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos ambientais.

Caeiro (2017) desenvolveu, com alunos do 3º ano do ensino médio, atividades nas áreas das Ciências Naturais, utilizando para isso um laboratório de Hidroponia, assim como um Vermicompostor, que corresponde a um sistema de compostagem que utiliza minhocas para decompor matéria orgânica. O autor relata que esse sistema de cultivo permitiu a abordagem de conteúdos da física, como eletricidade e eletrostática, da biologia, como a nutrição das plantas, anatomia e fisiologia das plantas e, na disciplina de química, conceitos de funções químicas, soluções, equilíbrio químico, condutividade elétrica e densidade da solução nutritiva, concentração e pH. Entretanto, o artigo apresenta um breve relato, não aprofundando em como os conceitos foram trabalhados com os estudantes. O autor ressalta que, para além de despertarem o interesse dos alunos aos aspectos socioambientais, as atividades promoveram aprendizagens mais significativas, uma vez que os jovens aprenderam fazendo.

Freitas *et al.* (2024), ao implementar a hidroponia nas atividades pedagógicas de

educação ambiental, sustentabilidade, aplicabilidade e consolidação dos conteúdos trabalhados em sala de aula, a partir das disciplinas de Ciências Naturais, em turmas do ensino médio junto aos professores regentes, puderam concluir que, ao associar os conteúdos teóricos com seu uso prático, foi possível dar uma nova significação a disciplina, tornando as ciências naturais mais atrativas aos estudantes. Além disso, os autores ainda afirmaram que a utilização do sistema hidropônico aumentou a compreensão dos alunos e promoveu a consciência ambiental.

Outros estudos como o de Hachiya *et al.* (2014), Fernandes e Debio (2016), Mendonça (2021) e Moura, Durães e Silva (2019), ao utilizarem o sistema hidropônico como ferramenta de ensino, destacaram a interdisciplinaridade dessa possível metodologia. Além disso, a educação ambiental é destacada nos trabalhos que envolvem a hidroponia, mostrando a possibilidade de trazer reflexões socioambientais aos estudantes através dessa prática.

As discussões dos trabalhos que envolvem a hidroponia no ensino permitem observar a potencialidades dessa prática em atividades pedagógicas, relacionando conceitos teóricos ao cotidiano dos estudantes, fazendo com que o estudo se torne mais atrativo. Além disso, é destacado a possibilidade interdisciplinar dessa atividade e, mais importante, a possibilidade de abordar questões ambientais e de preservação durante o ensino.

Dessa forma, pensando nas possibilidades envolvendo essa prática hidropônica com relação ao ensino, que a pesquisa buscou para o presente trabalho, com o desenvolvimento desse sistema hidropônico com estudantes do ensino médio, propor um ensino mais atrativo de soluções químicas, abordando as questões socioambientais envolvidas durante a prática.

2.3. O ensino de soluções químicas

O conceito de soluções está relacionado ao cotidiano das pessoas. Diversas situações presenciadas o envolvem, uma vez que muitas substâncias utilizadas e necessárias nas atividades humanas se apresentam sob a forma de soluções, como o ar atmosférico, bebidas, combustível, objetos metálicos, etc. De acordo com Niezer (2012), entende-se que as soluções químicas são de suma importância na sociedade e muito frequentes na vida cotidiana, como na Indústria e Tecnologia, essenciais na fabricação de produtos, baterias e processos industriais. Na Saúde e Medicina, fundamentais em soros, medicamentos e desinfetantes. No Meio Ambiente, em processos do tratamento de água e controle da poluição ou até mesmo na Alimentação, aplicadas na conservação, fermentação e produção de bebidas.

Portanto, no ensino desse conteúdo torna-se interessante que as soluções químicas sejam relacionadas a situações do dia a dia dos estudantes, em virtude de sua importância no cotidiano

das pessoas, favorecendo o processo de aprendizagem do conhecimento químico.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018, p. 551):

A contextualização dos conhecimentos da área supera a simples exemplificação de conceitos com fatos ou situações cotidianas. Sendo assim, a aprendizagem deve valorizar a aplicação dos conhecimentos na vida individual, nos projetos de vida, no mundo do trabalho, favorecendo o protagonismo dos estudantes no enfrentamento de questões sobre consumo, energia, segurança, ambiente, saúde, entre outras.

O estudo de Soluções Químicas é comumente abordado, de forma mais detalhada, na disciplina de Química no segundo ano do Ensino Médio, conforme a sequência estabelecida nos planos curriculares. Essa localização é estratégica devido à lógica sequencial da disciplina, pois o tema atua como uma ponte conceitual que exige que o estudante já domine os saberes introdutórios de matéria e estrutura química. De acordo com Brown (2016, p.153), “uma solução é uma mistura homogênea de duas ou mais substâncias. A substância presente em maior quantidade é geralmente chamada de solvente e as outras substâncias são chamadas de soluto; costuma-se dizer que elas estão dissolvidas no solvente.” Além disso, Brown (2016) ainda define que as soluções podem estar presentes nos estados físicos: sólido, líquido ou gasoso.

A composição de uma solução pode ser analisada quantitativamente, ou seja, as propriedades da solução que podem ser medidas e expressas numericamente, como as concentrações dos componentes envolvidos, proporções de soluto e solvente, massa, volume, a molaridade, porcentagem da massa, solubilidade etc. E qualitativamente, características observáveis e descritivas da solução, como a compreensão do conceito e suas aplicações, estado físico da solução, noções submicroscópicas, compreensão dos tipos de ligações e interações químicas que ocorrem nas soluções (Carmo; Marcondes, 2008).

Apesar da importância das soluções químicas na sociedade, Echeverria (1996) destacou que na educação, muitos alunos têm dificuldade em estabelecer relações entre os conceitos abordados em sala de aula e situações do cotidiano, o que pode gerar desinteresse pelo tema. Segundo Raviolo e Farré (2020), os estudantes têm dificuldades tanto nos aspectos qualitativos sobre a natureza das soluções, quanto nos aspectos quantitativos ao enfrentar situações em que precisam aplicar o conceito de concentração.

Niezer *et al.* (2016) apontam que, ao abordar o conteúdo de soluções químicas, é priorizado em seu ensino os cálculos e aplicações de fórmulas, uma vez que os estudantes apresentam uma dificuldade acentuada nesse sentido, sem relação com as atividades humanas na sociedade, limitando-se um conhecimento abstrato para o aluno. Segundo Saputra, Gürbüz e Haryani (2021), resolver problemas exclusivamente matemáticos resulta em baixo interesse

dos alunos em aprender. Dessa forma, os alunos entenderiam melhor os conceitos da disciplina de química, se pudessem fazer conexões mais profundas entre conceitos e realidades.

De acordo com Carmo e Marcondes (2008), a formação de uma solução envolve interações entre as partículas do soluto, que está presente em menor quantidade, e as do solvente, o componente majoritário responsável por dissolver o soluto. Compreender o conceito de dissolução, em termos de interações entre as partículas de soluto e solvente, exige que o aluno organize suas concepções, passando de níveis menos complexos de abstração para estruturas cognitivas mais elaboradas (Carmo; Marcondes, 2008). Essa compreensão, contudo, exige do estudante a capacidade de lidar com conceitos teóricos e modelos representativos, o que pode representar um desafio se não for adequadamente mediado pelo processo de ensino. Entretanto Ferreira (2015), em sua pesquisa, revela que ensinar conceitos de solução atrelados a noção submicroscópica do processo de dissolução, não tem se mostrado uma prática pedagógica efetiva, devido à valorização dos aspectos quantitativos em detrimento dos aspectos qualitativos.

Johnstone (2006) enfatiza que os níveis submicroscópico e simbólico impõem os maiores desafios à aprendizagem dos estudantes. O autor argumenta que as dificuldades na disciplina de Química se intensificam, porque o processo de ensino e aprendizagem é, frequentemente, conduzido de maneira unilateral, focando excessivamente em apenas um ou dois vértices do triângulo de representação (geralmente o macroscópico e o simbólico). Ao negligenciar aspectos estruturais e conceituais do nível submicroscópico, que exige alta capacidade de abstração, o ensino priva o aluno de desenvolver sua capacidade de modelagem, essencial para uma compreensão mais construtiva da Química. Consequentemente, os estudantes tendem a restringir a explicação dos fenômenos químicos ao plano macroscópico, pois lhes faltam competências e recursos simbólicos necessários para transitar e compreender as transformações em um nível mais abstrato.

Estas constatações podem indicar que o ensino de soluções está ocorrendo de forma descontextualizada e não interdisciplinar. A dificuldade de aprendizagem é um tema importante e complexo no contexto educacional. Ela pode ocorrer quando um aluno enfrenta obstáculos para compreender determinado conteúdo, mesmo após receber mediação didática adequada. Ferreira (2015) defende que o uso de estratégias de ensino de forma contextualizada sobre conteúdos que se relacionam ao conceito de soluções pode favorecer o aprendizado e proporcionar a motivação e participação ativa do estudante ao aproximar a teoria ao seu cotidiano.

De acordo com Wartha, Silva e Bejarano (2013) o termo cotidiano tem sido empregado,

tradicionalmente, para vincular situações corriqueiras da vida dos indivíduos a conceitos científicos. No entanto, o uso de fatos do dia a dia com o único propósito de ilustrar ou exemplificar o conhecimento químico pode relegar o papel do cotidiano a uma função secundária. Nessa abordagem, o ensino de conteúdos científicos utiliza a realidade diária como mera ilustração, falhando em explorar a profundidade e o significado que esses fenômenos carregam para a vida dos estudantes (Wartha; Silva; Bejarano, 2013).

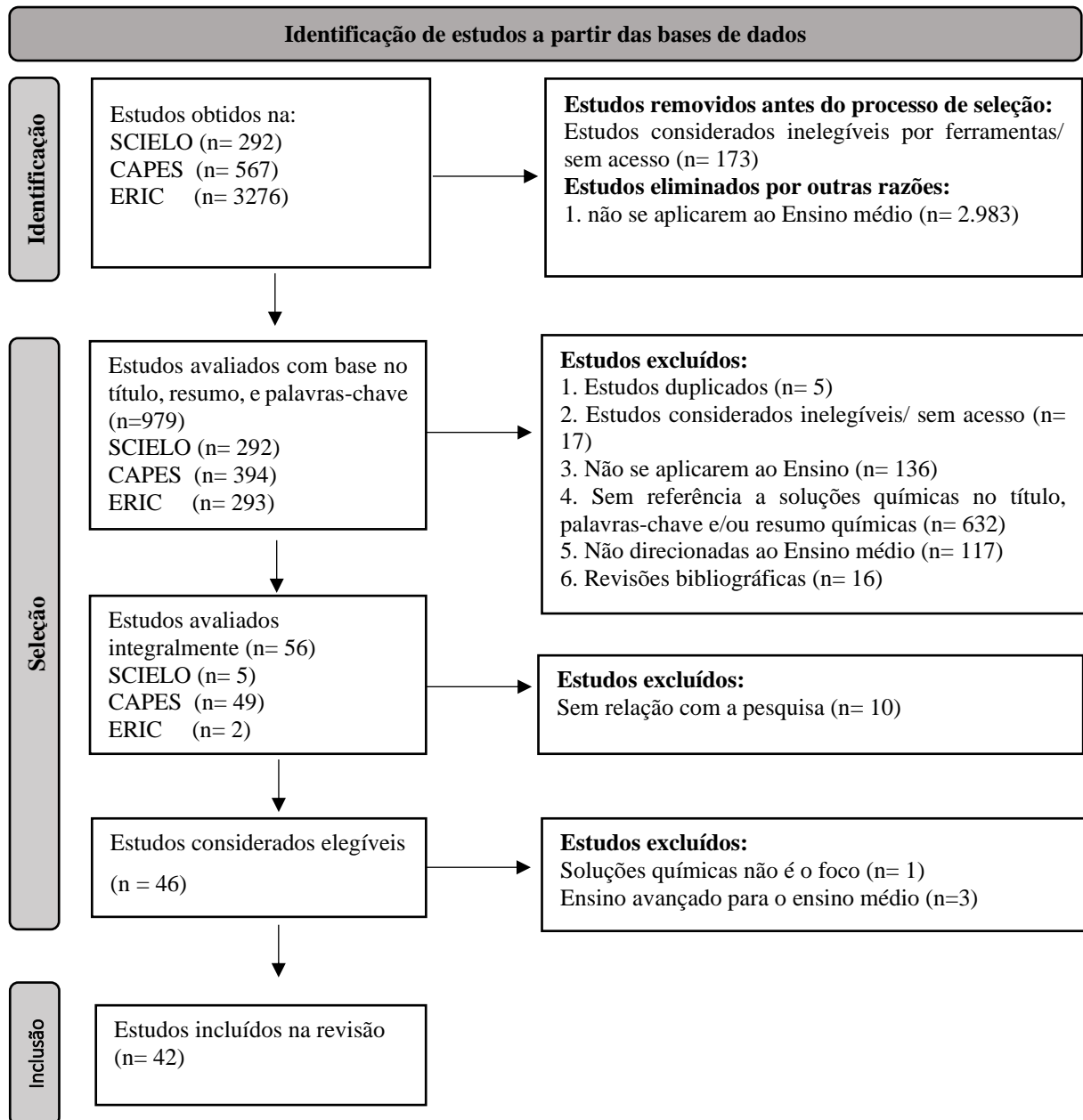
Em contrapartida, a contextualização é definida como uma estratégia essencial para a construção de significados duradouros (Wartha; Silva; Bejarano, 2013). Essa abordagem busca incorporar as relações percebidas e vivenciadas pelo aluno no contexto em que o conhecimento se origina. O ato de contextualizar constitui-se por meio do aproveitamento dessas experiências valorizadas, tecendo-as na própria trama da realidade. Desta forma, a contextualização atua como um recurso capaz de atribuir um novo significado ao conhecimento escolar, promovendo, assim, uma aprendizagem mais significativa para o estudante (Wartha; Silva; Bejarano, 2013).

Diante disso, autores como Echeverria (1996), Carmo e Marcondes (2008), Niezer *et al.* (2016), sugerem que situações do dia-a-dia devem ser discutidas com objetivo de oportunizar aos estudantes transitarem de níveis menos complexos a mais complexos em suas estruturas de pensamento em um ensino contextualizado. Dessa forma, entende-se que, para favorecer uma compreensão mais significativa dos conteúdos de Química, torna-se essencial adotar, em sala de aula, diferentes estratégias de abordagem dos conceitos relacionados às soluções químicas. É necessário valorizar a relação desse tema com situações do cotidiano dos alunos, superando a abordagem tradicional centrada exclusivamente em aspectos quantitativos.

Dessa forma, tornou-se necessário para essa pesquisa entender as estratégias pedagógicas que vêm sendo trabalhadas no ensino de soluções no ensino médio. Na literatura acadêmica, o ensino de soluções químicas é um assunto de alta relevância, com muitos artigos relacionados a essa temática, entretanto, para compreender o que tem sido produzido mais recentemente, foi realizada uma revisão sistemática a respeito do ensino de soluções químicas no ensino médio, que originou um artigo científico submetido a uma revista da área, intitulado “Soluções Químicas: Uma Revisão Sistemática sobre Estratégias Pedagógicas adotadas no Ensino Médio”. Por meio da seleção de um conjunto de artigos seguindo o protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis), a revisão permitiu identificar e categorizar as principais estratégias pedagógicas utilizadas no ensino de soluções químicas para o ensino médio, em um recorte temporal de 5 anos.

Os critérios seguidos para a exclusão dos artigos que não atendiam aos objetivos da pesquisa e o total de artigos selecionados para o estudo são explicitados na Figura 2.

Figura 2 – Diagrama PRISMA referente às etapas do processo de seleção dos artigos.



Fonte: Autoria própria, 2025. Baseado em Page *et. al*, 2021.

Disponível em: <https://www.prisma-statement.org/prisma-2020-flow-diagram>.

O estudo, que analisou 42 artigos empíricos, evidenciou a predominância de metodologias ativas, como a Aprendizagem Baseada em Projetos, e o uso crescente de recursos como, tecnologias digitais, atividades experimentais e jogos didáticos. Todas essas práticas enfatizaram a contextualização como forma de superar a abstração do conteúdo. A pesquisa também revelou a importância de estratégias que partem das concepções prévias dos estudantes, como a identificação de dificuldades e o desenvolvimento de novos materiais didáticos, que

buscam contribuir para uma aprendizagem mais engajadora e crítica no ensino de soluções químicas. Os artigos analisados nessa revisão sistemática e suas principais contribuições podem ser observados no Quadro 1.

Quadro 1 – Caracterização dos artigos da revisão PRISMA.

(continua)

Categoria	Identificação	Contribuição Principal
Metodologias Ativas e Abordagens Investigativas	Arrigo <i>et al.</i> (2020) - Interações discursivas em aulas de química: caracterização de um discurso reflexivo.	Foco na interação, questionamento e reformulação de concepções prévias, com uso de problemática contextualizada para gerar reflexão conjunta. Discurso Reflexivo e Atividade Experimental Investigativa.
	Junior <i>et al.</i> (2020) - Overdose de medicamentos como temática para o ensino de concentrações das soluções químicas: Uma intervenção pedagógica voltada à formação cidadã	Utilização da temática de overdose de medicamentos para ensinar concentrações de soluções, promovendo a contextualização (CTS) a formação cidadã e discutindo a interpretação de bulas.
	Kamilah <i>et al.</i> (2020) - Development of Guided Inquiry Learning Module using Promting Probing Technique in Electrolyte and Non-Electrolyte Solution to Increase Thinking Ability Critical Participant in Class X in Senior High School	Desenvolvimento de módulos que utilizam investigação guiada e técnicas de "probing prompting" que significa "sondagem por estímulos ou sugestões" para aumentar a capacidade de pensamento crítico e resultados de aprendizagem.
	Milaré <i>et al.</i> (2020) - Solução Mineral Milagrosa: um Tema para o Ensino de Química na Perspectiva da Alfabetização Científica e Tecnológica	Propõe a investigação de notícias e sua validade científica (MMS) para desenvolver a alfabetização científica e tecnológica, com foco em metodologias investigativas e dialógicas, contextualização (CTS) e Investigação de Situações-Problema.
	Nainggolan <i>et al.</i> (2020) - Developing Innovative Chemistry Laboratory Workbook Integrated with Project-based Learning and Character-based Chemistry	Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) e Tecnologia. Desenvolvimento de um caderno de laboratório inovador integrado com PBL e tecnologia computadorizada para aumentar a motivação e os resultados de aprendizagem.
	Andrade <i>et al.</i> (2021) - Reflexões sobre a aplicação da oficina temática "Aprendendo sobre soluções a partir do estudo de sucos naturais e industrializados"	Desenvolvimento de uma oficina temática com experimentos e jogo didático para ensinar soluções de forma contextualizada, a partir do estudo de sucos.
	Herbst <i>et al.</i> (2021) - Ensino de química em tempos de pandemia: experiências, desafios e êxitos do núcleo de residência pedagógica de química da ufrrj	Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) em Ensino Remoto. Relato de experiência com o tema "lixo urbano" no ensino remoto, mostrando adaptação de estratégias de ensino.

Quadro 1 – Caracterização dos artigos da revisão PRISMA.

(continuação)

Metodologias Ativas e Abordagens Investigativas	Silva <i>et al.</i> (2021) - Contribuições das atividades experimentais no processo de aprendizagem de soluções químicas. Aprendizagem significativa.	Investigação da influência das atividades experimentais (oficina de cheiros) na aprendizagem de soluções químicas, promovendo a articulação de fenômenos e teorias e Aprendizagem Significativa Contextualizada.
	Syahmani <i>et al.</i> (2021) - Guided inquiry assisted by metacognitive questions to improve metacognitive skills and students conceptual understanding of chemistry	Investigação Guiada Assistida por Questões Metacognitivas. Aplicação de um modelo que aprimora habilidades metacognitivas e compreensão conceitual através da resolução de problemas.
	Thote (2021) - Evidence based learning: a study of impact on experiential learning activities on attainment of specific learning outcomes	Aprendizagem Baseada em Evidências e Aprendizagem Experiencial. Demonstra o impacto positivo de atividades de aprendizagem experiencial contextualizadas no desempenho acadêmico, motivação e retenção do conhecimento em química.
	Broiatti <i>et al.</i> (2022) - Trajetória hipotética de aprendizagem e a compreensão do conteúdo de soluções no ensino de química	Trajetórias Hipotéticas de Aprendizagem (THA). Proposição e implementação de THA baseada em situações-problema do cotidiano (medicamentos) para favorecer a construção de conceitos sobre soluções.
	Machado <i>et al.</i> (2022) - Agroquímicos, Soluções Químicas e Sustentabilidade: uma Experiência de Ensino para o Ativismo Sociocientífico	Experiência pedagógica que usa o tema agroquímicos para desenvolver o ativismo sociocientífico, abordando dificuldades em habilidades matemáticas e interpretação de texto.
	Santana <i>et al.</i> (2022) - Projeto 'Preservando as Raízes do Mangue': a aprendizagem de química baseada em projetos e voltada para o desenvolvimento sustentável	Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) e Contextualização Socioambiental. Projeto que une o ensino de soluções com sustentabilidade, promovendo engajamento, colaboração e responsabilidade socioambiental através de pesquisa, investigações e atividades práticas.
	Surbakit <i>et al.</i> (2023) - Project-Based Learning Audio-Visual Learning Media: Improving Chemistry Learning Outcomes	Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) com Mídia Audiovisual. Desenvolvimento de mídia audiovisual baseada em projetos para evitar o tédio e melhorar os resultados de aprendizagem.
	Abdulah <i>et al.</i> (2024) - Validade e Praticidade de E-Módulo Baseado em Aprendizagem por Fenômenos Usando Articulate Storyline no Conteúdo de Propriedades Coligativas de Soluções	Aprendizagem Baseada em Fenômenos (ABP) e E-Módulos. Desenvolvimento de e-módulos baseados em fenômenos cotidianos para tornar os alunos ativos na construção de conceitos, melhorando o pensamento crítico, colaboração e comunicação.

Quadro 1 – Caracterização dos artigos da revisão PRISMA.

(continuação)

Uso de Tecnologias e Mídias Digitais	Kurata (2020) - Open-source colorimeter assembled from laser-cut plates and plug-in circuits	Proposta de um colorímetro de código aberto, de fácil fabricação, para quantificar a concentração de substâncias em solução, visando aumentar o interesse em STEM e contextualizar a química.
	Saputra; Gürbüz; Haryani (2021) - Android-based Animation for Chemical Elements and Experiments as an Interactive Learning Media	Desenvolvimento de um aplicativo de animação interativa para aprender elementos químicos e experimentos, como solução alternativa para mídias de aprendizagem.
	Soo; Santosa, (2022) - A Simple Colorimeter for Measuring the Concentration of Multicomponent Food Coloring	Construção de um colorímetro simples para medir a concentração de corantes alimentícios, adequado para o ensino devido ao baixo custo e segurança.
	Widarti; Rokhim; Rahmaniyah (2022) - Multiple representation-based mobile apps with learning cycle, 7e model on colligative properties of solutions	Desenvolvimento de materiais didáticos em forma de aplicativos móveis que visualizam três níveis de representação para as propriedades coligativas das soluções, utilizando o modelo de ciclo de aprendizagem 7E.
	Campos <i>et al.</i> (2023) - Reflexões discente-docente-aprendente ao longo de uma sequência didática para ensino de soluções em aulas de química durante o ensino remoto emergencial	Elaboração e aplicação de uma sequência didática para o tema soluções no ensino remoto, utilizando plataformas e recursos digitais para promover aprendizagem contextualizada.
	Eljinsa; Zamhari, (2024) - A Powtoon Animation Video Development Utilizing a Scientific Approach for Teaching Electrolyte and Non-electrolyte Solutions	Desenvolvimento de vídeos de animação utilizando o Powtoon e abordagem científica para o ensino de soluções eletrolíticas e não-eletrolíticas, visando maior engajamento e compreensão.
Atividades Práticas e Laboratoriais - Experimentação	Hidayah <i>et al.</i> (2022) - “Counting drops and observing color”: teachers’ and students’ first experiences in small-scale chemistry practicum of acid-base solutions	Introdução de técnicas de práticas de química em pequena escala para superar obstáculos como alto custo e falta de materiais, permitindo experimentos em sala de aula ou em casa.
	Ali <i>et al.</i> (2023) - Examining the Effects of Supervised Laboratory Instruction on Students’ Motivation and Their Understanding of Chemistry	Instrução Laboratorial Supervisionada (SLI) e Aprendizagem Autorregulada (SRL). Estudo dos efeitos de um programa de SLI baseado no modelo de aprendizagem cíclico de Zimmerman para melhorar a compreensão conceitual e a motivação dos alunos em laboratório.
	Kaneza <i>et al.</i> (2024) - Analysis of conceptual understanding of solutions and titration among Rwandan secondary school students	Experimentos Práticos (SHE) vs. Demonstração pelo Professor (TBDE). Comparação do impacto de experimentos práticos e demonstrações pelo professor na compreensão conceitual de soluções e titulação.

Quadro 1 – Caracterização dos artigos da revisão PRISMA.

(continuação)

Atividades Práticas e Laboratoriais - Experimentação	Kaneza <i>et al.</i> (2024) - Comparison of teaching-learning behaviours in hands-on experiments and teacher-based demonstration chemistry laboratory sessions in Rwandan secondary schools.	Análise dos comportamentos de professores e alunos em sessões de laboratório com experimentos práticos e demonstrações pelo professor.
Jogos Didáticos	Silva <i>et al.</i> (2020) - Duelo das soluções: lúdico como ferramenta para o ensino de química	Proposição e aplicação de jogos (Cartas e Trilha) para revisão e compreensão de conceitos de soluções, dispersões, suspensões e coloides.
	Sívico <i>et al.</i> (2021) - Dinamiquiz: Construção e validação de um jogo didático para o Ensino de Química	Construção e validação de um jogo de tabuleiro ("Dinamiquiz") para reforçar o conteúdo de soluções químicas, observando o impacto positivo de metodologias diferenciadas.
	Dionízio (2022) - "La casa de química": relato da aplicação de um jogo didático para promover aprendizagem e diversão aos alunos de ensino médio	Criação e aplicação de um jogo de tabuleiro com o objetivo de facilitar e complementar a aquisição de conhecimento em diversos temas da química, incluindo soluções.
Dificuldades e Concepções Alternativas	Hadinugrahaningsih <i>et al.</i> (2020) - Analysis of Students' Alternative Conceptions about Electrolyte and Non-Electrolyte Solutions Using a Two-Tier Diagnostic Test for Chemistry Teaching Improvement	Análise de concepções alternativas de alunos sobre soluções eletrolíticas e não-eletrolíticas, sugerindo a necessidade de revisão de conceitos e estratégias de aprendizagem apropriadas.
	Albaiti; Jukwati; Lepa (2022) - Solubility and Solubility Product Phenomena: Papua Senior High School Students Mental Model	Determinação e análise dos modelos mentais de alunos sobre solubilidade e produto de solubilidade, destacando a necessidade de abordar os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico.
	Pratiwi <i>et al.</i> (2023) - Identification of Students' Misconceptions Using a Four-Tier Multiple Choice Diagnostic Test on Colligative Properties of Solutions	Utilização de teste diagnóstico de quatro níveis para identificar equívocos em propriedades coligativas, investigando fatores internos e externos que os causam.
	Hasanah; Muchlis, (2024) - The Effect of Assessment for Learning in Chemistry Learning on Students' Learning Outcomes	Estudo do efeito da Avaliação para a Aprendizagem (AfL) nos resultados de aprendizagem de química, destacando o papel do feedback na motivação e identificação de fraquezas/forças dos alunos.
	Hemann; Miotto; Martins (2024) - Análise das concepções prévias de estudantes do segundo ano do Ensino Médio sobre soluções químicas	Identificação das concepções prévias de alunos sobre soluções químicas para planejar estratégias pedagógicas que superem dificuldades de compreensão.

Quadro 1 – Caracterização dos artigos da revisão PRISMA.

(conclusão)

Desenvolvimento de Habilidades e Pensamento Crítico	Obaya; Osorio; Vargas (2020) - Writing as a teaching learning technique: an example in chemistry (molar solution)	Propõe uma atividade baseada na escrita como Técnica de Ensino-Aprendizagem para desenvolver o raciocínio e a compreensão na preparação de soluções molares, abordando o pensamento reflexivo e crítico.
	Rahmawati <i>et al.</i> (2020) - The Integration of Culturally Responsive Transformative Teaching to Enhance Student Cultural Identity in the Chemistry Classroom	Integração de princípios da CRTT, Ensino Transformador Culturalmente Responsivo, para aprimorar a identidade cultural dos alunos, estimulando a motivação e a conexão com o cotidiano através da etnoquímica.
	Habiddin <i>et al.</i> (2023) - The potency of cooperative integrated reading and composition in building chemistry students' scientific literacy and self-regulated learning	Estudo que revela o potencial da abordagem CIRC, Leitura e Composição Cooperativa Integrada, para aprimorar a literacia científica e a aprendizagem autorregulada dos alunos.
	Cutrerá <i>et al.</i> (2021) - Nominalización en Procesos de Condensación de Significados en la Enseñanza de Solución Saturada: un estudio de caso en una escuela secundaria	Análise dos recursos linguísticos (nominalização) utilizados no ensino de solução saturada, destacando como a densidade semântica pode dificultar a compreensão.
Desenvolvimento e Análise de Recursos didáticos	Raviolo; Farré, (2020) - Aprendizaje conceptual del tema concentración de disoluciones: análisis de imágenes de libros de texto universitario	Análise de imagens em livros didáticos para identificar como elas podem apoiar uma abordagem qualitativa/conceitual da concentração de soluções, considerando a teoria cognitiva da aprendizagem multimídia.
	Widowati; Aznam; Purtadi (2020) - The assessment of predict-observe-explain (POE)- based chemistry high school teacher's supporting book for reaction rate, acid base solution, and colloidal system	Desenvolvimento e avaliação de um livro de apoio para professores de química baseado na estratégia Prever-Observar-Explicar (POE), visando guiar a demonstração de conceitos químicos.
	Atlassi <i>et al.</i> (2021) - Attitudes in class and modern teaching of moroccan physics-chemistry teachers	Análise das atitudes de professores de físico-química, revelando a dependência de livros didáticos e a falta de foco nas experiências e conhecimentos prévios dos alunos, além de uma formação mais teórica do que prática.
	Solikhin; Sari, (2021) - The development of Chemistry Teaching Guide (CTG) on electrolyte solution and redox reaction based on scientific inquiry	Desenvolvimento de um manual do professor baseado em investigação científica para guiar o ensino de soluções eletrolíticas e reações redox, tornando os alunos mais ativos.
	Trindade; Cabral; Souza, (2023) - Análise de imagens sobre soluções em livros, didáticos: uma abordagem segundo a aprendizagem significativa	Análise de imagens em livros didáticos de química sobre o tema soluções, sob a ótica da Aprendizagem Significativa e dos níveis de representação do conhecimento químico (macroscópico, submicroscópico e simbólico).

Fonte: Autoria própria, 2025.

Dos 42 artigos analisados, 28 tratam de estratégias pedagógicas e recursos didáticos

aplicados em sala de aula. A categorização revelou que 15 estudos empregam metodologias ativas com abordagens investigativas, como a ABP. A ABP é definida como um ensino investigativo, no qual os alunos trabalham de forma colaborativa ou independente para resolver problemas propostos. Santana *et al.* (2022) ressaltam que, por meio de investigações complexas e planejadas, a ABP não só ensinou conteúdos de soluções, mas também desenvolveu competências cruciais, como responsabilidade socioambiental, criatividade, colaboração e comunicação.

Outro recurso de destaque são as Tecnologias e mídias digitais, abordadas em 6 artigos. A relevância desse recurso foi impulsionada pela transição para o ensino remoto na pandemia, mantendo-se em evidência nas ações educacionais posteriores (Campos *et al.*, 2023). A principal contribuição tecnológica é a visualização e representação de conceitos abstratos, como descrito por Widarti, Rokhim e Rahmadiyah (2022), que relata como os aplicativos móveis são fundamentais por apresentarem os três níveis de representação da química, macroscópico, submicroscópico e simbólico, facilitando a compreensão de conceitos complexos, como propriedades coligativas.

Além disso, a utilização de estratégias mais conhecidas no campo, como o uso de laboratórios e práticas experimentais para o ensino de química também foram abordados dentro dos artigos analisados. Kaneza *et al.* (2024) ressaltam a importância dessas práticas na compreensão conceitual, comparando o Experimento Prático do Aluno (SHE) e o Experimento de Demonstração (TBDE). Os resultados indicam que, enquanto a aprendizagem tradicional (TTM) aprimora a compreensão apenas em níveis mais baixos de conhecimento, tanto o SHE quanto o TBDE melhoram a compreensão conceitual em todos os níveis da taxonomia de Bloom¹. Além disso, a prática laboratorial permite a vivência da natureza macroscópica das reações, o que é essencial para a apreensão de conceitos abstratos.

Por fim, como estratégias pedagógicas aplicadas no ensino de soluções químicas, os jogos didáticos foram descritos em 3 artigos. Estudos como os de Silva *et al.* (2020) e Dionízio (2022), evidenciam as contribuições desse recurso, relatando que os alunos demonstraram grande entusiasmo, participação e bom desempenho em jogos como "Duelo das Soluções" e "La Casa de Química".

Os outros 14 artigos que não abordam estratégias conduzidas em sala de aula, tratam-se de pesquisas voltadas à compreensão e aperfeiçoamento dos processos de aprendizagem.

¹ A Taxonomia de Bloom é um modelo pedagógico que classifica os objetivos de aprendizagem em diferentes níveis de complexidade. Criada em 1956, ela é usada para planejar e avaliar o ensino, composto por seis níveis hierárquicos: Lembrar, Entender, Aplicar, Analisar, Avaliar e Criar (Kaneza *et al.*, 2024).

Destaca-se a análise de dificuldades e concepções alternativas (6 estudos), que reforça a importância de diagnosticar as potencialidades e os equívocos dos estudantes antes das intervenções pedagógicas. Essa sondagem é crucial para que os professores adaptem as estratégias e abordem os equívocos diretamente. Testes diagnósticos distintos, como o de duas camadas (Hadinugrahaningsih *et al.*, 2020) e o de múltipla escolha de quatro níveis (Pratiwi *et al.*, 2023), são utilizados para identificar equívocos em conceitos como soluções eletrolíticas e propriedades coligativas. Além disso, o Ensino Transformador Culturalmente Responsivo (CRTT), por exemplo, é sugerido como uma abordagem que contextualiza o conteúdo com a bagagem cultural dos alunos, reconhecendo que suas experiências afetam a forma como pensam, e para utilizá-lo o professor deve analisar as culturas distintas dos estudantes previamente por meio de testes afim de utilizá-las no ensino (Rahmawati *et al.*, 2020).

Outro foco de aperfeiçoamento foi em materiais didáticos. Estudos de Raviolo e Farré (2020) e Trindade, Cabral e Souza (2023) destacam que as imagens em livros didáticos devem complementar o texto e auxiliar na construção de significados, apresentando os conceitos nos níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico. Contudo, frequentemente, as imagens falham em promover a aprendizagem com significado, concentrando-se excessivamente no nível macroscópico (Trindade; Cabral; Souza, 2023). Já Widowati, Aznam e Purtadi (2020) propõe em seu artigo a criação de um guia de apoio para professores com foco na demonstração e na disponibilidade de ferramentas e materiais.

A revisão demonstrou a complexidade inerente ao ensino de soluções químicas no Ensino Médio, que exige uma abordagem pedagógica multifacetada e inovadora, dada a sua natureza abstrata e a necessidade de conectar diferentes níveis de representação conceitual. A importância de um ensino contextualizado é um ponto comum em todos artigos analisados, buscando tornar o conteúdo relevante para o cotidiano e promover a formação cidadã.

É possível observar que, conforme indicado pelos artigos, é fundamental garantir que os estudantes sejam protagonistas de seu próprio processo de escolarização. Isso significa proporcionar uma formação que esteja alinhada com suas trajetórias individuais, permitindo-lhes definir seus projetos de vida, tanto em termos de escolhas profissionais quanto pessoais.

Dessa forma, é importante o desenvolvimento de métodos e atividades de ensino que promovam a evolução conceitual e social dos estudantes. Além disso, promover um ensino significativo e contextualizado, de acordo com Ferreira (2015), para realizar aproximações entre os conhecimentos teóricos presentes no cotidiano, pode reverter ou minimizar a dificuldade encontrada no conteúdo estudado.

Apesar do grande volume de publicações sobre o ensino de soluções químicas no ensino

médio, foi possível observar a falta de estudos que relacionem o conteúdo à educação ambiental, campo que ganha grande relevância ao longo dos anos, devido aos agravamentos ambientais. No *corpus* de pesquisa da revisão foi notório a escassez de artigos que utilizaram da EA em seu processo de ensino, o que destaca a relevância do presente trabalho, uma vez que a EA se mostra necessária nos currículos acadêmicos e na sociedade.

Dessa forma, poder proporcionar o desenvolvimento do pensamento crítico do estudante com relação ao conteúdo de soluções químicas ao seu cotidiano, atribuindo a hipótese de que a inserção e a problematização das questões socioambientais no currículo escolar, particularmente no currículo de Química, objeto de nossa investigação, pode conceder uma efetiva contribuição para criar caminhos que possibilitem repensarmos o modelo de sociedade vigente.

Assim, o desenvolvimento de práticas pedagógicas que visem, além da educação, um olhar social e econômico poderá contribuir para a formação de cidadãos responsáveis e conscientes de suas atitudes para a conservação do planeta em que vivemos hoje e para as futuras gerações.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa utilizou uma metodologia qualitativa, uma vez que contempla as características do universo escolar, haja vista que o objetivo final não será a representatividade numérica, e sim o aprofundamento e compreensão do objeto de estudo (Ludke, 1986).

Conforme abordada por Ludke (1986, p.11), “A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento”. Para Denzin e Lincoln (2011) a pesquisa qualitativa é definida como uma atividade que situa o observador no mundo, regida por um conjunto de práticas materiais interpretativas transformadoras que tornam o mundo visível. Dessa forma, pode-se dizer que a pesquisa qualitativa possui uma abordagem naturalística do mundo, ou seja, o pesquisador estuda algo natural a ele.

3.1. Natureza da pesquisa

A presente pesquisa aplicada possui abordagem metodológica qualitativa de natureza interpretativa, com a observação participante que, segundo Moreira e Caleffe (2008), possibilita ao pesquisador entrar no mundo social dos participantes do estudo.

A observação é uma técnica de pesquisa, conforme Yin (2016) destaca, muito valiosa para a coleta de dados, uma vez que o pesquisador consegue captar dados que outras técnicas não conseguem obter, como sentimentos, expressões e humor. A observação permite que o pesquisador se aproxime da perspectiva do sujeito e, em contato com essas experiências, o pesquisador pode identificar o significado que os participantes atribuem à realidade que os cerca e as suas ações, além de ser útil na percepção de aspectos novos de um problema.

Entretanto, para que os sentimentos e bagagem cultural do próprio pesquisador não interfira, essa observação deve conter protocolos, ou seja, ser uma observação sistemática com especificações do que observar e quando observar. De acordo com Ludke (1986), a mente humana é seletiva, e a maneira de enxergar as coisas depende muito de sua história pessoal e bagagem cultural. Para que a observação seja um método científico válido e fidedigno, ela precisa ser controlada e necessita de um planejamento cuidadoso e rigoroso.

3.2. Contexto e caracterização dos participantes da pesquisa

A presente pesquisa ocorreu presencialmente, em uma Escola Estadual do Sul de Minas

Gerais. A escolha de abordar a agricultura e propor novas formas de cultivo como forma de EA no ensino de soluções químicas é justificada pela cultura local da região, sendo o cultivo agrícola tema comum aos estudantes dessa escola, dessa maneira aproximando o ensino ao seu cotidiano. A coleta de dados foi realizada no primeiro semestre de 2024, após a instituição assinar o Termo de Anuência Institucional e a aprovação da pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNIFAL-MG, parecer CAAE75495723.4.0000.5142.

O convite para a participação da pesquisa foi realizado presencialmente aos estudantes matriculados, de uma das turmas do 2º ano do ensino médio da escola. A escolha da turma para participar da pesquisa se justifica pela maior quantidade de aulas semanais que a pesquisadora, que também foi a professora, possuía lecionando naquela instituição, somando as aulas da disciplina de Química e Itinerários Formativos. Tal turma foi nomeada aleatoriamente como turma X.

Durante o convite, foram explicadas detalhadamente as etapas da pesquisa, assim como seus objetivos, os riscos da pesquisa e importância, além de deixar explícito que mesmo os alunos que não desejassem participar da pesquisa iriam realizar as atividades elaboradas como parte da disciplina escolar, não havendo nenhum prejuízo durante as etapas da pesquisa a esses estudantes. Além disso, foi garantido aos estudantes total sigilo de suas identidades na pesquisa (nome, voz e imagem), e que a desistência de participar da pesquisa poderia ocorrer a qualquer momento em que o participante se sentisse de alguma forma em risco. Ao final da explicação foram entregues dois termos, o Termo de Assentimento Esclarecido (TAE) do estudante e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice E) para os responsáveis, uma vez que os alunos matriculados naquela turma eram menores de 18 anos.

A coleta de dados inicialmente planejada possuía a estimativa de participação de 37 alunos, entretanto, para a análise foram utilizados os dados de 12 estudantes, aqueles que efetivamente participaram de todas as etapas. Na Tabela 1 é detalhada a relação de alunos participantes e não participantes desta pesquisa.

Tabela 1 – Relação dos participantes e não participantes da pesquisa.

Descrição	Estudantes
Estudantes Totais	37
Com TAE	32
Com TCLE	27
Participantes (TAE e TCLE)	27
Não Participantes	11
Participantes efetivos da pesquisa	12

Fonte: Autoria própria, 2024.

Apesar de 27 estudantes possuírem os termos requeridos, para essa pesquisa foram utilizados apenas os dados de 12 estudantes, aqueles que possuíam os termos TAE e TCLE assinados corretamente e que participaram integralmente de todas as atividades propostas pela pesquisadora durante a coleta de dados.

Os estudantes que frequentavam a disciplina e que não aderiram à pesquisa participaram da ação ambiental da mesma forma, entretanto seus dados não foram utilizados para essa pesquisa, respeitando seus direitos de não participar.

3.3. Instrumentos de coleta

Coletar dados, de acordo com Yin (2016), implica geralmente na interação com situações da vida real e das pessoas envolvidas nela, onde o pesquisador deve entrar e sair com certa formalidade e com as devidas permissões para coletar os dados necessários para seu estudo. Os dados servem como base para um estudo, e são descritos como coleta de informações organizadas, resultados de experiências, observação, experimentos, e podem consistir em palavras, números, imagens ou observações.

Para a coleta de dados desta pesquisa, os instrumentos utilizados foram questionários, com questões abertas e de múltipla escolha, conduzidos antes e após a realização da ação ambiental, sendo possível analisar o desenvolvimento das concepções dos estudantes; o formulário online, ferramenta eficiente e moderna para a coleta de dados, informações e opiniões dos participantes, que contribuiu nas análises das reflexões dos estudantes a respeito das questões socioambientais e do sistema hidropônico; a audiogravação, um instrumento importante que registrou toda a ação, usado na coleta de dados e como apoio nas interações da pesquisadora com os participantes nas atividades propostas, diminuindo a perda de informações que podem ser valiosas para a pesquisa; assim como o diário de campo, que auxiliou a pesquisadora durante toda pesquisa, instrumento em que foi possível realizar anotações e informações que ajudaram a pesquisadora na análise dos dados coletados.

No Quadro 2 é possível observar os instrumentos utilizados para a coleta de dados e seus respectivos objetivos.

Quadro 2 – Instrumentos para a coleta de dados e seus objetivos.

Instrumento	Objetivos
Questionário prévio	Identificar as concepções prévias dos aspectos qualitativos e quantitativos dos participantes sobre o conceito de soluções químicas.
Formulário online	Coletar informações e opiniões dos participantes, que contribuíram nas análises das reflexões dos estudantes a respeito das questões socioambientais e do sistema hidropônico.
Audiogravação	Obter dados da interação da pesquisadora com os participantes durante o percurso da pesquisa.
Diário de Campo - Pesquisadora	Registrar momentos, perspectivas, considerações, horas e datas, para um maior controle da pesquisadora ao longo do desenvolvimento da pesquisa.
Questionário Avaliativo	Verificar a evolução das perspectivas dos participantes sobre o conceito de soluções químicas.

Fonte: Autoria própria, 2024.

3.4. Percurso metodológico

As atividades desenvolvidas durante a coleta de dados da pesquisa foram organizadas em uma sequência didática de 11 encontros. O planejamento levou em consideração o desenvolvimento completo das atividades propostas com os participantes da pesquisa, assim como a relação das atividades aos objetivos propostos do trabalho, e os instrumentos de coleta de dados a serem utilizados em cada etapa, para um bom aproveitamento das atividades e obtenção do máximo de informações possíveis em cada encontro.

O planejamento das atividades propostas foi dividido em 2 etapas: a primeira etapa correspondeu a preparação das atividades e documentos a serem disponibilizados pela pesquisadora aos participantes. A preparação foi estipulada e realizada entre os dias 25 de fevereiro a 10 de março de 2024. A etapa de preparo está descrita no Quadro 3:

Quadro 3 – Etapa de preparo das atividades da pesquisa.

Preparação	Descrição
Termos de Consentimento	- Preparação e impressão dos termos TAE e TCLE, em duas vias, para todos os estudantes da turma X; - Termos entregues durante o convite da pesquisa.
Questionários	- Preparação dos questionários, prévio e final; - Apresentação e discussão dos questionários no grupo de pesquisa LAPEQUIM ² , grupo do qual a pesquisadora faz parte; - Adequações aos questionários; - Impressão dos questionários prévios e finais, a serem distribuídos aos estudantes da turma X.
Documentário	- Seleção de documentários que abordassem os impactos causados pela agricultura; - Escolha e análise individual do documentário; - Identificação da relevância das questões abordadas no documentário para a pesquisa; - Seleção de minutas relevantes para a pesquisa.
Sistema Hidropônico	- Preparação e compra dos itens necessários para a montagem de um sistema hidropônico.

Fonte: Autoria própria, 2024.

A segunda etapa do planejamento correspondeu às atividades que foram conduzidas com os estudantes participantes e não participantes da pesquisa, durante 11 encontros, realizados entre os dias 12 do mês de março à 12 de abril de 2024. Os encontros foram realizados durante o horário de aula da professora/pesquisadora com os estudantes. O roteiro das atividades desenvolvidas está descrito no Quadro 4.

Quadro 4 – Roteiro de atividades conduzidas ao longo da pesquisa.

(continua)

Encontro	Atividade	Descrição	Objetivo
12/03 1º Encontro Duração: 50 min	Apresentação e Convite formal para participar da pesquisa	- Apresentação do tema da pesquisa e seus objetivos, e esclarecimentos da participação; - Realização do convite formal a turma X, para participar da pesquisa; - Entrega dos Termos TAE e TCLE.	Formalizar a pesquisa, garantindo o cumprimento ético e legal junto aos participantes. Garantir a adesão voluntária e informada dos estudantes a pesquisa.

²LAPEQUIM: Laboratório de Pesquisa em Educação Química, UNIFAL – MG.

Quadro 4 – Roteiro de atividades conduzidas ao longo da pesquisa.

(continuação)

18/03 2° Encontro Duração: 50 min	Questionário Prévio	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação do questionário diagnóstico individual, disponibilizado no Apêndice A. - Instrumento de Coleta de Dados: Questionário Prévio. 	Identificar as concepções prévias dos aspectos qualitativos e quantitativos dos participantes sobre o conceito de soluções químicas.
19/03 3° Encontro Duração: 50 min	Documentário	<ul style="list-style-type: none"> - Transmissão do documentário “Solo Fértil” encontrado na plataforma digital fechada, Netflix. - Instrumento de Coleta: Diário de Campo. 	Introduzir as problemáticas socioambientais envolvidas na prática da agricultura.
21/03 4° Encontro Duração: 1h40min	Montagem do Sistema Hidropônico	<ul style="list-style-type: none"> - Realização da montagem do sistema hidropônico de acordo com as instruções de montagem disponibilizadas nas instruções (Apêndice C). - Preenchimento do formulário online (Apêndice B). - Instrumento de pesquisa: Observação participante, relatos, diário de campo. 	<p>Implantação de um sistema hidropônico como método de plantio.</p> <p>Formulário online com o objetivo de contribuir nas informações coletadas do documentário e do sistema hidropônico.</p>
22/03 5° Encontro Duração: 50min	Roda de Conversa – Documentário e Montagem	<ul style="list-style-type: none"> - Iniciar um diálogo sobre o documentário transmitido no encontro 2 e montagem do sistema hidropônico. - Dialogar e interagir com os estudantes para obter dos participantes da pesquisa suas principais percepções sobre a realização da montagem do sistema hidropônico. - Realizar indagações sobre o tipo de cultivo feito no documentário e as diferenças para o cultivo que irão realizar. - Instrumento para coleta de dados: Audiogravação. 	<p>Verificar as percepções dos estudantes sobre o funcionamento e a utilidade de um sistema hidropônico.</p> <p>E os aspectos socioambientais envolvidos nessa ação.</p>

Quadro 4 – Roteiro de atividades conduzidas ao longo da pesquisa.

(conclusão)

25/03 6° Encontro Duração: 1h 40 min	Solução Nutritiva	<ul style="list-style-type: none"> - Preparação da solução nutritiva para o desenvolvimento das plantas em hidroponia. - Discussões envolvendo conceitos químicos de soluções, entre pesquisadora e estudantes, durante a prática. - Inserção da hortaliça escolhida (alface) no sistema hidropônico. - Para a coleta de dados a audiogravação foi utilizada durante o encontro, além do relato no diário de campo, com a observação participante da pesquisadora. <p>Além disso, foi realizado o registro da hidroponia em imagens.</p>	Analisar a compreensão e o processo de construção dos conhecimentos dos estudantes sobre soluções químicas por meio da prática.
26/03 7° Encontro Duração: 50min	Discussão Sistema Hidropônico	- Discussão, audiogravada, entre pesquisadora e estudantes, sobre o sistema hidropônico, vantagens e desvantagens, como método de plantio e em relação ao meio ambiente e possíveis contribuições ambientais.	Compreender as percepções dos estudantes sobre os impactos ambientais da ação ambiental conduzida.
29/03 8° Encontro Duração: 50 min 05/04 9° Encontro Duração: 50 min 08/04 10° Encontro Duração: 50 min	Observação Desenvolvimento Alface	- Observação do desenvolvimento das sementes e mudas de alface no sistema hidropônico, registradas por imagens.	Observar a funcionalidade do sistema hidropônico no plantio de hortaliças e o desenvolvimento da alface em hidroponia.
12/04 11° Encontro Duração: 50min	Questionário Avaliativo	<ul style="list-style-type: none"> - Finalização da sequência de aulas, pela realização do questionário final (Apêndice D); - Agradecimento pela participação dos estudantes na pesquisa. 	Analisar o processo de construção dos conhecimentos dos estudantes sobre soluções químicas após a ação de educação ambiental com o sistema hidropônico.

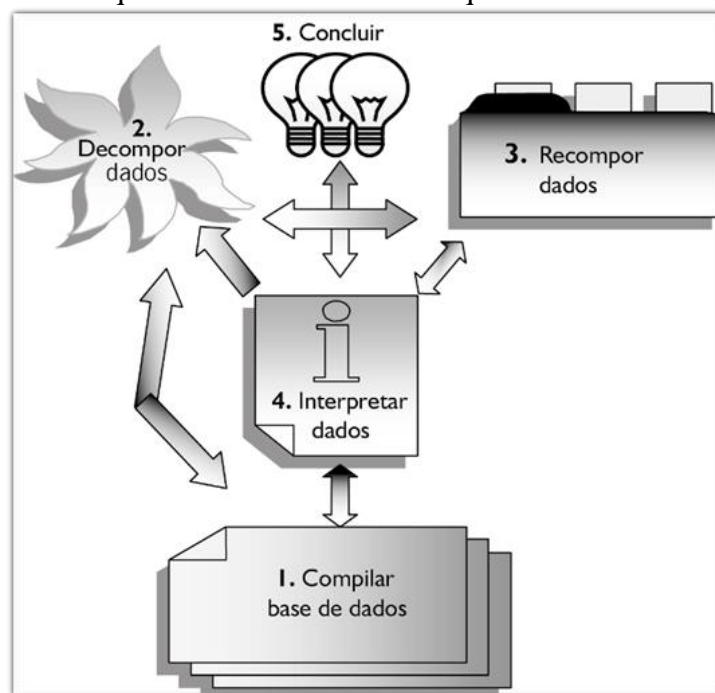
Fonte: Autoria própria, 2024.

Após a realização das atividades constantes no Quadro 4, os dados coletados foram selecionados, organizados e preparados para proceder a etapa seguinte, que correspondeu ao processo de análise e tratamento para os dados obtidos, descrito no tópico a seguir.

3.5. Análise dos dados

A técnica escolhida para a análise e tratamento de dados da pesquisa foi baseada em Yin (2016). A análise consiste em um processo de 5 fases que se organizam entre si, para que a pesquisadora possa extrair o máximo de informações necessárias para sua pesquisa. Na Figura 3, elaborada por Yin (2016), é possível visualizar o ciclo completo com suas 5 etapas a serem seguidas, as setas representando a ordem das etapas, e podendo oscilar entre si, não seguindo uma linearidade.

Figura 3 – Esquema de análise de dados qualitativos de Yin (2016).



Fonte: Yin (2016, p. 200).

A fase 1, etapa inicial, se refere a compilação e classificação das notas de campos, que foram reunidas pela pesquisa. Reunidas as notas, o pesquisador deve então colocá-las em alguma ordem, essa compilação, rotulada, será considerada uma base de dados (Yin, 2016).

Na segunda fase, “decompor dados”, as notas anteriormente compiladas serão fragmentadas em elementos menores. Para isso pode, ou não, se ter a necessidade de novos rótulos ou códigos a esses fragmentos.

Seguindo para a fase 3, a recomposição de dados é utilizada para reorganizar os fragmentos, formando sequências e agrupamentos, talvez não existentes nas notas originais, mas que facilitam a análise e compreensão dos dados coletados. As setas bidirecionais sugerem que as fases podem ser repetidas diversas vezes e de maneira alternada para melhor extração de

informações de seus dados.

Passando para a penúltima fase, Yin (2016) utiliza do material decomposto e recomposto para uma nova narrativa, considerada como interpretação dos dados recompostos, que se tornara a parte analítica fundamental do trabalho, e por fim, a quinta e última fase, considerada a conclusão, que exige a extração de conclusões dos dados tratados anteriormente, relacionado a fase de interpretação e de todas as outras fases do ciclo.

Dessa forma, para orientar a análise de dados que foram obtidos nesta pesquisa qualitativa, foi utilizado o método de análise e tratamento de dados do autor Yin (2016). As etapas realizadas durante a análise pela pesquisadora estão descritas no Quadro 5.

Quadro 5 – Tratamento de Dados da Pesquisa.

(continua)

Etapa	Descrição
1. Compilar Base de Dados	Compilação de todos os dados obtidos, questionários, transcrições das audiogravações, formulários e relatos no diário de campo.
2. Decompor Dados	Os dados reunidos foram decompostos em fragmentos menores, de acordo com alguns dos objetivos propostos na pesquisa, separados em notas de: <ul style="list-style-type: none"> ● Conhecimentos iniciais de soluções químicas; ● Montagem do Sistema Hidropônico; ● Funcionalidade Sistema Hidropônico; ● Percepções socioambientais; ● Desenvolvimento do conceito de soluções químicas; ● Conhecimentos finais de soluções químicas.
3. Recompôr Dados	Os fragmentos decompostos de cada instrumento de pesquisa foram recompostos a sua nova narrativa em comum (de acordo com as notas que receberam), em busca de atender ao seu respectivo objetivo da pesquisa, em que a pesquisadora determinou que seria adequado. Todos os dados foram digitalizados, para serem encaminhados a pastas separadas de acordo com sua recomposição. <ol style="list-style-type: none"> 1) Dados de conhecimentos iniciais de soluções químicas; 2) Dados da montagem do Sistema Hidropônico; 3) Dados da funcionalidade Sistema Hidropônico; 4) Dados das percepções socioambientais; 5) Dados do desenvolvimento do conceito de soluções químicas; 6) Dados dos conhecimentos finais de soluções químicas.

Quadro 5 – Tratamento de Dados da Pesquisa.

(conclusão)

4. Interpretar Dados	<p>Interpretação e análise das recomposições dos dados obtidos em:</p> <p>1) Dados de conhecimentos iniciais de soluções químicas: 1.1 Aspectos Qualitativos, 1.2 Aspectos Quantitativos;</p> <p>2) Dados Sistema Hidropônico como forma de cultivo: 2.1 Dados da Montagem do sistema, 2.2 Dados da funcionalidade Sistema Hidropônico, 2.3 Dados da Solução Nutritiva;</p> <p>3) Dados das percepções socioambientais, 3.1 Dados antes da ação ambiental, 3.2 Dados após ação ambiental.</p> <p>4) Dados do desenvolvimento do conceito de soluções químicas;</p> <p>5) Dados dos conhecimentos finais de soluções químicas.</p>
5. Concluir	<p>Conclusões a partir da análise dos dados interpretados e analisados na etapa 4.</p>

Fonte: Autoria própria, 2025.

Durante o processo de análise e tratamento do *corpus* de pesquisa, os dados passaram em sua totalidade, pelas 5 etapas descritas no Quadro 5. Inicialmente para a compilação dos arquivos, as audiografações foram transcritas com a ajuda da Inteligência Artificial (IA), Gemini, e depois impressas. As respostas do formulário online também foram impressas. A impressão desses dados foi necessária para que a pesquisadora conseguisse prosseguir com os próximos passos da análise. As respostas dos estudantes participantes nos questionários prévio e avaliativo também foram compiladas ao banco de dados, assim como os relatos no diário de campo da pesquisadora. O processo de deixar o banco de dados físico, ajudou na decomposição dos dados, próxima etapa da análise.

Na segunda etapa, o *corpus* de pesquisa foi decomposto em notas com palavras que se relacionassem diretamente a algum dos objetivos, sendo descritas na etapa 2 do Quadro 5. Dando continuidade à análise, os fragmentos de cada instrumento da coleta, agora são recompostos em novos blocos de acordo com a nota descritiva da pesquisadora, e realocados em ordem de acordo com os objetivos específicos desta pesquisa.

Ao interpretar os dados, etapa 4, novas decomposições foram feitas, assim como sugerido por Yin (2016), as etapas podem ser repetidas e de maneira alternada para melhor extração de informações de seus dados, dessa forma os dados recompostos em 1) Dados de conhecimentos iniciais de soluções químicas, foram novamente decompostos em 1.1 Aspectos Qualitativos, 1.2 Aspectos Quantitativos. Os dados em 2) Dados Sistema Hidropônico como forma de cultivo, também foram decompostos em 2.1 Dados da Montagem do sistema, 2.2 Dados da funcionalidade Sistema Hidropônico, 2.3 Dados da Solução Nutritiva, a nova decomposição também foi necessária em 3) Dados das percepções socioambientais, onde os

dados foram recompostos em outros dois blocos, 3.1 Dados antes da ação ambiental, 3.2 Dados após ação ambiental. As duas últimas recomposições não necessitam de novas decomposições, sendo elas 4) Dados do desenvolvimento do conceito de soluções químicas e 5) Dados dos conhecimentos finais de soluções químicas.

A análise do *corpus* de pesquisa, seguiu as etapas seguintes onde realizou-se a interpretação e conclusão dos dados. Os resultados, utilizando esse método de análise, serão discutidos no tópico a seguir.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados e discutidos os resultados obtidos da pesquisa, a fim de alcançar o objetivo geral de compreender as concepções dos estudantes sobre aspectos conceituais e socioambientais envolvendo o conteúdo de soluções químicas, por meio da implantação de um sistema hidropônico como ação de educação ambiental.

Para isso os resultados foram divididos em 4 tópicos, buscando analisar dados que correspondam a cada objetivo específico proposto na pesquisa. O primeiro, denominado como “conhecimentos iniciais dos participantes sobre soluções químicas em seu cotidiano e aspectos científicos”, buscou identificar os conhecimentos prévios dos participantes sobre aspectos qualitativos e quantitativos das soluções químicas, abordadas no questionário diagnóstico. No segundo, “Sistema hidropônico como forma de cultivo”, são apresentadas as análises envolvendo todo o processo do sistema hidropônico, a fim de identificar as percepções dos estudantes sobre o funcionamento e a utilidade de um sistema hidropônico. O terceiro tópico, “Aspectos Socioambientais”, apresenta e discute os dados vinculados às discussões socioambientais, no intuito de compreender as percepções dos estudantes sobre os impactos ambientais da ação ambiental conduzida. Por fim, com o objetivo de analisar o processo de construção dos conhecimentos dos estudantes sobre soluções químicas após a ação de educação ambiental com o sistema hidropônico, o último tópico, “Processo de compreensão e conhecimento finais das soluções químicas”, analisa os dados obtidos pelo questionário final, e reflexões pertinentes da pesquisa conduzida.

4.1. Conhecimentos iniciais dos participantes sobre soluções químicas em seu cotidiano e aspectos científicos

De acordo com Ausubel (2003), os conhecimentos prévios de um estudante, ou seja, conceitos, fatos e ideias que o aluno já sabe sobre determinada temática são fundamentais, uma vez que se constituem como determinantes no processo de aprendizagem. Segundo Hadinugrahaningsih *et al.* (2020), atualmente, os alunos trazem para as aulas de ciências certas ideias e noções que estão bem estabelecidas em suas formas de pensar, mas que são inconsistentes com as ideias de professores e cientistas. Essas interpretações são chamadas de concepções errôneas ou concepções alternativas (maneira mais adequada desta definição) e influenciam como os alunos aprendem novos conhecimentos científicos, além de desempenhar um papel essencial na aprendizagem subsequente.

Uma maneira de identificar concepções alternativas dos alunos são os questionários diagnósticos. O uso desses testes pode ajudar os professores a determinar os equívocos envolvidos na compreensão de conceitos teóricos, podendo assim promover mediações mais concisas nos pontos frequentemente confundidos pelos estudantes (Pratiwi *et al.*, 2023). Para Pratiwi *et al.* (2023), os testes diagnósticos são muito úteis para identificar as dificuldades de aprendizagem enfrentadas pelos alunos, incluindo erros de compreensão de conceitos. Os testes diagnósticos têm duas funções principais, a saber, identificar problemas ou dificuldades experimentadas pelos alunos e planejar o acompanhamento na forma de esforços de solução de acordo com os problemas ou dificuldades que foram identificados (Pratiwi *et al.*, 2023). A identificação de concepções alternativas dos alunos é um primeiro passo muito importante para descobrir a compreensão dos conceitos dos alunos na aprendizagem.

Para criar um ambiente propício ao aprendizado, é essencial estabelecer um diálogo autêntico que reconheça os conhecimentos prévios dos alunos e suas preocupações com relação ao tema em estudo. Isso permite determinar o ponto de partida do conhecimento que eles já possuem, adaptando o ensino das ciências para promover o desenvolvimento humano a partir da compreensão científica dos fatos, contextualizados historicamente e socialmente (Ausubel, 2003).

Para a análise dos conhecimentos prévios dos estudantes participantes da pesquisa sobre os aspectos qualitativos e quantitativos das soluções químicas, um questionário diagnóstico (Apêndice A) foi utilizado para a coleta de dados na busca do entendimento dos estudantes sobre o tema. Durante o percurso da análise e apresentação dos dados, os estudantes participantes estão representados pelos códigos P1 a P12, como meio de preservar sua identidade.

A discussão a seguir foi dividida em dois subtópicos, referentes a análise dos conhecimentos prévios qualitativos e a análise dos conhecimentos prévios quantitativos dos estudantes, sobre o conteúdo de soluções químicas.

4.1.1. Aspectos qualitativos

Os aspectos qualitativos, no ensino e aprendizagem em ciências da natureza, referem-se às características observáveis de uma substância ou sistema, propriedades físicas e químicas que podem ser percebidas através dos sentidos, e que não podem ser quantificadas numericamente (Carmo; Marcondes, 2008).

A primeira questão do questionário diagnóstico buscou identificar o que os estudantes

entendem como soluções presentes em seu cotidiano. Dessa forma foi questionado qual seria o contato deles com as soluções no dia a dia, solicitando exemplos dessas situações. Nesta pergunta, os estudantes ficaram livres para citar quantos exemplos quisessem. A partir do levantamento dos dados coletados, foi elaborada uma nuvem de palavras com os exemplos mencionados pelos estudantes (Figura 4). Na nuvem, as palavras em maior evidência são os exemplos mais frequentes citados entre eles, e as palavras em menor evidência se referem aos exemplos com menor frequência de citação.

Figura 4 – Nuvem de Palavras com situações de soluções citadas pelos estudantes em seu cotidiano.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Dentre as observações referentes aos exemplos mencionados pelos participantes, pode-se verificar que todos conseguiram citar exemplos de mais de um tipo de situação que consideram como soluções em seu cotidiano. Apesar de a maioria dos exemplos apresentados estarem em estado de agregação físico correspondente a líquido, ainda é possível observar exemplos como o de ar atmosférico, bolo, sabão em pó e medicamentos. É importante ressaltar que os exemplos são situações que os estudantes percebem como soluções em seu dia a dia, e nessa etapa não foram consideradas definições científicas para as situações destacadas.

A quantidade de exemplos de soluções que os 12 participantes indicaram na questão sugerem a importância de um ensino contextualizado, a maioria dos participantes citou mais de um exemplo, demonstrando conhecimento de soluções presentes em seu dia a dia. Segundo Oliva (2019), o ensino deve proporcionar aos alunos uma conexão entre os conteúdos discutidos em sala de aula e as situações de seu cotidiano, favorecendo uma compreensão mais ampla do

mundo ao seu redor e promovendo uma aprendizagem com significado. A leitura de textos e atividades contextualizadas, defendida por Mortimer (2000), podem auxiliar na compreensão dos conceitos, como uma possibilidade de tornar a linguagem química mais compreensível.

Apesar dos exemplos de soluções na questão 1, as respostas à questão seguinte demonstraram certa dificuldade em definições científicas pelos estudantes. Na questão 2 foi perguntado se as soluções dadas como exemplos por eles eram também soluções químicas. Para essa análise, é importante destacar que a definição de soluções químicas adotada é a descrita por Brown (2016), que define soluções como misturas homogêneas compostas por um solvente e um soluto e que podem estar nos três estados físicos da matéria, sólido, líquido ou gasoso. As respostas obtidas estão descritas no Quadro 6, assim como suas justificativas. Os trechos em destaque nas respostas correspondem às unidades de registro.

Quadro 6 – Questionário diagnóstico, questão 2: Entendimento de soluções cotidianas como Soluções Químicas.

<i>“Não, porque não tem reação química” (P1)</i>
<i>“Sim, pois eu acho que algumas delas possuem cargas elétricas como o vinagre que é um tipo de ácido” (P2)</i>
<i>“Sim, pois são produtos fortes, como ácidos e bases” (P3)</i>
<i>“Sim, porque existe uma mistura de substâncias” (P4)</i>
<i>“Algumas sim, pois alguns exemplos são misturas de elementos” (P5)</i>
<i>“Sim” (P6)</i>
<i>“Sim, eu acho que o soro fisiológico e a água sanitária são soluções químicas, assim como a gasolina e o esmalte” (P7)</i>
<i>“Acetona, porque eu acho que é uma substância forte” (P8)</i>
<i>“Sim, uma solução química ocorre quando uma ou mais substâncias são dissolvidas em outra” (P9)</i>
<i>“Sim, apenas a gasolina” (P10)</i>
<i>“Sim, soluções químicas são aquelas misturas em que o produto solúvel se dissolve completamente no líquido, tornando-se homogêneo” (P11)</i>
<i>“Considero que o álcool e a água oxigenada são soluções químicas” (P12)</i>

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A maioria dos estudantes conseguiram apresentar exemplos considerados assertivos

cientificamente de soluções, mas quando questionados sobre a relação desses exemplos às soluções químicas, foram observadas falhas na explicação, pois os estudantes não conseguiram justificar de maneira clara o motivo de seus exemplos serem de fato soluções químicas ou não. P7, P10 e P12 apontam que os exemplos mencionados por eles tratam de soluções químicas, P7 indica que o soro fisiológico e a água sanitária, assim como a gasolina e o esmalte, são soluções químicas, P10 concorda que a gasolina seria uma solução química e P12 responde que considera o álcool e a água oxigenada como soluções químicas, entretanto nenhum justifica a relação dos exemplos as soluções químicas, como proposto na questão, apenas reforçam com o exemplo já citado por eles na questão 1.

P2 e P3 tentam justificar levando em consideração o conteúdo das teorias ácidos e bases, matéria de química abordada pela professora durante o bimestre que ocorreu a pesquisa, associando a explicação dada em sala de certa forma a pesquisa das soluções químicas.

O estudante P1 foi o único que afirmou que as soluções exemplificadas por ele não seriam soluções químicas, justificando não haver reação química nos exemplos, apesar de ele não ter deixado claro seu raciocínio para essa afirmação.

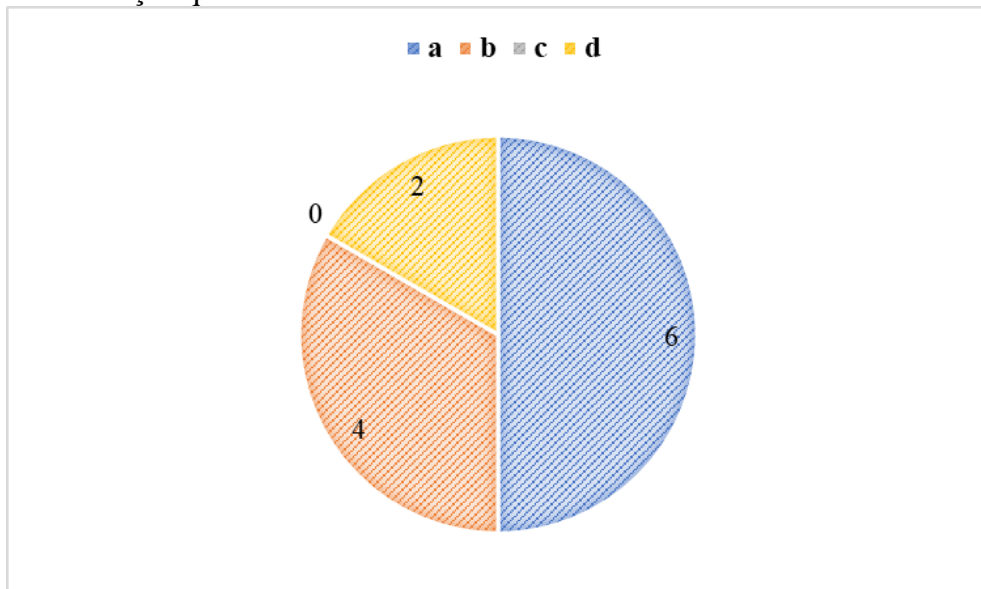
As justificativas apresentadas não foram aprofundadas de modo suficiente para se obter uma conclusão da perspectiva do estudante, demonstrando uma dificuldade do aluno em entender o seu próprio raciocínio, de conseguir expressar o motivo do exemplo que ele citou, e de definição científica. As respostas trazem ideias de senso comum, como as justificadas por P4 e P5, que relacionam soluções a tipos de misturas, mas não conseguem especificar quais tipos, ou se abrangem todos os tipos de misturas, dificultando a análise de sua resposta.

Percebe-se que, apesar de termos importantes para soluções químicas, como misturas, os estudantes não demonstraram conhecimento químico sobre o conteúdo de soluções, o que é compreensível, uma vez que eles, naquele período, ainda não tinham contato teórico com o conteúdo. De acordo com Niezer *et al.* (2016), apesar de aplicações tão importantes das soluções nas atividades diárias do ser humano, estabelecer conceitos de soluções, utilizando termos químicos, torna-se uma tarefa difícil aos estudantes. Nessa perspectiva, as concepções dos estudantes não são vistas como incorretas, pois refletem o entendimento do tema com base em suas vivências. Contudo, o que se destacou para a pesquisadora foi a fragilidade ou a carência de argumentação presente nas justificativas apresentadas pelos alunos.

Apesar das dificuldades, ainda é possível observar que os estudantes P9 e P11 conseguiram justificar seus exemplos de soluções, com uma explicação que se aproxima da definição científica para soluções químicas adotada pela pesquisadora.

A questão 3 apresentou um conjunto de situações envolvendo preparações de substâncias distintas. Os estudantes foram questionados sobre qual situação sublinhada representaria uma solução química. As opções para a questão foram: a) Uma estudante, ao preparar um suco para o almoço, seguiu as instruções do rótulo e adicionou 18g de pó de suco em 1 litro de água, dissolvendo completamente, b) Um estudante, para conferir a densidade de certo material adicional em um béquer, misturou 50 mL de água e 50 mL de óleo, observando assim que o óleo flutua sobre a água, c) Uma mulher, que suspeita estar grávida, realizou um exame de sangue. A enfermeira coletou 5 mL de seu sangue, para que o teste fosse realizado e d) Um cientista, para sua nova pesquisa, precisou separar 10 L de gás oxigênio puro. As respostas dos participantes são apresentadas no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Questionário diagnóstico, questão 3: Entendimento de uma situação de preparação de solução química.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

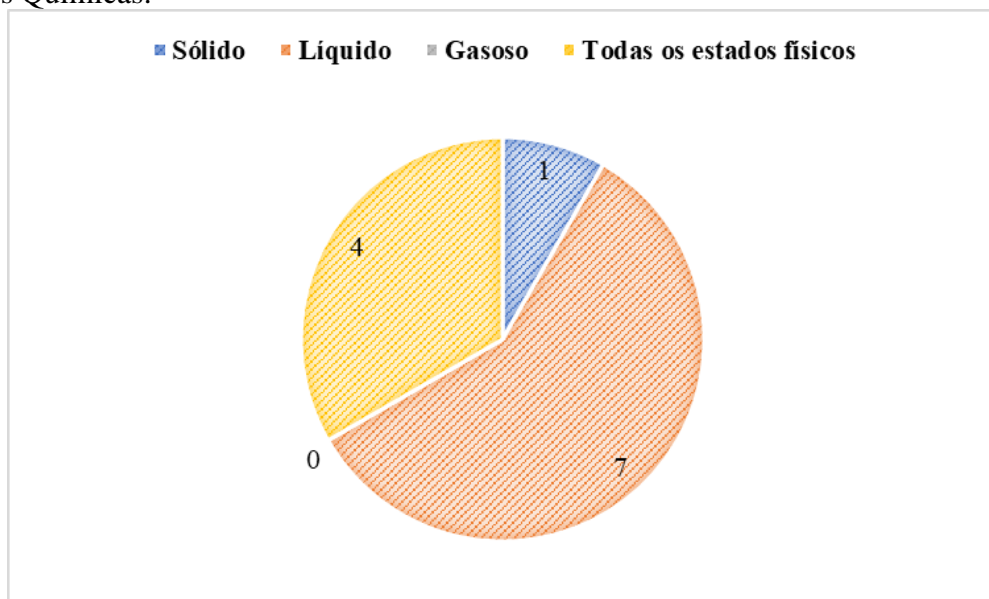
Na questão 2, analisada anteriormente, apenas dois participantes conseguiram, de modo claro, justificar o que consideravam como uma solução química. Entretanto, na questão 3, que apresentou opções que descreviam situações que poderiam ou não serem soluções químicas, 6 estudantes identificaram a situação que se tratava de uma solução química, definida na letra a, enquanto 4 associaram misturas heterogêneas de dois líquidos a um tipo de solução química, descrita na alternativa b.

Os participantes P6 e P12 consideraram uma substância pura como um tipo de solução. Além disso, novamente percebe-se a associação dos estudantes P2, P4, P5 e P10 em relacionar soluções químicas ao estado físico líquido da matéria.

É possível notar que, ao disponibilizar exemplos de preparo de soluções, os dados sugerem que estudantes conseguiram identificar com mais facilidade. Segundo Alves (2019), a exemplificação contextualizada da narrativa favorece o desenvolvimento da compreensão e interpretação do estudante quanto a questão abordada, dessa forma demonstrando que, apesar da falha em produzir uma definição científica, ou expressar seus conhecimentos em justificativas, conseguem reconhecer definições e exemplificações de soluções químicas em distintas situações.

Na questão 4 do questionário diagnóstico, novamente foi possível observar a indicação das soluções químicas como sendo líquidas, constatada na maioria dos exemplos dados pelos estudantes na questão 1 e, agora, observada quando se é questionado diretamente sobre qual estado físico as soluções químicas se encontram. O levantamento das respostas dos 12 participantes da pesquisa é apresentado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Questionário diagnóstico, questão 4: Entendimento do estado físico das Soluções Químicas.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

É possível observar que 7 dos 12 participantes da pesquisa relacionam soluções químicas ao estado físico líquido da matéria, enquanto apenas 4 responderam que as soluções químicas estão presentes em todos os estados físicos. Dentre os 4 estudantes que responderam essa opção, apenas 2 trouxeram exemplos não líquidos: P9 cita medicamentos e P12 o ar atmosférico como tipos de soluções. Apesar de P1 escolher a alternativa sólidos como estado físico das soluções químicas, todos os seus exemplos de soluções cotidianas se tratavam de líquidos.

Outras pesquisas como a de Niezer *et al.* (2016) e Carmo e Marcondes (2008), também identificam um conceito prévio de soluções como líquidas em suas avaliações diagnósticas, entretanto, não se aprofundam em uma justificativa da associação, mas apresentam a melhora dessa percepção durante as atividades do estudo. Carmo e Marcondes (2008), por exemplo, relatam que as atividades motivaram a percepção de que nem toda solução exige a participação de um líquido, ideia que foi manifestada previamente por 65,3% dos alunos de sua pesquisa.

No estudo de Echeverría (1993), ao abordar a importância química e educacional do conceito de soluções químicas, ela define as soluções como misturas homogêneas em diferentes estados físicos, sólido, líquido e gasoso. Apesar disso, destaca a importância das soluções químicas líquidas em relação aos demais estados, devido a sua frequência na natureza, na indústria, no nosso organismo e no cotidiano das pessoas.

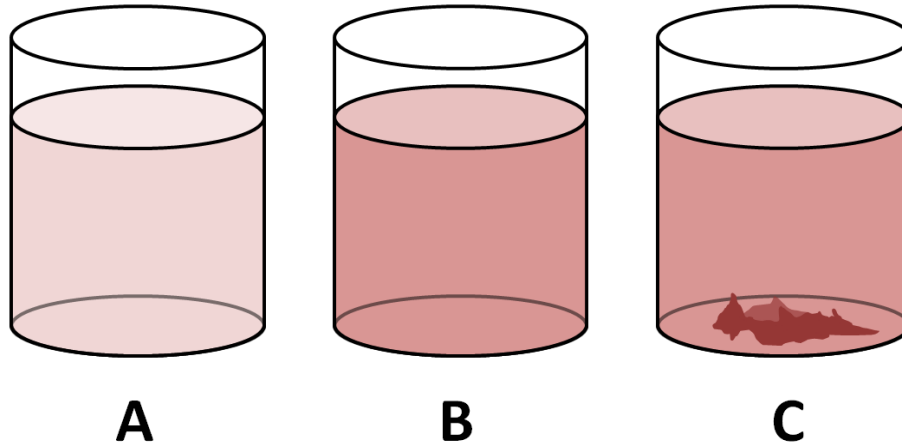
No livro de Brown (2016), logo no início de sua explicação sobre as propriedades das soluções, é relatado o pensamento comum da associação de soluções à líquidos, como os exemplos de soluções como da água e sal, devido sua recorrência na vida cotidiana.

A ideia de soluções associadas ao estado líquido também é abordada por Ferreira (2015), em que a autora relata estudos que demonstram a não compreensão dos estudantes quanto ao estado de agregação das moléculas envolvendo o ensino soluções químicas. A autora destaca a associação ao termo soluto a um sólido, enquanto o solvente seria um líquido. Esse tipo de resposta é descrito como influenciável pelos aspectos observáveis e pelas experiências no cotidiano.

Dessa forma, a questão discutida pode sugerir que um dos motivos de os estudantes frequentemente vincularem o termo "soluções químicas" a líquidos deve-se ao fato de que a maioria das soluções químicas com as quais eles interagem na escola e fora dela são, de fato, líquidos. Na educação básica e no ensino médio, é comum realizar experimentos e aprender sobre soluções aquosas, como sal dissolvido em água ou ácidos diluídos. Esses exemplos práticos, geralmente na forma líquida, podem levar os estudantes a associarem as soluções químicas apenas a líquidos. Essa questão sugere a necessidade de exemplos no ensino das soluções químicas em diferentes estados de agregação das moléculas, sólido, líquido e gasoso.

A questão 5 solicitou aos estudantes que observassem uma imagem ilustrativa (Figura 5), na qual se representou três sistemas de soluções com concentrações distintas, podendo ser classificadas em insaturada, saturada ou supersaturada. A questão solicitou que os estudantes, analisassem as imagens das soluções e associassem os sistemas aos termos saturada, insaturada e supersaturada.

Figura 5 – Representação de solução insaturada, saturada e supersaturada.



Fonte: Wikipedia, Supersaturação.

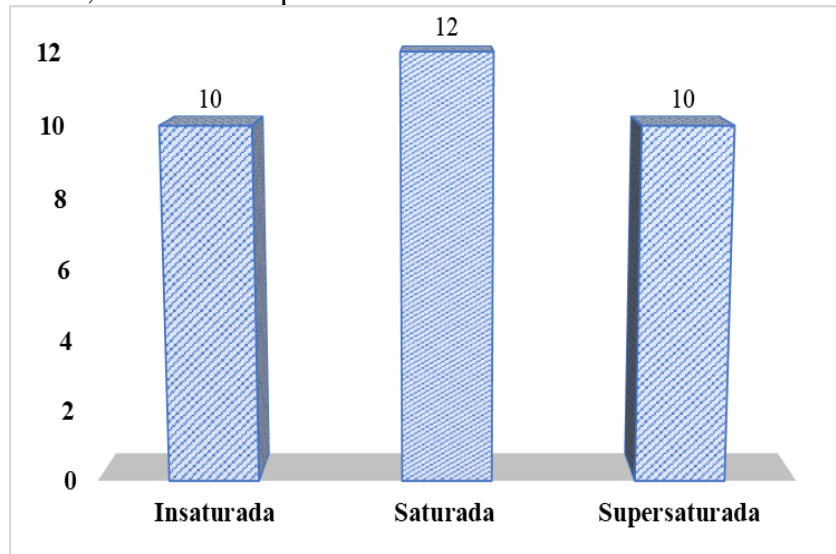
Acesso em: (https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Verzadigingsgraad_oplossingen.png)

Na Ilustração A, a solução do sistema possui uma coloração mais clara que as demais, representando uma solução insaturada. A Ilustração B, solução intermediária, com a coloração mais forte que de A, representando uma solução saturada, e Ilustração C, solução com a mesma coloração de B, mas com corpo de fundo, representando uma solução supersaturada.

É importante ressaltar que, ao aplicar o questionário, a representação C foi caracterizada como uma solução supersaturada, entretanto essa definição torna-se equivocada nessa perspectiva, uma vez que uma solução supersaturada não seria representada com a formação de um precipitado. De acordo com Brown (2016) uma solução supersaturada contém mais soluto dissolvido do que o limite de sua solubilidade a uma dada temperatura, sendo, portanto, instável. Para criá-la, é comum aquecer uma solução saturada para dissolver mais soluto e depois resfriá-la lentamente sem agitar, mantendo o excesso dissolvido em suspensão, qualquer perturbação faz com que o excesso cristalize rapidamente.

Dessa maneira, a figura C estaria representando uma solução saturada com corpo de fundo. Apesar desse equívoco por parte da pesquisadora, os estudantes conseguiram associar as figuras ao que seria mais aceitável como definição, de acordo com o que foi disponibilizados a eles nesse questionário. Tomando como concepção alternativa que a representação na figura C, nesse âmbito, estaria representando uma solução supersaturada, no Gráfico 3 é possível notar que a maioria dos estudantes conseguiu associar os termos da ilustração de acordo com a explicação científica adequada para esse evento.

Gráfico 3 – Questionário diagnóstico, questão 5: Entendimento dos conceitos de soluções insaturadas, saturadas e supersaturadas.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Os dados obtidos da questão 5 demonstraram que 10 estudantes conseguiram associar os três termos, saturada, insaturada e supersaturada, às ilustrações disponibilizadas na questão. Dois estudantes trocaram os termos insaturada e supersaturada entre as soluções A e C, mas associaram adequadamente para a ilustração da solução saturada.

As ilustrações e representações químicas por imagens apresentam uma maior eficiência no caráter intuitivo comparando-se à linguagem verbal ou escrita, sendo consideradas mais universais em relação às linguagens verbais e sonoras. Dessa forma, a utilização de ilustrações e imagem pode ser útil como um recurso didático, facilitando a aprendizagem dos estudantes (Gibin e Ferreira, 2013).

Em seus estudos, Niezer (2012) percebe que a utilização de figuras ilustrativas ou ferramentas que trabalhem o sentido da visão dos estudantes, ou que se relacionam de alguma maneira ao seu cotidiano trazendo questões contextualizadas, facilita a interpretação do aluno diante das questões abordadas, o que foi possível perceber ao comparar a quantidade de acertos da questão 5 em relação às demais analisadas até o momento.

A questão 6 teve o objetivo de abordar, por meio de um caso fictício, os conceitos de soluções envolvidos em uma atividade agrícola, para desse modo se obter mais informações sobre a compreensão dos estudantes. Nessa questão, um agricultor deveria dissolver um produto agrotóxico em pó na água para utilizar em sua produção de verduras. A partir disso foi questionado aos participantes da pesquisa, no item a) da questão, qual seria o soluto e o solvente na situação apresentada.

De acordo com a definição adotada por Brown (2016), soluto é a substância que será dissolvida e que está em menor quantidade, enquanto o solvente é substância que irá dissolver o soluto, e está em maior quantidade na solução.

Todos os participantes associaram corretamente os termos científicos aos reagentes utilizados no caso fictício e, em seguida, no item b), buscaram apresentar explicações científicas para esses conceitos constantes no Quadro 7. Os trechos destacados nas respostas correspondem às unidades de análise.

Quadro 7 – Questionário diagnóstico, questão 6b: Entendimento sobre o conceito de soluto e solvente.

<i>“Soluto é algo que vai se dissolver, solvente é aonde o soluto vai dissolver”</i> (P1)
<i>“Solvente equivale a um líquido para diluir ou fazer uma mistura. Soluto equivale a algum tipo de pó”</i> (P3)
<i>“Soluto é a substância que está sendo dissolvida em uma solução. Solvente é a substância na qual o soluto está sendo dissolvido”</i> (P4)
<i>“Soluto é um produto que se dissolve em um solvente, ex: suco em pó. Solvente é um produto utilizado para dissolver o soluto, ex: água”</i> (P5)
<i>“Soluto é o dissolvido e solvente é o que dissolve”</i> (P6)
<i>“Soluto é a substância que sera dissolvida e o solvente é toda substância que irá realizar a dissolução”</i> (P7)
<i>“Soluto é o produto a ser dissolvido, solvente é o que irá dissolver o soluto”</i> (P8)
<i>“Soluto sempre vai ser a substância que menor quantidade que irá se dissolver no solvente”</i> (P9)
<i>“Soluto é o que vai ser dissolvido e solvente o líquido que vai dissolver o soluto”</i> (P10)
<i>“Soluto: substância dissolvida. Solvente: substância que dissolve”</i> (P12)

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Pode-se observar que todos os participantes que se propuseram a responder à questão se aproximaram da definição científica dos termos soluto e solvente, descritos acima. Ao apresentar um caso fictício, contextualizando a pergunta científica à realidade deles, os resultados sugerem que os estudantes conseguiram compreender e interpretar a questão envolvida.

Essa percepção se aproxima do trabalho de Oliva (2019), que desenvolveu uma proposta pedagógica para o ensino de soluções químicas de maneira contextualizada e percebeu que o conteúdo contextualizado a temas, como o de poluição das águas, contribuem para o

aprendizado do aluno, aumentando o interesse e conhecimento crítico do estudante.

A questão não se caracterizou como um estudo de caso em que, segundo Sá *et al.* (2007), o aluno é incentivado a se familiarizar com personagens e circunstâncias mencionados em um caso, de modo a compreender os fatos, valores e contextos nele presentes com o intuito de solucioná-lo, mas o texto da questão foi planejado com a intenção de instigar os estudantes a interpretações mais precisas da questão envolvida, ao trazer de forma breve e sutil.

Um dos principais pontos a se destacar no que tange aos aspectos qualitativos desse questionário foi a dificuldade dos estudantes em apresentarem argumentações. Segundo Sá e Queiroz (2007), argumentar é uma atividade que envolve a interação social e intelectual, realizada através da expressão verbal, com o propósito de justificar ou contestar uma opinião. Essa dificuldade, é apontada na pesquisa, em que as justificativas se apresentam como conhecimentos básicos, escassos e que necessitam ser aprofundados, para que os estudantes desenvolvam sua argumentação (Sá; Queiroz, 2007).

No ensino é observado grandes deficiências na expressão escrita dos estudantes, sendo necessário estratégias para alcançar avanços significativos na aprendizagem através da redação de textos (Obaya; Osorio; Vargas, 2020). Ainda segundo o autor, uma vez que os processos de ensino e aprendizagem relacionam diretamente a tarefa de escrever com a construção e disseminação do conhecimento, é essencial que esta seja realizada nas salas de aula de forma a desenvolver as habilidades reflexivas dos estudantes. O desenvolvimento da argumentação escrita deve ser diariamente trabalhado em atividades que abordam desde o casual até a escrita formal, como notas, relatórios, anotações, formas de desenvolver a organização dos pensamentos críticos dos estudantes (Obaya; Osorio; Vargas, 2020).

A partir da discussão dos dados coletados referentes aos conhecimentos prévios dos estudantes sobre os aspectos qualitativos das soluções químicas, percebe-se que os alunos possuem boa interpretação e associação de exemplos e/ou situações que se relacionam a soluções químicas, um bom rendimento nas questões fechadas disponibilizadas, entretanto, é observado uma notável dificuldade dos estudantes em produzir definições científicas e expressar seus conhecimentos nas questões abertas, dado as respostas que possuíam justificativas rasas, com uma escassez clara de argumentação, indicando a necessidade de se trabalhar esse aspecto em específico.

4.1.2. Aspectos quantitativos

Os aspectos quantitativos, no ensino e aprendizagem em ciências da natureza, se referem

às propriedades mensuráveis e numéricas de uma substância ou sistema, envolvendo a medição de valores, proporções e relações matemáticas, e que permitem a aplicação de cálculos e fórmulas para determinar quantidades (Carmo; Marcondes, 2008).

Para a análise dos conhecimentos prévios quanto aos aspectos quantitativos do conteúdo de soluções químicas, foi apresentado aos estudantes um caso fictício (questão 6). O caso descrevia um agricultor que preparava um tipo de agrotóxico para suas verduras. O rótulo do produto indicava, como modo de uso, que a cada 50 gramas de soluto eram necessários utilizar 1 litro de solvente, no caso a água.

Disponibilizadas essas informações, os estudantes, no item c) da questão, deveriam calcular, em um primeiro momento, a quantidade de soluto, em gramas, que deveria ser utilizada para 1000 litros de solvente. A resposta correta para o caso corresponde a 50.000 gramas.

Nove participantes apresentaram somente a resposta, sem descrever os cálculos envolvidos. As respostas estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Questionário diagnóstico, questão 6c: Respostas quantitativas.

Participante	Resposta questão 6, item c
P1	50.000g ou 50Kg
P2	-
P3	50.000g
P4	50Kg
P5	50.000
P6	500 gramas
P7	50.000 litros
P8	50 Kilos
P9	50.000g
P10	50 mil gramas
P11	50,000g
P12	50.000

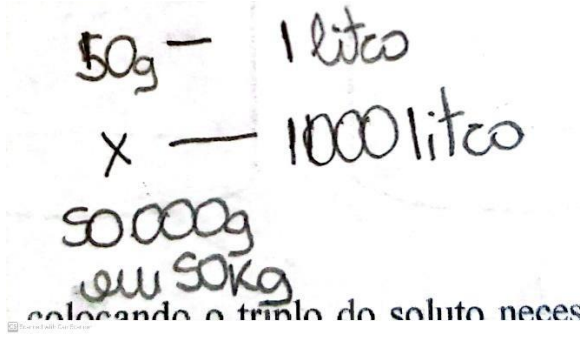
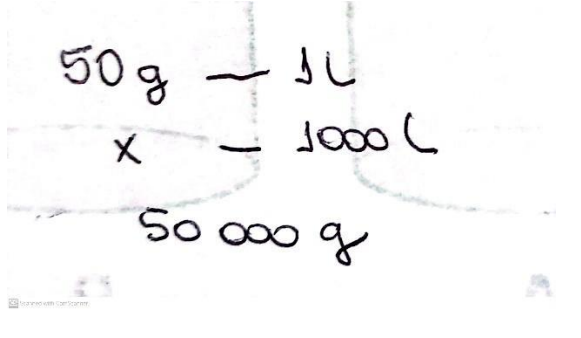
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Dentre as respostas acima, cinco apresentaram a resposta com a unidade solicitada na questão, sendo elas de P1, P3, P9, P10 e P11. Apesar de a questão solicitar a medida do soluto em gramas, P4 e P8 as apresentaram em quilogramas. P5 e P12 não utilizaram em sua resposta uma unidade de medida e P7 indicou a unidade de medida incorreta para o soluto, utilizando unidade de volume, que no caso seria a unidade do solvente. P6 se equivocou no cálculo, apesar

de a unidade de medida apresentada estar correta. E um participante, P2, não apresentou cálculos nem resposta para a questão.

Apenas dois estudantes apresentaram o cálculo para identificar o valor da resposta, P1 e P9, conforme a Figura 6.

Figura 6 – Questionário diagnóstico, questão 6: Resoluções quantitativas de soluções químicas 1.

6a. Resposta de P1	6b. Resposta de P9
 <p>50g — 1 litro x — 10000 litros 50000g ou 50kg colocando o triplo do soluto neces:</p>	 <p>50g — 1L x — 1000L 50000g</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

O questionário diagnóstico, diante das respostas dos participantes com relação aos aspectos quantitativos de soluções químicas, evidenciou certo desinteresse dos estudantes em realizar os cálculos requeridos. A partir das respostas é notável que apenas 5 participantes apresentaram a resposta adequada, levando em consideração a unidade de medida solicitada na questão. Entretanto, somente 2 expressaram os cálculos realizados para essa conclusão. Diante disso, não foi possível observar o raciocínio utilizado pelos demais na resolução da questão.

De acordo com Ferreira (2015), dentro dos aspectos quantitativos, a maioria dos estudantes não compreendem muito bem os cálculos, como concentração e diluição de soluções, tendo dificuldade clara em operacionalizar variáveis, e essa dificuldade nas ciências exatas pode gerar o desinteresse dos estudantes. Dessa maneira, essa percepção faz com que professores priorizem mais os aspectos quantitativos de soluções químicas, em detrimento dos aspectos qualitativos (Ferreira, 2015).

Segundo Niezer (2016), a ênfase nos cálculos e na aplicação de fórmulas se torna um fator que contribui para a desconexão entre o conhecimento científico e as atividades diárias dos alunos, o que, em muitos casos, acaba resultando em dificuldades na aprendizagem dos conceitos.

Alves (2019) também percebe que muitos estudantes apresentam dificuldades de aprendizagem com relação a soluções de problemas quantitativos, que exigem do estudante o estabelecimento de relações estequiométricas, e destaca que a abordagem tradicional dos

conteúdos costuma priorizar os aspectos quantitativos, focando na memorização de regras e fórmulas. Isso faz com que os estudantes deem mais importância às suas pontuações nas provas, podendo fazer com que não estabeleçam conexões com as aplicações dos conceitos em sua vida cotidiana.

Essa discussão torna-se mais evidente diante das respostas obtidas com a questão 6, item d), em que 7 estudantes deixaram em branco a resposta para a questão. Os participantes P5, P8 e P12 apresentaram respectivamente as respostas: 150.000g, 150kg e 150.000 sem a apresentação dos cálculos e, novamente, apenas dois estudantes responderam demonstrando o cálculo da questão, conforme mostra a Figura 7.

Figura 7 – Questionário diagnóstico, questão 6, item d: Resoluções quantitativas de soluções químicas 2.

<p>7a – Resposta de P1</p> $\begin{array}{r} 50.000 \\ \times 3 \\ \hline 150.000 \text{ g Total} \end{array}$ $\begin{array}{r} 150.000 \\ - 50.000 \\ \hline 100.000 \text{ g a mais} \\ \text{ou } 100 \text{ kg} \end{array}$
<p>7b – Resposta de P9</p> $\begin{array}{r} 50.000 \\ \times 3 \\ \hline 150.000 \text{ g} \end{array}$

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Dentre as respostas obtidas apenas uma foi apresentada corretamente, ressaltando que a maioria dos estudantes tinham pouco conhecimento do conteúdo. Além disso, é notada uma falha de interpretação do exercício, dado que a maioria dos estudantes apresentam a resposta para o triplo de soluto necessário, mas não identificam a quantidade em excesso utilizada.

Diante da análise das respostas e estudos apresentados ao longo da discussão, é perceptível que os estudantes, além de demonstrarem uma dificuldade ao se depararem com situações quantitativas, também se tornam mais desinteressados em tentar apresentar as resoluções desses problemas, muitas vezes optando em manter a questão simplesmente em branco.

Sendo assim, diante das respostas obtidas pelos estudantes da pesquisa, nota-se a necessidade de maneiras mais efetivas na construção de aprendizagem dos aspectos quantitativos de soluções químicas, que tente motivá-los a se engajar ativamente na resolução de problemas e a desenvolver habilidades quantitativas. E isso pode ser alcançado através de estratégias pedagógicas que incentivem a prática frequente, como exercícios práticos, problemas contextualizados e aplicações do dia a dia (Niezer, 2016).

Em suma, diante da análise do questionário diagnóstico, pode-se notar um maior entendimento dos estudantes quanto às questões qualitativas de soluções químicas. Os próprios estudantes apontam, ao serem questionados na questão 7, que os termos que mais compreenderam durante a realização do questionário foram “saturada”, “insaturada”, “supersaturada”. Em tal questão, 9 estudantes apontaram compreensão aos conceitos, P9 aponta que “*Entendi sobre soluto, solvente e soluções saturadas, insaturadas e supersaturadas*”, já P7 ressalta que “*Entendi Saturada, insaturada e supersaturada*”, apesar de não justificarem esse entendimento. Em relação aos conceitos de soluto e solvente, além de P9, outros 3 participantes apontaram o entendimento dos conceitos qualitativos ao resolverem as questões. As respostas demonstram uma boa associação em exemplificações e reconhecimento visuais. Entretanto, é perceptível a dificuldade em argumentação e definições científicas, como discutido anteriormente.

Já em relação aos aspectos quantitativos, foram observadas dificuldades quanto à resolução das questões e um maior desinteresse diante dessas questões. Quando questionados qual a parte que sentiram mais dificuldades, ainda na questão 7, os estudantes apontaram as questões envolvendo os cálculos. P9 argumentou que “*as perguntas da fazenda foram meio confusas*” e P7 reforça a dificuldade nessa área, “*Não entendi as contas*”, contribuindo na observação relatada e discutida pela pesquisadora.

Vale a informação de que os participantes da pesquisa não tiveram contato anterior com o conteúdo de soluções químicas. Dessa maneira, suas concepções prévias são baseadas em situações vivenciadas anteriormente pelos estudantes em seu cotidiano. Contudo, a análise dos aspectos qualitativos e quantitativos do questionário diagnóstico revelaram características importantes dos estudantes em relação ao ensino e aprendizagem, que devem ser levados em consideração nas práticas propostas *a posteriori*, como o aprofundamento nas questões quantitativas e estratégias de motivação em realizar cálculos, estimular reflexões a respeito das próprias respostas como forma de desenvolver a argumentação, e a utilização de definições científicas de modo constante como forma de aproximá-la a realidade do aluno.

A habilidade dos professores em escolher o modelo de aprendizagem correto é

percussora para a criação de condições de aprendizagem propícias e agradáveis, para que as atividades de aprendizagem possam ocorrer de forma eficaz e eficiente. Para selecionar e conduzir modelos de aprendizagem, os professores também devem ter conhecimento sobre as concepções alternativas dos estudantes (Obaya; Osorio; Vargas, 2020).

De acordo com Rahmawati *et al.* (2020), no processo de construção do conhecimento, os alunos são influenciados por uma série de fatores, como gênero, *status* socioeconômico, etnia ou geografia, idade, estilos de aprendizagem, religião, identidade racial, linguagem e comportamento social. Esses fatores afetam a perspectiva do aluno ao construir indiretamente o conhecimento inicial, que ele traz para a sala de aula. Em seu estudo, Rahmawati *et al.* (2020) investiga previamente as vivências culturais dos estudantes, e somente após essa análise propõe seu ensino de soluções químicas, aproximando a realidade dos alunos ao conteúdo. O autor destaca a importância dessa investigação ao observar que a motivação do aluno foi estimulada pela integração da etnoquímica (saberes químicos de diferentes culturas) na aprendizagem porque está relacionada às suas vidas diárias (Rahmawati *et al.*, 2020).

Dessa forma, os testes diagnósticos podem contribuir na identificação das fontes de concepções alternativas que podem ocorrer entre os alunos, e prevenir as concepções errôneas dos alunos durante o ensino. De acordo com Hemann, Miotto e Martins (2024), considerar as concepções prévias dos estudantes como ponto de partida no planejamento de estratégias pedagógicas é um passo importante. Essa perspectiva permite não apenas identificar as dificuldades específicas enfrentadas pelos alunos, mas também ajustar as intervenções educativas para promover uma aprendizagem mais profunda e significativa. Reconhecer e abordar as concepções prévias constitui um passo essencial para transformar o ensino de Química em uma experiência mais contextualizada, alinhada às necessidades dos estudantes e à aplicabilidade prática dos conceitos científicos no cotidiano.

4.2. Sistema hidropônico como forma de cultivo

O presente tópico apresentará a análise dos dados envolvendo todo o processo do sistema hidropônico (SH) como forma de cultivo de hortaliças, nesse caso, a alface. A discussão dos resultados foi dividida em 3 subtópicos: o primeiro se refere a montagem do sistema pelos estudantes e suas contribuições no processo cognitivo, no segundo subtópico é apresentada a prática da produção da solução nutritiva e as discussões sobre os conceitos de soluções químicas envolvidos durante essa atividade, finalizando as atividades envolvendo o sistema, e o terceiro subtópico apresenta os resultados do desenvolvimento da alface na solução nutritiva.

4.2.1. Montagem do sistema hidropônico

O sistema hidropônico foi proposto para essa pesquisa como um instrumento de ação ambiental no processo de construção dos conhecimentos dos estudantes sobre soluções químicas, uma vez que as atividades práticas requerem um alto nível de participação dos alunos durante sua realização. Tais atividade práticas, de acordo com Bassoli (2014), envolvem discussões de ideias, tomada de decisões e colaboração em grupo.

Com o objetivo de verificar as percepções dos estudantes sobre o funcionamento e a utilidade de um sistema hidropônico, primeiramente realizou-se a sua construção com os estudantes. Para desenvolver a atividade os estudantes foram encaminhados a uma área aberta da escola, onde foi disponibilizado pela pesquisadora os materiais necessários para a montagem do sistema hidropônico e cinco exemplares de um manual de instruções. Os materiais e as instruções utilizadas estão disponibilizados no Apêndice C.

Para essa atividade, a pesquisadora propôs que a montagem do sistema seria feita pelos estudantes sem a intervenção dela, de modo que as tomadas de decisões para essa construção partissem dos próprios estudantes. Os dados referentes a essa atividade foram coletados a partir da pesquisadora como observadora participante, além da utilização de instrumentos de pesquisa, como os relatos e notas no diário de campo e o formulário online (Apêndice B).

Durante a realização prática da atividade, após receberem os materiais necessários, os estudantes tomaram total frente da montagem do sistema hidropônico. Eles se organizaram em grupos distintos para a realização da prática, sendo alguns dos participantes, como P1, P4, P5 e P8 mais ativos, tomando um lugar de liderança durante a atividade.

Kaneza *et al.* (2024), em seu estudo, analisa as contribuições de SHE (*Student hands-on experimete*) ou experimento prático do aluno. SHE é um método pelo qual os estudantes de química se envolvem ativamente em atividades de aprendizagem, manuseando produtos químicos e aparelhos por conta própria, seguindo um protocolo preparado pelo professor. A “aprendizagem fazendo” refere-se à aprendizagem a partir de experiências que emergem diretamente das próprias atividades. Segundo o autor, as práticas pelas ações dos estudantes, contribuem na aprendizagem envolvendo-os em investigações aprofundadas com materiais, objetos e ideais, de modo que possam extrair significados e compreensão dessas experiências (Kaneza *et al.*, 2024).

Giordan (1999), em seus estudos, já havia apontado que os estudantes demonstram um grande interesse pelas atividades práticas, considerando-as motivadoras, divertidas e

fundamentalmente ligadas aos sentidos. O autor também ressaltou o impacto positivo das atividades práticas no aprendizado colaborativo, especialmente quando realizadas em equipe, promovendo colaboração entre os grupos. Dessa forma, a criação de um ambiente colaborativo pressupõe uma abordagem que seja socialmente relevante para a aprendizagem.

Após os estudantes separarem e organizarem os componentes disponibilizados, foi observado inicialmente a formação de 2 grupos, um na montagem da base do sistema hidropônico e outro grupo um pouco maior na montagem das bancadas de cultivo. Outros alunos, como os participantes P1 e P4, auxiliavam os dois grupos com as instruções do manual e na seleção dos itens referentes às etapas descritas.

Juntando-se as partes montadas, estudantes seguiram para as próximas etapas do manual, nas quais montaram o sistema hidráulico e o finalizaram, deixando preparado os itens de germinação de sementes. A Figura 8 apresenta registros de imagens da montagem da base e dos canais de cultivo do sistema hidropônico.

Figura 8 – Registros da montagem do sistema hidropônico.



Fonte: Imagens do acervo da autora (2024).

Durante a realização da atividade prática, alguns pontos foram destacados pela pesquisadora, a partir de sua observação: o trabalho em equipe, a tomada de decisões, a autonomia dos estudantes durante a atividade, o entusiasmo em participar da atividade, pois foi possível perceber que os estudantes presentes quiseram se envolver e participar de alguma forma da montagem. Outro ponto a ser destacado foi a resolução dos estudantes quanto aos

problemas durante o processo pois, ao se depararem com erros na montagem do sistema, não pediram auxílio da pesquisadora, discutindo entre eles e chegando, assim, a uma resolução, o que sugere autonomia no processo.

Em alguns momentos foram observados conflitos e discussões entre os estudantes, na tentativa de impor sua opinião na montagem, principalmente entre aqueles que tomaram uma posição de liderança na atividade, mas logo conseguiram entrar em um consenso, resolvendo as questões. Ademais, o trabalho em grupo ajudou e facilitou esse momento, em que a sala de maneira geral se empenhou em cada processo para finalizar com sucesso a montagem.

De acordo com Kaneza *et al.* (2024), as atividades práticas permitem que os estudantes experimentem e construam sua compreensão. Para tornar a aprendizagem mais eficaz, o aluno deve interagir com o ambiente, usar suas mãos para manipular produtos e equipamentos, fazer suas observações, desenvolver habilidades práticas, desenvolver raciocínio científico, entender a natureza da ciência e desenvolver habilidades de trabalho em equipe, sendo as atividades práticas permissoras desse processo (Kaneza *et al.*, 2024).

Além disso, a participação de todos os membros do grupo trabalhando juntos pode desenvolver tolerância e habilidades de cooperação entre os alunos, pois cada aluno fornece uma perspectiva diferente (Rahmawati *et al.*, 2020).

Segundo Merçon (2003), a utilização de atividades práticas tem se mostrado eficaz como metodologia no ensino de Química. As aulas práticas têm aumentado significativamente o engajamento dos alunos, evidenciando sua motivação nas atividades. Além disso, os experimentos facilitam a construção do conhecimento ao estimular habilidades investigativas, a capacidade de tomar decisões e promover aprendizagem colaborativa.

Os participantes da pesquisa expressaram suas opiniões, registradas nas respostas da questão 6 do formulário, com relação a sua experiência no processo de montagem do sistema hidropônico. As impressões dos estudantes estão descritas no Quadro 8. Os trechos em destaque nas respostas correspondem às unidades de análise.

Quadro 8 – Formulário, questão 6: Impressões dos estudantes sobre a montagem.

(continua)

<p>“MUITO LEGAL, não tive dificuldades, a gente se ajudou muito pra conseguir terminar, foi até rápido” (P1)</p>
<p>“Muito legal e diferenciado pode servir muito mais pra frente, não teve muito trabalho pra montar” (P2)</p>
<p>“Achei bem legal a montagem, não teve muita dificuldade já que todo mundo se ajudou, apesar das briguinhas” (P3)</p>

Quadro 8 – Formulário, questão 6: Impressões dos estudantes sobre a montagem.
(conclusão)

<i>“Achei muito interessante, pois não colocamos muitos agrotóxicos na terra e cultivamos usando água enriquecida em nutrientes”</i> (P4)
<i>“Achei interessante como a gente pode plantar uma coisa sem usar realmente o solo apenas com alguns materiais”</i> (P5)
<i>“Achei interessante montar esse sistema e vi que isso ajuda bastante na produção de alimentos”</i> (P6)
<i>“Muito legal, foi uma experiência muito boa, não tive dificuldades”</i> (P7)
<i>“Muito legal pois foi uma experiência diferente saindo de sala montando o sistema, eu me sai bem ajudei bastante todo mundo”</i> (P8)
<i>“Achei muito legal a experiência, uma ótima forma de cultivar sem afetar o solo e o maior custo que vamos ter é em relação a bomba”</i> (P9)
<i>“Legal”</i> (P10)
<i>“Simples e prática”</i> (P11)
<i>“Interessante, queria ter ajudado mais, alguns tomaram a frente”</i> (P12)

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Os relatos obtidos pela observação participante da pesquisadora em consonância com os dados referentes à percepção dos estudantes quanto à atividade prática da montagem do sistema hidropônico sugerem que houve um maior envolvimento ao se realizar essa etapa do planejamento. Os estudantes estavam motivados e interessados em sua participação, e demonstraram essa motivação em seus relatos quanto a montagem do sistema, como os relatos de P1 e P8, que indicaram que a atividade foi muito legal e que houve a colaboração de todos, P1 considerou que a atividade acabou rápido, P4, P5, P6 e P12 consideraram a atividade interessante, os demais, P2, P3, P7, P9, P10 e P11 também expressaram opiniões positivas referentes a essa prática.

Apesar dos pontos positivos, pode-se observar que, durante a prática, alguns estudantes tiveram maior protagonismo que outros, contribuindo mais na montagem do sistema. P12 destacou que gostaria de ter ajudado mais, mas devido a liderança de outros estudantes não pode colaborar como gostaria; outra limitação para essa participação foi devido a quantidade de materiais disponíveis, já que o sistema disponibilizado possui uma escala menor do que os utilizados em plantações hidropônicas.

4.2.2. Solução nutritiva

A etapa de montagem do sistema hidropônico, que demonstrou a autonomia e o trabalho colaborativo dos estudantes, serviu como um prelúdio para a fase seguinte da pesquisa. Com a estrutura física já estabelecida, o foco do estudo se voltou para a funcionalidade do sistema e, mais especificamente, para o seu componente químico fundamental: a solução nutritiva.

A solução nutritiva é um elemento crucial no cultivo de plantas por hidroponia, uma vez que nesse método de cultivo os nutrientes do solo devem ser substituídos. Sua formulação é essencial, devendo ser adaptada às exigências de cada espécie a ser cultivada, fornecendo todos os nutrientes essenciais em proporções adequadas para o desenvolvimento ideal da planta (Luz, 2008).

As necessidades nutricionais variam significativamente entre as espécies vegetais, especialmente em relação ao fósforo e potássio (Luz, 2008). Por exemplo, folhosas como a alface demandam concentrações mais elevadas de nitrogênio, enquanto culturas de fruto, como tomate e pepino, requerem maiores quantidades de fósforo, potássio e cálcio (RESH, 1997 *apud* Luz, 2008).

Além da adaptação à espécie, a composição da solução nutritiva pode ser alterada em função da fase de crescimento da planta. A dimensão dessa variação depende da relação entre o desenvolvimento da planta e o volume de solução empregado (Luz, 2008). O crescimento não apenas reduz a concentração total de sais disponíveis para as raízes, mas também induz a alterações qualitativas na solução, visto que a absorção dos diferentes elementos não ocorre na mesma proporção pelas plantas (Luz, 2008).

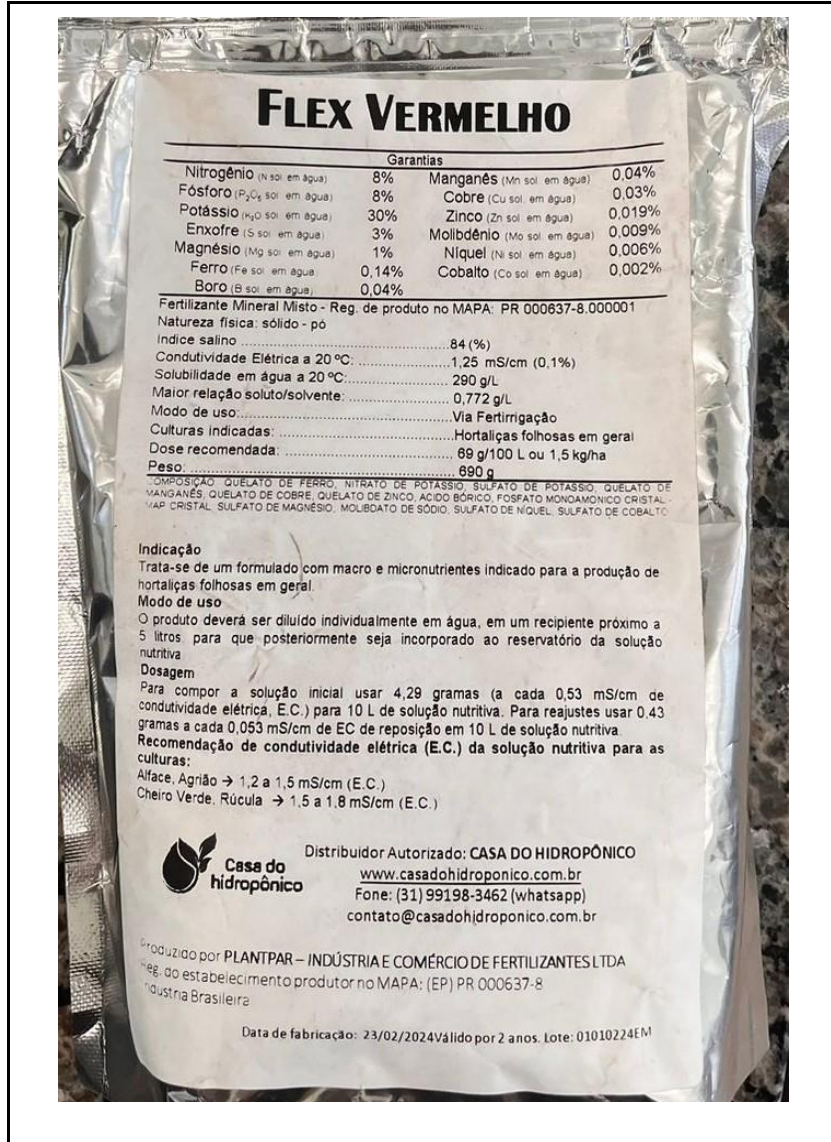
O sexto encontro teve como objetivo a preparação dessa solução, que funcionaria como o principal meio de cultivo das plantas e, simultaneamente, como um contexto prático para o ensino dos conceitos de soluções químicas. Os dados referentes ao processo de preparo da solução nutritiva foram coletados por meio da audiogravação do encontro e das notas registradas no diário de campo da pesquisadora.

Durante este encontro, os alunos foram direcionados ao laboratório da escola, onde o sistema hidropônico previamente construído por eles já estava instalado. Para a execução desta atividade, solicitou-se aos estudantes que trouxessem lápis e caderno, pois a preparação da solução nutritiva exigia o cálculo das proporções adequadas dos fertilizantes a serem adicionados ao sistema.

Para iniciar a prática, foi disponibilizado aos estudantes o fertilizante mineral PlantPar, um formulado com macro e micronutrientes. A escolha deste insumo deveu-se à sua indicação

específica para hortaliças folhosas, visto que a alface seria a cultura utilizada no sistema. A leitura do rótulo do insumo foi requisitada aos estudantes para que obtivessem as informações cruciais sobre a solubilidade do produto, conforme detalhado na Figura 9.

Figura 9 – Rótulo fertilizante mineral PlantPar.



Fonte: Imagens do acervo da autora (2024).

Assim como no processo de montagem do sistema hidropônico, a pesquisadora buscou manter uma postura de não interferência, com o objetivo de estimular a autonomia dos participantes na determinação da proporção soluto/solvente. Entretanto, nesta etapa, os estudantes manifestaram significativa dificuldade para iniciar o preparo da solução nutritiva, o que demandou intervenções pontuais.

A primeira questão levantada pelos alunos referia-se ao método de determinação da quantidade de soluto em relação ao solvente. Para iniciar a discussão e mapear as concepções

dos estudantes, a pesquisadora fez a primeira arguição: “*O que é soluto e o que é solvente?*”. Nesse momento, P1 respondeu que “*Soluto seria o produto do saquinho, o que irá dissolver, e o solvente nesse caso eu acho que é água, onde a gente vai diluir esse pozinho*”. Todos os demais estudantes manifestaram concordância com a definição apresentada por P1. A pesquisadora validou a explicação de P1, fornecendo um *feedback* positivo, e complementou a discussão introduzindo a definição científica formalmente adotada para o trabalho. Para conduzir a discussão é importante destacar que a definição de soluto e solvente, adotada para esse trabalho, é a descrita por Brown (2016, p. 126) sendo “A substância presente em maior quantidade é geralmente chamada de solvente e as outras substâncias são chamadas de solutos; costuma-se dizer que elas estão dissolvidas no solvente.”

Após a exposição das definições conceituais de soluto e solvente, questionou-se aos estudantes sobre as proporções de diluição recomendadas na embalagem do produto. P9 identificou no rótulo a recomendação de utilizar 69 gramas do fertilizante para cada 100 litros de solvente. Com a proporção de diluição estabelecida por P9, a pesquisadora prosseguiu, questionando: “*Sendo assim, qual será nosso soluto e qual será nosso solvente?*”. A estudante P9, responsável pela identificação das proporções, respondeu que “*o soluto é o fertilizante pois vai se dissolver na água, sendo a água o solvente*”.

Os demais estudantes concordaram com a afirmação de P9 e a professora validou seu argumento, exclamando um “*Muito bem!*”. Conforme apontado por Arrigo *et al.* (2020), o acolhimento das ideias e concepções dos estudantes, bem como o reforço positivo às suas participações, são estratégias que fomentam a interação contínua e estimulam a confiança necessária para a progressão dos diálogos em sala de aula. Nessa perspectiva, vale ressaltar que o tempo de espera concedido pelo professor após a formulação de uma pergunta é um fator determinante para a classificação da questão e para a qualidade do discurso estabelecido. Uma pergunta destinada a estimular o raciocínio pode ser rapidamente descaracterizada e convertida em uma pergunta retórica se não houver um intervalo de tempo adequado para a reflexão e resposta (Arrigo *et al.*, 2020).

A ausência desse tempo de espera tende a prejudicar o diálogo pedagógico e gerar consequências negativas para o discurso reflexivo, visto que o docente pode acabar respondendo à própria questão, anulando seu valor cognitivo para o desenvolvimento do aluno. Assim, a falha em conceder tempo para a reflexão do estudante não apenas compromete a construção de um discurso reflexivo, como impede o processo de negociação de significados (Arrigo *et al.*, 2020)

Dando continuidade à investigação das proporções soluto/solvente, foi indicado pela

completando a discussão “*Então pessoal, levando apenas em consideração o sentido da visão, podemos ter essa confusão, mas os conceitos envolvidos nas definições de soluções insaturadas, saturadas e supersaturadas são relacionadas a solubilidade do solvente e não a sua concentração*”. A professora prosseguiu a explicação dos termos de acordo com as definições de Brown (2016, p. 564).

“A solubilidade de determinado soluto em determinado solvente é a quantidade máxima de soluto que pode ser dissolvido em uma dada quantidade de solvente a uma temperatura específica. [...] Ao dissolver o valor exato de soluto de acordo com coeficiente de solubilidade, tem-se uma solução saturada. Se dissolvermos menos soluto que a quantidade necessária para formar uma solução saturada, a solução torna-se insaturada. [...] Sob condições adequadas, aumento da temperatura e resfriamento da solução sem perturbações, é possível formar soluções com maior quantidade de soluto que o necessário, tais soluções denominadas supersaturadas.”

No início os alunos pareciam confusos diante os termos utilizados durante a discussão sobre o que seria uma solução insaturada, saturada e supersaturada. Os alunos P1, P3 e P8, demonstrando interesse, pediram para preparar os três tipos de soluções. Em atendimento à sugestão dos estudantes, foi requerido aos outros grupos que escolhessem vidrarias para esse experimento alternativo sugerido por eles. Os estudantes P3, P5 e P8 escolheram dois *erlenmeyer*, sendo o primeiro de volume 50 mL, enquanto o segundo, 125 mL. Os estudantes optaram por não selecionar vidrarias de volumes semelhantes. Como o experimento alternativo foi uma sugestão deles, a pesquisadora não interveio nessa decisão.

Entretanto, mesmo após a explanação teórica, a professora notou que os estudantes continuavam a confundir os termos de saturação com o conceito de concentração da solução. Apesar dessa confusão conceitual persistente, os alunos procederam aos cálculos para as soluções que denominaram de “*insaturada e supersaturada*”. Os cálculos para a determinação das quantidades de soluto para as soluções secundárias propostas são ilustrados na Figura 10b. Durante a prática, houve o reforço da terminologia científica, o que auxiliou os estudantes a se familiarizarem e distinguirem o assunto em tratamento. É notório que poucos alunos se dispuseram a realizar os cálculos por conta própria, aguardando que os grupos de P1, P5, P9 e P12 determinassem as quantidades necessárias.

A pesquisadora optou por não mediar novamente os termos sobre solubilidade naquele momento, permitindo que os estudantes assumissem a condução do experimento secundário que propuseram. Apesar da concepção, agora considerada como errônea uma vez que já abordada pela professora, persistir, é possível notar o interesse dos estudantes ao poder investigar esses tipos de soluções, onde eles dispuseram propostas de experimentos para esse estudo.

Segundo Silva *et al.* (2021), a implementação de aulas experimentais, especialmente aquelas estruturadas em torno de atividades de grupo, constitui um ambiente fértil para o ensino investigativo, promovendo uma série de habilidades essenciais. Tais práticas fomentam o desenvolvimento de competências sociais e cognitivas, incluindo a divisão de responsabilidades, a negociação de ideias e a tomada de decisões para a resolução de problemas.

As atividades investigativas, de acordo com Vidrik, Almeida e Malheiro (2020), consistem em momentos didáticos com base na resolução de problemas de situações cotidianas e/ou científicas, com o intuito de o aluno desenvolver determinadas habilidades como observação, registro, identificação de regularidades, levantamento de hipóteses, busca por informações, discussão entre os pares, bem como a comunicação dos resultados de maneira oral ou escrita. No contexto do ensino por investigação, a atividade experimental funciona como uma ponte entre os fenômenos observados e as teorias científicas, estimulando o raciocínio crítico. Quando os estudantes são desafiados a propor hipóteses, pesquisar e explicar os fenômenos observados, eles são ativamente estimulados a expressar suas ideias e a exercer o raciocínio perspicaz, desenvolvendo, assim, tanto sua capacidade de raciocínio quanto sua formação social (Silva *et al.*, 2021).

Aprendizagens como esta, baseada em investigação, traz benefícios para os estudantes, como tornar os alunos mais ativos na aprendizagem. A persistência na investigação, mesmo com a concepção inicial, reflete o potencial dessa abordagem para o desenvolvimento cognitivo e social, conforme destacado por Silva *et al.* (2021).

Após a determinação dos cálculos, a etapa seguinte foi a pesagem do soluto que seria diluído em cada tipo de solução química. Para essa finalidade, os próprios estudantes selecionaram os instrumentos, como a balança, a espátula e a placa de Petri, como demonstrado na Figura 11.

Figura 11 – Realização das medições de soluto para a solução nutritiva.



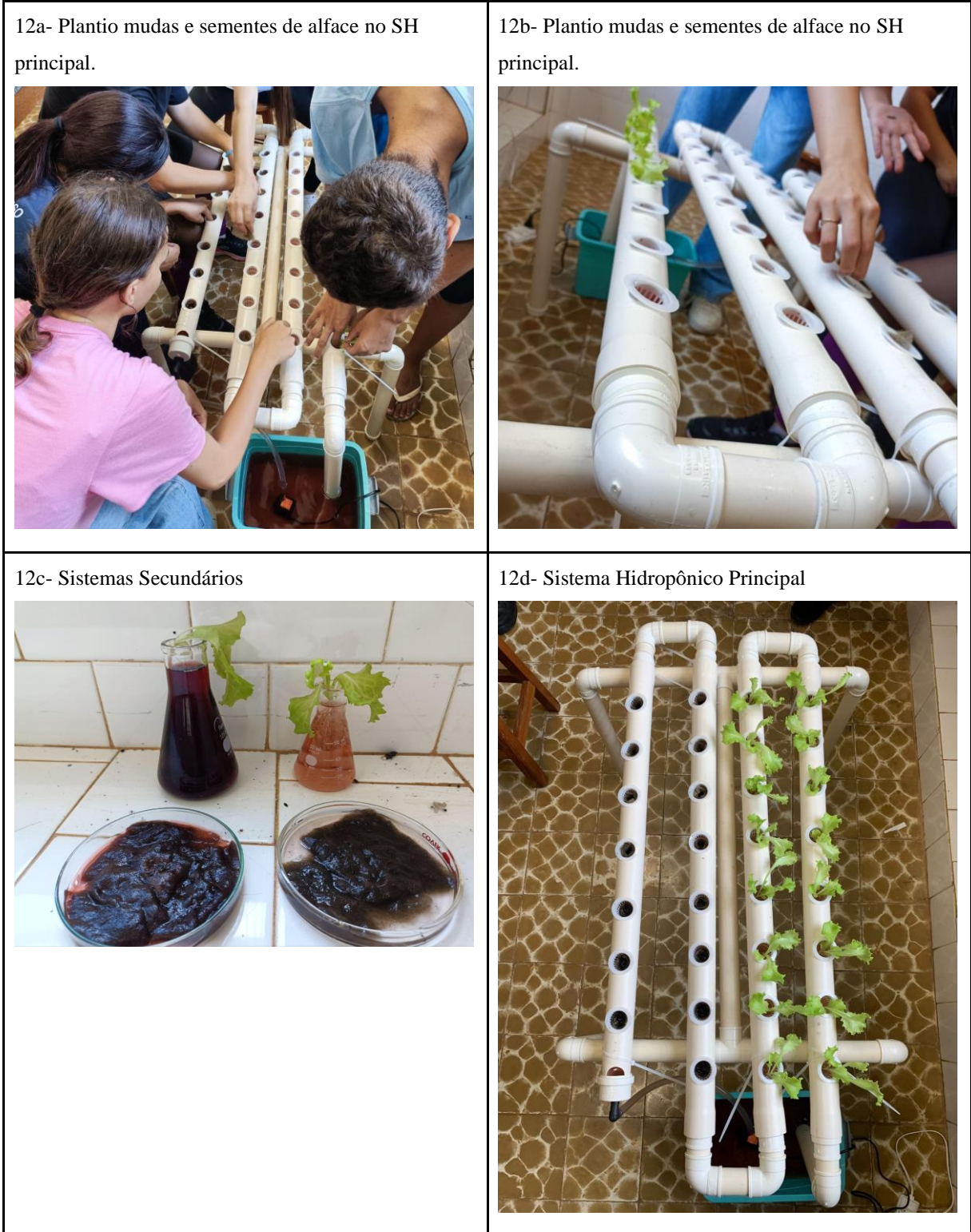
Fonte: Imagens do acervo da autora. (2024)

Com as soluções preparadas, a massa de soluto referente à solução que o grupo classificou como 'saturada' foi adicionada ao sistema hidropônico principal. Por sua vez, o soluto destinado às soluções 'insaturada' e 'supersaturada' foi diluído nos dois sistemas experimentais menores, utilizando os Erlenmeyer, permitindo a observação comparativa dos três tipos de solução. É importante ressaltar que, as soluções preparadas pelos estudantes nesse experimento alternativo, chamadas por eles de soluções “insaturadas” e principalmente a solução “supersaturada”, não seguiam as definições teóricas expostas pela pesquisadora anteriormente, uma vez que a solução supersaturada deveria ser aquecida para que o coeficiente de solubilidade da solvente aumentasse e o precipitado fosse dissolvido. A pesquisadora percebeu esse conflito nas definições com o experimento, e realizou uma intervenção após essa atividade.

Na etapa final, os estudantes realizaram o plantio de mudas e sementes de alface nos diferentes sistemas. No sistema hidropônico principal, que continha a solução considerada por eles como 'saturada', metade dos canais de cultivo recebeu mudas e a outra metade recebeu sementes de alface. Já nos sistemas experimentais menores, o plantio foi estruturado da seguinte forma: As mudas foram adicionadas diretamente nos Erlenmeyer contendo a solução, definidas pelos estudantes como, 'insaturada' (50mL) e a solução 'supersaturada' (125 mL). E as sementes foram distribuídas em placas de *Petri*, escolhidas pela aluna P1. As placas foram escolhidas e utilizadas para observar o desenvolvimento das sementes sob essas mesmas concentrações. As placas foram posicionadas em frente a cada Erlenmeyer, correlacionando

visualmente o desenvolvimento das sementes com sua respectiva solução. A adição das sementes e mudas de alface aos sistemas podem ser observadas na Figura 12.

Figura 12 – Adição da Alface aos sistemas hidropônicos.



Fonte: Imagens do acervo da autora. (2024)

Como já notado pela pesquisadora a confusão dos termos insaturada, saturada e

supersaturada com as soluções feitas, foi iniciada uma nova discussão sobre se esses termos estarem corretos ou não. Para abrir a discussão, foi questionado sobre qual a definição que os estudantes atribuíam aos três tipos de soluções feitas, P3 responde que fizeram uma solução insaturada, uma saturada e a outra supersaturada, enquanto os demais estudantes concordam.

Ao questionar o que seriam esses termos nas soluções nutritivas feitas, P12 responde que, *“Na insaturada, a gente colocou menos soluto do que o que pedia; na saturada, exatamente a quantidade do cálculo; e na supersaturada, colocamos a mais”* os outros estudantes concordam com a fala de P12 e complementaram a discussão com ideias semelhantes a participante.

Para melhorar a compreensão dessa definição, novamente é explicado pela pesquisadora que os conceitos de insaturada, saturada e supersaturada, estavam relacionados à solubilidade: *“Os termos estão relacionados ao coeficiente de solubilidade, ao quanto o solvente, no caso a água, consegue diluir o soluto, nosso fertilizante. Na solução considerada por vocês como saturada, a gente consegue diluir mais soluto?”*, a resposta a essa pergunta foi confirmada por todos os participantes, não havendo discussão sobre isso, dessa forma a explicação prosseguiu: *“Quando possuímos uma solução saturada, quer dizer que o solvente chegou no máximo que ele consegue diluir, e no caso das soluções preparadas por vocês todas conseguem diluir mais soluto, até mesmo a mais concentrada”*. A informação foi completada pela pesquisadora ressaltando que o que eles tinham feito eram, na verdade, três soluções com diferentes concentrações. P5 então comenta que, de fato, os termos geraram muita confusão, porque ele achava que não tinha nada a ver com a diluição, e sim com a dosagem adequada de soluto para solvente constante no rótulo, P5 *“Achei que o que tivesse menos fertilizante do que o indicado seria insaturado, no ponto seria saturado, e com mais seria supersaturado”*. A pesquisadora reforça o conceito dizendo que seria a respeito da diluição. Assim, se o coeficiente de solubilidade não fosse atingido, seria uma solução insaturada, caso esse coeficiente fosse atingido, seria uma solução saturada, e, se fosse ultrapassado, com o aumento da temperatura e depois exposto ao resfriamento sem nenhuma perturbação para que o soluto não fosse precipitado, seria uma solução supersaturada. P5 completa sua fala com *“Ah, entendi. Então, aqui, no caso, a gente tem só concentrações diferentes, né?”*, pesquisadora *“Isso mesmo”* concordo com P5 e, e P1 ressalta com *“Então, aqui a gente tem uma concentração mais fraca, uma média e outra mais forte”*.

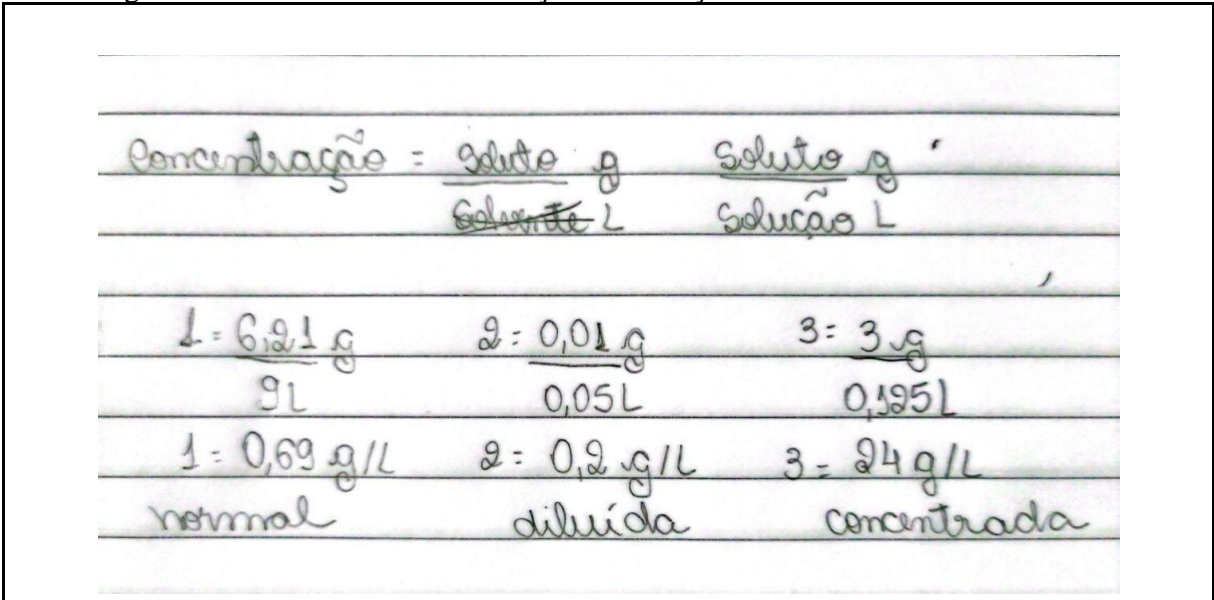
Surge uma nova discussão, agora sobre os termos concentração diluída e solução concentrada. P4 atribui aos termos o que seria uma solução mais fraca, o termo diluído e uma solução forte para a solução concentrada. A Pesquisadora indica: *“no caso de uma solução*

diluída, há pouco soluto para muito solvente, e, em uma concentrada, há muito soluto para pouco solvente, sendo essa a diferença principal". De acordo com Brown (2016, p. 571), "Uma solução com concentração relativamente pequena de soluto é diluída, e uma solução com uma grande concentração de soluto é concentrada." Os estudantes demonstram que entenderam a diferença entre soluções insaturadas, saturadas e supersaturadas, de diluídas e concentradas.

Com essa discussão, foi proposto pela pesquisadora que os estudantes calculem a concentração das três soluções que eles fizeram. Novamente, muitos estudantes não tiveram interesse em fazer a atividade envolvendo cálculos, apenas um grupo específico se interessou nessa prática. Para que a atividade fosse concluída, foi necessário a intervenção da pesquisadora nos cálculos de concentração. Primeiro, a pesquisadora sugeriu a leitura do rótulo do fertilizante para descobrir informações sobre a solubilidade do soluto. P1, P5, P9 e P12 identificaram que a solubilidade do fertilizante em água a 20°C era de 290 g/L. Então, para calcular a concentração das soluções nutritivas feitas, foi explicado que deveriam dividir a quantidade de soluto, pela quantidade de solução em litros.

Após as orientações os estudantes conseguiram chegar nas respectivas concentrações das 3 soluções distintas, conforme mostra a Figura 13, e associaram de maneira correta as soluções nutritivas produzidas aos termos soluções diluídas e concentradas.

Figura 13 – Cálculos da concentração das soluções nutritivas.



Concentração = $\frac{\text{Soluto g}}{\text{Solvente L}}$		Soluto g		Solução L	
1 = $\frac{6,21 \text{ g}}{9 \text{ L}}$	2 = $\frac{0,01 \text{ g}}{0,05 \text{ L}}$	3 = $\frac{3 \text{ g}}{0,125 \text{ L}}$			
1 = 0,69 g/L	2 = 0,2 g/L	3 = 24 g/L			
normal	diluída	concentrada			

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A participante P1, para completar a discussão, observou no rótulo que a solubilidade do fertilizante em água era de 290g a cada litro de água, e completou: "Então todas que a gente fez é insaturada né professora, até a mais concentrada pois não chega em 290g por litro", o

comentário é pertinente e elogiado pela pesquisadora.

Foi possível notar que, apesar das dificuldades apresentadas inicialmente pelos estudantes diante aos cálculos e a aparente complexidade, no decorrer do processo os alunos conseguiram interpretar e solucionar as propostas de cálculos, ao comparar e fazer uso para algo que estavam trabalhando. Além disso, a prática envolvendo a solução nutritiva deu espaço a discussões pertinentes a teoria, uma vez que permitiu que a pesquisadora observasse concepções alternativas que permaneciam durante esse ensino, permitindo mediações durante o processo de aprendizado.

Os estudantes utilizarem a agricultura em hidroponia contribuiu positivamente na compreensão do conceito de soluções químicas. Na questão 9 do Formulário os participantes refletiram sobre os efeitos dessa prática, apresentadas no Quadro 9, com as unidades de análise em destaque.

Quadro 9 – Formulário, questão 9: Contribuições do sistema hidropônico no ensino de soluções químicas.

“Muito mais fácil de aprender, é mais interessante ” (P1)
“Achei muito legal e muito utilitário ” (P2)
“A utilização da agricultura em hidroponia para o ensino de soluções químicas é uma abordagem prática e visualmente estimulante , que facilita a compreensão dos conceitos químicos e demonstra sua aplicação na agricultura e no cultivo de alimentos” (P3)
“É uma abordagem muito interessante e prática ” (P4)
“Achei uma coisa muito interessante pois isso pode ser útil para a gente” (P5)
“Ótima ferramenta para ensinar sobre soluções químicas de forma prática e tangível ” (P6)
“ Muito legal adoro montar/fazer/misturar substâncias acho que não tinha matéria melhor para esse exercício do sistema hidropônico” (P8)
“Uma forma legal de se aprender sobre substâncias, além de sair dos momentos monótonos em salas de aula” (P9)
“ Legal por ser uma forma diferente para o ensino de soluções químicas” (P12)

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Segundo Hidayah *et al.* (2022) o ambiente de aprendizagem laboratorial proporciona oportunidades de aprendizagem únicas e é eficaz em ajudar os alunos a construir seu conhecimento, a desenvolver habilidades lógicas através da investigação e a desenvolver suas habilidades psicomotoras. As atividades laboratoriais também incentivam os alunos a serem

positivos e estimulam suas habilidades de comunicação e colaboração.

Assim, como discutido, pode se observar que a aprendizagem laboratorial fornece significado do processo, compreensão conceitual e engajamento dos alunos. Os estudantes se tornaram mais entusiasmados e ativos durante esse processo de ensino, sugerindo até mesmo novas experiências durante a atividade, que possibilitou discussões mais aprofundadas sobre as soluções químicas, diferente do observado em aulas expositivas em sala de aula, nas quais geralmente permanecem quietos, com poucas interações.

Apesar das contribuições positivas das práticas experimentais no ensino de química, a metodologia possui limitantes. Segundo Hidayah *et al.* (2022), as atividades práticas de química requerem espaço, ferramentas e materiais específicos. As atividades precisam ser projetadas para serem implementadas em várias condições escolares, especialmente aquelas com espaço limitado no laboratório, ferramentas e produtos químicos. Além disso, a preparação e implementação das atividades práticas convencionais requerem tempo que, em decorrência da demanda do plano de ensino anual, acabam ficando em segundo plano.

Embora existam limitações para as práticas experimentais, as potencialidades da prática no ensino de química se revelam inegáveis. A atividade laboratorial permitiu que os estudantes superassem barreiras iniciais com cálculos ao contextualizá-los, culminando em observações perspicazes. As evidências mostram que, ao se tornarem ativos e entusiasmados, os alunos sugeriram novas experiências, transformando a sala de aula em um ambiente de comunicação e colaboração que facilitou a identificação e a mediação de concepções alternativas por parte da pesquisadora.

4.2.3. Observações horta hidropônica

Nesse tópico, serão discutidas as observações realizadas pelos estudantes a respeito do crescimento das mudas e sementes de alface, nas soluções nutritivas realizadas por eles, com o objetivo de observar a funcionalidade do sistema hidropônico no plantio de hortaliças e o desenvolvimento da alface em hidroponia, em 3 tipos distintos de soluções. Os dados obtidos e apresentados nessa discussão foram decorrentes das observações e notas no diário de campo da pesquisadora, além dos registros de imagens captados durante o processo.

A inserção das mudas aos sistemas hidropônicos ocorreu no dia 25/03/2024. Após 4 dias do plantio (29/03), os estudantes pediram para verificarem como as “hortas” deles estavam. Como ainda estava muito recente, não houve muitas mudanças, entretanto os estudantes fizeram questão de registrar com fotos as alfaces durante esse encontro (Figura 14a e 14b). Os

estudantes notaram que seria necessário adicionar mais solução nas placas de Petri que continham as sementes, realizando sozinhos essa tarefa.

As estudantes P5 e P6 produziram e editaram, por conta própria, um vídeo com as imagens que registraram durante todo o processo da atividade envolvendo o sistema hidropônico, demonstrando muito interesse pela pesquisa e todas as atividades.

No dia 05/04 os estudantes novamente foram encaminhados ao laboratório para realizar as observações e os ajustes necessários nos sistemas deles. Dessa vez os alunos observaram que houve um maior desenvolvimento das mudas e das sementes de alface no sistema hidropônico principal, enquanto na solução mais concentrada a muda de alfaces já havia morrido e a semente nem chegou a brotar, e na solução mais diluída ela havia crescido, mas estava menor em relação as mudas do sistema principal. Foi observado pelos estudantes que algumas sementes da solução diluída também haviam brotado, mas que não se desenvolveram.

P5 ponderou sobre a solução mais concentrada, que seria nociva a alface muitos nutrientes, e a estudante P1 comentou que enquanto a solução concentrada era muito forte a mais diluída não ajudava a crescer. Novamente os estudantes tomaram frente e completaram as soluções nutritivas necessárias nas placas de Petri e, dessa vez, foi necessário a reposição de solução nutritiva também no tanque do sistema hidropônico principal. Novos registros de imagens foram realizados pelos estudantes e pela pesquisadora, demonstrados na Figura 14c e 14d.

P9 refletiu sobre a economia do sistema hidropônico em relação a água, uma vez que somente estavam repondo o tanque após 11 dias de plantio, completando que, em uma plantação normal, o volume de água gasto nesses 11 dias seria bem maior. Nesse encontro, o participante P2 ainda observou que a alface estava desenvolvendo em direção a janela, que talvez isso prejudicaria o desenvolvimento da alface.

A nova observação dos estudantes na horta hidropônica ocorreu dia 08/04/24. Nesse encontro os estudantes relataram principalmente em relação ao crescimento vertical da alface, não desenvolvendo sua estrutura completa. Os participantes notaram que tanto as mudas quando as sementes se desenvolveram muito na solução nutritiva do sistema principal, entretanto houve um crescimento disforme nas alfaces. Notaram que as sementes da solução mais diluída haviam morrido e a muda dessa hidroponia já não desenvolvia mais, morrendo aos poucos também, como registrados nas imagens expostas na Figura 14e e 14f.

Figura 14 – Desenvolvimento da alface em sistemas hidropônicos distintos.

14a- Registro 29/03/2024



14b- Registro 29/03/2024



14c- Registro 05/04/2024



14d- Registro 05/04/2024



14e – Registro 08/04/2024



14f – Registro 08/04/2024



Fonte: Imagens do acervo da autora. (2024)

Os estudantes nesse encontro começaram a discutir o motivo de a planta ter crescido dessa maneira. P2 sugeriu que seria pela busca de luz da planta, uma vez que o sistema estava

dentro do laboratório. P10 concorda e completa sugerindo que o sistema deveria ser montado em outro local mais adequado. Prosseguindo a discussão, foi sugerido pela pesquisadora que os estudantes pesquisassem em seus celulares a explicação científica desse crescimento anormal e que dessem sugestões para solucionar o problema.

As participantes P6, P7, P9 e P12 realizaram a pesquisa e conseguiram encontrar a explicação científica para o fenômeno. P6 realiza a explicação para a sala comentando que “*O estiolamento ocorre quando uma planta está em um ambiente com luz insuficiente, ou quando a luz vem predominantemente de uma única direção, como uma janela. O crescimento longilíneo ou alongado e fino é uma resposta de emergência da planta, buscando desesperadamente por mais luz.*”

A discussão sobre o desenvolvimento das alfaces poderia transitar em conceitos biológicos, como a abordagem da fotossíntese, das reações biológicas envolvidas no desenvolvimento da hortaliça, trazendo uma interdisciplinaridade a prática realizada. Assim como sugerido por Fernandes e Debio (2016), a utilização de hortas hidropônicas tem potencializado o conhecimento interdisciplinar das diferentes áreas. Os autores afirmam que o trabalho com hidroponia assume papel significativo na área social e ambiental e tem sido por meio da educação escolar que esta dualidade ganha destaque e relevância, ou seja, é por meio da escola que muitos temas relacionados são tratados e é por ela que se favorece a alfabetização científica dos alunos e reflexões sobre ações e práticas favoráveis a aquisição do conhecimento crítico.

Além disso, os estudantes são estimulados a vivenciar o plantio de hortaliças e acompanhar as suas etapas de desenvolvimento, estimulando a capacidade de observação e o registo científico. Entretanto, a pesquisadora optou por não aprofundar nas discussões envolvendo os aspectos biológicos, uma vez que não tinha conhecimento adequado para aprofundar esses conceitos.

Os estudantes, após a explicação de P6, sugeriram a troca do espaço do sistema hidropônico principal para o desenvolvimento adequado da alface. Dessa forma foi realizada a adequação do local na escola e os alunos realizaram todo o processo novamente: a montagem do sistema, uma nova solução nutritiva e a pesquisadora providenciou novas mudas para o plantio, já que as utilizadas estavam comprometidas.

O sistema no local com iluminação adequada desenvolveu as alfaces de forma uniforme, como observada na Figura 15. O novo lugar que se encontrava o SH era um espaço público, dessa forma os estudantes tinham acesso a qualquer momento para verificar o desenvolvimento, não necessitando de novos encontros para a observação.

Figura 15 – Desenvolvimento da Alface no Sistema Hidropônico adequado.



Fonte: Imagens do acervo da autora. (2024)

As práticas envolvidas na construção e funcionalidade do sistema hidropônico como forma de cultivo de hortaliças demonstraram grandes potencialidades no ensino e aprendizagem de soluções químicas. As atividades, que apresentaram potenciais características investigativas, foi capaz de estimular a participação ativa e o entusiasmo dos estudantes durante as aulas. Segundo Fernandes e Bezerra (2022), as atividades experimentais investigativas podem ser importantes meios de interlocução entre o aluno e a cultura científica, permitindo que eles exponham seus raciocínios, confrontem suas teorias e debatam seus argumentos, assim como relatado nesse tópico.

Os resultados evidenciaram que a prática experimental, nesse contexto, possibilitou aos estudantes o despertar para novas reflexões, argumentações e investigações na resolução de problemas, contribuindo para a construção do conhecimento químico das soluções.

4.3. Aspectos Socioambientais

Para introduzir as questões socioambientais envolvidas no cultivo de hortaliças, foi apresentado aos estudantes o documentário “Solo Fértil” (Kiss the Ground) de 2020, disponível

na plataforma de streaming Netflix, dirigido por Josh Tickell e Rebecca Harrell Tickel.

O documentário possui a duração de 1h e 20 min, entretanto, em decorrência ao tempo da aula, a pesquisadora planejou cortes dos momentos mais relevantes para o processo da pesquisa. O documentário aborda a degradação do solo de uma forma urgente, ligando-a diretamente às mudanças climáticas. A tese central do filme é que a forma como lidamos com a terra tem um impacto enorme na quantidade de carbono na atmosfera. A solução apresentada é a agricultura regenerativa que, ao invés de simplesmente evitar a degradação, busca restaurar a saúde do solo. Para essa pesquisa, priorizou-se as cenas que explicavam melhor a problematização da agricultura industrial e seu efeito no solo, contribuindo assim para uma degradação do meio ambiente.

Para a coleta de dados da atividade do documentário, a pesquisadora registrou em seu diário de campo alguns comentários realizados pelos estudantes durante a apresentação, por exemplo, P11 ficou surpreso com a composição dos agrotóxicos informados no documentário. Já o aluno P1 não sabia que a agricultura prejudicava tanto o solo. Contudo, para aprofundar o entendimento das percepções socioambientais dos estudantes, após a apresentação do documentário e montagem do sistema hidropônico, foi enviado para eles um formulário online (Apêndice B) e, posterior à análise das respostas do formulário, foi realizada uma discussão audiogravada a respeito do tema, a fim de aprofundar as questões socioambientais refletidas por eles no formulário.

A análise e discussões dos dados coletados foram divididos em 2 subtópicos, sendo o primeiro referente as percepções socioambientais iniciais e o segundo com a discussão das contribuições do documentário e da ação ambiental realizada na prática da hidroponia nas percepções socioambientais dos estudantes.

4.3.1. Percepções iniciais sobre os desafios da agricultura

Anteposto à exibição do documentário, a maioria dos participantes já possuía conhecimentos prévios sobre os desafios inerentes à atividade agrícola. Essas percepções iniciais foram mapeadas e analisadas com base nas respostas obtidas no questionário diagnóstico inicial e no formulário subsequente.

A questão 6 do questionário prévio (Apêndice A), apresentou um caso fictício no qual um agricultor está preparando um tipo de agrotóxico para suas verduras. Para isso ele deve dissolver o produto em pó em água. Na embalagem é informado que a cada 50 gramas de soluto seriam utilizados 1 litro de solvente, alcançando assim seu coeficiente de solubilidade. A

problematização central abordava as consequências de erros de cálculo, questionando no item e: 1) o que ocorreria com a plantação se o agricultor adicionasse o triplo da quantidade de soluto necessária; e 2) quais seriam as consequências caso ele utilizasse apenas a metade da massa de soluto requerida. A relevância de discutir a dosagem correta e suas consequências está intrinsecamente ligada ao contexto de alto consumo, visto que o Brasil é o principal consumidor mundial desses produtos (Corrêa; Gomes e Luz, 2020).

Com o objetivo de suprir a demanda alimentar impulsionada pelo crescimento populacional, é registrado a intensificação na produção e na aplicação de produtos químicos nas plantações. Esses produtos frequentemente contêm substâncias que podem levar à contaminação progressiva do solo. A produção agrícola pode ser afetada por diversas pragas. Os agrotóxicos, que também podem ser denominados como pesticidas, biocidas, praguicidas, agroquímicos, produtos fitossanitários ou defensivos agrícolas, são produtos químicos com alto potencial de alteração da fauna e flora que objetivam evitar a aparição de insetos, doenças ou plantas ruderais nas culturas agrícolas (Santos *et al.*, 2024).

No Brasil, o termo agrotóxico foi oficialmente estabelecido pela Lei Federal n.º 7.802, de 1989, e regulamentada pelo Decreto n.º 4.074, de 2002. Essa legislação define tais compostos químicos como substâncias destinadas a controlar, destruir ou prevenir, de forma direta ou indireta, a ação de agentes patogênicos que afetam plantas, animais úteis e seres humanos. A principal função desses produtos é proteger a produção agrícola contra organismos nocivos. Contudo, a aplicação inadequada desses insumos químicos pode gerar riscos à saúde. Historicamente, o uso massivo e excessivo desses produtos ao longo de décadas tem resultado em danos ambientais e prejuízos à saúde humana (Santos *et al.*, 2024).

Diante desse contexto, a análise das respostas dos estudantes à questão revelou uma compreensão intuitiva do conceito de ponto ideal na aplicação de produtos químicos, indicando que eles rejeitam instintivamente o uso incorreto do agrotóxico em ambas as concentrações extremas. Essas percepções podem ser observadas no Quadro 10.

Quadro 10 – Questionário Diagnóstico, Questão 6e - Percepção de Riscos: Excesso e Carência de Solute na Aplicação de Agrotóxicos.

Cenário	Percepção Geral	Participantes	Análise
Excesso de Solute (Triplo)	Dano Máximo/Morte da Planta	P1, P2, P4, P5, P6, P8, P9, P10, P11, P12	Houve um claro entendimento de que o excesso de produto químico (além do coeficiente de solubilidade) é letal. O produto químico é percebido como tóxico.
Falta de Solute (Metade)	Falta de Desenvolvimento/ Ineficácia	P1, P4, P5, P8, P10, P11	Os estudantes intuem que a falta de soluto compromete a função original do produto, resultando em subdesenvolvimento ou ataque de pragas.

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

No cenário de excesso de soluto, a percepção é quase unânime: dez dos doze participantes acreditam que a plantação morreria ou seria drasticamente prejudicada. Isso estabelece o agrotóxico não como um nutriente, mas como um químico tóxico cujo excesso é letal. A percepção dos estudantes ao excesso de agrotóxicos coincide com as discussões apresentadas por autores da área.

De acordo com Santos *et al.* (2025), a aplicação exagerada de agrotóxicos pode resultar na contaminação do solo, comprometendo sua fertilidade e reduzindo a biodiversidade. Essa contaminação pode ocorrer de diversas formas, como pela aplicação direta nas culturas, pelo uso de água contaminada ou pelo descarte inadequado das embalagens. Embora o solo tenha a capacidade de reter uma grande quantidade desses contaminantes, a presença deles pode enfraquecê-lo e diminuir sua capacidade produtiva. Os efeitos nocivos vão além da fertilidade, podendo causar a morte de micorrizas (associações simbióticas mutualísticas entre fungos e as raízes de plantas), a diminuição da biodiversidade e o aumento da acidez. Adicionalmente, os diversos componentes químicos presentes nos agrotóxicos interagem de maneiras distintas com os constituintes do solo, alterando significativamente suas propriedades químicas (Santos *et al.*, 2025).

De modo similar, a falta de soluto também foi vista como prejudicial, com seis participantes indicando que a plantação não se desenvolveria ou que o produto não teria o efeito desejado. De acordo com Santos e Oliveira (2015), a produção e o uso de adubos sintéticos vêm se intensificando progressivamente no intuito de acelerar o desenvolvimento das plantações, aumentando a produtividade. O P9 complementou essa ideia ao sugerir que a falta de eficácia levaria a plantação a "dar bichos", demonstrando a compreensão do efeito protetor esperado do produto, como exposto por Santos *et al.* (2025). As justificativas da questão 6, item e, podem

ser observadas no Quadro 11, com a unidades de análise em destaque.

Quadro 11 – Questionário Diagnóstico, questão 6e: Concepções ao uso dos agrotóxicos.

<i>“Eu acho que ela irá morrer dos dois jeitos, por excesso de agrotóxico, ou ficar estranha, e com pouco fertilizante ela não vai desenvolver.” (P1)</i>
<i>“A plantação morreria de todo jeito com muito ou pouco, é necessário o cálculo exato.” (P2)</i>
<i>“A plantação seria prejudicada em ambas as situações.” (P3)</i>
<i>“A plantação iria morrer com o triplo do soluto e caso contrário, provavelmente ela não iria evoluir.” (P4)</i>
<i>“Elas morreriam pelo erro enorme de quantidade de agrotóxico, ou não seriam comestíveis. E ao contrário, elas não cresceriam como o esperado e provavelmente estragaram mais rápido.” (P5)</i>
<i>“Morreriam com o excesso de soluto.” (P6)</i>
<i>“Com o excesso irá crescer mais e uma maior quantidade na sua plantação.” (P7)</i>
<i>“Se ele colocar a mais, pode correr o risco de matar sua plantação e se ele colocar a metade pode não fazer 100% do efeito, por isso tudo tem sua medida.” (P8)</i>
<i>“As plantas iriam morrer, já ao contrário, a plantação dariam bichos.” (P9)</i>
<i>“Acho que com o excesso iria morrer, e com pouco soluto não iria desenvolver bem.” (P10)</i>
<i>“Com o triplo a plantação morrerá. E sem a medida adequada não vai ter o resultado esperado.” (P11)</i>
<i>“A plantação morreria nos dois casos.” (P12)</i>

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Essa dualidade nas respostas, que rejeita tanto o excesso quanto a carência de soluto, enfatiza a percepção dos estudantes sobre a importância da dosagem exata. Ao afirmar que “*tudo tem sua medida*” (P8) e que “*é necessário o cálculo exato*” (P2), os participantes resumem a ideia central de que a sobrevivência da plantação e a eficácia do agrotóxico dependem do cumprimento rigoroso do coeficiente de solubilidade. Essa compreensão intuitiva

reflete o entendimento da dosagem química como um fator crítico e não negociável na prática agrícola. De acordo com Machado, Silveira e Orth (2022) os agroquímicos são enxergados como controvérsia sociocientífica, pois apesar de presentes no cotidiano da maioria dos estudantes e famílias que dependem economicamente da produção agrícola, em contrapartida é observado que a saúde dessas pessoas podem estar, ao mesmo tempo, sendo comprometida pelo acúmulo de substâncias cujos efeitos ainda não são totalmente conhecidos.

A rejeição ao excesso desse soluto sinaliza o reconhecimento dos estudantes aos riscos de uma solução supersaturada ou altamente concentrada, que resultaria em toxicidade, enquanto a desaprovação da falta de agrotóxico necessário, demonstra o reconhecimento da ineficácia de uma solução insaturada ou diluída, incapaz de combater as pragas.

A seguir foi apresentada a próxima situação fictícia vivenciada pelo agricultor, na qual ele de fato errou o cálculo para a concentração do agrotóxico, e acabou adicionando 100 kg de soluto para 1000 litros de solvente. Ele acabou repetindo esse processo durante 2 meses até perceber que havia algo de errado com suas verduras. Dessa forma, os estudantes refletiram sobre as consequências que esse erro pode gerar ao meio ambiente e a população, uma vez que perto da fazenda do agricultor há um rio que abastece sua cidade.

Essa questão revelou a percepção dos estudantes sobre a dimensão dos riscos dos agrotóxicos a longo prazo, indo além da toxicidade imediata à planta. No Quadro 12, é possível observar as respostas dos participantes, destacando-se as unidades de análise.

Quadro 12 – Questionário Diagnóstico, questão 6f: Percepções aos riscos excessivos de agrotóxicos a longo prazo.

(continua)

<i>“O solo pode sugar esse soluto e acabar transferindo pra algum rio, que iria afetar a vida das pessoas e animais dependentes desse rio.” (P1)</i>
<i>“Iria poluir a água do rio. Talvez até fazendo a população passar mal por beber a água.” (P2)</i>
<i>“O produto da plantação iria fazer mal pra quem consumir e pela quantidade de agrotóxico afetaria o meio ambiente.” (P3)</i>
<i>“Os produtos se tornaram tóxicos e a terra também, e em relação ao rio, toda solução se concentraria na água e chegaria na população.” (P4)</i>
<i>“O solo absorveria muito do agrotóxico indo para o rio e isso acabaria com a vida dos bichos e tornaria a água impossível de ser tomada ou usada sem correr um grande risco.” (P5)</i>

Quadro 12 – Questionário Diagnóstico, questão 6f: Percepções aos riscos excessivos de agrotóxicos a longo prazo.

(conclusão)

<p>“Isso pode prejudicar a população, fazer algum mal para o corpo, isso pode fazer mal para as plantas que teriam contato com esse rio.” (P6)</p>
<p>“Ia ter um resultado enorme na sua plantação. Por conta do exagero dos produtos.” (P7)</p>
<p>“Pode acabar contaminando a água e a sua terra tornando a mesma infértil.” (P8)</p>
<p>“Além de contaminar a água causaria riscos a vida humana e aquática.” (P9)</p>
<p>“Ia matar os animais.” (P10)</p>
<p>“As substâncias do agrotóxico podem ser nocivas e, por tanto, causar poluição.” (P11)</p>
<p>“Uma grande quantidade de agrotóxico afetaria o meio ambiente e a população.” (P12)</p>

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Nota-se que a principal preocupação dos participantes é a contaminação da água e o risco direto que ela representa. Os estudantes demonstraram um entendimento claro de que o rio funciona como o principal vetor de transporte da contaminação para a cidade. Relatos como o de P4 e P2 indicam que o erro do agricultor é visto como um problema de saúde pública imediato. O dano é percebido pelos estudantes como abrangente. Além dos humanos, a preocupação se estendeu aos ecossistemas, observada nas respostas de seis estudantes, nas quais citaram que a contaminação afetaria a vida aquática e animal. O P9 mencionou "*riscos à vida humana e aquática*", e o P10 foi direto ao afirmar que "*Ia matar os animais*". A terra também foi citada como vítima do excesso recorrente, P4 afirmou que "*a terra também*" se tornaria tóxica.

O uso descontrolado desses pesticidas está associado a uma contaminação significativa dos solos. As substâncias químicas presentes nesses produtos podem permanecer no solo por longos períodos devido à sua estabilidade química, comprometendo a qualidade e a funcionalidade do solo. A acumulação dessas substâncias representa uma ameaça constante, resultando em efeitos nocivos para os organismos do solo (Da Fonseca *et al.*, 2019). Essa

contaminação do solo por agrotóxicos pode impactar a saúde humana e ambiental, pois os alimentos cultivados em solo contaminado podem absorver e reter essas substâncias, contaminando os produtos agrícolas. Além disso, a saúde dos trabalhadores rurais e da população em geral também pode ser afetada (Silva *et al.*, 2025).

De acordo com Borsoi *et al.* (2014), o excesso de agrotóxicos tem uma relação direta com a contaminação do meio ambiente, afetando principalmente solo, água e ar. Esse risco ambiental é consistente com as percepções dos estudantes apresentadas no Quadro 12.

Além disso, a exposição direta aos pesticidas constitui um desafio considerável para os agricultores e as comunidades adjacentes às áreas de aplicação (Silva *et al.*, 2025). A inalação de vapores tóxicos, o contato com a pele e a ingestão acidental aumentam a suscetibilidade desses grupos a uma variedade de efeitos fisiológicos adversos à saúde (Silva *et al.*, 2025).

Diferentemente das respostas dos colegas, as percepções de P7 demonstram uma notável divergência conceitual, na Questão 6e e 6f, onde aborda-se o excesso de agrotóxicos. Enquanto os demais participantes sugerem que o excesso causaria danos ou morte à planta, P7 deduz que, *"com o excesso irá crescer mais e uma maior quantidade na sua plantação"*, uma perspectiva que se manteve na questão seguinte, ao afirmar que o agricultor *"Ia ter um resultado enorme na sua plantação. Por conta do exagero dos produtos."* Essa linha de raciocínio indica uma provável confusão entre a função do agrotóxico (um agente biocida) e a função de um fertilizante (um nutriente), generalizando ambos como produtos que, em maior quantidade deveriam gerar um resultado superior. Essa concepção aponta para um ponto a ser aprofundado e esclarecido nas mediações envolvendo o tema.

A análise dessas respostas demonstra que os estudantes possuem uma percepção intuitiva robusta da dimensão da contaminação. Eles compreendem que o erro químico do agricultor gera um efeito cascata, em que o produto químico pode passar da plantação para o solo, para algum rio e até mesmo chegar aos seres vivos, causando desequilíbrios ambientais.

As respostas do formulário (Apêndice B), complementam as discussões estabelecidas até o momento, sobre as percepções socioambientais iniciais relacionadas a agricultura. As respostas na questão 1, ao questionar se os estudantes já tinham ciência dos problemas da agricultura ao meio ambiente, revelaram que as percepções iniciais se concentravam em três eixos principais referentes as contaminações químicas, ao manejo e uso do solo e aos problemas climáticos. As respostas da questão 1 do formulário são apresentadas no Quadro 13, com as unidades de análise em destaque.

Quadro 13 – Formulário, questão 1: Percepções prévias dos impactos da agricultura industrial.

<i>"Sim, o desmatamento"</i> (P1)
<i>"Sim, desmatamento do solo"</i> (P3)
<i>"Sim, o uso excessivo de agrotóxicos, desperdício, a terra fica mais infértil."</i> (P4)
<i>"Sim, desmatamento e erosão"</i> (P5)
<i>"Sim, a agricultura enfrenta uma série de desafios significativos atualmente. São alguns como clima, pragas, falta de mão de obra entre outros."</i> (P7)
<i>"Sim, sabia dos riscos de escoamento contaminado a água dos rios e fazendo mal para o solo, mas o vídeo abriu um leque muito grande de dificuldades"</i> (P8)
<i>"Sim, a erosão, uso excessivo de água, queimadas para limpar solo e uso de produtos químicos maléficos para o solo"</i> (P9)
<i>"Sim. Degradação do solo."</i> (P11)
<i>"De alguns, como por exemplo, mudanças de clima."</i> (P12)

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

As percepções dos estudantes, a respeito das contaminações químicas, demonstraram ser a problemática mais detalhada e específica, exposta por eles. Os participantes P4, P8 e P9, por exemplo, citaram explicitamente o *"uso excessivo de agrotóxicos"*, em que P4 associa à consequência direta desse uso ao solo: *"terra fica mais infértil"*. Já P8 e P9 mencionaram os riscos do *"escoamento contaminado a água dos rios e fazendo mal para o solo"*, indicando uma percepção clara do ciclo de contaminação que afeta tanto o recurso hídrico quanto o solo. Essas respostas sugerem que os estudantes já possuíam um conhecimento sobre o caráter tóxico dos insumos e o potencial de poluição, as respostas do formulário, às contaminações químicas, equiparam-se as discussões dos impactos dos agrotóxicos realizadas na análise dos dados das questões 6e e 6f do questionário diagnósticos apresentadas nesse subtópico, em que ficou evidenciado que as habilidades cognitivas no que diz respeito aos efeitos do agrotóxicos são adequadas e satisfatórias em relação aos seus efeitos ao meio ambiente.

Além das problemáticas envolvidas no uso de agroquímicos, foram citadas pelos estudantes as preocupações ao manejo do solo. Os participantes P1, P3, P5, P9 e P11, destacaram o conhecimento dos impactos da agricultura no desmatamento e a erosão dos solos. P9 ampliou a discussão, citando o "*uso excessivo de água*" e as "*queimadas para limpar solo*", o que demonstra uma preocupação com a gestão dos recursos naturais e a sustentabilidade das técnicas empregadas na produção agrícola.

Britto (2009) destaca que o modelo moderno agrícola, ao privilegiar o uso de ferramentas tecnológicas, provoca uma intensificação exponencial na exploração de recursos naturais essenciais, como o solo e a água. Essa prática é diretamente proporcional ao uso de insumos químicos, os quais possuem um alto potencial contaminante. A etapa inicial deste modelo é a remoção da vegetação original, seja ela de floresta ou cerrado, o que gera impactos irreversíveis no ecossistema. Entre esses impactos, incluem-se a perda da biodiversidade, o aumento do processo erosivo do solo e alterações significativas nas trocas de carbono entre a atmosfera e o solo, resultando em mudanças climáticas tanto em escala regional quanto global. Sobre o processo de desmatamento, Leff (2001, p. 87) afirma que:

Os processos de desmatamento e erosão dos solos acarretam o esgotamento progressivo dos recursos bióticos do planeta, a destruição das estruturas edafológicas e a desestabilização dos mecanismos ecossistêmicos que dão suporte à produção e regeneração sustentável dos recursos naturais.

A partir das preocupações do uso inadequado dos recursos naturais e o acelerado desmatamento, contribuindo para uma crise ambiental, que as discussões socioambientais ganham cada vez mais importância ao longo dos anos. A edafologia, citada por Leff (2001), é ciência que estuda a influência dos solos nos seres vivos, especialmente nas plantas, as características edafológicas são as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo que afetam o crescimento, a distribuição e o desenvolvimento dos organismos, principalmente vegetais. Nesse contexto, os estudantes pontuam problemáticas relevantes a respeito do impacto da agricultura no desmatamento e na erosão de solos.

Outro impacto derivado da agricultura pontuado pelos estudantes trata-se das mudanças climáticas. P12 mencionou especificamente as "*mudanças de clima*", enquanto P7 apresentou uma visão mais ampla ao citar "*clima, pragas, falta de mão de obra entre outros*", sinalizando a percepção da agricultura como um sistema complexo e vulnerável a desafios de ordem econômica e ambiental de grande escala. Apesar das contribuições, uma pequena parte dos participantes, P2 e P6, afirmou que não tinha conhecimento prévio sobre esses problemas, o

que reforça a importância de materiais como o vídeo para a sensibilização sobre o tema.

As análises das percepções iniciais dos impactos ambientais na agricultura revelaram que os estudantes não veem os problemas de forma isolada, mas sim como um conjunto interrelacionado de desafios que englobam a poluição química, as práticas de manejo insustentáveis e a vulnerabilidade às condições climáticas. Essa amplitude de percepção estabelece um ponto de partida rico para a mediação pedagógica e o aprofundamento da discussão socioambiental.

4.3.2. Contribuições: Documentário e ação socioambiental - Hidroponia

Para entender a contribuição do documentário nas discussões socioambientais, foi realizada a análise das demais respostas ao Formulário (Apêndice B). O formulário foi enviado aos estudantes, após a apresentação do documentário “Solo Fertil” e montagem do sistema hidropônico, apresentada no subtópico 4.2.1. na apresentação e discussão dos resultados. Após a análise do formulário, foi realizada uma discussão audiogravada, mediada pela pesquisadora, para compreender os aspectos socioambientais que mais chamaram atenção dos estudantes nessa perspectiva, a fim de triangular as informações, além disso as respostas do questionário avaliativo (Apêndice D) que envolviam o aspecto socioambiental, também subsidiaram na análise das contribuições das atividades à sensibilização socioambiental. As respostas do formulário, do questionário avaliativo e as discussões audiogravadas foram analisadas e discutidas a seguir.

Durante a discussão, em um primeiro momento a pesquisadora solicitou a opinião dos estudantes sobre o documentário. Alguns participantes relataram que o material foi percebido como *"chato e extenso"*, mas reconheceram a relevância das informações apresentadas. A estudante P1, ao fazer essa declaração inicial, mencionou sentir-se ansiosa ou desmotivada com conteúdo muito longos. No entanto, ela e outros estudantes concordaram que o documentário forneceu informações valiosas e até então desconhecidas sobre a agricultura, especialmente no que tange à agricultura industrial em larga escala.

Para dar continuidade à discussão, a pesquisadora questionou os participantes sobre os novos conhecimentos adquiridos com o documentário. Os estudantes revelaram que desconheciam a dimensão do impacto negativo da agricultura sobre o meio ambiente, percebendo-a como uma atividade que poderia *"agredir"* o ambiente. O aluno P2 manifestou surpresa, relatando que acreditava que a prática de plantar, de certa forma, *"ajudava até mais"* e não que poderia ser prejudicial. P2 também indicou que ignorava o potencial da agricultura

em danificar o solo a ponto de torná-lo "*inútil*" de alguma forma.

Outros alunos demonstraram a compreensão de que a agricultura em alta escala explora intensamente o solo e a água, resultando na perda de nutrientes da terra após um período de uso, o que a tornaria improdutiva. Essa conclusão foi compartilhada por P7 e P9. P9 ainda complementou essa ideia, ligando o conceito à degradação ao afirmar que "*quando perde os nutrientes ocorre a erosão*". Devido à menção do termo "*erosão*" pelo último aluno, a pesquisadora questionou sobre o entendimento da palavra, e a maioria dos estudantes permaneceu em silêncio. P1 afirmou saber o que era, mas não conseguia explicar de forma científica. Diante disso, a pesquisadora intermediou a discussão, definindo a erosão como o resultado do processo de desgaste lento do solo, causado por ações mecânicas, químicas ou pela própria água, o que provoca esse desgaste e resulta em solo mais seco e com rachaduras.

De acordo com Guerra (1994) a degradação do solo é definida cientificamente como o conjunto de processos que resultam na perda de suas qualidades químicas, físicas ou biológicas. Tais processos podem ter origem natural ou serem desencadeados pelo uso intenso do solo, que excede sua capacidade de resiliência frente às pressões externas.

As respostas a Questão 2 do formulário (Apêndice B), apresentadas na Tabela 3, correspondem aos impactos ambientais advindos das práticas agrícolas identificadas no documentário pelos estudantes, os estudantes estavam livres para apresentar mais de um impacto. As respostas completam a discussão audiogravada apresentada.

Tabela 3 – Formulário, questão 2 – Impactos da agricultura: Percepções do documentário.

Impacto	N
Erosão	6
Poluição/ Contaminação (solo, ar, água)	5
Desmatamento	4
Agrotóxicos/ produtos químicos	4
Aquecimento global, Emissão de Gases	4
Queimadas	3
Perda de Nutrientes, Solo infértil	2
Perda de biodiversidade	1
Uso excessivo de água	1

N= Frequência de menção.

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Os problemas mais citados podem ser agrupados em três categorias principais, que refletem as temáticas centrais do documentário. Uma parte significativa das respostas relacionou a agricultura diretamente com a crise climática. Os participantes notaram que as

práticas do setor contribuem para o aquecimento global, as mudanças climáticas, a emissão de gases causadores do efeito estufa, o aumento da poluição do ar e de incêndios em matas devido ao calor extremo. P7 destacou alguns desses impactos em sua resposta “*O aquecimento global, também o desmatamento, extinção de alguns animais e também de algumas espécies e também as emissões de gases causadores do efeito estufa.*”. Todas as percepções mencionadas pelos estudantes coincidem com as discussões apresentadas no documentário.

O ponto mais comum nas respostas foi sobre a degradação do solo e da água, mostrando que a questão do solo fértil é central na percepção dos participantes em relação ao filme. Os participantes identificaram diversos problemas relacionados à saúde da terra e dos recursos hídricos, como a erosão e a contaminação do solo e da água por meio de agrotóxicos e poluição, como P1 que ressalta “*A erosão, queimadas, o uso de agrotóxicos, desmatamento, poluição*”. P7 e P8 contribuem nessa discussão ao expressarem respectivamente suas percepções de impactos: “*O risco de contaminação das águas e terras fazendo-as infértil para outros tipos de agricultura.* (P7)” “*Erosão, solo perdendo nutrientes, uso excessivo de água, queimadas, gases ruins para o efeito estufa*” (P8). Além disso, as respostas também evidenciam os efeitos das práticas agrícolas sobre os ecossistemas e a biodiversidade, destacando como impacto em suas respostas o desmatamento, a extinção de alguns animais e espécies e o uso excessivo de água e as queimadas, indicando o reconhecimento de práticas insustentáveis. P6 destacou em sua resposta a “*Erosão do solo, contaminação de água e perda de biodiversidade*”.

Segundo De Deus e Bakonyi (2012), as práticas inadequadas de manejo agrícola contribuem para a degradação dos solos. Especificamente, a degradação resultante da erosão hídrica reduz a capacidade produtiva do solo. Embora a erosão possa ser um processo natural, a intervenção e ação contínua do ser humano resultam na aceleração desse desgaste. Ainda segundo o autor, algumas práticas específicas de manejo agrícola podem induzir modificações nas propriedades físicas do solo, afetando primariamente sua estrutura. Tais alterações estruturais têm o potencial de ser tanto permanentes quanto temporárias e, além disso, influenciam diretamente o processo erosivo, um solo submetido a um cultivo intensivo apresenta sua estrutura original alterada, o que se manifesta tanto nos níveis de porosidade quanto na sua densidade (De Deus; Bakonyi, 2012).

Ao compararmos as percepções iniciais dos estudantes dos impactos da agricultura, apresentados no subtópico 4.3.1. desta sessão, às respostas obtidas após a apresentação do documentário, é possível perceber o amadurecimento das percepções em relação aos impactos da agricultura no meio ambiente, a percepção dos estudantes de problemas agrícolas pontuais passou para uma compreensão mais sistêmica e multifacetada dos impactos socioambientais.

Ao analisar às consequências e impactos da agricultura industrial aos seres humanos e animais, as respostas a questão 3 do formulário revelam que os participantes conseguiram identificar uma série de impactos negativos que vão além da degradação do solo, afetando diretamente a saúde e o bem-estar de seres humanos e animais. A maioria dos participantes destacou as consequências diretas para a saúde da população.

As respostas mais frequentes apontaram para a exposição a produtos químicos: A exposição a pesticidas, agrotóxicos e outros produtos químicos tóxicos pode causar diversos problemas de saúde, como problemas respiratórios e, a longo prazo, até mesmo a infertilidade, como citado por P8 *"A longo prazo pode causar **infertilidade**..."*. P4 reflete sobre esses problemas ao expor que *"Para os humanos o consumo de produtos industrializados, **produtos químicos** utilizados na agricultura podem causar **problemas respiratórios**"*.

Um segundo ponto também observado nas respostas dos estudantes era referente a qualidade dos alimentos e recursos: O consumo de alimentos de menor qualidade nutricional e a falta de água potável e ar puro foram citados como impactos diretos na saúde, segurança e bem-estar da população. P3 reflete que *"A agricultura industrial pode causar impactos negativos na **saúde humana**, como exposição a **pesticidas** e alimentos de **menor qualidade nutricional**"*. Além disso, P4 também analisa que *"Riscos à saúde devido a exposição a **pesticidas** e produtos químicos e afeta a **qualidade dos alimentos e da água**"*.

As respostas também refletiram a preocupação com o tratamento dado aos animais na agricultura industrial, como a práticas de criação intensiva: O confinamento em lugares apertados, o uso excessivo de antibióticos e a perda de áreas de convívio são vistos como práticas que comprometem a saúde e o bem-estar dos animais. P4 reflete nesse aspecto *"Para os animais, práticas intensivas de criação, **confinamento em lugares apertados** e uso **intensivo de antibióticos**"*, P10 expõe uma ideia próxima a de P9 ao responder que a agricultura industrial impacta *"no **bem-estar animal**, devido a **práticas intensivas** e uso **excessivo de antibióticos**"*. Sendo um pouco mais direta, P9 expõe que as práticas agrícolas invadem a área natural dos animais, *"animais vão **perdendo áreas que vivem**"*.

Além disso, alguns participantes demonstraram uma visão mais ampla ao relacionar os desafios da agricultura a questões globais, como as mudanças climáticas. Foi destacado que as práticas agrícolas em larga escala podem influenciar o clima e, conseqüentemente, o equilíbrio ambiental. Essa percepção expressa uma preocupação com a sustentabilidade e com os possíveis impactos ambientais associados à expansão do agronegócio a longo prazo.

A agricultura intensiva contribui na presença elevada de resíduos tóxicos em alimentos, a alteração biológica, a contaminação e degradação ambiental, as intoxicações e mortes

desenfreadas de seres vivos, ao fazer o uso continuado e excessivo de produtos agroquímicos (De Deus; Bakonyi, 2012). Além disso, os autores apontam que a maior causa da perda da biodiversidade é a abertura de novas “terras” para a agricultura, pecuária extensiva é até mesmo para especulação imobiliária.

Segundo Balsan (2006), o modelo de produção baseado na monocultura gera problemas ambientais recorrentes. Dentre eles, destacam-se a devastação das áreas florestais e a perda da diversidade biológica e genética, a erosão dos solos e a contaminação tanto dos recursos naturais quanto dos próprios alimentos. Nesse panorama, Veiga (2000, p. 31) ressalta que “[...] a erosão da diversidade biológica só poderá ser controlada se houver simultânea retração de atividades que degradam os habitats e crescimento das que os conservam ou recuperam”.

Além disso, um dos recursos naturais mais impactados pelas atividades agrícolas é o solo, que constitui sua base física. A ausência de conhecimento sobre as propriedades e características do solo, combinada com o modelo intensivo de monocultura e a falta de consideração pelo futuro das próximas gerações, tem resultado na aceleração da erosão física e biológica dos solos, bem como em processos mais destrutivos, como a desertificação (Balsan, 2006).

Os estudos apresentados compactuam com as respostas dos estudantes, dessa maneira os resultados revelam que os alunos não apenas assimilaram os conceitos de degradação do solo e crise climática, mas também expandiram sua compreensão para o âmbito da saúde e da ética. Ao identificar explicitamente os riscos de exposição a pesticidas (P4, P8), a perda da qualidade nutricional dos alimentos (P3, P4) e as consequências para o bem-estar animal em práticas de criação intensiva (P4, P9, P10), os participantes demonstraram uma consciência que transcende os limites do conteúdo de Química, expressando a importância da educação ambiental.

Durante a discussão audiogravada, foi questionado se os estudantes concordavam em manter a agricultura em alta escala e qual seria a opinião deles. Os estudantes presentes concordaram que deveriam ter outros tipos de agricultura mais sustentáveis. Então, P9 reflete sobre a questão “*deveria ter outros tipos de agricultura para substituir a em grande escala, feita em menores escalas e de uma maneira mais sustentável*”. Todos os outros estudantes concordaram que deveria haver outras agriculturas para substituir a que mais degrada o solo, agriculturas mais sustentáveis.

Além disso, P4 ainda fala sobre as desvantagens da agricultura intensiva “*o consumo de água na agricultura em alta escala, tem grande perda, um grande desgaste de água também*”. Então, pensando no excesso de gasto de água na agricultura, os estudantes falaram que essas agriculturas deveriam pensar também em algum tipo de reuso ou reutilização para não haver

tanta perda de água.

Em consonância a discussão, na questão 4 do formulário (Apêndice B), foi questionado aos estudantes as possíveis soluções para os problemas identificados por eles na agricultura. A análise das 12 respostas revelou um foco claro na sugestão da transição dos modelos de produção e na adoção de práticas mais ecológicas. O ponto mais forte nas respostas dos estudantes foi a necessidade de abandonar o modelo de agricultura industrial em favor de sistemas mais éticos e ecológicos, sugerido por 8 participantes. A proposta de P3 sugere que *“Para resolver os problemas da agricultura industrial, é importante **promover a agricultura orgânica e agroecologia, incentivar práticas sustentáveis de cultivo, implementar políticas de regulamentação de agrotóxicos, promover o consumo de alimentos locais e sazonais e educar sobre os impactos da agricultura industrial para incentivar escolhas alimentares conscientes**”*.

Tal direcionamento está alinhado com a literatura. Santos e Oliveira (2015) destacam que uma das alternativas encontradas para reduzir os impactos ambientais na prática da agricultura apoia-se em sugestões de práticas de Educação Ambiental, com o objetivo de propor aos agricultores maneiras de desenvolver a atividade agrícola de uma maneira mais sustentável e ecologicamente correta. Nesse estudo, ainda se destaca que a abordagem agroecológica se fundamenta em princípios que se opõem diretamente à lógica do agronegócio.

Um pilar central desse modelo é a completa exclusão de agrotóxicos durante todas as etapas de produção e processamento dos alimentos, o que a qualifica como uma produção orgânica. Para a fertilização do solo, a agroecologia emprega fertilizantes naturais, frequentemente derivados da reciclagem de matéria orgânica de outras atividades ou do manejo de animais. Essa prática substitui os insumos químicos, que sabidamente prejudicam o ecossistema, prevenindo tanto a degradação ambiental quanto os riscos à saúde de quem consome esses produtos (Santos; Oliveira, 2015).

Além de P3, os estudantes P1, P4, P5, P6, P9, P10 e P11 também sugerem a mudança da agricultura industrial para modelos mais sustentáveis, sendo a hidroponia citada por P1, P9 e P11. Dessa maneira, surgiu a indagação do porquê que a hidroponia era considerada sustentável, o que a hidroponia poderia contribuir para o meio ambiente. Durante a discussão os participantes P1, P3, P4, P9, P11 e P12 falaram sobre a economia da água, já que, como eles observaram na montagem do sistema hidropônico, a água é reutilizada. P9 observa que *“A bomba faz com que **a água retorne para os canais de cultivo e gere um ciclo**”*. Outro apontamento levantado por eles foi o gasto de água no solo, P11 *“**Já no solo normal, essa água, além de ter que gastar um pouco mais, é absorvida pelo solo também**”*, P5 completa falando *“Então, acaba perdendo mais água do que na hidroponia”*.

Segundo Costa (2022), a hidroponia promove a conservação do solo, a economia de água, a diminuição do uso de pesticidas e a melhor absorção de nutrientes que seriam perdidos por lixiviação nos métodos agrícolas convencionais. Por ser uma técnica de plantio que prioriza a conservação do meio ambiente, assume de grande importância na formação e conscientização dos alunos em relação a sustentabilidade, estimulando os discentes a serem mais críticos e responsáveis na preservação do meio ambiente.

Outros estudantes também ressaltaram sobre a diminuição do uso de agrotóxico ao utilizar a hidroponia como método de plantio, destacando que por se tratar de uma plantação mais controlada, haveria redução de ataque de bichos e, também não ia ter tanto uso de agrotóxico. P3 completa essa discussão ressaltando “*Mesmo que tivesse, como não está plantado em solo, não ia estragar o solo nem causar algum dano ao solo*”. A menor degradação do solo foi citada por outros 3 participantes no formulário.

Na discussão, P2 argumentou que a hidroponia “*seria uma maneira mais barata de agricultura*”, só que isso gerou outra discussão sobre implantar o sistema em alta escala. Os estudantes ficaram em dúvida se seria tão barato assim o investimento, chegando à conclusão que a implementação em larga escala talvez não seria tão viável nesse caso, e sugeriram que seria mais interessante substituir por pequenas produções em casa, P12 “*Se todo mundo tivesse pequenas produções em casa, ajudaria o meio ambiente e seria uma forma mais viável do que implementar em alta escala*”.

No questionário avaliativo (Apêndice D) foi questionado aos estudantes quais os pontos positivos que conseguem identificar para o meio ambiente pelo cultivo de hortaliças em hidroponia. As respostas no Quadro 14 contribuem com as discussões anteriores, analisadas pelas audiogravações e formulário, a respeito da sustentabilidade do sistema hidropônico, com as devidas unidades de análise em destaque.

Quadro 14 – Questionário avaliativo, Questão 8: Vantagens do sistema hidropônico ao meio ambiente.

(continua)

“Principalmente a reutilização da água , além de não precisar do solo” (P1)
“Acho que vai economizar mais espaço ” (P2)
“Pelo menos dessa maneira não vai prejudicar o solo , já que não usa ele” (P3)

Quadro 14 – Questionário avaliativo, Questão 8: Vantagens do sistema hidropônico ao meio ambiente.

(conclusão)

<i>“Como não uso o solo, ele não vai absorver agrotóxicos que podem fazer mal pra terra” (P4)</i>
<i>“Não prejudica o solo e economiza água, já que é reutilizável” (P5)</i>
<i>“Menos gasto de água” (P6)</i>
<i>“Em relação a economia com a água potável” (P7)</i>
<i>“Não danifica o solo” (P8)</i>
<i>“Não destroi o solo e não desperdiça água, o fertilizante rende bastante e não precisamos de um espaço tão grande para usá-lo” (P9)</i>
<i>“Menos consumo de água, menor poluição” (P10)</i>
<i>“Não desperdiça a água e nem prejudica o solo” (P11)</i>
<i>“Economia de água” (P12)</i>

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

As respostas dos estudantes, apresentadas no Quadro 14, confirmam o entendimento das vantagens do sistema hidropônico ao meio ambiente. A análise das respostas revela uma preocupação explícita e majoritária com a conservação hídrica. Dos 12 participantes, todos citaram, de forma direta ou implícita, a economia e o não desperdício de água ou a reutilização como a principal vantagem. Essa unanimidade na percepção destaca que o ciclo fechado da água no sistema hidropônico foi o aspecto de sustentabilidade mais impactante para os estudantes.

Cuba (2015) afirma que a agricultura irrigada, para manter-se sustentável, em termos ambientais, precisa ser eficiente no uso da água, bem como no uso dos agroquímicos que, aplicados às plantas ou ao solo, podem causar contaminação dos recursos hídricos subterrâneos. No Brasil, 80% do consumo da água é ligado a prática da agricultura. O estudo de Cuba (2015)

reforça a validação dos argumentos dos estudantes, ao sugerir a hidroponia como ferramenta otimizadora na economia de água, na utilização de água de reuso³, nesse sistema.

Voltando a análise da questão 4 do formulário, outro fator importante na solução dos problemas socioambientais na agricultura mencionado por 4 estudantes, trata-se do cuidado para seguir as legislações ambientais vigentes. P7 argumenta que a solução seria “*Descartar embalagens de agrotóxicos e de medicamentos de forma correta. Armazenar combustíveis de forma segura, evitando casos de vazamento e acidentes. Priorizar o meio ambiente, além de seguir todas as legislações sanitárias*”.

De forma complementar, P12 sugere “*Priorizar as **regras ambientais**, seguir todas as legislações sanitárias, investir na coleta seletiva de resíduos dentre outros*”. Ao discutirem esses pontos os estudantes demonstram a relação direta entre o descarte e armazenamento inadequado de resíduos, o uso de agrotóxicos e o lixo urbano com a poluição e contaminação do meio ambiente sugerindo, dessa forma, uma vigilância mais eficaz para o cumprimento das legislações ambientais e sanitárias. Esta preocupação indica que a solução é vista como um esforço de duas frentes, onde as políticas públicas e o rigor na fiscalização são cruciais para impor limites à poluição e proteger a saúde pública.

No Brasil, considerando o contexto da discussão (agrotóxicos, descarte de embalagens, contaminação de solo/água, lixo urbano e priorização de regras ambientais), podemos citar legislações federais brasileiras que aportam a temática, como a Lei dos Agrotóxicos (Lei Federal n.º 7.802/1989 e Decreto n.º 4.074/2002). Essa lei define e regula o uso, a produção, o registro, a fiscalização e o destino final, inclusive o descarte de embalagens de agrotóxicos no Brasil. O descarte correto das embalagens é uma obrigação legal definida por esta norma. Outra lei importante nessa discussão é a Lei n.º 12.305/2010, Política Nacional de Resíduos Sólidos, que estabelece princípios, objetivos e instrumentos para a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos no país, contribuindo na coleta efetiva de resíduos e minimizando as poluições dos lixos urbanos.

A exigência pela conformidade legal, sugerida pelos estudantes, reforça a dimensão da responsabilidade social dos produtores e da população, para aprofundar as legislações citadas por eles. Durante a discussão audiogravada, a pesquisadora questionou se eles conheciam as legislações que protegiam o meio ambiente. Todos indicaram que sabiam que existiam, mas que não conheciam. A pesquisadora sugeriu que pegassem seus celulares e pesquisassem. P3

³ Água que após ser utilizada em processos distintos (domésticos ou industriais), passa por um tratamento adequado para ser reaproveitada em fins não potáveis, como na irrigação de cultivos (Cuba, 2015).

foi a primeira a citar uma lei “*Aqui ta falando da Política Nacional do Meio Ambiente, 6.938/1981, que estabelece princípios, objetivos e instrumentos para a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental*”.

Para expor as respostas e não haver repetições, a pesquisadora escreveu no quadro as leis encontradas pelos estudantes. P4 encontrou a lei dos agrotóxicos e explicou para a sala do que se tratava: “*Ela regula a pesquisa, experimentação, produção, embalagem, rotulagem, transporte, comercialização e o destino final de agrotóxicos*”. P1 falou da Lei nº 9.605/1998 “*Lei de crimes ambientais, dispõe sobre as sanções penais e administrativas para condutas lesivas ao meio ambiente e criminaliza a poluição que resulta em danos à saúde humana ou que cause a mortandade de animais e a destruição da flora*”.

A última legislação sugerida foi apresentada por P5 “*A que eu achei é mais sobre o lixo, chama política nacional de resíduos sólidos, e estabelece diretrizes para a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo o princípio da logística reversa e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos*”. Os estudantes ficaram satisfeitos em conhecer algumas legislações sobre o meio ambiente, e comentaram entre si que elas deveriam ser mais divulgadas e exercidas, pois sempre observaram queimadas e notícias de desmatamento, mas nunca viram ninguém ser responsabilizado.

Ao abordar quais pontos mais chamaram a atenção dos estudantes no documentário e nas discussões socioambientais, a análise revelou que o vídeo não apenas confirmou preconceções dos estudantes, mas também introduziu novas informações para a maioria deles. Foi mencionado, na questão 6 do formulário, por três estudantes: P1, P7 e P11, a origem histórica e ética dos agrotóxicos. Um ponto que chamou muito a atenção dos participantes, dada a ligação desses produtos químicos ao Holocausto, P11 cita “*O primeiro agrotóxico foi usado nas câmaras de gás durante o holocausto*”. Outros estudantes, logo após a exibição do documentário, já haviam relatado também sua surpresa com essa informação, uma vez que se trata de um tópico tão importante e sensível.

Além do fator histórico, os participantes relataram um novo olhar sobre as problemáticas envolvendo a agricultura. P7 destacou a “*quantidade de impactos causados pela agricultura*”, indicando uma percepção ampliada da escala do desafio. Outro ponto notável foi a observação de P5, que registrou sobre a utilização inadequada dos solos, “*usar um solo inconsequente pode acabar com ele e isso pode atrapalhar todo um ecossistema*”. As percepções de P3 complementam essa ideia, quando fala que “*além dos pontos discutidos, é importante considerar a perda de biodiversidade, a degradação do solo e a contaminação da água como impactos adicionais da agricultura industrial*”, reforçando o aprendizado sobre a exaustão da

terra e a interconexão das práticas agrícolas com a saúde ambiental.

Portanto, as discussões revelam que o documentário e prática com a hidroponia conseguiu apresentar e refletir sobre alternativas para uma agricultura menos invasiva e mais sustentável. Os estudantes enfatizaram a necessidade da agroecologia e da agricultura orgânica, P9 por exemplo, destacou a busca por "*formas de substituir os fertilizantes artificiais por naturais, como o **plantio em água***". A transição de uma visão de risco (toxicidade imediata) para uma visão de solução (agricultura regenerativa), evidenciam o desenvolvimento de concepções socioambientais nos estudantes. Eles não apenas identificaram o agrotóxico como um agente biocida, mas também assimilaram o efeito cascata da contaminação do solo ao recurso hídrico, culminando em impactos globais e éticos.

A coerência entre a percepção dos estudantes aos aportes teóricos, durante a discussão, evidencia que a abordagem investigativa e contextualizada foi eficaz no desenvolvimento da educação ambiental dos estudantes. Para a maioria deles, após a realização da prática de ação ambiental, houve algum processo de sensibilização socioambiental individual. A questão 9 do questionário avaliativo contribui para essa concepção no item a, quando questiona se após realizar as práticas propostas pela professora, eles consideram que houve algum tipo de conscientização ambiental individualmente, 9 estudantes confirmaram que sim, sendo 2 respostas sem justificativa e 1 respondeu que não houve a conscientização individual (sem justificativa) e outros 2 participantes deixaram sem resposta.

Já no item 9b, foi perguntado se coletivamente, eles acreditam que os colegas conseguiram se sensibilizar a respeito das problemáticas ambientais envolvendo as práticas agrícolas. Quanto a conscientização coletiva, 10 estudantes afirmaram que sim, sendo 4 sem justificativa, e novamente 2 participantes mantiveram sem resposta. O Quadro 15 revelam as justificativas obtidas pela questão, com as unidades de análise em destaque.

Quadro 15 – Questionário Avaliativo, questão 9: Relatos da conscientização Socioambiental.

(continua)

Participante	9a - Conscientização Individual	9b - Conscientização Coletiva
P1	<i>“Sim, principalmente depois do documentário.”</i>	<i>“Sim, principalmente pela reflexão em grupo durante a aula”</i>
P4	<i>“Sim, eu não sabia o quanto o uso de agrotóxicos fazia mal para a terra e para a nossa saúde.”</i>	<i>“Sim, muitas amigas acharam super interessante o uso da hidroponia para o cultivo de planta.”</i>
P5	<i>“Sim, pois entendi que a agricultura feita de maneira errada pode causar danos no mundo.”</i>	<i>“Creio que sim, as aulas foram muito legais e conscientizantes.”</i>

Quadro 15 – Questionário Avaliativo, questão 9: Relatos da conscientização Socioambiental.

(conclusão)

Participante	9a - Conscientização Individual	9b - Conscientização Coletiva
P6	<i>“Sim, aprendi a importância de sistemas sustentáveis para o solo e meio ambiente.”</i>	<i>“Acho que sim, pois os conceitos foram bem reforçados nas aulas.”</i>
P7	<i>“Sim, a reutilização da água potável nas soluções nutritivas.”</i>	<i>“Sim, pelo documentário e pela prática na hidroponia.”</i>
P9	<i>“Acredito que sim, assim aprendemos que existem sim formas de continuar a agricultura sem prejudicar o solo, buscando maneiras renováveis”</i>	<i>“Sim, o experimento foi bem útil e muito bem explicado pela professora, acredito que todos os colegas tenham aprendido alguma coisa sobre o meio ambiente.”</i>
P12	<i>“Sim, aprendi que existem métodos sustentáveis de cultivo, como a hidroponia que eu não conhecia, causando menos impactos ambientais.”</i>	<i>“Sim. “</i>

Fonte: Dados da Pesquisa (2024).

Assim como observado pela pesquisadora, a ação ambiental, que combinou as discussões socioambientais com a implementação do sistema hidropônico, revelou grande potencial para a EA. Os próprios estudantes validaram a relevância dessas reflexões ao longo do processo de ensino. Para Reigota (2017), a EA deve ser encarada como um ato político, preparando os indivíduos para reivindicar e edificar uma sociedade pautada na justiça social, cidadania, autogestão e uma ética nas relações humanas e com o meio natural.

Desse modo, a abordagem da técnica hidropônica pode ser uma aliada fundamental na compreensão das soluções químicas e na formação de um aluno crítico e com responsabilidade socioambiental, uma vez que a inclusão de temas ambientais nas aulas de Química estimula o desenvolvimento de valores, atitudes e um senso crítico apurado, ampliando a percepção do impacto das suas ações na vida cotidiana.

Para Oliveira *et al.* (2016), a aprendizagem significativa se efetiva quando os novos conceitos possuem uma estrutura assimilável pelo aluno, fazendo com que o significado seja construído no decorrer do processo (Oliveira *et al.*, 2016). Segundo a teoria de David Ausubel, a existência de conhecimentos prévios é crucial, permitindo uma aquisição mais robusta e o enriquecimento tanto dos conceitos recém-adquiridos quanto dos já existentes (Oliveira *et al.*, 2016). Conforme demonstrado, os estudantes já possuíam noções preliminares sobre os impactos da agricultura, mas as atividades práticas e as discussões subsequentes levaram esse conhecimento a novas proporções, resultando em reflexões mais aprofundadas e engajadas.

Vale ressaltar a efetividade do sistema hidropônico como ferramenta no ensino de soluções químicas e na construção de discussões socioambientais. As aulas experimentais desenvolvidas e o contato com horta hidropônica podem contribuir para o engajamento,

valorização das ideias, desenvolvimento de habilidades técnicas, capacidade de argumentação dos estudantes além de atitudes cooperativas para a busca de soluções alternativas para os problemas colocados.

4.4. Construção e conhecimento finais

Para verificar a construção dos conhecimentos dos estudantes sobre o conceito de soluções químicas, foi aplicado um questionário avaliativo (Apêndice D). Embora a turma tenha demonstrado alto engajamento e motivação durante as práticas, chegando a fazer anotações adicionais, sugestões de práticas e publicações em suas redes sociais, houve uma resistência notável em responder ao formato de avaliação, evidenciando o contraste entre a satisfação com o aprendizado ativo e a desmotivação ao registro formal.

A escolha da formulação de questionários pode influenciar diretamente na qualidade dos resultados da pesquisa. Em sua pesquisa, Hadinugrahaningsih *et al.* (2020) indicam que uma maneira de superar as problemáticas envolvidas no registro de testes é a utilização de questões de múltipla escolha de dois níveis, que exigem que os alunos selecionem tanto a resposta correta quanto a sua razão. O uso de testes diagnósticos e avaliativos de dois níveis, pode fornecer uma maneira mais adequada a forma como as concepções dos alunos podem ser avaliadas, considerados uma ferramenta de avaliação eficaz para determinar a compreensão conceitual e as concepções alternativas dos alunos. A sugestão desse tipo de teste por Hadinugrahaningsih *et al.* (2020) poderia solucionar os desafios decorrentes das faltas de justificativas durante o percurso da pesquisa, aprimorando a análise das concepções dos estudantes.

Na análise das Questões 1 e 2 do questionário, a pesquisadora se propôs a compreender quais etapas mais atraíram e engajaram os estudantes durante a pesquisa, e em quais houve mais dificuldades, respectivamente, os alunos estavam livres para citar mais de um exemplo. A Questão 1 expôs os focos de engajamento dos estudantes, comprovando a eficácia dos momentos práticos e visuais do projeto. A Questão 2 apontou os principais obstáculos conceituais e abstratos enfrentados, delineando os pontos nos quais o domínio da química ainda representa o maior desafio para o grupo, sendo o cálculo citado por 8 participantes. As respostas analisadas encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Questionário Avaliativo, questão 1 e 2: Receptividade e Dificuldades na pesquisa.

Receptividade	N	Dificuldade	N
Montagem do SH	6	Cálculos	8
Desenvolvimento da Alface	4	Documentário	1
Solução Nutritiva	4	Espera	1
Plantio da Alface	3	Sem resposta	2

N= Frequência de menção.

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Os participantes demonstraram um alto nível de engajamento e motivação durante a realização das práticas. A montagem do sistema hidropônico foi o ponto mais atrativo, com 6 menções, sendo descrita como "muito legal" por P9, mesmo reconhecendo a complicação “*A montagem embora complicada foi **muito legal**, também acompanhar o crescimento das plantas é muito interessante*”. A observação do desenvolvimento e plantio da alface, com 7 menções combinadas, também gerou alto interesse. P4 comenta seu entusiasmo ao “*Plantar a alface, realizar a montagem do aparelho e acompanhar seu crescimento foi **muito legal***”, validando o uso de um projeto de longa duração.

Em contrapartida, houve uma baixa receptividade para atividades de consumo passivo ou espera, como assistir ao documentário. P1 comenta “*Eu tenho **dificuldade em assistir vídeos longos**, então a parte de ver o documentário me deixou **entediada e com ansiedade para acabar logo***”, além disso uma dificuldade para P6 foi o longo período de espera pelos resultados do plantio “*Esperar para ver os resultados*” ressaltando a dificuldade de alguns estudantes em atividades que demandam mais tempo passivo, o que reforça a preferência dos alunos pelo aprendizado ativo.

A principal dificuldade, citada por 8 estudantes, envolveu a resolução dos cálculos. Essa dificuldade está diretamente ligada à essência da solução química, como percebido por P9 “*Calcular a quantidade de fertilizantes para adicionar corretamente*”. O cálculo, embora seja o cerne da solução hidropônica, ainda após o processo é percebido como o maior obstáculo pelos participantes.

A Questão 3 abordou os conceitos envolvidos na solução nutritiva produzida pelos estudantes, buscando entender as limitações e potencialidades dessa atividade prática no ensino das soluções químicas. A questão 3a e 3b se complementam, em a) indagar a necessidade da solução nutritiva ao plantio em água, e em b) complementar com nutrientes necessários para o desenvolvimento da planta, observados no rótulo do produto utilizado.

As respostas às questões sobre a solução nutritiva demonstram que os estudantes

compreenderam o princípio básico da hidroponia: a química substitui o solo. Além disso, revelam um sucesso notável na memorização de elementos químicos cruciais. Na Questão 3a, houve um consenso total entre os participantes de que não é possível plantar apenas em água, todos os estudantes citaram a necessidade de nutrientes para o desenvolvimento da alface.

A percepção de que a solução nutritiva é um substituto funcional do solo foi bem articulada, como exemplificado por P12: “*Por que, como não é plantado no solo, é **necessária uma solução nutritiva***”. Essa resposta, junto à de P4 “*É **necessário** para que a planta tenha os **nutrientes essenciais** para se desenvolver*”, indica que a atividade prática foi eficaz em transmitir o conceito de que, na ausência do solo, os elementos químicos essenciais devem ser fornecidos de forma controlada através da água. Na Tabela 5, são apresentados os elementos citados como essenciais para o desenvolvimento das plantas pelos estudantes.

Tabela 5 – Questionário Avaliativo, questão 3b: Elementos químicos necessários no desenvolvimento da Alface.

Elementos Químicos	N
K	10
Fe	10
Mg	6
Ca	4
N	3
P	2
Co	2
Cu	2
Zn	1
SR	1

N= Frequência de menção.

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A Questão 3b demonstra o desenvolvimento das percepções químicas da solução e a conservação do conhecimento, especialmente em relação aos macronutrientes e micronutrientes mais críticos. Os dois elementos mais citados, com 10 menções cada, foram o Potássio (K) e o Ferro (Fe). A alta percepção do Potássio e Ferro é esperada, pois é um macronutriente vital e frequentemente destacado em adubos, assim como na vida humano.

Em contrapartida, os macronutrientes primários como Nitrogênio (N) e Fósforo (P) foram citados com menor frequência, podendo indicar que, embora os estudantes entendam a necessidade de nutrientes, o conhecimento sobre a classificação e o papel específico dos elementos macro e micro ainda precisa ser aprofundado, validando a importância da mediação teórica nesse âmbito.

Segundo Fernandes (2018), os nutrientes absorvidos em grande quantidade são denominados macronutrientes, sendo elementos como o N, P, K, Ca Mg e S. Já os elementos, requeridos em baixíssimas quantidades, são chamados de micronutrientes, são eles o Fe, Mn, B, Cu, Zn, Mo, Cl. O autor ainda ressalta que em uma análise os parâmetros de macro e micronutrientes devem ser considerados, pois atingem diretamente o desenvolvimento das hortaliças em decorrência de suas concentrações inadequadas.

Apesar da importância do aprofundamento dos micros e macronutrientes no desenvolvimento de hortaliças como a alface, esse conceito não foi trabalhado durante a sequência dos encontros. Entretanto, ao analisar esses resultados percebe-se a potencialidade de se abordar as representações submicroscópicas e simbólicas do ensino de solução química, nesse âmbito.

Vale ressaltar que a pesquisa, apesar de evidenciar a relevância de se trabalhar os três níveis de representação, apresentados por Johnstone, macroscópicos, submicroscópicos e simbólicos, conseguiu abordar apenas o nível macroscópico, que se refere às representações mentais adquiridas pela experiência sensorial. Essa limitação pode ser o ponto de partida para o aprimoramento de novas pesquisas, que de fato abordem os 3 níveis de representação da química.

4.4.1. Conhecimentos solução química nutritiva - Aspectos quantitativos

Nesse subtópico, serão apresentados os resultados referentes a construção do conhecimento dos aspectos quantitativos das soluções químicas, pela análise do questionário avaliativo. Ainda a respeito da solução nutritiva, a questão 3, item c e d, abordou o processo de preparo realizado durante a pesquisa pelos estudantes. As respostas em 3c e 3d se complementam, uma vez que em c, questiona-se o preparo dessa solução, e em d, o cálculo da dose exata para obter uma solução adequada para o sistema hidropônico de 9 litros montado por eles. De acordo com o rótulo do produto, a cada 100 litros de água eram necessários 69 gramas do produto.

A questão sobre como a solução nutritiva foi preparada é crucial para avaliar o desenvolvimento das concepções do procedimento químico e matemático. As respostas se dividem claramente entre a compreensão dos componentes, soluto e solvente, e a compreensão dos processos quantitativos envolvidos no cálculo e medição, ao produzir a solução. A maioria dos participantes preocupou-se em descrever o procedimento técnico e quantitativo, demonstrando que entenderam que a preparação exige precisão e cálculo.

O foco no cálculo da dose teve 4 menções. P1 citou a necessidade de "*fazer uma regra de três*", enquanto P9 destacou que "*Calculamos a quantidade de fertilizante exatas para 9 litros de água*", P7 e P12, descreveram até mesmo a quantidade exata de soluto e solvente utilizados, P7 descreve que "*Foram utilizadas 9l de água pra 6,21g de solução nutritiva.*". Já as etapas de medida foram descritas por 3 participantes. P5 e P10 descreveram a sequência correta, P5 "*fizemos a conta de quanto era necessário e medimos usando uma balança o peso certo, depois diluímos em água*", P10 também ressalta a importância da balança descrevendo "*Fazendo a conta de quantos era necessário medirmos na balança*", isso sugere que eles compreenderam a necessidade da precisão instrumental mesmo após o cálculo.

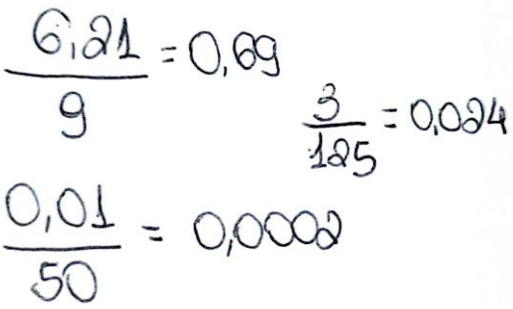
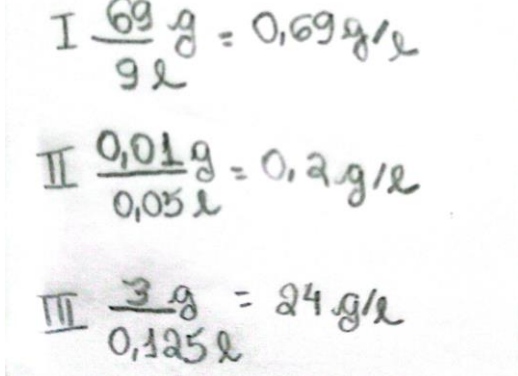
Uma parte dos estudantes se limitou a descrever os componentes ou o processo mais superficial. P3 descreveu a solução em termos químicos "*Solvente = água e soluto = nutrientes*", demonstrando o domínio da terminologia. P6 e P8 focaram apenas no aspecto de solubilidade "*Quando o nutriente foi dissolvido em um recipiente com água*". Já a resposta de P4 mostra um aspecto um pouco mais avançado: "*É importante medir e ajustar os níveis de pH da solução para garantir que os nutrientes estejam disponíveis para a planta*". Essa resposta indica que este estudante, compreendeu e aplicou um ponto de controle químico mais avançado, que é essencial para garantir a absorção dos nutrientes, mas que não foi citado pela maioria.

As respostas demonstraram que a atividade gerou o entendimento de que a preparação da solução nutritiva é um processo que exige precisão matemática e química. A análise das respostas de 3d aponta que apenas 6 estudantes se propuseram a apresentar os cálculos para a resposta da dose correta, mostradas na Figura 16.

abaixo: I= soluto: 6,21g, solução: 9L; II= soluto: 0,01g, solução: 50mL e III= soluto: 3g, solução: 125mL.

O desempenho geral na Questão 3e contrasta drasticamente com o sucesso observado na Questão 3d. Na questão anterior, foi observado que 6 estudantes acertaram o cálculo de proporção, já na 3e, apenas 2 participantes se propuseram a realizar os cálculos, apresentados na Figura 17. O restante optou por deixar a questão em branco, sugerindo que a generalização da fórmula de concentração e o esforço exigido pelo novo cálculo representaram um desafio para a maioria.

Figura 17 – Questionário Avaliativo, questão 3e: Cálculo da concentração das soluções nutritivas.

<p>17a- Resposta de P1</p>  $\frac{6,21}{9} = 0,69$ $\frac{3}{125} = 0,024$ $\frac{0,01}{50} = 0,0002$	<p>17b- Resposta de P12</p>  $\text{I } \frac{69 \text{ g}}{9 \text{ L}} = 0,69 \text{ g/L}$ $\text{II } \frac{0,01 \text{ g}}{0,05 \text{ L}} = 0,2 \text{ g/L}$ $\text{III } \frac{3 \text{ g}}{0,125 \text{ L}} = 24 \text{ g/L}$
--	---

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Em relação ao cálculo de soluto para solvente, através das respostas em 3d, pode-se observar que uma maior quantidade de alunos realizou o cálculo comparando-se ao questionário inicial, no qual apenas 2 estudantes haviam apresentado. Entretanto, na questão 3e observa-se que apenas 2 propuseram-se a realizar os cálculos. P1 apesar de montar o cálculo, não sinalizou as unidades de medidas e nem converteu as unidades de volume, não realizar a conversão impede a obtenção de uma concentração padronizada (g/L) e a comparação entre as soluções. Já P12 conseguiu realizar o cálculo corretamente, demonstrando domínio no conceito estudado.

A análise dessa questão revela que o conceito e as equações matemáticas envolvendo o conteúdo de soluções químicas devem ser aprofundados e mediados pela professora, de modo que a resolução desses problemas não se torne mais um limitante aos estudantes. Ainda é possível notar o desinteresse referentes as questões quantitativas, assim como discutido no questionário inicial. Entretanto, nota-se uma evolução na construção desses conhecimentos, que podem ser ainda mais amadurecidos com abordagens investigativas e práticas.

4.4.1. Conhecimentos solução química nutritiva - Aspectos qualitativos

As questões envolvendo a análise qualitativa das soluções químicas nutritivas podem ser analisadas pelos dados coletados na Questão 3, item f e g, nos quais avalia-se o domínio da terminologia química e a capacidade dos estudantes de aplicar esses conceitos para explicar os resultados práticos da hidroponia.

Na questão 3f foi requisitado aos estudantes para definirem, com suas próprias palavras, os conceitos de soluto, solvente e os tipos de soluções químicas em saturada, insaturada e supersaturada. O desempenho na definição de soluto e solvente foi quase perfeito, todos os 9 participantes que responderam à questão demonstraram a compreensão de que soluto é a substância que é dissolvida e solvente é a substância que dissolve. Este resultado indica que o vocabulário básico de soluções químicas foi assimilado durante as atividades práticas.

Da mesma forma, observou-se uma boa compreensão dos conceitos de saturação, os 9 estudantes definiram a solução saturada como a "*medida certa*" ou "*quantidade exata*", a insaturada como "*menos que o necessário*" ou "*pouco fertilizante*" e a supersaturada como "*mais que o necessário*" ou "*além do limite*". O uso dos termos "*muito fertilizante*", "*pouco fertilizante*" e "*quantidade exata*" mostra que os estudantes ligaram o conteúdo químico ao contexto prático da pesquisa. Apenas P4 e P12 foram além, relacionando os termos explicitamente ao conceito de diluição.

P4 comenta que "*insaturada= contém menos soluto que a quantidade máxima que pode dissolver, saturada= contém a quantidade máxima que o soluto pode dissolver, supersaturada= contém mais soluto do que seria capaz de dissolver*", já P12 vai além, lembrando do coeficiente de solubilidade, "*Está envolvido com o coeficiente de solubilidade do solvente, quem alcança esse coeficiente é considerado como saturado, quem ultrapassa supersaturada e quem está abaixo dele é o insaturado*". Essas respostas evidenciam que a atividade não apenas ampliou o repertório terminológico, mas também permitiu a alguns estudantes a internalização dos parâmetros químicos formais que regem a solubilidade.

Durante a análise da questão 3f, foi possível notar uma pequena confusão dos termos insaturada, saturada e supersaturada para as soluções, em que os estudantes relacionaram o conceito às concentrações baixa, média ou alta e não a solubilidade. Essa confusão torna-se mais evidente quando analisamos a questão 3g, que questiona a respeito das três soluções produzidas para o cultivo hidropônico, que tipo de solução seria e o que aconteceu com a hortaliça.

Dentre as 9 respostas com justificativas, 8 alunos determinaram que as soluções produzidas eram a insaturada, saturada e a supersaturada, onde observaram que, na solução insaturada, a alface desenvolveu de maneira mais lenta, crescendo pouco; na saturada relataram o desenvolvimento maior em relação à primeira, o crescimento adequado e um período mais rápido; já na supersaturada todos concordaram que a alface morreu rapidamente.

P12, observou a mesma situação referente ao desenvolvimento das plantas, entretanto relacionou as soluções com os termos diluída e concentrada “A *alface na solução mais concentrada morreu rapidamente, pois adicionamos mais soluto que o necessário, a com menos soluto, possuía uma concentração menor, era mais diluída não oferecendo os nutrientes necessários para a alface desenvolver direito, já no sistema que tinha a proporção adequada a planta desenvolveu melhor*”.

A mesma confusão dos termos insaturada, saturada e supersaturada já havia sido identificada durante o processo de produção da solução nutritiva, e mediada pela professora o conceito científico adequado, entretanto a confusão dos termos ainda permaneceu na maioria dos estudantes, revelando que uma nova mediação deve ser realizada.

Como os estudantes associaram os termos ao exemplo prático visual de soluções mais diluídas e mais concentradas, seria necessária uma nova mediação utilizando exemplos também visuais que representassem corretamente os termos envolvidos ao coeficiente de solubilidade, para que haja uma ruptura nessa concepção errônea.

Apesar da identificação da concepção errônea dos participantes na questão 3g, as respostas referentes aos aspectos qualitativos demonstraram ser adequadas ao conhecimento científico, é notável o aumento do domínio dos termos científicos no questionário avaliativo e durante os demais encontros. Outro aspecto positivo é a melhora na argumentação e nas justificativas dos estudantes, que se mostraram mais confiantes e ativos a cada novo encontro, revelando o potencial da pesquisa no desenvolvimento do conhecimento crítico e científico dos estudantes.

4.4.3. Percepções gerais da sequência

Para finalizar a discussão dos resultados obtidos durante a sequência de aulas, as questões 4, 6, 7 e 10 abordam as percepções sobre o potencial de ensino e aprendizagem dos estudantes a respeito da pesquisa aplicada de soluções químicas. Nelas, os participantes opinaram e realizaram sugestões para a melhora da pesquisa. A Questão 4, ao solicitar momentos de dificuldade, confirmou que as barreiras de aprendizado se concentram na área

quantitativa e conceitual da química, e não na execução prática. No Quadro 16, é apresentado a dificuldade relatada e sua frequência (N).

Quadro 16 – Questionário Avaliativo, questão 4: Dificuldades durante a pesquisa.

Dificuldade Relatada	N	Percepção
Cálculos Matemáticos	3	Confirma a dificuldade já apontada na Questão 2 do questionário final. O cálculo exato da dose é o maior obstáculo.
Conceitos	2	O questionamento de P9 " <i>Mais fertilizante não seria igual a mais nutriente, então porque morre?</i> " revela que, apesar da observação prática, o aluno ainda confunde o nutriente com a toxicidade do excesso de soluto, necessitando aprofundamento na distinção entre nutrição e saturação química.
Metodologia	2	P7 apontou o ritmo acelerado da montagem do sistema e da solução, sugerindo uma necessidade de maior tempo de dedicação à fase de preparação.
Sem dificuldade	3	Três participantes reportaram não ter encontrado dificuldades, indicando que o processo foi claro para uma parte do grupo.
Sem resposta	2	Optaram por não contribuir.

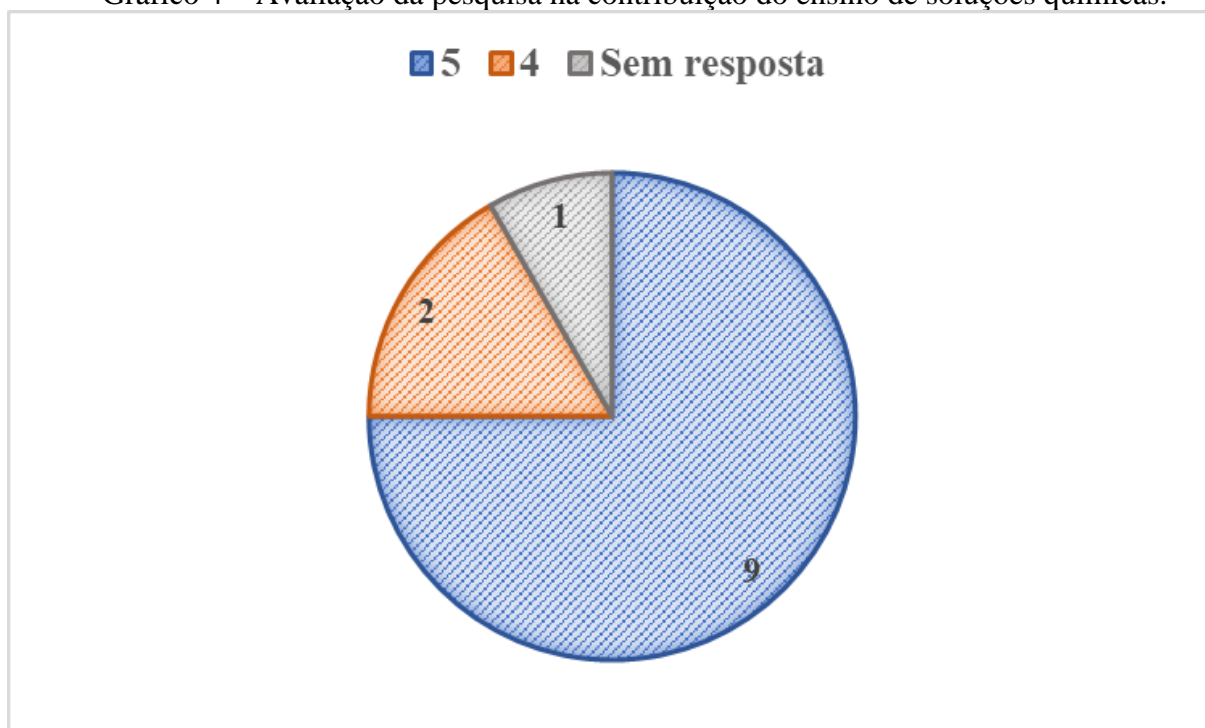
Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A dificuldade com o cálculo e a quantidade correta de fertilizantes (P4, P6) persiste como a principal barreira. P4 relata complicações no processo “*O momento de colocar a quantidade de fertilizantes corretas, e os cálculos que ela pediu de concentração*” reforçando a ideia de que a abstração matemática da proporção é o último elemento a ser consolidado no aprendizado de soluções químicas. O questionamento de P9 “*Acho que ainda não entendi direito o porquê a alface morre quando recebe muito fertilizante. Mais fertilizante não seria igual a mais nutriente, então porque morre?*” é crucial, pois expõe a confusão conceitual entre os efeitos benéficos da nutrição e os efeitos letais da saturação química.

Além disso a sugestão de P7 que relata que “*Acho que a parte do sistema, montar, e também da solução, achei que foi rápido demais*” contrasta diretamente com a percepção da pesquisadora, que observou que alguns conceitos poderiam ser mais aprofundados no estudo, demandando mais tempo para o processo de ensino e aprendizado das soluções químicas.

A avaliação da contribuição da atividade e as opiniões abertas dos estudantes atestam o sucesso do ensino de soluções químicas utilizando uma perspectiva socioambiental. A questão 6 solicitou uma nota de 0 a 5 (explicar) no que tange a contribuição das atividades no aprendizado de soluções químicas e opinião de melhora. O Gráfico 4 apresenta as respostas das avaliações da pesquisa.

Gráfico 4 – Avaliação da pesquisa na contribuição do ensino de soluções químicas.



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A maioria, 9 participantes, atribuiu a nota máxima à contribuição da atividade no aprendizado de soluções químicas. Dois apontaram nota 4, resultando em um índice de satisfação ainda alto, P1 e P9 justificaram a nota 4 afirmando respectivamente que P1 “*O único “defeito” foi que tiveram pessoas desinteressadas que acabaram atrapalhando*” e P9 argumenta que “*Ainda **tenho muito o que aprender**, mas o experimento me tirou várias dúvidas além das que foram questionadas pela professora*”. Os demais participantes que atribuíram nota 5 não contribuíram com sugestões de melhorias.

Na questão 7, ao comparar seu nível de conhecimento do primeiro para o segundo questionário, os estudantes fornecem uma validação direta e autoavaliativa da potencialidade da sequência didática. A maioria dos participantes relatou uma melhora significativa e uma mudança de postura em relação ao conteúdo, enquanto 4 deixaram em branco. As justificativas são apresentadas no Quadro 17, onde estão destacadas as unidades de registros.

Quadro 17 – Questionário Avaliativo, questão 7: Autoavaliação de progressão entre questionários.

(continua)

“*Nesse eu **não tive nenhuma dúvida**” (P1)*

Quadro 17 – Questionário Avaliativo, questão 7: Autoavaliação de progressão entre questionários.

(conclusão)

<i>"Tudo que eu não sabia no primeiro ou tive dificuldades de responder no primeiro nesse eu soube responder" (P3)</i>
<i>"Eu tive mais noção sobre o plantio e o que pode ser melhor para a terra" (P5)</i>
<i>"Eu adquiri melhor conhecimento do assunto, então respondi mais tranquilamente" (P6)</i>
<i>"Senti que com o decorrer da pesquisa, o segundo questionário respondi mais confiante, pois a gente conheceu mais sobre o sistema hidropônico e sobre as soluções" (P7)</i>
<i>"Consegui responder com mais clareza e precisão" (P9)</i>
<i>"Antes não sabia nada sobre soluções químicas" (P11)</i>
<i>"Agora sei mais sobre as diferenças das soluções, insaturadas, saturadas e supersaturadas e sobre as concentrações" (P12)</i>

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A análise da autopercepção de aprendizado revela um salto notável na segurança e no desempenho dos estudantes. O ponto mais evidente foi a aquisição de confiança no tema, com quatro participantes usando termos que indicam um aumento no domínio do assunto. O P6 afirmou: "*Eu adquiri **melhor conhecimento do assunto**, então **respondi mais tranquilamente***", enquanto P7 sentiu que, com o decorrer da pesquisa, "*o segundo questionário **respondi mais confiante***". Essa segurança se traduziu em maior precisão, com P9 relatando ter conseguido responder "*com mais **clareza e precisão***" e P1 resumindo a mudança declarando: "*Nesse **eu não tive nenhuma dúvida***".

As respostas também confirmam que o conteúdo abstrato, que gerava dúvidas no questionário prévio, foi se consolidando durante a prática. A eficácia da sequência foi validada por P3 ao relatar que "*Tudo que eu não sabia no primeiro ou tive dificuldades de responder no primeiro **nesse eu soube responder***". Alguns participantes demonstraram avanços substanciais, como P11 registrando uma mudança completa: "*Antes **não sabia nada** sobre soluções químicas*". O aprendizado foi além da generalidade, com P12 especificando o domínio do vocabulário químico "*Agora sei mais sobre as **diferenças das soluções**, insaturadas, saturadas*".

e supersaturadas e sobre as concentrações".

Por fim, o aprendizado não se limitou apenas aos conteúdos conceituais da química, mas gerou um conhecimento também contextualizado. P5 demonstrou que a prática de hidroponia conectou o conhecimento científico a um contexto aplicado, afirmando: "*Eu tive **mais noção sobre o plantio** e o que pode ser melhor para a terra*". Portanto, a comparação entre os dois questionários valida que o sistema hidropônico auxiliou na segurança dos argumentos dos estudantes, possibilitando mais clareza e domínio do vocabulário químico e dos impactos socioambientais envolvidos na agricultura. Assim como o exposto pelos estudantes, foi possível analisar as mudanças das concepções dos alunos durante o desenvolvimento e aplicação das atividades pelo sistema hidropônico bem como a partir dos conhecimentos prévios dos alunos e em paralelo a um comparativo entre as ideias primárias e as ideias ao final da realização das atividades planejadas.

As opiniões abertas na Questão 10 fundamentam que a metodologia gerou engajamento e entusiasmo. Termos como "*Muito legal*" (P1), "*super interessante e diferente*" (P3), "*melhores experiências que participei*" (P9) e "*forma diferente para o ensino*" (P12) legitimam a escolha do projeto prático escolhido pela pesquisadora. O participante P9 resumiu o impacto da prática ao afirmar que, além do questionado, o experimento "*me tirou várias dúvidas*", indicando que a experiência gerou aprendizado que ultrapassou os objetivos didáticos imediatos. As contribuições dos participantes, são expostas no Quadro 18, com as unidades de análise em destaque.

Quadro 18 – Questionário Avaliativo, questão 10: Relatos da satisfação dos estudantes pela sequência didática.

(continua)

<i>"Muito legal eu não conhecia a hidroponia, e a professora foi boa em explicar"</i> (P1)
<i>"Achei legal, mas não entendi muita coisa porque não prestei atenção"</i> (P2)
<i>"Foi super interessante e diferente"</i> (P3)
<i>"Foi interessante e produtivo"</i> (P6)

Quadro 18 – Questionário Avaliativo, questão 10: Relatos da satisfação dos estudantes pela sequência didática.

(conclusão)

<p><i>“Eu gostei muito, foi uma experiência muito legal, aprendemos como funciona o sistema hidropônico, como exemplo fizemos com a alface. Foi um sistema não implantado no solo com a intensão de não poluir o meio ambiente, com as soluções nutritivas” (P7)</i></p>
<p><i>“Útil para a aprendizagem, além disso foi uma das melhores experiências que participei, ver as plantas crescendo com um sistema de água é muito legal e interessante” (P9)</i></p>
<p><i>“Muito Boa” (P11)</i></p>
<p><i>“Eu achei interessante e legal, por ser uma forma diferente para o ensino de soluções químicas” (P12)</i></p>

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

As respostas também confirmam que a escolha da hidroponia como ferramenta de ensino cumpriu o objetivo de contextualização socioambiental. O P7 mencionou explicitamente o benefício ambiental *“Aprendemos como funciona o sistema hidropônico... foi um sistema não implantado no solo com a intensão de não poluir o meio ambiente”*. As sugestões de melhoria, foi citada apenas por um participante, e se concentraram em aspectos de gestão de grupo, P1 citou que alguns estudantes eram *“desinteressados e acabaram atrapalhando”*.

Diante das análises e contribuições das perspectivas dos estudantes, pode-se salientar a relevância da pesquisa como ambiente propício à aprendizagem para transmitir os preceitos éticos e humanos. A horta hidropônica se mostrou uma ferramenta eficaz no ensino de soluções químicas, e nas discussões socioambientais envolvidas no cultivo de hortaliças. Esse instrumento, se mostrou apto no desenvolvimento de diversos conceitos químicos, podendo potencializar o ensino e aprendizagem das soluções químicas e outros conceitos teóricos.

A inserção de temas ambientais nas aulas de Química do ensino médio contribui para a formação de valores, atitudes e comportamentos mais conscientes nos estudantes. Essa prática estimula o pensamento crítico e amplia a percepção sobre como as ações individuais influenciam tanto a própria vida quanto o equilíbrio da sociedade, no presente e no futuro. Além disso, ao relacionar os conteúdos de Química a situações do cotidiano, essa abordagem torna o aprendizado mais significativo e facilita a compreensão dos conceitos científicos. Dessa forma, o desenvolvimento de uma educação ambiental, por meio da utilização de temas ambientais como instrumentos de aprendizagem e sensibilização, possibilita que os alunos compreendam melhor os problemas ambientais e desenvolvam uma percepção crítica sobre eles.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de investigar a compreensão dos estudantes sobre os aspectos conceituais e socioambientais envolvendo o conteúdo de soluções químicas, por meio da implantação de um sistema hidropônico como ação de educação ambiental, foi realizada uma pesquisa com estudantes do 2º ano do ensino médio, de uma escola estadual do sul do estado de Minas Gerais. Os resultados e discussões advindos das análises dos dados revelaram considerações importantes dessa pesquisa.

A análise do questionário diagnóstico confirmou a relevância fundamental dos conhecimentos prévios dos estudantes como o ponto de partida essencial para o planejamento pedagógico. Os alunos, que ainda não haviam estudado formalmente o conteúdo de soluções químicas, revelaram um panorama com notáveis potencialidades interpretativas, especialmente nos aspectos qualitativos: demonstraram um alto nível de interpretação e associação assertiva de exemplos de soluções cotidianas, com destaque para o reconhecimento visual dos conceitos de saturação, insaturação e supersaturação. Contudo, essa força intuitiva veio acompanhada de deficiências críticas, sendo a maior delas a fragilidade na argumentação científica, onde as justificativas para suas respostas eram simplificadas, indicando a necessidade de desenvolver habilidades de expressão e raciocínio formal.

Além disso, foi observada a concepção alternativa de vincular soluções quase que exclusivamente ao estado físico líquido, refletindo a influência de suas experiências de vida. Paralelamente, houve um claro desinteresse e dificuldade nos aspectos quantitativos, com muitos alunos deixando questões de cálculo em branco, o que sinaliza uma barreira comum na Química que exige estratégias motivacionais nas resoluções matemáticas. Identificar as concepções alternativas e as fontes de desinteresse, forneceu à pesquisadora os subsídios necessários para planejar intervenções pedagógicas posteriores focadas em transformar o conhecimento intuitivo em compreensão conceitual sólida.

A prática pedagógica, centrada na construção e funcionalidade do Sistema Hidropônico para o cultivo de alface, demonstrou ser uma ferramenta de grande potencial no ensino e aprendizagem de soluções químicas. As atividades, estruturadas com um forte caráter de investigação ativa e prática, catalisaram o entusiasmo e a motivação dos estudantes. A montagem do SH foi um momento rico em ação ambiental e desenvolvimento de competências sociais, em que os alunos assumiram a autonomia na tomada de decisões e na resolução de problemas técnicos, superando conflitos internos através do trabalho colaborativo. Essa experiência prática não apenas aprimorou suas habilidades psicomotoras e de trabalho em

equipe, mas também gerou um senso de protagonismo e interesse pela pesquisa, evidenciado pela criação autônoma de um vídeo sobre o projeto.

Além disso, a fase de preparo da solução nutritiva funcionou como um contexto prático para a mediação dos conceitos de soluções. Inicialmente, a atividade revelou uma confusão conceitual persistente dos estudantes entre os termos saturação e concentração. No entanto, a insistência da pesquisadora em promover o raciocínio investigativo, transformou o erro em um mecanismo de aprendizagem. Através da investigação e da contextualização dos cálculos, os estudantes superaram as dificuldades iniciais e alcançaram uma compreensão mais profunda.

A utilização da hidroponia foi explicitamente reconhecida pelos participantes como uma abordagem prática visualmente estimulante, que facilita a compreensão e a aplicação dos conceitos químicos. Outro ponto de destaque durante a prática foi a abordagem do conceito de estiolamento, a deformidade do crescimento da planta levou os alunos a uma nova fase de investigação autônoma, na qual buscaram a explicação científica e a solução para o problema. Embora não tenha tido o aprofundamento dos conceitos biológicos, a situação revelou a ideia de que a prática experimental impulsiona a argumentação, a investigação e a busca ativa por conhecimento para a resolução de problemas reais, interligando conceitos teóricos distintos, e sua capacidade de interdisciplinaridade.

A mediação pedagógica, marcada pela exibição do documentário “Solo Fértil” e pela ação prática com o sistema hidropônico, contribuiu para o aprofundamento das concepções socioambientais dos estudantes, indo além da simples transmissão de conteúdo. O documentário funcionou como um recurso para ampliar a sensibilização socioambiental, expandindo a percepção dos alunos de problemas pontuais, para um maior desenvolvimento da compreensão dos impactos socioambientais relativos ao tema.

As respostas após o documentário demonstraram que o amadurecimento conceitual não se limitou ao ambiente, mas se expandiu para a ética e a saúde, ao citarem explicitamente os riscos de infertilidade, a perda de qualidade nutricional dos alimentos e o impacto no bem-estar animal em práticas de criação intensiva. A surpresa e a curiosidade despertadas por informações como a origem histórica dos agrotóxicos reforçaram o poder do material contextualizado na quebra de barreiras cognitivas.

O ponto culminante da intervenção foi a transição da crítica para a proposta de solução. Os estudantes, de forma consensual, sugeriram a substituição do modelo industrial por práticas mais sustentáveis e éticas, alinhando-se à proposta de agroecologia. Essa busca por alternativas conferiu à hidroponia um papel central, reconhecida por todos os participantes como uma tecnologia de sustentabilidade. A economia de água e a preservação do solo foram

unanimemente citadas como as principais vantagens do sistema, o que indica o potencial da hidroponia como recurso de aprendizagem na Educação Ambiental. A discussão se estendeu até a dimensão política, onde os alunos cobraram o cumprimento de legislações ambientais, demonstrando uma consciência de que a solução exige tanto a responsabilidade individual, quanto o rigor das políticas públicas.

Em conclusão, a ação ambiental, integrando conteúdo e prática, revelou o grande potencial da EA. Ao combinar a teoria com a prática reflexiva, o processo superou o aprendizado superficial, concretizando uma aprendizagem com significado ao conectar o conhecimento prévio dos alunos a novas proporções de engajamento. A experiência demonstrou ser crucial para a formação de um aluno crítico e com responsabilidade socioambiental, desenvolvendo valores e atitudes cooperativas e investigativas que são essenciais para a busca de soluções para os complexos desafios socioambientais.

Para finalizar, a aplicação do questionário avaliativo, embora tenha encontrado resistência por parte dos estudantes ao registro formal, sugerindo a necessidade de formatos alternativos, validou a eficácia da sequência didática baseada na prática da hidroponia. A análise final demonstrou um possível salto qualitativo e significativo no aprendizado dos alunos, tanto em segurança quanto em domínio conceitual. Embora a participação nos cálculos tenha evoluído do questionário prévio para o avaliativo, a persistência na dificuldade e a queda no desempenho em cálculos mais complexos, como o de concentração padronizada, sugerem que o esforço na abstração matemática deve ser o foco de futuras mediações.

Atenta-se também as limitações do sistema hidropônico como instrumento de ensino. Apesar da contribuição na construção dos conhecimentos químicos e socioambientais, a principal barreira dessa ferramenta reside na questão da acessibilidade e do custo, uma vez que o valor de investimento inicial do sistema, mesmo em baixa escala, pode ser uma barreira para muitos educadores ou instituições. A solução para esta limitação passa pela adaptação criativa, como a construção de sistemas hidropônicos utilizando materiais de baixo custo ou reciclados, garantindo a viabilidade da experiência em contextos de recursos escassos. Outro desafio fundamental é a demanda de tempo. O acompanhamento do desenvolvimento da horta exige um comprometimento de semanas ou meses, o que se choca diretamente com a pressão curricular e as demandas impostas aos professores.

Além disso, a pesquisa identificou lacunas metodológicas a serem exploradas: a não abordagem dos três níveis de representação da Química (macroscópico, submicroscópico e simbólico), onde apenas o nível macroscópico foi trabalhado, e a baixa exploração da interdisciplinaridade presente na temática (como a biologia da fotossíntese). Essas lacunas

representam pontos de partida para futuros estudos. Em suma, o sistema hidropônico é reconhecido nessa pesquisa como uma ferramenta poderosa e altamente eficaz para a aprendizagem ativa, mas seu sucesso a longo prazo depende da superação das barreiras econômicas e temporais, transformando suas limitações em oportunidades para o desenvolvimento de metodologias mais acessíveis e integradas.

Este estudo pretendeu contribuir para o campo da Educação ao evidenciar o potencial de práticas contextualizadas e experimentais, como a hidroponia, na promoção de uma aprendizagem ativa, significativa e interdisciplinar. No ensino de Química, demonstrou-se que a integração entre teoria e prática favorece a compreensão de conceitos abstratos, como soluções e concentração, além de despertar maior interesse e engajamento dos estudantes. No âmbito da Educação Ambiental, a pesquisa buscou evidenciar a importância de práticas pedagógicas que aproximem os alunos das questões socioambientais contemporâneas, promovendo atitudes críticas, éticas e sustentáveis.

Como perspectivas futuras, sugere-se o aprofundamento da interdisciplinaridade, incorporando áreas como biologia e matemática, bem como o desenvolvimento de alternativas de baixo custo que ampliem a aplicabilidade do sistema hidropônico em diferentes contextos escolares. Recomenda-se ainda investigar o impacto de metodologias complementares, como o uso de tecnologias digitais e sequências didáticas de longo prazo, para consolidar o aprendizado conceitual e a formação socioambiental dos estudantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBAITI, A; JUKWATI; LEPA, A. A. **Solubility and solubility product phenomena: Papua Senior High School students mental model.** *Journal of Turkish Science Education*, v. 19, n. 2, p. 481-495, 2022. DOI: 10.36681/tused.2022.132.

ALBANO, W. M; DELOU, C. M. C. **Principais dificuldades apontadas no ensino-aprendizagem de Química para o Ensino Médio: revisão sistemática.** *SciELO Preprints*, [S. l.], 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.5700>. Acesso em: 22/07/2025

ALVES, H. R. **Ensino de Química em destaque:** proposta de Sequência Didática para o estudo de Soluções. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências Naturais. Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, MT. 2019.

ARRIGO, V; GIULI, C. M; BROIETTI, F. C. D; LORENCINI JÚNIOR, A. **Interações discursivas em aulas de química:** caracterização de um discurso reflexivo. *e-Mosaicos*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 276-291, jul./dez. 2020.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** Uma perspectiva cognitiva, Lisboa: Editora Plátano, 2003.

BALSAN, R. **Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira.** *Revista Campo-Território*, Uberlândia, v. 1, n. 2 Ago., p. 123–151, 2006. DOI: 10.14393/RCT1211787. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/view/11787>. Acesso em: 20 out. 2025.

BASSOLI, F. **Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções.** *Ciência & Educação*, Bauru, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-73132014000300005>

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 02 jan 2025.

BRASIL. **Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989.** Dispõe sobre o controle e a fiscalização de agrotóxicos e afins. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 12 jul. 1989. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17802.htm. Acesso em: 20 de fev de 2025.

BRASIL. Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999. **Política Nacional de Educação Ambiental - PNEA.** Coleção de Leis da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 27 abr. 1999. Disponível em:

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Nacional de Educação Ambiental – ProNEA.** 2018. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/portaleducacaoambiental/2020/01/programanacionaldea_pronea5aed_2019.pdf . Acesso em: 22/07/2024.

BORSOI, A.; SANTOS, P. R. R.; TAFFAREL, L. E.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C. **Agrotóxicos: histórico, atualidades e meio ambiente.** *Acta Iguazu*, Cascavel, v. 3, n. 1, p. 86-100, 2014.

BRITTO, F. G. A. de. **Desmatamento, agricultura moderna e políticas públicas em Mato Grosso: novos paradigmas, antigas limitações.** In: BERNARDES, Júlia Adão; ARRUIZZO, Roberta Carvalho (org.). *Geografias da soja III: novas fronteiras da técnica no Vale do Araguaia*. Rio de Janeiro: Arquimedes Edições, 2009. p. 89.

BROWN, T. L. *et al.* **Química: a ciência central**. 13. ed São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2016.

CABISTANI, W. S. **Um estudo de otimização no cultivo de alface hidropônica.** Dissertação de Mestrado, em Matemática Aplicada. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2001.

CAEIRO, A. **A Horta Pedagógica como ferramenta interdisciplinar.** Hidroponia e Vermicompostagem. Revista de Ciência Elementar, 2017.

CALIXTO, C. D; LIMA, A. S; RAMALHO, R. C. **Implantação de uma horta hidropônica como metodologia de ensino em uma escola pública do município de Juarez Távora – PB.** III CONEDU, 2016.

CAMPOS, R. M; TAMIASSO-MARTINHON, P; SOUSA, C; ROCHA, A. S. **Reflexões discente~docente~aprendente ao longo de uma sequência didática para ensino de soluções em aulas de química durante o ensino remoto emergencial.** *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 9, n. 5, p. 16471-16485, maio 2023. DOI: 10.34117/bjdv9n5-133.

CARDOSO, A. P. N; SOUZA, E. C; OLIVEIRA, R. A. P. **O desenvolvimento de hortaliças em cultivo hidropônico comparado ao cultivo tradicional.** Revista Novos Desafios, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 42-51, 2025. DOI: 10.5281/zenodo.15659203.

CARMO, M. P; MARCONDES, M. E. R. **Abordando Soluções em Sala de Aula – uma experiência de ensino a partir das idéias dos alunos.** Química Nova na Escola, nº28, p.30-35, maio 2008.

CORRÊA, D.M.; GOMES, F.B.; LUZ, F.A. **Educação Ambiental através do jogo didático “Super Trunfo® Agrotóxicos”.** Rev. Ens. Sa. Biotec. Amaz.,v. 2; n.1,p. 1-18, 2020.

COSTA, F. C. P. da. **Uso da técnica hidropônica no ensino de Ciências da Natureza e Educação Ambiental.** Dissertação (Mestrado Profissional em Química) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional – PROFQUI, Curitiba, 2022.

CUBA, R. S. **Cultivo hidropônico de alface com água de reuso.** 72f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

FONSECA, J. E.; ALCÂNTARA, R.; BARBOSA, J. E. C.; CAMPOS, P. K. de. **Poluição da Água e solo por agrotóxicos.** Revista Científica e-Locução, v. 1, n. 15, p. 25-25, 2019.

DE DEUS, R. M; BAKONYI, S. M. C. **O impacto da agricultura sobre o meio ambiente.** *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, Santa Maria, v. 7, n. 7, p. 1306-1315, mar./ago. 2012.

DENZIN, N. K. & LINCOLN, Y. S. Introduction: The discipline and practice of qualitative research. *The Sage handbook of qualitative research* (4th ed. Pp. 1-19). Thousand Oaks, CA:

Sage, 2011.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental**: princípios e práticas. 9. Ed. São Paulo: Gaia, 2013.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental**: princípios e práticas. São Paulo: Global e Gaia, 1992.
_____. Atividades interdisciplinares de educação ambiental. São Paulo: Global e Gaia, 2000.

DIONÍZIO, T. P. “**La Casa de Química**”: relato da aplicação de um jogo didático para promover aprendizagem e diversão aos alunos de Ensino Médio. *Journal of Education, Science and Health – JESH*, v. 2, n. 4, p. 01-10, out./dez. 2022. DOI: <https://www.doi.org/10.52832/jesh.v2i4.169>

ECHEVERRÍA, A. R. **Dimensão empírico-teórica no processo de ensino-aprendizagem do conceito soluções no ensino médio**. Tese, Faculdade de Educação. Universidade Estadual de Campinas, 1993.

FERNANDES, R. A. R. **Hortas: uma abordagem integrativa entre ciências, tecnologia e sociedade para o ensino de ciências nos anos iniciais**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR, 2018.

FERNANDES, B. S.; BIZERRA, A. M. C. **Sequência de Ensino Investigativa**: um relato de experiência no ensino de química. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU), VII, 2022, Campina Grande. Anais_ Campina Grande: Realize Editora, 2022.

FERNANDES, R. A. R.; DEBIO, R. R. **Horta Hidropônica no contexto escolar**: uma ferramenta para a alfabetização científicas nas séries iniciais. XI Encontro Brasileiro de Hidroponia e III Simpósio Brasileiro de Hidroponia. Florianópolis, SC. 2016.

FERNANDES, R. A. R. **Hortas: uma abordagem integrativa entre Ciências, Tecnologia e Sociedade para o ensino de Ciências nos anos iniciais**. 2018. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2018.

FERREIRA, J. A. M. G. **Dificuldades de aprendizagem do conteúdo de soluções**: proposta de ensino contextualizada. Tese (Doutorado em Química) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

FREITAS, J. C. R. S; JÚNIOR, R. N. C. C; MEIRELES, V. M; SENA, W. L; SILVA, L. C. M. S; SOUSA, I. B; NINA, L. M. B; FERREIRA, M. E. M. S; FRIAES, E. P. P; PICANÇO, M. L. R; SILVA, J. M; SILVA, W. C; ROCHA, C. B. R; MEIRELES, R. O. **Uso da Hidroponia na transversalidade do ensino de ciências, educação ambiental e sustentabilidade**. Revista Caderno Pedagógico, Vol. 21, nº.8, 01-21. Curitiba, 2024.

FURLANI, P.R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L.C.P.; FAQUIN, V. **Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 90-98, 1996.

GIBIN, G. B; FERREIRA, L. H. **Avaliação dos estudantes sobre o uso de imagens como recurso auxiliar no ensino de conceitos químicos**. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 19–26, fev. 2013.

GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de ciências**. Quím. Nova na Escola,

10, 43, 1999.

GUERRA, A. J. T. **A erosão dos solos no contexto social.** Anuário do Instituto de Geociências, v. 17, p. 14-23, 1994.

GUIMARÃES, R. F. B. **Cultivo Hidropônico da Alface Crespa sob diferentes níveis de Salinidade.** Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba, 2018.

GUIMARÃES, M. **A dimensão ambiental na educação.** Papirus Editora, 2022.

HACHIYA, J. S. A; LOPES, L. C; ESTEVAM, M; JUNIOR, G. D; PEREIRA, P. A. C; SILVA, C. B; OTA, D; SILVA, J. S; ROCHA, G. V. A. S; FURLAN, R; SALES, V. G. **Hidroponia como método transdisciplinar de ensino de ciências para alunos do curso técnico em informática integrado ao ensino médio.** IV MOSTRA DE TRABALHOS DE CURSOS TÉCNICOS. Campinas, SP. 2014.

HADINUGRAHANINGSIH, T; ANDINA, R. E; MUNGGARAN, L. R; RAHMAWATI, Y. **Analysis of students' alternative conceptions about electrolyte and non-electrolyte solutions using a two-tier diagnostic test for chemistry teaching improvement.** Universal Journal of Educational Research, [s. l.], v. 8, n. 5, p. 1926-1934, 2020. DOI: 10.13189/ujer.2020.080529.

HEMANN, K. C. V; MIOTTO, F; MARTINS, J. A. **Análise das concepções prévias de estudantes do segundo ano do Ensino Médio sobre soluções químicas.** *Scientia cum Industria*, v. 13, n. 2, e241313, 2024. DOI: 10.18226/23185279.e241313

HIDAYAH, F. F; IMADUDDIN, M; YULIYANTO, E; GUNAWAN, G; DJUNAIDI, M. C; TANTAYANON, S. **“Counting drops and observing color”:** teachers’ and students’ first experiences in small-scale chemistry practicum of acid-base solutions. *Journal of Technology and Science Education – JOTSE*, v. 12, n. 1, p. 244-258, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3926/jotse.1388>

Johnstone, A. H. (1982). **Macro and micro-chemistry.** *The School Science Review*, 1982, 64-377.

JOHNSTONE, A. H. **Chemical education research in Glasgow in perspective.** *Chemistry Education Research and Practice*, Cambridge, v. 7, n. 2, p. 49-63, 2006.

JUNIOR, A. L. B; GUIMARÃES, M. G. P; SILVA, J. A; MENDES, P. C; LUZ, U. J. D; TOBIAS, D. F. S; GUTIERREZ, G. L; GUIMARÃES, G. L. L; BATISTA, W. R; GARCIA, A. M; FABENI, P; CONCEIÇÃO, W. R. L; FAGUNDES, A. I. J; RIBAS, M. A. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC):** perspectivas para a integração da Educação Ambiental no currículo escolar. *Lumen et Virtus*, São José dos Pinhais, v. 15, n. 42, p. 7140-7152, 2024. DOI: 10.56238/levv15n42-043.

KANEZA, P; NKURUNZIZA, J. B; TWAGILIMANA, I; MAPULANGA, T; BWALYA, A. **Analysis of conceptual understanding of solutions and titration among Rwandan secondary school students.** *Cogent Education*, v. 11, n. 1, 2315834, 2024. DOI: 10.1080/2331186X.2024.2315834.

LAYRARGUES, P. P.; LIMA, G. F. da C. **As macrotendências político-pedagógicas da**

educação ambiental brasileira. Ambiente & Sociedade, v. 17, nº 1, p. 23-40, 2014.

LEFF, E. **Saber ambiental:** sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Trad. Lúcia Mathilde Endlich Orth. Petrópolis-RJ: Vozes, 2001.

LOUREIRO, C. **Educação Ambiental Transformadora.** In: LAYRARGUES, P. (Coord.). Identidades da Educação Ambiental Brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004

LOUREIRO, C. F. B; TORRES, J. R. **Educação Ambiental dialogando com Paulo Freire.** São Paulo: Cortez, 2014.

LUDKE, M. **Pesquisa em educação:** abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, p. 11, 1986.

LUZ, G. L. da. **Frequência de irrigação no cultivo hidropônico da alface.** 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, RS, 2008.

MENDONÇA, J. P. S. N. **Contextualização e interdisciplinaridade:** ensinando ciências através da hidroponia. Revista Conexão Com Ciência, Vol. 1, nº. 1. 2021.

MERÇON, F. **A experimentação no ensino de Química.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. *Anais...* Bauru: ABRAPEC, 2003.

MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador.** 2.ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências.** Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

MOURA, K. F. A; DURÃES, J. A. S; SILVA, F. C. **Investigação no Ensino Médio:** Sistemas de Hidroponia em Horta Escolar para Discussão de Conceitos Químicos. Experiências em Ensino de Ciências, Vol.14, nº.2. 2019.

NASCIMENTO, C. S. P; SALOMÃO, I. T. **A hidroponia como recurso interdisciplinar no ensino fundamental.** Trabalho de Conclusão de Curso, em Licenciatura em Ciências Naturais. Universidade Federal Rural da Amazônia. Igarapé-AÇU, 2014.

NETO, E. B; BARRETO, L. P. **As técnicas de hidroponia.** Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, Recife, vols. 8 e 9, p.107-137, 2011/2012.

NIEZER, T. M. **Ensino de soluções químicas por meio da abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS).** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012.

NIEZER, T. M; SILVEIRA, R. M. C. F; SAUER, E. **Ensino de Soluções Químicas por meio do enfoque ciência-tecnologia-sociedade.** Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias, Vol. 15, nº3, 428-499. 2016.

OBAYA, A. E; OSORIO, C. G; VARGAS, Y. M. **Writing as a teaching learning technique:** an example in chemistry (molar solution). *Budapest International Research and*

Critics in Linguistics and Education (BirLE) Journal, v. 3, n. 2, p. 1056-1064, May 2020. DOI: <https://doi.org/10.33258/birle.v3i2.1034>. e-ISSN 2655-1470. p-ISSN 2655-2647.

OLIVA, A. D. **Poluição das águas**: Sequência didática contextualizando concentração das soluções. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2019.

OLIVEIRA, M. G; CARVALHO, L. M. **As três dimensões da Educação Ambiental** – política, valorativa e dos conhecimentos – nos projetos político-pedagógico de cursos de pedagogia de Universidades Federais Brasileiras. VI Encontro “Pesquisa em Educação Ambiental”. Ribeirão Preto, setembro de 2011.

OLIVEIRA, R; CACURO, T. A; FERNANDEZ, S; IRAZUSTA, S. P. **Aprendizagem Significativa, Educação Ambiental e Ensino de Química**: Uma Experiência realizada em uma Escola Pública. *Revista Virtual*, Vol. 8, Nº3, 913-925. Fev. 2016.

OLIVEIRA, J; XAVIER, A. R; ALCÓCER, J. C. A; XAVIER, L. C. C; RODRIGUES, R. M. **Educação Ambiental e a Legislação Brasileira**: contextos, marco legal e orientações para a educação básica. *Educação ambiente em ação* nº 59. Mar. 2017. Disponível em: www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=2674 . Acesso em: 15/06/2023

OLIVEIRA, J. S. O.; SOARES, M. H. F. B.; VAZ, W. F. **Banco Químico**: um Jogo de Tabuleiro, Cartas, Dados, Compras e Vendas para o Ensino do Conceito de Soluções. *Química Nova na Escola* – São Paulo-SP, v. 37, n. 4, p. 285-293, nov. 2015. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_4/08-RSA-22-13.pdf. Acesso em: 20/06/2023.

PRATIWI, A. N; ERLINA; LESTARI, I; MASRIANI; RASMAWAN, R. **Identification of students' misconceptions using a four-tier multiple choice diagnostic test on colligative properties of solutions**. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2023. DOI: <https://doi.org/10.29303/jppipa.v1i1.264>

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. **Promovendo a argumentação no ensino superior de Química**. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 2035-2042, 2007.

RAHMAWATI, Y; RIDWAN, A; CAHYANA, U; FEBRIANA, D. **The Integration of Culturally Responsive Transformative Teaching to Enhance Student Cultural Identity in the Chemistry Classroom**. *Universal Journal of Educational Research*, v. 8, n. 2, p. 468-476, 2020. DOI: 10.13189/ujer.2020.080218.

RAVIOLO, A; FARRÉ, A. S. **Aprendizaje conceptual del tema concentración de disoluciones**: análisis de imágenes de libros de texto universitario. *Educación Química*, v. 31, n. 3, p. 119-133, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.3.75733>.

REIGOTA, M. **O que é educação ambiental**. Taubaté, SP: Editora Brasiliense, 2017

RODRIGUES, L. F. R. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002.

RODRIGUES, M. M. **Produção de alface Hidropônica**: uma revisão sobre o cultivo e custo para um produtor no município de Varginha. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Alfenas, Varginha. Varginha, 2023.

ROCHA, J. S.; VASCONCELOS, T. C. **Dificuldades de aprendizagem no ensino de química**: algumas reflexões. 10 f. Universidade Estadual da Paraíba, 2016.

ROCHA, Q. G. S. **Educação Ambiental nas aulas de química do ensino médio**: O tema água na abordagem CTSA. 155 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. São Paulo, 2017.

RUFINO, B; CRISPIM, C. **Breve resgate histórico da educação ambiental no Brasil e no mundo**. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Porto Alegre/ RS, 2015.

RUIZ, A. S.; SOUZA, S. V; SABBAG, O. J. **Sustentabilidade em cultivos tradicional e hidropônico de alface**. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá (PR), v. 12, n. 3, p. 815-835, set./dez. 2019. DOI: 10.17765/2176-9168.2019v12n3p815-835.

SÁ, L. P; FRANCISCO, C. A. F; QUEIROZ, S. L. **Estudos de caso em química**. Química Nova, Vol. 30, nº3, 731-739, 2007.

SANTANA, Í. L; NASCIMENTO, L. R; DAMM, B. M; OLIVEIRA, M. L; FREITAS, M. B. J. G; MOURA, P. R. G. **Projeto ‘Preservando as raízes do mangue’**: a aprendizagem de química baseada em projetos e voltada para o desenvolvimento sustentável. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 229-238, maio 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160313>

SANTOS, T. R.; OLIVEIRA, H. S. **Agroecologia como temática de educação ambiental na preservação dos ecossistemas através da redução de agrotóxicos no contexto rural**. *REMEA – Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v. 0, n. 0, p. 135-147, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14295/remea.v0i0.4671>

SANTOS, A. O; SILVA, R. P; ANDRADE, D; LIMA, J. P. M. **Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química)**. SCIENTIA PLENA, Vol. 9, 2013.

SANTOS, E. L.; FARIAS, M. T. P.; PINHEIRO, F. C.; NUNES, G. R. P.; BARROS, E. P. M.; SILVA, D. M. R.; SILVA, J. V. **Impactos causados pelo uso excessivo de agroquímicos na agricultura familiar: uma revisão**. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Curitiba, v. 22, n. 3, p. 1-15, 2024.

SAPUTRA, D; GÜRBÜZ, B; HARYANI, H. **Android-based animation for chemical elements and experiments as an interactive learning media**. *Journal of Science Learning*, v. 4, n. 2, p. 185-191, 2021. Indonesian Society for Science Educator.

SCICROP. **Explorando as possibilidades da agricultura hidropônica**. SciCrop, 13 mar. 2024. Disponível em: <https://scicrop.com/2024/03/13/possibilidades-da-agricultura-hidroponica/>. Acesso em: 10/08/2025.

SILVA, B. D. de S; BARBOSA, R. A. M; SANT’ANA, J. N. B; PONTES, A. N. **A técnica da hidroponia e cultivo convencional da alface: estudo comparativo de variáveis, vantagens e desvantagens dos sistemas**. Revista da ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2020.

SILVA, J. C. S.; BIANCO, G; SILVEIRA, D. P; GOMES, R. V; VEIGA, D. J. S; SERAFIM, L. **Contribuições das atividades experimentais no processo de aprendizagem de soluções**

químicas. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 4, e48510414235, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14235>.

TRINDADE, J. O. da; CABRAL, P. F. de O; SOUZA, A. R. de. **Análise de imagens sobre soluções em livros didáticos:** uma abordagem segundo a aprendizagem significativa. *SciELO* 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.5735>

VEIGA, J. E. da. **Diretrizes para uma nova política agrária.** In: **BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário.** Reforma Agrária e Desenvolvimento Sustentável. Brasília, 2000.

VIDRIK, E. C. F; ALMEIDA, W. N. C; MALHEIRO, J. M. da S. **As contribuições de uma sequência didática com enfoque investigativo para o ensino de química.** *Experiências em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 15, n. 1, 2020.

WARTHA, E. J; SILVA, E. L; BEJARANO, N. R. R. **Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química.** *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 84-91, maio 2013.

WARTHA, E. J; REZENDE, D. de B. **Os níveis de representação no ensino de Química e as categorias da semiótica de Peirce.** *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n. 2, p. 275-290, 2011.

WIDARTI, H. R; ROKHIM, D. A; RAHMANYAH, N. M. S. **Multiple representation-based mobile apps with learning cycle 7E model on colligative properties of solutions.** *Educación Química*, Ciudad de México, v. 33, n. 3, jul./sept. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.3.80540>

WIDOWATI, I.; AZNAM, N.; PURTADI, S. **The assessment of predict-observe-explain (POE)-based chemistry high school teacher's supporting book for reaction rate, acid base solution, and colloidal system.** *Journal of Physics: Conference Series*, v. 1440, p. 012009, 2020. DOI: 10.1088/1742-6596/1440/1/012009. Publicado nos *Proceedings of The 5th International Seminar on Science Education*. IOP Publishing.

YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim.** Porto Alegre: Penso, 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário Diagnóstico



Ministério da Educação
Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL -MG
Programa de Pós-Graduação em Educação – PPGE



Participante da Pesquisa _____

1) Em seu cotidiano, qual o seu contato com soluções? Cite essas situações.

2) Nas soluções que você citou na pergunta 1, você considera que essas sejam soluções químicas? Justifique.

3) Assinale dentre as alternativas abaixo, qual você considera que seja uma solução química.

a) Uma estudante, ao preparar um suco para o almoço, seguiu as instruções do rótulo e adicionou 18g de pó de suco em 1 litro de água, dissolvendo completamente.

b) Um estudante, para conferir a densidade de certo material adicional em um béquer, misturou 50 mL de água e 50 mL de óleo, observando assim que o óleo flutua sobre a água.

c) Uma mulher, que suspeita estar grávida, realizou um exame de sangue. A enfermeira coletou 5 mL de seu sangue, para que o teste fosse realizado.

d) Um cientista, para sua nova pesquisa, precisou separar 10 L de gás oxigênio puro.

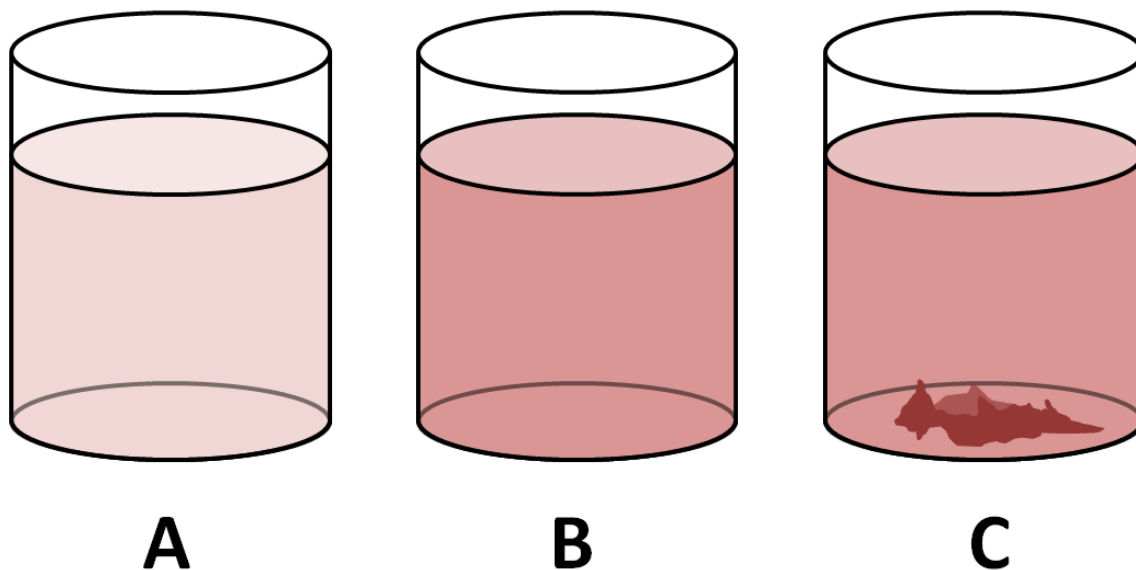
4) Quando você pensa em soluções químicas, em qual estado físico você acha que ela se encontra? Dê exemplo desse tipo de solução na alternativa escolhida.

a) Sólido

- b) Líquido
- c) Gasoso
- d) Todas as alternativas

5) Associe, nas 3 imagens abaixo, as definições de:

I. Saturada, II: Insaturada ou III: Supersaturada



- a)
- b)
- c)

6) Um agricultor chamado Juventino está preparando um tipo de agrotóxico para suas verduras. Para isso ele deve dissolver o produto em pó que ele comprou em água. Na embalagem é informado que a cada 50 gramas de soluto, seriam utilizados 1 litro de solvente alcançando seu coeficiente de solubilidade.

a) Nessa situação, você conseguiu identificar o que seria soluto? E o solvente?

b) Tente explicar cientificamente os termos soluto e solvente.

c) Quantos gramas de soluto exatamente ele deve utilizar para uma plantação que requer pelo menos 1000 litros de água?

d) Caso o agricultor erre a quantidade, colocando o triplo do soluto necessário, para 1000 litros de solvente, quanto de soluto a mais ele utilizou para isso acontecer?

e) O que você acha que acontecerá com sua plantação? E ao contrário, caso ele não coloque a metade do soluto necessário para essa solução?

f) Juventino de fato errou o cálculo para a concentração do agrotóxico, e acabou adicionando 100 kg de soluto para 1000 litros de solvente. Ele acabou repetindo esse processo durante 2 meses até perceber que havia algo de errado com suas verduras. Quais as consequências que esse erro pode gerar ao meio ambiente e a população, uma vez que perto da fazenda de Juventino há um rio que abastece sua cidade?

7) Comente sobre quais termos você nunca ouviu falar neste questionário, mas conseguiu compreender de certa forma, e quais você continua sem a menor ideia do que seja.

APÊNDICE B – Formulário Online

A respeito do documentário "**Solo fértil**" (84 min) disponível na plataforma da Netflix.

Nome

* Texto de resposta curta

1. Antes de assistir ao vídeo você já sabia dos que poderiam haver problemas relacionados a agricultura? Quais?

* Texto de resposta longa

2. Quais os impactos ambientais advindos das práticas agrícolas que você conseguiu identificar nos documentários?

* Texto de resposta longa

3. Quais as consequências e impactos para seres humanos e animais advindos da agricultura industrial?

* Texto de resposta longa

4. Quais as possíveis soluções para os problemas identificados por você que consegue pensar.

* Texto de resposta longa

5. Quais outros pontos não citados antes que chamaram sua atenção nos vídeos?

* Texto de resposta longa

6. O que você achou da montagem do sistema hidropônico?

* Texto de resposta longa

7. Quais as vantagens que você consegue citar da produção agrícola em um sistema hidropônico?

* Texto de resposta longa

8. Quais as vantagens para o meio ambiente que o sistema hidropônico pode contribuir?

* Texto de resposta longa

9. O que você achou da utilização da agricultura em hidroponia para o ensino de soluções químicas?

* Texto de resposta longa

APÊNDICE C – Instruções para Montagem do Sistema Hidropônico

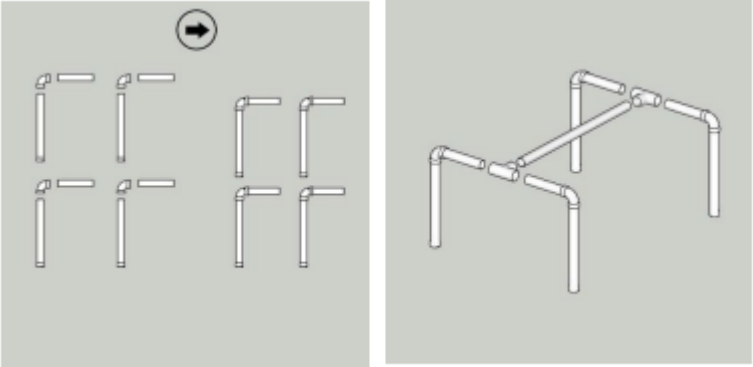
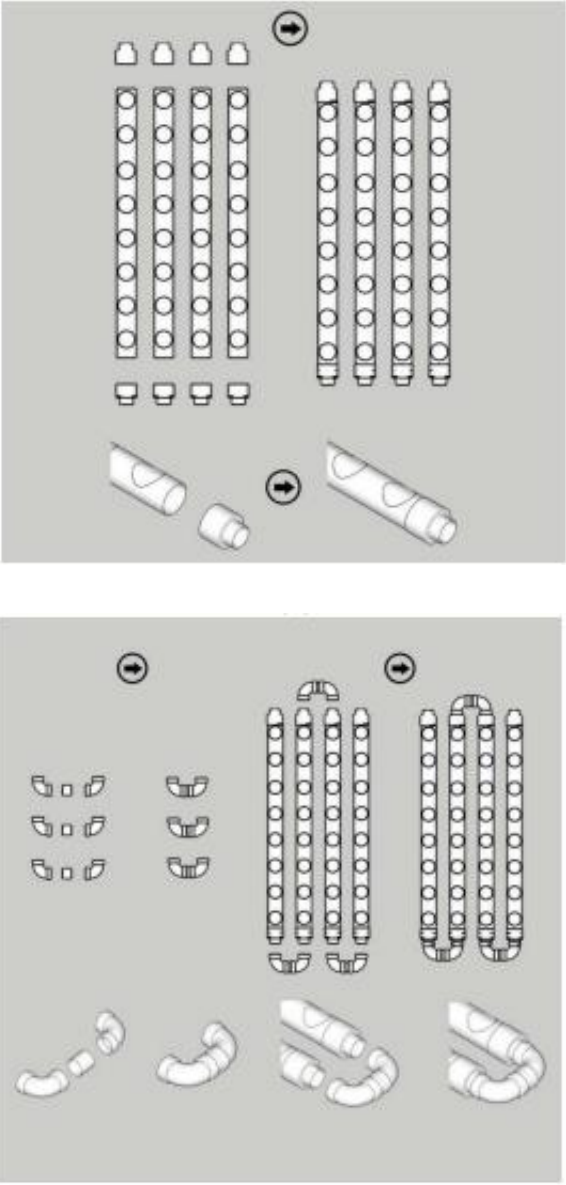


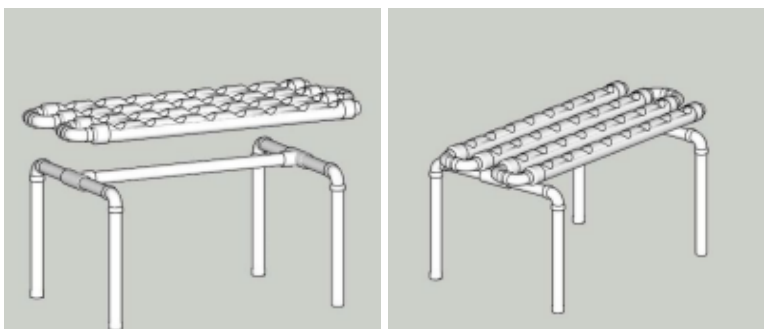
Ministério da Educação
Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL -MG
Programa de Pós-Graduação em Educação – PPGE



MANUAL DE INSTRUÇÕES – SISTEMA HIDROPÔNICO

<p>Passo 1 – Separar e organizar os componentes</p> <p>4x 8x 11x 2x 3x 1x 32x</p> <p>4x 1x 4x 1x 1x</p> <p>1x</p> <p>1x</p> <p>ó</p>	<p>4x Tubos hidropônicos 8x conectores de redução 11x cotovelos 2x conectores "Tee" 3x Acoplamentos curtos 1x Acoplamento redutor de mangueira 32x Vasos de cultura 4x Conexões curtas 1x Tubos de drenagem 4x Conexões "Pernas" 1x Conexão longa 1x Bomba e mangueira 1x Caixa de água 1x Base de crescimento 1x cola de PVC 10x Abraçadeiras</p>
<p>Passo 2 – Montagem da base do Sistema</p>	<p>a) Agrupar: 4 côvados 4 pernas 4 conexões curtas</p> <p>b) Agrupar: Peças montadas no ponto a) 2 conexões "Tee" 1 conexão longa</p>

	
<p>Passo 3 – Montagem das bancadas de cultivo</p> 	<p>a) Agrupar: 4 tubos hidropônicos perfurados 8 conectores de redução</p> <p>b) Agrupar: Partes reforçadas em a) 6 côvados 3 acoplamentos curtos</p> <p>Atenção a cola! Você precisa aplicar cola na parte interna dos conectores de redução e na parte interna dos acoplamentos e cotovelos de conexão.</p>

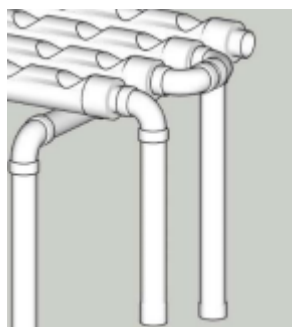
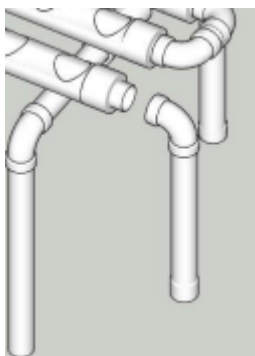
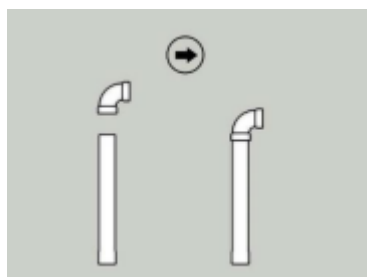
Passo 4 – Junção da Bancada a Base**Reunir:**

Montagem armada no passo 2

Montagem armada no passo 3

Atenção!

Utilize as abraçadeiras para que a bancada se fixe firmemente a base.

Passo 5 – Tubo de Drenagem**Agrupar:**

1 tubo de drenagem

1 côvado

Montagem montada no passo 4

Atenção a Cola!


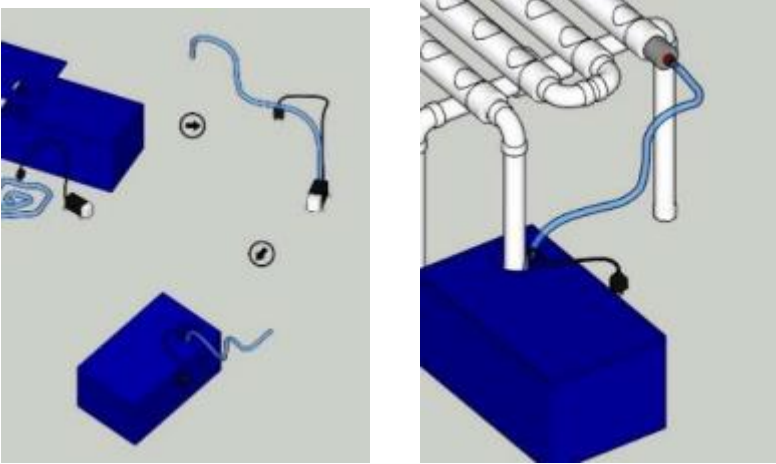
Você precisa aplicar cola na parte interna do cotovelo de conexão.

Passo 6 – Sistema Hidráulico**a) Agrupar:**

1 acoplamento redutor para mangueira de bomba

Montagem montada no passo 4

b) Reúna:

 	<p>1 bomba de água e sua mangueira</p> <p>1 balde azul</p>
<p>Passo 7 – Germinação</p>	<p>a) Reúna:</p> <p>Bancada (passo 4)</p> <p>32x Vasos de cultura</p> <p>b) Base de crescimento</p> <p>Corte a lã rocha ou esponja, em quadrados de 3x3 aproximadamente, para cada um dos 32 vasos de cultura que irá receber sementes.</p>

Fonte: Elaborado pela autora de acordo com <https://www.todohidro.com/> - ilustrações retiradas de Instruções para montagem do sistema hidropônico. Modelo: N°1 – 2020. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.todohidro.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2024%2F05%2FInstructivo-Hidro-N1-v4_PT.pdf&psig=AOvVaw1EpwM1tn3-ENNBb498ewYi&ust=1722608374559000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAYQrpoMahcKEwi4g6io_9OHAxUAAAAAHQAAAAAQA

APÊNDICE D – Questionário Avaliativo



Ministério da Educação
Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL -MG
Programa de Pós-Graduação em Educação – PPGE



Participante da pesquisa _____

1. Quais foram os momentos, durante as atividades, que mais atraíram sua atenção? Descreva esses momentos.

2. Quais foram as suas maiores dificuldades durante as atividades propostas? Descreva essas dificuldades.

3. Para o plantio das alfaces no sistema hidropônico você teve que produzir uma solução nutritiva, sobre essa solução responda as questões a seguir:

a) Por que é necessário haver uma solução nutritiva, e não apenas realizar o plantio em água?

b) Quais nutrientes você consegue lembrar que estavam descritos no rótulo do adubo hidropônico?

c) Como foi realizada a preparação dessa solução nutritiva?

d) Foram utilizados para esse sistema hidropônico 9 litros de solvente. De acordo com o rótulo do soluto, a dose recomendada seria de 69 gramas para 100 litros de solvente. Dessa forma, qual foi a dose utilizada para obter uma solução saturada para a solução de 9 litros produzida por você?

e) Você produziu durante as aulas três tipos de soluções químicas para o desenvolvimento da sua alface. Realize o cálculo da concentração das três soluções produzidas durante a pesquisa.

As informações de cada uma encontra-se abaixo:

I= soluto: 6,21g, solução: 9L

II= soluto: 0,01g, solução: 50mL

III= soluto: 3g, solução: 125mL

f) Após as atividades, você consegue compreender o que seria o soluto e o solvente de uma solução química? E diferenciar o que seria uma solução saturada, insaturada e supersaturada? Explique com suas palavras cada conceito.

g) Você produziu durante as aulas três tipos de plantio hidropônico para o desenvolvimento da sua alface, quais tipos de soluções foram essas? O que aconteceu com a alface em cada uma?

Explique.

4. Em relação do cultivo em sistema hidropônico como meio de aprendizado de soluções químicas? Quais foram os momentos que não ficaram claros para você, ou que você teve dificuldade.

5. Quais os pontos positivos que você consegue identificar para o meio ambiente, pelo cultivo de hortaliças em hidroponia?

6. De 0 a 5, na sua opinião, quanto a atividade contribuiu no seu aprendizado de soluções químicas, sendo 0 nenhuma contribuição e 5 muita contribuição. Quais mudanças ou sugestões você teria em relação as práticas realizadas?

7. Quais foram as principais diferenças que você conseguiu notar em seu conhecimento, do 1º questionário para o 2º?

8. Pensando em todo o contexto abordado nas aulas, na educação, no meio ambiente, na produção agrícola e na sociedade. Quais são as principais contribuições, que você consegue identificar na experiência para uma possível melhora na área agrícola em relação ao meio ambiente?

9. Após realizar as práticas propostas pela professora, você considera que houve algum tipo de conscientização ambiental individualmente? Comente.

E coletivamente, você acredita que os colegas conseguiram se conscientizar a respeito das problemáticas ambientais envolvendo as práticas agrícolas? Comente.

10. Caso sinta-se à vontade, deixe sua opinião a respeito da pesquisa que você participou.

APÊNDICE E – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Sala 314 E - Alfenas/MG - CEP 37130-000
 Fone: (35) 3701 9153



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE -Participante da Pesquisa-

Dados de Identificação

Título da pesquisa: Ensino de Química e Educação Ambiental: o cultivo hidropônico no desenvolvimento do estudo de soluções químicas.

Pesquisador(a) responsável: Jennifer Coelho de Oliveira

Pesquisador(es) participante(s): Elaine Angelina Colagrande

Nome do participante:

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário(a), do projeto de pesquisa *Ensino de Química e Educação Ambiental: o cultivo hidropônico no desenvolvimento do estudo de soluções químicas* de responsabilidade da pesquisadora Jennifer Coelho de Oliveira. Leia cuidadosamente o que segue e me pergunte sobre qualquer dúvida que você tiver. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, e no caso de aceitar fazer parte do nosso estudo assine ao final deste documento, que consta em duas vias. Uma via pertence a você e a outra a pesquisadora responsável. Sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisadora ou com a instituição. Em caso de recusa você não sofrerá nenhuma penalidade.

Ao ler os itens abaixo, você deve declarar, ao final desse documento, se foi suficientemente esclarecido(a) sobre as etapas da pesquisa.

1. Esta pesquisa tem por objetivo investigar a compreensão dos estudantes sobre os aspectos conceituais e ambientais envolvendo o conteúdo de soluções químicas, por meio da implantação de um sistema hidropônico como ação de educação ambiental.

2. A sua participação neste trabalho/pesquisa consistirá em estar presentes durante as atividades elaboradas pela pesquisadora, como: participar da construção do sistema hidropônico, elaboração da solução nutritiva e plantio da hortaliça, reponder questionários, participar de debates, reflexões e de rodas de conversa mediadas pela pesquisadora referentes exclusivamente ao tema da pesquisa, que é, soluções químicas e educação ambiental. Toda a pesquisa ocorrerá na Escola Estadual Targino Nogueira, dentro do horário de aulas do participante. As atividades serão realizadas pela pesquisadora responsável com a presença da professora regente da disciplina e estudantes participantes e não participantes da aula. Ao realizar os debates, rodas de conversas e reflexões, esses momentos serão registrados através de audiografações, que será utilizado exclusivamente pela pesquisadora, os dados coletados na pesquisa serão para fins acadêmicos e os participantes terão sigilo de sua identidade.

Rubrica do(a) pesquisador(a): _____ Rubrica do(a) participante: _____ Pág. 1 de 3



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Sala 314 E - Alfenas/MG - CEP 37130-000
 Fone: (35) 3701 9153



3. Durante a execução deste trabalho/pesquisa os participantes estão sujeitos a riscos ou desconfortos, apesar de riscos mínimos em pesquisas educacionais, eles estão sujeitos a riscos como desconforto, vergonha, estresse e cansaço. Para isso, medidas são necessárias para minimizar qualquer dano ou situação constrangedora ao longo de toda a pesquisa. A pesquisa utilizará questionários, rodas de conversas e discussões durante seu percurso. Em alguns momentos será necessária a utilização da gravação de voz dos participantes. Entretanto, pode haver nesse momento alguns efeitos em virtude da gravação, como vergonha ou medo, constrangimento para se expressar, e decorrentes dos diálogos ainda pode haver pensamentos discordantes de outros participantes. Para minimizar estes efeitos, primeiramente os nomes dos participantes não serão mencionados durante a gravação, será gravada e utilizada somente a voz dos participantes, além do total sigilo da identidade dos alunos nas gravações. Além disso, durante a coleta de dados, todas as contribuições feitas serão levadas em consideração, não interferindo de modo que o participante não sinta mais vontade de expressar suas concepções, possuindo uma abordagem mais cuidadosa no uso de palavras, acolhendo cada participante. Durante a realização dos questionários e da roda de conversa, outros riscos podem aparecer, como estresse, cansaço e vergonha ao responder alguma questão, nesse caso o estudante pode deixar de responder à questão motivo para seu desconforto ou deixar de participar da pesquisa sem nenhum prejuízo, sendo garantido que seus dados não serão utilizados para o estudo.

4. Ao participar desse trabalho/pesquisa você contribuirá no seu desenvolvimento da compreensão sobre os aspectos químicos e socioambientais envolvidos na ação ambiental proposta pela pesquisadora e para a área da educação, espera-se a que pesquisa destaque a importância de se trabalhar a educação ambiental e inspire outros profissionais a realizarem práticas que envolvam a temática na educação básica.

5. Sua participação neste projeto/pesquisa terá a duração de 10 encontros, realizados durante os meses de fevereiro e março de 2024. Cada encontro será realizado no horário das aulas e terá o tempo habitual da aula no ensino básico de 50 minutos

6. Você não terá nenhum gasto por sua participação neste trabalho/pesquisa, todos os materiais necessários para a realização da pesquisa serão fornecidos pela pesquisadora, sendo os, questionários, aulas, materiais para as atividades, totalmente gratuitos, e você poderá deixar de participar ou retirar este consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e não sofrerá qualquer dano por isso.

7. Você foi informado(a) e está ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por sua participação, no entanto, caso você tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, terá direito a buscar ressarcimento.

8. Caso ocorra algum dano, previsto ou não, decorrente da sua participação no estudo, você terá direito à assistência integral e imediata, de forma gratuita (pelo patrocinador e/ou pesquisador responsável), pelo tempo que for necessário; e terá o direito a buscar indenização.

9. Será assegurada a sua privacidade, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, identificá-lo(a), será mantido em sigilo. Caso você



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG
 Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Sala 314 E - Alfenas/MG - CEP 37130-000
 Fone: (35) 3701 9153



deseje, poderá ter livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que você queira saber antes, durante e depois da sua participação.

10. Você foi informado(a) que os dados coletados serão utilizados, única e exclusivamente, para fins desta pesquisa, e que os resultados da pesquisa, poderão ser publicados/divulgados através de trabalhos acadêmicos ou artigos científicos por profissionais da área.

11. Conforme o item III.2, inciso (i) da Resolução CNS 466/2012 e o Artigo 3º, inciso IX, da Resolução CNS 510/2016, é compromisso de todas as pessoas envolvidas na pesquisa de não criar, manter ou ampliar as situações de risco ou vulnerabilidade para os indivíduos e coletividades, nem acentuar o estigma, o preconceito ou a discriminação. Por esses motivos, sendo assim, considerando que a pesquisa precisará de audiografações torna-se necessário a autorização. Sendo assim:

AUTORIZO () / NÃO AUTORIZO () a coleta e divulgação de imagens/fotografias/vídeos/som de voz para a presente pesquisa.

12. Você poderá consultar a pesquisadora Jennifer Coelho de Oliveira, no seguinte telefone (35) 99825-3543 ou email jennifer.oliveira@sou.unifal-mg.edu.br e/ou o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas (CEP/UNIFAL-MG*), com endereço na Rua Gabriel Monteiro da Silva, 700, Centro, Cep - 37130-000, Fone: (35) 3701 9153, no e-mail: comite.etica@unifal-mg.edu.br sempre que entender necessário obter informações ou esclarecimentos sobre o projeto de pesquisa e sua participação.

**O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alfenas (CEP/UNIFAL-MG) é um colegiado composto por membros de várias áreas do conhecimento científico da UNIFAL-MG e membros da nossa comunidade, com o dever de defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento científico dentro de padrões éticos.*

Eu, _____, declaro ter sido informado (a) e concordo em participar, como voluntário(a), do projeto de pesquisa acima descrito.

_____, _____ de _____ de _____

(Assinatura do(a) participante da pesquisa)

Documento assinado digitalmente
 JENNIFER COELHO DE OLIVEIRA
 CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE
 UNIFAL-MG

(Assinatura do(a) pesquisador(a) responsável / pesquisador(a) participante)

Rubrica do(a) pesquisador(a): _____ Rubrica do(a) participante: _____ Pág. 3 de 3