UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E ENSINO DE CIÊNCIAS NA AMAZÔNIA

LUIZ GABRIEL ARAÚJO DA FONSECA

SALA DE AULA INVERTIDA E IMPRESSÃO 3D: UMA COMBINAÇÃO PARA O ENSINO DOS HALETOS ORGÂNICOS E COMPOSTOS ORGANOCLORADOS E SUAS INFLUÊNCIAS NA AMAZÔNIA

Belém - PA
2026

LUIZ GABRIEL ARAÚJO DA FONSECA

SALA DE AULA INVERTIDA E IMPRESSÃO 3D: UMA COMBINAÇÃO PARA O ENSINO DOS HALETOS ORGÂNICOS E COMPOSTOS ORGANOCLORADOS E SUAS INFLUÊNCIAS NA AMAZÔNIA

Dissertação de mestrado e Produto Educacional apresentados ao Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação e Ensino de Ciências, sob orientação Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza.

Área de concentração: Ensino, Aprendizagem e Formação de Professores de Ciências na Amazônia.

Linha de pesquisa: Estratégias Educativas para o Ensino de Ciências Naturais na Amazônia

Belém - PA
2026

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) de acordo com o ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade do Estado do Pará

F676s Fonseca, Luiz Gabriel Araújo da

Sala de aula invertida e impressão 3D: uma combinação para o ensino dos haletos orgânicos e compostos organoclorados e suas influências na Amazônia / Luiz Gabriel Araújo da Fonseca. — Belém: UEPA Edições, PPGEECA, 2026.

94 f.: il. color.

Orientador: Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza

Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia) - Universidade do Estado do Pará, Campus I - Centro de Ciências Sociais e Educação (CCSE), 2026.

1. Ensino de química. 2. Impactos socioambientais. 3. Modelos 3d. 4. Metodologia ativa. I. Título.

CDD 22.ed. 540.7

Elaborado por Priscila Melo CRB-2/1345

LUIZ GABRIEL ARAÚJO DA FONSECA

SALA DE AULA INVERTIDA E IMPRESSÃO 3D: UMA COMBINAÇÃO PARA O ENSINO DOS HALETOS ORGÂNICOS E COMPOSTOS ORGANOCLORADOS E SUAS INFLUÊNCIAS NA AMAZÔNIA

Dissertação de mestrado e Produto Educacional apresentados ao Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação e Ensino de Ciências, sob orientação Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza.

Área de concentração: Ensino, Aprendizagem e Formação de Professores de Ciências na Amazônia.

Linha de pesquisa: Estratégias Educativas para o Ensino de Ciências na Amazônia

BANCA EXAMINADORA

Data da Aprovação: 27/02/2026

_____

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza
Orientador(a) – Universidade do Estado do Pará - UEPA
Programa de Pós-graduação em Educação e Ensino de Ciências – PPGEECA

_____

Prof. Dr. José Fernando Pereira Leal
Membro Interno – Universidade do Estado do Pará - UEPA
Programa de Pós-graduação em Educação e Ensino de Ciências – PPGEECA

_____

Prof. Dr. Bruno Silva Leite
Membro Externo – Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
Programa de Pós-graduação em Ensino das Ciências - PPGEC

Belém – PA
2026

DEDICATÓRIA

A Deus, a Nossa Senhora de Nazaré e a toda minha família, sem os quais eu não chegaria a esse momento tão especial e único. Gratidão eterna.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por tudo que tenho, sobretudo pela minha saúde, por sempre está comigo;

A minha avó, Maria Araújo, meu maior exemplo, minha inspiração;

A minha mãe, Maria Ormita Araújo, pelo incentivo, amor, carinho e ajuda ao longo de toda minha vida;

A meu pai, José Luiz Fonseca, pelo amor, companheirismo, incentivo e apoio em todos os momentos;

A minha irmã, Kamilla Bentes, pelo apoio incondicional, amor, por sempre tirar o mais sincero sorriso do meu rosto, não importa as circunstâncias;

A Universidade do Estado do Pará e ao Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia, onde fiz verdadeiras amizades;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza, pela orientação, ajuda, parceria, dedicação e responsabilidade em todos os momentos;

Ao prof. Dr. José Fernando Pereira Leal, e ao prof. Dr. Bruno Silva Leite, pelo aceite em avaliar e contribuir com esta pesquisa;

A direção, coordenação, corpo docente e funcionários da instituição a qual foi aplicada esta pesquisa, pelo carinho e oportunidade;

Aos meus amigos de longa data, e aos amigos conquistados durante o período do mestrado, pela parceira, ajuda e pelos momentos inesquecíveis que vivemos;

A FAPESPA, pelo apoio financeiro concedido por meio de bolsa de estudo durante um período;

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa.

EPÍGRAFE

A nossa maior responsabilidade no ensinar Ciências é procurar que nossos alunos(as) se transformem, com o ensino que fazemos, em homens e mulheres mais críticos. Sonhamos que, com o nosso fazer educação, os estudantes possam tornar-se agentes de transformação – para melhor – do mundo em que vivemos."

(Chassot, 2006).

MEMORIAL DE FORMAÇÃO

É com grande alegria e entusiasmo que escrevo este memorial de formação, em vias de concluir uma etapa desafiante, mas extremamente gratificante, que é o Mestrado Profissional. Nem parece que é verdade. Ao concluir a graduação em Licenciatura em Química pela Universidade do Estado do Pará (UEPA), no ano de 2023, tracei como próxima meta entrar em um mestrado profissional e o Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA) sempre foi a primeira opção.

Eu me chamo Luiz Gabriel Araújo da Fonseca, atualmente tenho 24 anos, nasci e moro em Belém-PA. Relembrar aspectos da minha formação básica e superior é um sentimento de nostalgia e saudade, pois foram anos de muitos aprendizados, conhecimentos, trocas de experiências e vivências únicas. Sou um professor oriundo de escola pública, onde realizei todo o Ensino Básico. Porém, eu me sinto privilegiado em ter passado por esse processo em uma das melhores escolas da cidade: a Escola de Aplicação da Universidade Federal do Pará, que muitos conhecem como Núcleo Pedagógico Integrado (NPI). Foi nessa escola que tive experiências incríveis, fiz grandes amigos e conheci professores maravilhosos. E foi um desses professores, em uma aula de Química no 1º ano do Ensino Médio, quem despertou o amor pela Química e pela docência que existe em mim.

Vendo aquele senhor com toda empolgação, amor e cuidado ao ensinar conteúdos básicos de química, fez com que eu também quisesse trilhar esse caminho. Quando contei essa decisão para amigos e familiares, foi uma grande surpresa para eles, no sentido de ter optado pela química. A química historicamente é vista como uma ciência difícil, complexa, chata, que muitos alunos têm aversão. Porém, ela está presente constantemente em nossa vida, de diversas maneiras diferentes. Isso torna a química muito especial. Atrelado a isso, o efeito que ensinar causa tanto na vida de quem ensina quanto na vida de quem aprende, é um sentimento inexplicável, que só em si justifica e explica a escolha pela docência. Assim, eu tive a plena convicção que queria seguir no caminho da educação sendo professor, na busca em despertar em outros jovens sentimentos semelhantes ao que tive, ao amor pela Química e pelas Ciências, além de contribuir de maneira significativa na vida de tantas pessoas, através da educação, pois como relata Paulo Freire (1996), “o educador se eterniza em cada ser que educa”.

Ao concluir o ensino básico, tive a certeza de qual rumo seguir. Nesse sentido, em 2018 ingressei no curso de Licenciatura em Química, na UEPA. Logo nos primeiros semestres ficou claro qual era a realidade do ensino superior em comparação ao ensino básico. O susto veio logo nas primeiras disciplinas. Muitas matérias eram voltadas para o desenvolvimento pedagógico, e poucas eram centradas propriamente nos conteúdos de química. No início, não dei importância ao estudo dessas disciplinas. Porém, com o passar do tempo, ficou evidente que eram matérias fundamentais para a construção e desenvolvimento do aluno enquanto futuro professor. Uma das disciplinas que mais me marcou durante os semestres iniciais foi psicologia da aprendizagem, na qual estudei como os principais psicólogos e pensadores da educação entendiam o desenvolvimento cognitivo em todos os níveis da vida.

Subsequentemente, a disciplina Química do Meio Ambiente também merece destaque, uma vez que transformou todo o meu processo de desenvolvimento pessoal, acadêmico e profissional, na medida em que pude visualizar, na teoria e na prática, o quanto a química está presente em nossa vida, nas mais variadas formas e jeitos. Adicionalmente a isso, nesta disciplina tive o privilégio de conhecer o professor que viria a ser o meu orientador e parceiro

de trabalhos científicos. Foi ele quem abriu as portas para mim no sentido de possibilitar a vivências de experiências como bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), onde eu tive o primeiro contato com a realidade vivida por professor e aluno das escolas públicas do município de Belém, e do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).

O PIBID foi uma experiência extremamente enriquecedora em todos os sentidos. Além do relatado acima, o programa foi desafiador pelo fato de ser desenvolvido em meio à pandemia de Covid 19, que assolou a população mundial em um período de dois anos. Comentando sobre isso, a pandemia deixou marcas inapagáveis em todos nós e em todos os setores. Devido à pandemia, foi necessário encontrar outras formas de ensinar, de manter as disciplinas interessantes aos alunos em suas casas e deixá-los instigados a continuar estudando. Foi um período de grandes desafios, dificuldades e problemas, porém, tudo isso aos poucos foi sendo superado pelo empenho dos professores e dedicação dos alunos.

Enquanto bolsista PIBID, tive a responsabilidade de ajudar nesse processo de manter os alunos nas escolas, participando das aulas, interessados e querendo aprender, mesmo na realidade vigente. Dessa forma, tive a experiência de ministrar aulas através do aplicativo de mensagens *WhatsApp*, para alunos de uma escola do município de Icoaraci. Com o auxílio da professora de química da escola, pude desenvolver atividades, elaborar apostilas e textos, gravar áudios e vídeos para repassar aos alunos pelo *WhatsApp*. Foi uma experiência completamente diferente e nova, que deixou grandes aprendizados e lições.

Ademais, pude adquirir experiência atuando no Centro de Ciências e Planetário do Pará (CCPPA) como monitor no espaço da química, um local extremamente especial. Uma das lições aprendidas neste espaço foi a adaptação da fala na medida em que o público variava. Crianças, alunos do ensino fundamental, ensino médio, professores, mestres, doutores, idosos, portadores de deficiência. Para cada público a linguagem deveria ser alterada para melhor atender aquele público.

Sobre o PIBIC, tal experiência foi extremamente enriquecedora, pois pude me aprofundar nas pesquisas científicas, bem como participar de um projeto para ajudar no ensino de química por meio do uso da modelagem molecular, principalmente com a impressão 3D. Nesse projeto pude conhecer a impressão 3D voltada para o ensino, a fim de criar materiais alternativos para se utilizar em sala de aula como recurso didático. Ao longo do processo, imprimi modelos 3D de moléculas orgânicas isômeras, para aplicar em sala de aula no âmbito do ensino de isomeria, em uma turma do 3º ano de uma escola estadual de Belém. Foi uma experiência muito inovadora, especial e importante, cujos aprendizados eu levo desde então para a minha atuação profissional em sala de aula. Este trabalho foi também a pesquisa do meu Teste de Conclusão de Curso, por isso ocupa um lugar especial no meu coração.

A disciplina de História da Química foi um dos destaques pelo fato de abordar os principais acontecimentos que possibilitaram o avanço dos conceitos químicos, além de apresentar fatos e personalidades que marcaram a história, por suas pesquisas, estudos, teorias e trabalhos. Foi nessa disciplina que tive a oportunidade de começar a desenvolver trabalhos com a professora Maria Dulcimar, uma mulher única, extremamente comprometida com a formação acadêmica de novos professores de química, bem como com a elaboração de trabalhos e pesquisas que visem o desenvolvimento científico.

Sobre os trabalhos científicos desenvolvidos, tive a alegria de elaborar uma grande quantidade, a maioria voltado para o ensino de química. Vários trabalhos merecem destaque,

porém escolho os três que causaram mais impacto na minha formação: um artigo sobre Clara Martins Pandolfo, uma pioneira em estudar ciências na Amazônia e é inspiração para todas as mulheres e pesquisadores amazônidas; um capítulo de livro sobre a vida de Linus Pauling e seus estudos, um cientista que não só deixou marcas nas ciências, mas também na sociedade, pelo seu ativismo político e luta pela paz; um capítulo de livro sobre a aprendizagem baseada em projetos, uma das metodologias ativas mais utilizadas no momento.

Finalizo este memorial relatando que o PPGEECA, sem sombras de dúvidas, é a maior experiência da minha vida, em todos os aspectos. Nesse programa, aprendi coisas que levarei para sempre comigo, fiz amizades sinceras, desenvolvi-me como profissional. As experiências em cada disciplina ficaram marcadas em mim, subsidiando minha atuação docente e impulsionado os novos desafios que virão. Só posso recomendar a todos que se inscrevam no PPGEECA, você não irá se arrepender.

RESUMO

FONSECA, Luiz Gabriel Araújo da. **Sala de Aula Invertida e Impressão 3D**: uma combinação para o ensino dos haletos orgânicos e compostos organoclorados e suas influências na Amazônia. 2026. 93 p. Dissertação (Mestrado em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia), Universidade do Estado do Pará, Belém, 2026.

Os impactos ambientais causados por compostos organoclorados, como a contaminação do solo e da água, estão cada vez mais em evidência. Portanto, sua abordagem se torna relevante pois, além dessa característica preocupante, esses compostos fazem parte dos chamados haletos orgânicos, uma das funções orgânicas estudadas na química. Nesse viés, faz-se necessário encontrar maneiras de tornar esse ensino mais efetivo, uma vez que existem problemas enfrentados por professores e alunos no processo de ensinar e aprender. Assim, a utilização de metodologias ativas, como a Sala de Aula Invertida, emerge como fundamental, na medida em que atribui importância ao aluno, colocando-o em evidência nesse processo. Atrelado a isso, desponta o uso de modelos 3D como recurso didático, uma alternativa que visa a construção de representações práticas de conceitos teóricos. Outrossim, este recurso se torna relevante pois os alunos participam do processo de construção dos modelos, o que gera uma experiência única e enriquecedora. Sendo assim, esta pesquisa teve como objetivo geral analisar como uma Sequência Didática, pautada na Sala de Aula Invertida, com o uso da impressão 3D, pode contribuir no processo de ensino-aprendizagem do conteúdo dos haletos orgânicos. O estudo caracteriza-se por adotar a abordagem qualitativa, sendo utilizado como método de pesquisa o Estudo de Caso. A intervenção ocorreu em uma escola pública localizada no município de Belém-PA, em uma turma de 3º ano do ensino médio, com 25 participantes. Como Produto Educacional (PE), cujo título é "*Explorando a Química por meio da Sala de Aula Invertida e Impressão 3D: uma proposta para o ensino dos haletos orgânicos*", foi desenvolvido um Guia Didático, composto pelos conceitos dos haletos orgânicos e compostos organoclorados, os referenciais teórico-metodológicos da pesquisa, juntamente com as etapas elaboradas para execução da Sequência Didática, bem como o percurso metodológico utilizado para a construção e impressão de moléculas 3D. O PE foi avaliado por um painel de especialistas composto por professores de química atuantes em turmas do 3º ano do ensino médio. Os dados da pesquisa foram analisados com base na Análise de Conteúdo, cujos resultados apontam para a potencialidade da dinâmica estabelecida ao combinar a Sala de Aula Invertida e Impressão 3D. Além disso, os conceitos teóricos envolvendo os haletos orgânicos e compostos organoclorados foram compreendidos e causaram um significativo impacto nos alunos, ao identificarem e entenderem os problemas socioambientais decorrentes dos compostos organoclorados e os observarem em suas realidades. Outrossim, o processo de impressão 3D executado permitiu a vivência de momentos únicos como o entendimento sobre a função dos programas de impressão e modelagem, a interação entre teoria e prática e a visualização dos conceitos de maneira tátil e imersiva. Ademais, espera-se que os professores possam utilizar a ideia proposta, aplicando-a em seus contextos de atuação, em prol de um ensino mais produtivo.

Palavras-chave: Ensino de Química. Impactos Socioambientais. Modelos 3D. Metodologia Ativa.

ABSTRACT

FONSECA, Luiz Gabriel Araújo da. **Flipped Classroom and 3D Printing:** a combination for teaching organic halides and organochlorine compounds and its influences in the Amazon. 2026. 93 p. Dissertation (Master of Science Education and Teaching in the Amazon), State University of Pará, Belém, 2026.

The environmental impacts caused by organochlorine compounds, such as soil and water contamination, are increasingly evident. Therefore, addressing this issue becomes relevant because, in addition to this worrying characteristic, these compounds are part of the so-called organic halides, one of the organic functions studied in chemistry. In this context, it is necessary to find ways to make teaching more effective, since there are problems faced by teachers and students in the teaching and learning process. Thus, the use of active methodologies, such as the Flipped Classroom, emerges as fundamental, as it gives importance to the student, highlighting them in this process. Linked to this, the use of 3D models as a teaching resource stands out, an alternative that aims at building practical representations of theoretical concepts. Furthermore, this resource becomes relevant because students participate in the model-building process, which generates a unique and enriching experience. Therefore, this research aimed to analyze how a didactic sequence, based on the flipped classroom model, using 3D printing, can contribute to the teaching and learning process of organic halides. The study is characterized by adopting a qualitative approach, using the case study method as a research method. The intervention took place in a public school located in the municipality of Belém-PA, in a third-year high school class, with 25 participants. As an Educational Product (EP), entitled "*Exploring Chemistry through the Flipped Classroom and 3D Printing: a proposal for teaching organic halides*," a Didactic Guide was developed, composed of the concepts of organic halides and organochlorine compounds, the theoretical-methodological references of the research, along with the steps developed for the execution of the Didactic Sequence, as well as the methodological path used for the construction and printing of 3D molecules. The EP was evaluated by a panel of experts composed of chemistry teachers working in 3rd-year high school classes. The research data were analyzed using Content Analysis, the results of which point to the potential of the dynamics established by combining the Flipped Classroom and 3D Printing. Furthermore, the theoretical concepts involving organic halides and organochlorine compounds were understood and had a significant impact on the students, as they identified and understood the socio-environmental problems arising from organochlorine compounds and observed them in their own realities. Moreover, the 3D printing process allowed unique experiences such as understanding the function of printing and modeling programs, the interaction between theory and practice, and the visualization of concepts in a tactile and immersive way. Furthermore, it is hoped that teachers can use the proposed idea, applying it in their contexts of practice, to promote more productive teaching.

Keywords: Chemistry Education. Socio-environmental Impacts. 3D Models. Active Methodology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Dois exemplos de haletos orgânicos e suas respectivas classificações.....23
Figura 2: Estrutura molecular do DDT e heptacloro, respectivamente 24
Figura 3: Processos da Sala de Aula Invertida 30
Figura 4: Processo de modelagem e impressão 3D de moléculas 44
Figura 5: Percurso metodológico do PE.....46
Figura 6: Esquema de obtenção das categorias, a partir das unidades de sentido isoladas nas narrativas dos alunos.....48
Figura 7: Alunos respondendo as questões da Atividade Inicial.....50
Figura 8: Grupos reunidos para iniciar o processo de impressão 52
Figura 9: Molécula 3D do DDT (a), Hexaclorociclohexano (b), clorofórmio (c) e clorobenzeno (d).....56
Figura 10: Esquema de obtenção das categorias, a partir das unidades de sentido isoladas 57
Figura 11: Capa do PE e dos capítulos presentes no Guia Didático.....69
Quadro 1: Perguntas da Atividade Inicial 37
Quadro 2: Perguntas do Questionário Final 38
Quadro 3: Perguntas da Atividade Final 38
Quadro 4: Resumo das etapas da pesquisa..... ...40
Quadro 5: Estruturação da Sequência Didática 41
Quadro 6: Organização da análise dos dados 47
Quadro 7: Respostas do formulário para avaliação do PE 66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene
AEE	Atendimento Educacional Especializado
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação de Ética (CAAE)
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa (CEP)
DCEPA	Documento Curricular do Estado do Pará
DDT	Diclorodifeniltricloroetano
EA	Educação Ambiental
EAUFPA	Escola de Aplicação da Universidade Federal do Pará
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FDM	Fused Deposition Modeling (FDM).
ICM	Imposto de Circulação de Mercadoria
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP)
IPI	Imposto de Produtos Industrializados
PE	Produto Educacional
PDB	Protein Data Bank
PLA	Polylactic Acid
PNDA	Programa Nacional de Defensivos Agrícolas
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
POPs	Poluentes Orgânicos Persistentes
SAEB	Censo Escolar e Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB)
SAI	Sala de Aula Invertida
SD	Sequência Didática
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TCUD	Termo de Compromisso para Utilização e Manuseio de Dados
UEPA	Universidade do Estado do Pará

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16

2 REFERENCIAL TEÓRICO 19

2.1 O BRASIL COMO GRANDE CONSUMIDOR DE AGROTÓXICOS 19

2.1.1 A situação na região amazônica 21

2.2 HALETOS ORGÂNICOS E A QUESTÃO DOS ORGANOCLORADOS 22

2.3 HALETOS ORGÂNICOS, ORGANOCLORADOS, PROBLEMAS AMBIENTAIS E SALA DE AULA 25

2.4 AS METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA 26

2.5 A SALA DE AULA INVERTIDA 29

2.6 A IMPRESSÃO 3D COMO RECURSO DIDÁTICO 31

2.7 SEQUÊNCIA DIDÁTICA 34

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 36

3.1 TIPO DE PESQUISA 36

3.2 LOCAL E PARTICIPANTES DA PESQUISA 36

3.3 MÉTODO DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS 37

3.4 CONDUÇÃO DA PESQUISA 40

3.4.1 Etapas da Pesquisa 40

3.4.2 Intervenção pedagógica por meio da Sequência Didática baseado na Sala de Aula Invertida e impressão 3D 41

3.4.3 Processo de impressão 3D de moléculas 44

3.5 DELINEAMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL 45

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 47

4.1 DIAGNOSE DA APRENDIZAGEM INICIAL DOS ALUNOS SOBRE O TEMA E SUAS VISÕES SOBRE A IMPRESSÃO 3D NO ENSINO (MOMENTOS 1 E 2 DA SD 48

4.1.1 Noções teóricas sobre haletos orgânicos e organoclorados 48

4.1.2 A impressão 3D como recurso didático 50

4.2 EXECUÇÃO DO PROCESO DE IMPRESSÃO 3D DE MOLÉCULAS (MOMENTOS DE 3 A 7 DA SD) 52

4.2.1 Experiências adquirias por meio de um processo de impressão 3D de moléculas 53

4.3 DIAGNOSE DA APRENDIZAGEM DOS ALUNOS SOBRE O CONTEÚDO APÓS APLICAÇÃO DA IMPRESSÃO 3D 56

4.3.1 Relação Estrutura-Propriedade e Bioacumulação 57

4.3.2 Domínio da nomenclatura e classificação estrutural 58
4.3.3 Consciência ambiental e impactos na saúde humana 59
4.4 CONCEPÇÕES SOBRE A SD EXECUTADA 61
4.4.1 Avaliação da SD aplicada 61
5 PRODUTO EDUCACIONAL 65
5.1 AVALIAÇÃO DO PE POR PAINEL DE ESPECIALISTAS 67
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 71
REFERÊNCIAS 73
ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP 81
ANEXO B – TERMO DE ACEITE DA INSTITUIÇÃO 82
ANEXO C – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO 83
ANEXO D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO 86
ANEXO E – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO 89
APÊNDICA A – PRODUTO EDUCACIONAL 92

1 INTRODUÇÃO

Ensinar e aprender ciências sempre foi um grande desafio para professores e alunos da educação básica. Há algum tempo, vários profissionais da área vêm explorando essa questão, desenvolvendo pesquisas e trabalhos em busca de respostas e soluções para, ao menos, mitigar essa dura realidade. Como aspectos mais recorrentes encontrados, estão as dificuldades dos conceitos científicos, a falta de contextualização dos assuntos à realidade dos alunos, a manutenção pela metodologia tradicional de ensino e carência de materiais didáticos que poderiam auxiliar a explicação durante as aulas (Gama et al.,2021).

Quando se centraliza o ensino de química nessa ótica apresentada, a situação ganha contornos ainda mais desafiadores. O que se encontra nos relatos de professores e alunos, muitas vezes documentados em trabalhos científicos, é a grande dificuldade em potencializar a relação de ensino-aprendizagem na ciência que estuda a matéria e suas transformações. Gomes e Costa (2022) apontam para esses desafios, comentando que existe uma pedagogia memorística e simplista nas aulas de química, cujo centro é o professor, o qual apresenta os conteúdos de maneira descontextualizada do cotidiano dos alunos. Tal situação remete a ideia da educação bancária de Paulo Freire, que destaca a relação professor-aluno marcada pelo professor como narrador e o aluno como mero ouvinte, relatando que “em lugar de comunicar-se, o educador faz comunicados, depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem.” (Freire, 1987, p. 33).

Assim, em meio a todo esse contexto, os conteúdos de química são explorados durante as aulas. Alguns assuntos são considerados mais fáceis, interessantes, porém, na sua maioria e para grande parte dos alunos, os conceitos são difíceis de compreender. Um levantamento realizado pela *TutorMundi* (plataforma de reforço escolar) em 2021, revelou que a química, com 13,5%, é a terceira disciplina que gera mais dificuldades aos alunos, atrás somente de matemática e física (Vaicairnoenem, 2021). Dessa maneira, cabe ao professor tentar encontrar caminhos diferentes e possíveis soluções para tornar essa dinâmica mais atrativa, produtiva e significativa.

Nesse viés, o conteúdo dos haletos orgânicos pode ser explorado de maneira contextualizada, por possuir grandes aplicações em diversos aspectos da sociedade e seu ensino ser considerado complexo. Fazendo parte da química orgânica, o ensino da função dos haletos orgânicos é relevante por explorar compostos com aplicações científicas, tecnológicas,

industriais, ambientais, dentre outros. Concomitantemente, funcionam como um conteúdo estruturante, preparando o aluno para a compreensão de outras funções orgânicas como álcoois, amidas, ésteres e reações orgânicas (Yonashiro, 2014).

Dentro desse contexto, as influências dos compostos caracterizados como haletos orgânicos nos aspectos ambientais me chamaram mais atenção e preocupação, haja vista que grande parte deles causam uma série de prejuízos para os seres vivos de maneira geral. Nesse cenário, os compostos organoclorados merecem destaque, estando presentes em grandes quantidades nos pesticidas e inseticidas utilizados para controle de pragas, nos agrotóxicos, nos solventes industriais e plásticos utilizados em uso doméstico (Lignani; Brandão, 2022).

Em suma, a maioria desses compostos são Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), caracterizados por ciclos de vida longos. Isso garante que, apesar dos rápidos ganhos produtivos, esses compostos estão associados a potenciais perigos, como a contaminação do meio físico-químico e a bioacumulação em organismos ao longo das cadeias alimentares, sem contar com os efeitos negativos na saúde humana, como o câncer, transtornos reprodutivos, infertilidade e puberdade precoce (Silva; Neves; Fragoso, 2022).

A partir desse cenário, é notória a importância de relacionar, em sala de aula, os haletos orgânicos aos impactos socioambientais, sob a ótica dos compostos organoclorados, oportunizando momentos de reflexões, contextualização, e construção de uma consciência crítica dos alunos, criando interfaces entre o saber científico e o conhecimento prévio, atribuindo importância para o contexto sociocultural em que estão inseridos, com o objetivo de elevar o pensamento crítico, desenvolver habilidades que ajudem a interferir em prol de uma química para o desenvolvimento sustentável (Freitas Filho et al., 2013).

Diante disso, faz-se importante o emprego das metodologias ativas, que colocam o aluno no centro do processo de construção do conhecimento, tornando-o ativo e essencial no processo de ensinar e aprender química. De acordo com Leite (2020, p. 6), “as metodologias ativas são estratégias que colocam os estudantes como principais agentes de seu aprendizado”. Quando inseridas no contexto do ensino de química, as metodologias ativas oportunizam aos alunos uma maior participação e interação em sala de aula, por meio da geração de ideias, da produção de conhecimentos, da problematização, de questionamentos e do desenvolvimento do pensamento crítico (Oliveira, 2024).

Observando esse cenário, emerge a metodologia da Sala de Aula Invertida (SAI), que permite que o aluno assuma um papel central no processo de ensino-aprendizagem. O professor

já não é tido como detentor total do conhecimento, mas atua como colaborador e mediador desse processo (Bergmann; Sams, 2016). Além disso, a SAI possibilita a adequação do tempo, haja vista que esta metodologia se caracteriza por momentos síncronos e assíncronos, ambos com a mesma importância.

Ademais, surge a possiblidade de agregar a impressão 3D nessa relação, gerando representações visuais que permitem a visualização prática de conceitos teóricos. A dinâmica da impressão 3D contribui para uma aprendizagem significativa baseada em dois eixos fundamentais: atividade construtiva e interação com outras pessoas (Elizondo et al., 2023). Complementarmente, Higa e Silva (2022) comentam que a impressão 3D permite que os alunos desenvolvam habilidades visuoespaciais, com o intuito de interpretar e de gerar, de forma prática e mentalmente, as representações estruturais, visando a melhor compreensão do assunto. Esse contexto é muito importante para o entendimento de conceitos químicos abstratos que necessitam do uso de modelos para auxiliar a explicação, como os compostos organoclorados que compreendem a função orgânica dos haletos (Raupp; Serrano; Moreira, 2009).

Nesse sentido, esta pesquisa se propõe a responder a seguinte questão: A utilização da SAI, combinada com a impressão 3D, ao explorar problemas socioambientais (como a contaminação da água, do solo e dos alimentos) relacionados com compostos organoclorados, pode favorecer a aprendizagem da função dos haletos orgânicos, com alunos do ensino médio?

Assim sendo, o objetivo geral do trabalho é: analisar como uma Sequência Didática, pautada na Sala de Aula Invertida, com o uso da impressão 3D, pode contribuir no processo de ensino-aprendizagem do conteúdo dos haletos orgânicos.

Como objetivos específicos: avaliar a eficácia da proposta didática em uma turma do 3º ano de uma escola pública do ensino médio, considerando a compreensão sobre haletos orgânicos; discutir como o processo de impressão 3D de moléculas pode ajudar no entendimento sobre haletos orgânicos e as implicações socioambientais dos organoclorados; desenvolver um Produto Educacional, na forma de Guia Didático, apresentando aspectos teóricos-metodológicos dos haletos orgânicos, Sala de Aula Invertida e impressão 3D, bem como a Sequência Didática aplicada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta referenciais teóricos relevantes que subsidiam a temática de pesquisa.

2.1 O BRASIL COMO GRANDE CONSUMIDOR DE AGROTÓXICOS

O Brasil é um dos grandes consumidores de agrotóxicos do mundo. No período de 2002 a 2021, o país teve um crescimento de 392% no consumo total de agrotóxicos, colocando-o na liderança entre os maiores consumidores desse tipo de insumo (Paz; Rezende; Gameiro, 2023). Mas por que esses compostos são amplamente utilizados na agricultura? Os agrotóxicos começaram a se popularizar durante a Segunda Guerra Mundial, na medida em que o mundo conheceu uma revolução no que diz respeito ao controle de pragas a partir do diclorodifeniltricloroetano (DDT). De acordo com Li (2022), essa popularização se deu pelo baixo custo e eficiência do DDT, resultando em um uso intenso antes mesmo que seus efeitos nocivos tivessem sido totalmente pesquisados. Ainda com base no autor, o grande sucesso desse produto no combate às pragas possibilitou a produção de novos organossintéticos, fortalecendo a grande indústria de agroquímicos.

Embora o uso dos agrotóxicos no Brasil tenha ganhado força na década de 40, foi no final da década de 60 que o consumo se acelerou expressivamente, devido a isenção de impostos como o Imposto de Circulação de Mercadoria (ICM) e o Imposto de Produtos Industrializados (IPI), bem como das taxas de importação de produtos não produzidos no Brasil (Bull; Hathaway, 1996). Além disso, esse movimento se intensifica com a implantação do Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (PNDA). No ano de 1964, o consumo total de pesticidas no Brasil foi superior a 16 mil toneladas, chegando a 60 mil toneladas em 1991 e 140 mil toneladas em 2000. Isso quer dizer que houve um aumento de 276% no consumo de pesticidas entre 1964 e 1991, e de 176% entre 1991 e 2000 (Silva; Neves; Fragoso, 2022).

Tal crescimento e popularização foi pauta na primeira Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, no ano de 1972, conhecida como Conferência de Estocolmo (Duarte, 2015). Nela, o Brasil se posicionou afirmando que não caberiam aos países mais pobres, como o próprio Brasil, preocupações com a questão ambiental. Esses países deveriam priorizar estratégias de "desenvolvimento" que permitissem a luta contra "a poluição da pobreza", postergando qualquer tipo de preocupação com impactos ambientais de atividades econômicas. Três anos depois, em 1975, o governo ditatorial civil-militar iniciou um programa de estímulo

à implantação de indústrias de agrotóxicos no Brasil em um contexto de crescente crítica ao uso dessas substâncias (Lignani; Brandão, 2022).

Ao observar esse cenário, é possível dizer que, de certa forma, os ganhos de produtividade desses compostos mascararam, por muitos anos, os prejuízos associados à saúde dos trabalhadores rurais (os quais tinham contato direto e frequente com os compostos) e do meio ambiente, haja vista que não se tinha produções de pesquisas e publicações de estudos sobre isso, como o trabalho de Silva, Neves e Fragoso (2022), o qual estabelece uma revisão bibliográfica sobre a contaminação por pesticidas organoclorados na cidade Duque de Caxias, no Rio de Janeiro. Contudo, se por um lado os ganhos de produtividade mascararam esses efeitos adversos por algum tempo, por outro lado, essa questão têm sido cada vez menos perceptível, já que os efeitos nocivos, tanto para o meio ambiente quanto para a saúde humana, tornaram-se mais notáveis (Belchior et al., 2014).

Por conta disto e, impulsionado pela publicação do livro *Primavera Silenciosa* em 1962, que atingiu fortemente a opinião pública a respeito dos efeitos prejudiciais de compostos como o DDT e organoclorados, estes começaram a ser reavaliados a partir da criação da Agência de Proteção Ambiental (Alves Filho, 2002). Assim, as discussões sobre agrotóxicos ganharam mais força e visibilidade no cenário nacional e internacional, sendo a questão ambiental pauta de destaque nos debates sobre desenvolvimento e saúde (Lignani, 2018). Como resultado, o Ministério da Agricultura proibiu o uso de inseticidas organoclorados no Brasil, no ano de 1985, através da portaria nº 329:

> O Ministro do Estado da Agricultura (..) resolve:
>
> 1° - Proibir, em todo o território nacional, a comercialização, o uso e a distribuição dos produtos agrotóxicos organoclorados, à agropecuária dentre outros: aldrim, BHC, canfeno clorado (toxafeno), DDT, dodeclacloro, endrim, meptacloro, lindane, endosulfan, metoxicloro, nonacloro, pentaclorofenol, dicofol e clorobenzilato.
>
> Parágrafo único - constituem exceção à proibição constante deste artigo:
>
> a) o uso de iscas formicidas à base de Aldrim e Dodecacloro.
>
> b) o uso de cupinicidas à base de Aldrim para o emprego em florestamento e reflorestamento;
>
> c) o uso dos referidos produtos quando aplicados pelos órgãos públicos competentes, em campanhas de saúde pública de combate a vetores de agentes etiológicos de moléstias;
>
> d) o uso emergencial na agricultura, a critério da Secretaria Nacional Defesa Agropecuária - SNAD - do Ministério da Agricultura (Brasil, 1985).

Em suma, é notório que a implementação dessa portaria trouxe significativos avanços, apresentando aspectos positivos no que tange as demandas sociais construídas que vinham sendo discutidas ao longo dos anos que a antecederam.

2.1.1 A situação na região amazônica

No que tange à Amazônia, sabe-se que esta região desperta atenção tanto nacional quanto mundial, muito devido a sua extensão, riqueza em recursos naturais, biodiversidade, culinária e especificidade social. Segundo Homma et al. (2020), em termos geográficos, a região ocupa, em proporções variadas, nove países da América do Sul, sendo dois terços do seu total de 6,4 milhões de quilômetros quadrados em território brasileiro. Ainda segundo os autores, abriga a maior floresta tropical do planeta e sua bacia hidrográfica se estende por 44% da superfície do continente, além de acumular notável riqueza em recursos de mineração e expressivo potencial hidroelétrico.

Destacando as atividades agrícolas na região, Júnior, Vargas e Bet (2022) comentam que estas vêm aumentando deste a chamada “Revolução Verde”. Tal revolução resultou na troca dos sistemas de produções diversificadas pela monocultura, a qual necessita do uso intensivo de fertilizantes químicos e pesticidas. Os autores comentam ainda que, embora esses compostos sejam caracterizados como importantes para o controle de pragas e aumento da produção agrícola, o uso em excesso causa efeitos adversos importantes na saúde humana e nos ecossistemas, prejudicando uma das regiões mais biodiversificadas do mundo.

Concomitantemente, diversos estudos corroboram para a realidade apresentada acima, demonstrando como os agrotóxicos podem contaminar reservatórios de água, bacias fluviais, rios, recursos hídricos, organismos e a flora aquática, apresentando uma ameaça à região amazônica (Belchior et al., 2014). Dessa forma, a contaminação das águas na Amazônia é preocupante, pois é um aspecto fundamental para a comunidade local, a qual utiliza em abundância os recursos hídricos para alimento, trabalho e afazeres diários. Isso aumenta o risco, entre outros problemas, de desenvolvimento de câncer, intoxicação aguda, problemas hormonais e neurológicos, causados por esses compostos (Sarpa; Friedrich, 2022).

Nesse viés, a contaminação e as intoxicações por agrotóxicos são grandes ameaças aos municípios amazônicos (Lima; Corrêa; Gugelmin, 2022). Como mencionado anteriormente, o Brasil tem uma longa história de uso de pesticidas, que se reflete nas práticas atuais e nos efeitos nocivos observados, especialmente entre as populações indígenas (Ribeiro; Sá Neto, 2019).

Não bastasse esse problema histórico, ao abordar os casos recentes de intoxicação por pesticidas em populações amazônicas, muitas vezes são justificados como meros acidentes (Oliveira et al., 2018). A maioria dos casos relatados de intoxicações envolvendo povos indígenas concentra-se em áreas próximas à fronteira agrícola, principalmente no sul da Amazônia Legal.

Além disso, ao observar a bacia amazônica, nota-se que esta possui diversas áreas que sofreram alterações significativas ao longo dos anos. No período de 1985 a 2021, o uso da terra agrícola na região teve um aumento de quase 244% (Ochoa-Cueva et al., 2023). A realidade atual sugere a necessidade de enfrentar novos desafios científicos e tecnológicos para conciliar o desenvolvimento agrícola com a conservação ambiental. Ademais, é essencial refletir em formas mais sustentáveis de gerir o solo, a biodiversidade e a água. Com o intuito de minimizar os riscos e a falta de informação a respeito do tema, é necessário uma vigilância rígida e a transmissão das informações sobre os potenciais riscos do uso dos agrotóxicos, colocando em pauta suas vantagens e desvantagens (Souza; Lopes; Sarcinelli, 2015).

Isto posto, Ochoa-Cueva et al. (2023) relatam que as pesquisas sobre os impactos de pesticidas na bacia amazônica são atualmente limitadas e pouco publicadas, quando comparadas ao restante do mundo. Outra questão importante a destacar é a dificuldade de acesso à floresta amazônica. No entanto, estudos mais recentes, como o de Mascarenhas, Araújo e Tietzmann e Silva (2020), mencionam que o uso de herbicidas e a implementação de técnicas agrícolas intensivas são práticas comuns atualmente na Amazônia, privilegiando a navegação fluvial, aérea e terrestre, mas com fortes impactos negativos na saúde humana e no meio ambiente. Vasco et al. (2021) comentam que houve mais esforços de pesquisa voltados para a compreensão dos fatores que impulsionam o desmatamento na Amazônia, em vez de entender o motivo pelo qual a população amazônica usa fertilizantes químicos e pesticidas para sua produção agrícola.

2.2 HALETOS ORGÂNICOS E A QUESTÃO DOS ORGANOCLORADOS

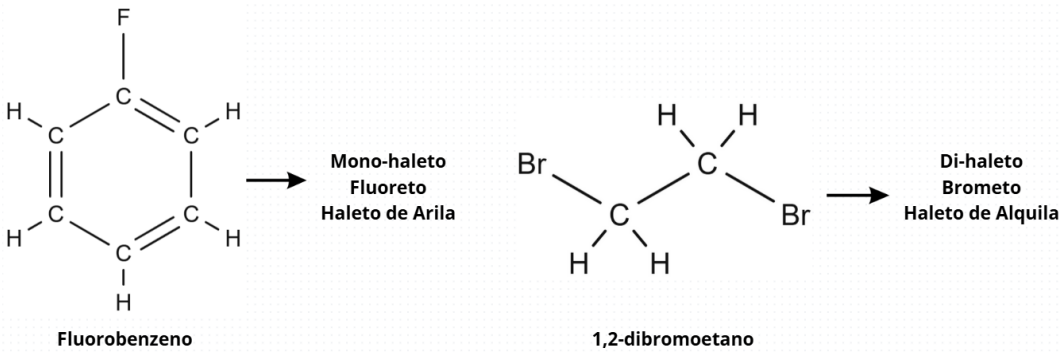
Classificando os agrotóxicos, os pesticidas e os inseticidas, causadores de danos consideráveis à saúde ambiental e humana, alguns deles fazem parte dos chamados haletos orgânicos, uma das funções orgânicas estudada pela química, cujo compostos apresentam pelo menos um átomo de halogênio (F, Cl, Br, I) ligado a um carbono de hidrocarboneto (compostos formados por átomos de carbono e hidrogênio). Assim, um haleto orgânico se forma pela substituição de átomos de hidrogênio por átomos de halogênio, em um hidrocarboneto. Como características gerais, esses compostos são amplamente usados como solventes, pesticidas,

fármacos e materiais plásticos. Além disso, compostos dessa função são utilizados como materiais de partida para a síntese de muitos compostos (Graham Solomons; Fryhle, 2012).

Os haletos orgânicos podem ser classificados como: (i) haletos de alquila, quando o halogênio está ligado a um carbono com hibridização sp^3 , ou seja, um carbono saturado (realiza somente ligações simples); (ii) haletos de vinila ou fenila, onde o halogênio está ligado a um carbono sp^2 , ou seja, um carbono que apresenta uma ligação dupla e duas ligações simples, sendo que o ligante da ligação dupla é outro átomo de carbono; (iii) haletos de arila, os quais o halogênio está ligado a um anel aromático (Graham Solomons; Fryhle, 2012).

Além disso, podem ser classificados como como primário, secundário ou terciário, de acordo com o átomo de carbono em que o grupo substituinte se encontra ligado. Adicionalmente, existem ainda a classificação pela quantidade de halogênios presentes na molécula, assim o composto pode ser chamado de mono-haleto, di-haleto, tri-haleto ou tetra-haleto, e a classificação pelo tipo de halogênio, sendo chamado de fluoreto, cloreto, iodeto ou brometo (McMurry, 2012). Na Figura 1, pode-se visualizar exemplos de haletos orgânicos e suas classificações:

Figura 1: Dois exemplos de haletos orgânicos e suas respectivas classificações



Fonte: Autores (2026)

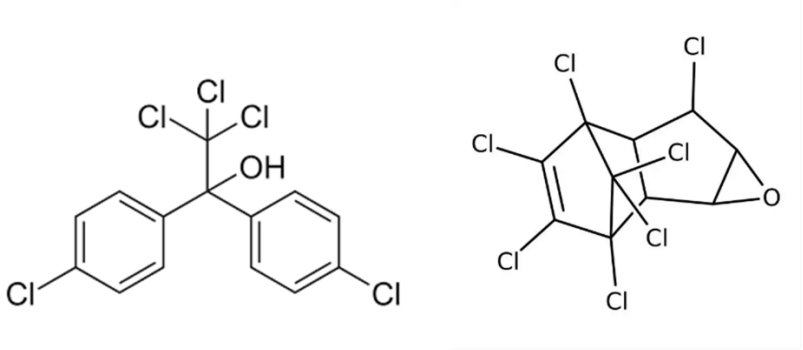
Levando em consideração os problemas apresentados anteriormente sobre a utilização de determinados compostos agrícolas, a grande maioria são compostos classificados como organoclorados, os quais apresentam átomos de cloro (halogênio) ligados ao carbono, fazendo parte, assim, dos haletos orgânicos. Os organoclorados estão comumente presentes nos pesticidas, utilizados principalmente para a proteção das lavouras contra pragas e insetos. Encontra-se aplicações desses compostos em plásticos, no verniz, nas tintas e até itens de higiene pessoal como cremes dentais, mas a sua grande aplicação ainda é na agricultura, onde os organoclorados são encontrados como agrotóxicos (Nagai, 2021).

No que concerne às características desses compostos, baixa solubilidade em água e alta solubilidade em solventes orgânicos são de grande destaque, além da baixa pressão de vapor e elevada estabilidade química, o que explica a sua lenta biodegradação. Por conta disso, a maioria desses compostos são caracterizados como Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Lignani e Brandão (2022) comentam que a capacidade dos organoclorados de permanecerem ativos por longos períodos após sua aplicação era vista como um fator positivo, tornando-os o principal grupo de pesticidas utilizado no Brasil para controle de pragas.

Entretanto, essa característica também estava associada a potenciais perigos, como a contaminação do meio físico-químico e a bioacumulação em organismos ao longo das cadeias alimentares. No que diz respeito aos efeitos negativos dos pesticidas organoclorados na saúde, destacam-se o câncer, transtornos reprodutivos, infertilidade, malformações congênitas, distúrbios do neurodesenvolvimento e puberdade precoce (Silva; Neves; Fragoso, 2022).

No aspecto ambiental, os problemas oriundos dos organoclorados perpassam pela contaminação do solo e da água, sendo esta última a mais atingida pelo uso desses compostos, pois grande parte dos pesticidas se destina ao ambiente aquático. Dentre os agrotóxicos e pesticidas, os organoclorados merecem destaque pois são a principal fonte de impactos no ambiente, uma vez que são utilizados em grandes quantidades (Pinto; Flórez; Negrete, 2023). Os efeitos nocivos dessas substâncias tornaram-se evidentes em fins dos anos 1950 e início dos anos 1960, quando surgiram as primeiras reavaliações, por parte da comunidade técnica internacional, acerca dos problemas de segurança e eficácia dos agrotóxicos. Como grandes representantes desses compostos, têm-se o DDT e o heptacloro, como mostra a Figura 2.

Figura 2: Estrutura molecular do DDT e heptacloro, respectivamente



Fonte: Autores (2026)

2.3 HALETOS ORGÂNICOS, ORGANOCLORADOS, PROBLEMAS AMBIENTAIS E SALA DE AULA

Como mencionado, os organoclorados fazem parte dos chamados haletos orgânicos, umas das principais funções orgânicas da química que são trabalhadas em sala de aula na educação básica. Diante disso, é possível, através do ensino dos haletos orgânicos, abordar questões ambientais, na perspectiva da Educação Ambiental, permitindo desenvolver com os alunos conhecimentos sociais, habilidades e competências, com o intuito de promover mudanças atitudinais, o cuidado com o meio ambiente e entendimento sobre os problemas ambientais decorrentes dos organoclorados (Loureiro; Torres, 2014).

Sob esse olhar, emerge o trabalho de Rodrigues et al. (2017), no qual os autores utilizam os agrotóxicos como tema gerador para o ensino de química orgânica, sobretudo para o ensino dos haletos orgânicos. Foi elaborada e aplicada uma sequência didática com o intuito de estimular o pensamento crítico e a autonomia dos alunos, educando-os cientifica e politicamente. De maneira adicional, Freitas Filho et al. (2013) abordam os haletos orgânicos sob a temática dos agrotóxicos a partir da construção de mapas conceituais, a fim de promover uma aprendizagem significativa nos alunos.

Não obstante, Silva, Neves e Fragoso (2022) apresentam um cenário de contaminação por compostos organoclorados em uma cidade do Brasil, explorando os efeitos causados por eles no meio ambiente e na população afetada. Os autores deixam um alerta sobre os perigos envolvendo esses compostos e a importância de desenvolver mais estudos sobre o tema. Entrementes, Buffolo e Rodrigues (2015) relatam uma experiência em uma turma de 2º ano do ensino médio a partir da temática dos agrotóxicos no ensino de química, com o objetivo de ampliar a visão dos alunos a respeito das implicações sociais e ambientais provocadas pelo uso inadequado dos agrotóxicos, além de gerar reflexões e maior compreensão sobre o tema, evidenciando a importância de introduzir questões socioambientais no ensino de química.

Os trabalhos citados colocam em prática a Lei nº 9.795/99, a qual estabelece que a Educação Ambiental (EA) deve estar presente no currículo escolar em todos os níveis de ensino (Brasil, 1999). Nesse sentido, levando em consideração o contexto brasileiro, o qual apresenta um país com demasiado uso de agrotóxicos e pesticidas no setor agrícola (Paz; Rezende; Gameiro, 2023), é possível utilizar esse tema para promover a EA no ensino de química. Outrossim, Bastos e Pereira (2020) destacam que a abordagem dessa temática pode trazer benefícios na formação acadêmica e cidadã.

Adicionalmente, Ribeiro et al. (2022) consideram que a abordagem dessa temática é de fundamental importância no contexto escolar, para ser trabalhada ao longo da Educação Básica de forma contextualizada e articulada aos conhecimentos científicos da Química, em prol da tomada de consciência dos estudantes sobre os problemas socioambientais relacionados aos agrotóxicos e as possibilidades da agricultura sustentável. Dessa forma, segundo os autores, é possível desenvolver nos alunos uma Educação Ambiental crítica e reflexiva, capaz de favorecer a construção de uma visão holística da realidade e que possa torná-los atuantes e conscientes perante a sociedade e os problemas ambientais.

Paralelamente, ao analisar a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), é possível constatar a importância que o documento atribui para as temáticas ambientais nas diversas vertentes científicas, haja vista que se trata de um assunto transversal. No que concerne às Ciências da Natureza, a habilidade EF09Cl13 da BNCC direciona para ações individuais e coletivas com o intuito de reduzir os impactos ambientais e favorecer melhores condições de vida em âmbitos locais e globais. Adicionalmente, a habilidade EM13CNT104 sugere "Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles...]" (Brasil, 2018, p. 555). Em consonância, a habilidade EM13CNT206 explora a conservação da biodiversidade e sustentabilidade do planeta por meio da prática de preservação e da avaliação de ações humanas e políticas ambientais. Assim, essa habilidade coloca o foco no desenvolvimento de práticas sustentáveis para proteger o planeta de situações que podem impactar negativamente o funcionamento da vida na Terra.

Entrementes, o emprego da temática dos organoclorados e suas implicações possibilita a implementação de um aspecto importante previsto no Documento Curricular do Estado do Pará (DCEPA), que é o eixo de Investigação Científica. Nele, é estabelecido que as Ciências Naturais devem promover uma educação que gere a ampliação da capacidade de problematizar o funcionamento do seu *habitat*, fazendo com que o estudante possa construir, compreender, transformar e valorizar o espaço em que vive, a partir da aplicação do conhecimento científico (Pará, 2021).

2.4 AS METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA

A química possui uma linguagem universal. Seu diferencial está na forma como é aplicada no ensino, ou seja, na metodologia adotada. Bergmann e Sams (2016, p. 6) comentam que "o atual modelo de educação reflete a era em que foi concebido: a revolução industrial".

Os autores destacam que os alunos são educados como em linha de montagem, mediante um processo padronizado, como se fossem máquinas. Assim, sentam-se em fileiras, seguem as instruções de um "especialista" e ainda precisam guardar as informações repassadas, pois serão colocados à prova em um teste avaliativo.

Não obstante, historicamente a química é vista pela maioria dos alunos como um conteúdo difícil e complexo, sobretudo pelas suas regras, fórmulas matemáticas e abstrações (Leão; Santos; Souza, 2020). Adicionalmente, Farias Filho e Alves (2024) apontam que a manutenção, por parte dos professores, pela metodologia tradicional de ensino, impulsiona essa visão deturbada da química. De acordo com os autores, esse tipo de abordagem, apesar de ser majoritariamente empregada, possui baixa eficiência e potencialidade, uma vez que não explora a participação ativa dos alunos no processo de ensino-aprendizagem.

Com o intuito de reduzir esses problemas apresentados, emergem as metodologias ativas de ensino, que possibilitam criar uma dinâmica diferente para o ensino, podendo facilitar a compreensão de conteúdos ditos como complexos (Gama et al., 2021). Segundo Andrade et al. (2021), a inserção de metodologias ativas visa substituir as aulas nas quais são atribuídas ao professor o papel de detentor total do conhecimento. Em meio a essa realidade, a utilização das metodologias ativas vem ganhando força e espaço no âmbito educacional, sendo vistas como uma possibilidade de sanar algumas lacunas geradas no sistema de ensino, principalmente com relação ao papel do aluno na construção do conhecimento. Nesse viés, Oliveira (2024, p. 29) afirma que:

> As metodologias ativas aplicadas ao ensino de Química oportunizam aos alunos uma maior participação e interação na sala de aula, mediante o desenvolvimento de competências no âmbito pessoal e profissional, geração de ideias, produção de conhecimentos, das experiências de vida, problematização, questionamentos e do pensamento crítico. Assim o aluno passa a coabitar com diferentes formas de aprendizagem e com um novo enfoque no processo de ensino-aprendizagem (Oliveira, 2024, p. 29).

Assim, apresentam-se diversas metodologias ativas que são utilizados a fim de potencializar o ensino de química, como a Aprendizagem Baseada em Problemas. Nela, os alunos são colocados frente a situações reais ou próximas da realidade, estimulando-os a lidar com eventos que eles poderão enfrentar no cotidiano (Conrado et al., 2014). Assim, Yamaguchi (2025) aborda a Aprendizagem Baseada em Problemas para diagnosticar as dificuldades dos alunos em Química Orgânica. Como resultado, a metodologia em questão promoveu a

construção cooperativa do conhecimento científico, engajando os alunos na busca pela superação e compreensão de suas próprias dificuldades, contribuindo para o desenvolvimento autônomo do conhecimento.

Adicionalmente, a Aprendizagem Baseada em Projetos é destacada. Segundo Bender (2014, p. 9), "a aprendizagem baseada em projetos é um modelo de ensino que consiste em permitir que os alunos confrontem as questões e os problemas do mundo real que consideram significativos, agindo de forma cooperativa em busca de soluções". Nesse sentido, o projeto deve ser elaborado a partir do interesse dos alunos, e estes devem participar ativamente de todas as etapas do planejamento e desenvolvimento, visando resolver os problemas. Rosa, Oliveira e Passos (2024) lançaram mão dessa metodologia para ressignificar o ensino de pH nas aulas de química. Os autores relataram que os estudantes tiveram maior envolvimento, curiosidade e participação nas aulas, consolidando conhecimentos e habilidades para além do conteúdo escolar.

Muito em voga atualmente está a gamificação. Fialho e Barboza (2024) comentam que quando bem planejada e aplicada, a gamificação pode contribuir para a aprendizagem, socialização, tomada de decisões e desenvolvimento da autonomia. Um trabalho de destaque foi elaborado por Campião e Ramos (2025). Os autores propõem a elaboração de um *e-book* gamificado com foco na Tabela Periódica. A pesquisa culminou com a criação de um jogo de tabuleiro que explora tópicos fundamentais como a organização da tabela, as propriedades dos elementos e suas aplicações práticas. Em paralelo, Viana, Silva e Marques (2023) utilizaram elementos de jogos para o ensino de eletroquímica. O estudo apresentou formas de utilização de aulas diversificadas para a temática, de modo a tornar o ensino de química dinâmico e funcional.

Existem ainda a Experimentação, a Rotação por Estações, a Aprendizagem por pares, dentre outras. Com finalidades e propostas diferentes, todas devem ser utilizadas com o objetivo de potencializar o ensino a aprendizagem de determinado conteúdo, favorecendo a participação dos alunos, o desenvolvimento de conhecimentos e habilidades distintas, como refletir, comparar, inferir e observar (Diesel; Baldez; Martins, (2017). Dessa forma, a partir das metodologias ativas, os alunos podem participar ativamente do processo de ensino, expondo seus conhecimentos e experiências. Sendo assim, essas novas metodologias possibilitam ao professor assumir um papel de mediador, enquanto cabe ao aluno exercer o papel principal, de modo que seus conhecimentos prévios ajudem a construir o entendimento de determinado

conteúdo. Em se tratando do ensino dos haletos orgânicos, esse contexto é fundamental. Em suma, por conta da realidade descrita, as metodologias ativas se fazem presentes nos processos de ensino-aprendizagem, tanto no Brasil como no mundo (Leite, 2020).

2.5 A SALA DE AULA INVERTIDA

Dentre as diversas metodologias ativas existentes e as citadas anteriormente, destaca-se a SAI, na qual o aluno é o protagonista do processo de ensino-aprendizagem. Na SAI, o conhecimento básico de um determinado conteúdo fica a cargo do aluno, com intermediação do professor, sendo este o responsável por engajar os alunos em questionamentos, resolução de problemas, indicando materiais e referências para auxiliar no processo (Bergmann; Sams, 2016). Valente (2014) também traz uma definição sobre a SAI. Para o autor, a SAI é uma modalidade na qual o conteúdo é estudado em grande parte de forma *online*, antes do aluno frequentar a sala de aula. Esta passa a ser o local para trabalhar os conteúdos já estudados, realizando atividades práticas como resolução de problemas e projetos, bem como discussões em grupo.

De maneira complementar, Bacich e Morin (2018) inferem que na abordagem da SAI, o aluno estuda previamente, e a aula torna-se o lugar de aprendizagem ativa, onde há perguntas, discussões e atividades práticas. Posto isso, é importante destacar que o modelo da SAI possui como característica a flexibilização do ensino. A autonomia do aluno se transforma em algo fundamental para o desenvolvimento e dinamismo em sala de aula, na medida em que o discente não se limita ao espaço físico da escola, mas estuda em outros lugares e em momentos alternativos (Santos; Rodrigues; Carvalho, 2023).

Desse modo, a SAI tem como um dos principais objetivos ocasionar a interação e a colaboração entre grupos de alunos e/ou aluno e professor, visando estimular a criatividade, criticidade, autonomia e aproximar o conteúdo estudado na teoria com o que é vivenciado na prática (Bueno; Rodrigues; Moreira, 2021). Ademais, na SAI o professor observa e trabalha as dificuldades e as dúvidas dos alunos a partir de discussões. Begmann e Sams (2016) comentam que as aulas giram em torno dos alunos, não do professor. Além disso, os alunos são motivados a aprender, ao invés de apenas realizar trabalhos pela memorização.

Outrossim, apesar do protagonismo ser em grande parte do aluno, o professor ainda possui um papel fundamental na SAI, articulando atividades em grupo e individuais, mediando processos e dificuldades emergentes. Além disso, a SAI possibilita combinar diferentes

metodologias ativas, como a aprendizagem por desafios, projetos e gamificação (Bacich; Moran, 2018). Outro fator importante é que esta metodologia permite que materiais alternativos sejam explorados. Na medida em que professor e aluno vão construindo o conhecimento, é possível pensar em desenvolver recursos que auxiliem na condução do conteúdo.

Com base em adaptações dos referenciais de Bergmann e Sams (2018), Santos e Mercado (2022) sintetizaram os processos da SAI, como pode-se visualizar na Figura 3:

Figura 3: Processos da Sala de Aula Invertida



Fonte: Santos; Mercado (2022), p. 51.

Ao analisar a Figura 3, entende-se que os autores estabelecem dois aspectos importantes na SAI: a educação *online* e a sala de aula presencial. A visão docente na educação *online* engloba atividades de planejamento, orientação e organização dos materiais educacionais digitais, enquanto os alunos buscam o resgate do conhecimento como elemento prévio, conduzidos pela mediação do professor. No que se refere a sala de aula presencial, o professor se dedica na organização das atividades, desenvolvendo estratégias de colaboração, interação e resolução de problemas, a partir de um espaço coletivo.

Desse modo, na SAI a dinâmica das aulas é modificada, no sentido de que a aula presencial não se trata meramente da exposição de conteúdo. Na SAI, o estudante irá ser orientado pelo professor com relação ao conteúdo que será ministrado. Segundo Silva, Silva Neto e Leite (2021), esta estratégia possui duas etapas: (1) uma virtual, em que o professor irá selecionar o conteúdo e compartilhar com a turma por alguma plataforma on-line (Google Sala de Aula, *E-mail*, *Whatsapp* etc.) de sua preferência, em que os estudantes vão estudar o conteúdo da aula pelo material fornecido pelo professor e também por outros materiais escolhidos por eles; (2) uma presencial, em que o estudante, já tendo tido contato prévio com o conteúdo, vem para sala de aula debater com os colegas e com o professor sobre o que foi estudado, assim o professor irá contribuir com sua experiência e aprofundar o conteúdo, além de sanar as dúvidas que surgiram durante este processo.

Como demonstração de como essa metodologia pode ser aplicada, existem trabalhos publicados que utilizam a SAI a fim de potencializar o ensino de determinado conteúdo. É o caso do trabalho de Silva, Silva Neto e Leite (2021). Os autores aplicam essa metodologia ativa em duas turmas do curso de licenciatura em Química na disciplina de Química Orgânica. O resultado aponta que a SAI pode ser considerada uma alternativa viável para contribuir para o processo de ensino-aprendizagem desse conteúdo. Outrossim, Santos e Lima (2025) apresentam a possibilidade de trabalhar o conteúdo de eletroquímica a partir da SAI e Aprendizagem Baseada em Problemas. Os autores relatam que essa combinação favorece a contextualização dos conteúdos, o protagonismo discente e a organização progressiva do ensino, aspectos relevantes para a aprendizagem de conceitos eletroquímicos. Nesse caso, nota-se que a SAI pode ser explorada de maneira conjunto com outra metodologia ativa, ou ainda com outros recursos didáticos como jogos, HQs, moléculas 3D, enfim.

2.6 A IMPRESSÃO 3D COMO RECURSO DIDÁTICO

A impressão tridimensional emerge como recurso didático para ajudar na construção do conhecimento científico e no processo de ensino-aprendizagem, gerando representações visuais palpáveis que se aproximam da realidade. De acordo com Lima et al. (2024), a criação e a impressão de modelos 3D se apresentam como recursos promissores, proporcionando representações táteis e manipuláveis de conceitos, possibilitando relações teórico-práticas.

Entrementes, é possível abordar os organoclorados e suas implicações de maneira integrada com os níveis simbólico, macroscópico e microscópico propostos por Johnstone (1982), relação vista como fundamental para o ensino, bem como deixar em evidência os

impactos socioambientais decorrentes dessa utilização dos compostos organoclorados. Segundo o autor, o nível macroscópico corresponde aos fenômenos e processos químicos visíveis e observáveis. Com relação ao nível microscópico, este se refere aos movimentos e arranjos de moléculas, partículas e átomos. Já o nível simbólico representa as equações e fórmulas matemáticas referentes ao conteúdo. A BNCC aponta que esta relação é fundamental para o ensino de ciências, pois quando acontece, os alunos podem vivenciar momentos de investigação e apropriação de conhecimento (Brasil, 2018).

Nesse sentido, a impressão 3D, segundo Lolur e Dawes (2014), ajuda professores a ensinar e alunos a entender a Química de maneira representativa, pois os produtos e materiais didáticos gerados são uma amostra do conceito científico que está sendo estudado. Assim sendo, a impressão 3D possui grande potencial no processo educativo, uma vez que favorece a criação de objetos complexos, desde figuras geométricas, moléculas, células, construções ou qualquer outra peça que se deseje elaborar para exemplificar (Pires; Vinholi Júnior, 2021). Entrementes, o aprender fazendo e/ou construindo torna o processo de aprendizagem mais ativo e atrativo, sendo um contraponto às metodologias que optam pela reprodução fixa e memorização de conceitos.

Destarte, a utilização de impressões 3D possibilita novos parâmetros e finalidades em relação aos modelos comerciais de bolas e de varetas. Assim, Fonseca et al. (2024) relatam que a criação de modelos 3D tem vantagens significativas no ensino de química, especialmente para o público docente interessado em práticas inovadoras e personalizadas, uma vez que permite uma maior flexibilidade na criação de modelos moleculares. Ainda segundo os autores, a possibilidade de customizar o tamanho e a complexidade das moléculas, ajustando-as para enfatizar características específicas, é fundamental para a potencialização do processo de ensino-aprendizagem do conteúdo abordado.

De maneira particular, a impressão 3D está associada à cultura *maker*, que vem ganhando força na educação devido aos avanços tecnológicos. Essa cultura, no ambiente educacional, pode promover o desenvolvimento de trabalho em grupo, criatividade, habilidades sociais, autonomia, a ampliação da comunicação, principalmente se alinhadas às competências da BNCC, uma vez que apresentam uma série de habilidades transdisciplinares e transversais, proporcionando aos alunos inúmeras possibilidades de trabalho com a cultura digital somando à sua formação integral (Paula; Martins; Oliveira, 2021).

Os modelos tridimensionais representam um sistema figurativo que reproduz a realidade de forma concreta, tornando-a mais assimilável e compreensível ao espectador (Justina; Ferla, 2006.) O aprender fazendo e/ou construindo torna o processo de aprendizagem mais ativo, contrário das metodologias que têm um caminho fixo na reprodução e repetição de conceitos (Almeida; Wunsch; Martins, 2022). Portanto, a impressão 3D possui grande potencial no processo educativo pois favorece a criação de objetos complexos, desde figuras geométricas, moléculas, células, construções ou qualquer outra peça que se deseje elaborar para exemplificar (Pires; Vinholi Júnior, 2021). Isso sem contar com a acessibilidade. A impressão 3D é capaz de criar recursos para alunos com deficiência visual, como relata o trabalho de Lima, Ferreira e Souza (2022). Os autores elaboraram modelos 3D para que os alunos cegos ou de baixa visão conseguissem entender o conteúdo de química orgânica.

Outro exemplo que emerge é o trabalho de Fonseca et al. (2024), o qual demonstra uma possibilidade de aplicar moléculas 3D no ensino de isomeria espacial, no que tange as diferenças entre os isômeros geométricos e os isômeros óticos. Ademais, Banegas, Kerr e Ogusucu (2024) relatam a viabilidade de integração da tecnologia de impressão 3D como recurso pedagógico no ensino de ciências, com o objetivo de facilitar a compreensão de conceitos abstratos por parte de estudantes do ensino médio e do ensino técnico.

Assim sendo, a impressão 3D desempenha um papel fundamental ao se constituir como um meio de fabricação aditiva. De acordo com Ferry e Farias (2024), essa abordagem não apenas simplifica processos, mas também facilita a compreensão da realidade para quem a observa, tornando-a mais acessível e tangível. Ainda segundo os autores, esse recurso pode ser utilizado para criar maquetes, modelos e simulações que permitem aos estudantes explorarem conceitos científicos de forma mais interativa e dinâmica. Dessa forma, essas tecnologias são ferramentas poderosas para tornar o ensino de Ciências mais acessível e atrativo para todos os estudantes.

Não obstante, Queiroz, Maurício e Matrakas (2019) relatam que as impressoras 3D mais comuns e acessíveis confeccionam peças por meio do método de deposição de material conhecido como *Fused Deposition Modeling* (FDM). Os autores relatam que esse método proporciona a criação de peças com diversos tipos de materiais e cores, sendo mais comum a utilização dos termoplásticos *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) e *Polylactic Acid* (PLA), que são facilmente moldáveis quando aquecidos em altas temperaturas. Para os autores, ao introduzir uma impressora 3D no ambiente educacional, é possível que professores e alunos

explorem não apenas os benefícios desse recurso, mas também a criatividade e a interdisciplinaridade entre a prática e os conteúdos ministrados em salas de aula.

2.7 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O processo de ensino-aprendizagem de conceitos teóricos possui uma grande importância. Porém, quando esse processo se estabelece por meio de atividades que estimulam a autonomia dos alunos e os ajudam a tomar decisões, desenvolver o pensamento crítico e reflexivo, a relevância desse processo se torna ainda maior e ganha um novo sentido. O aluno não mais aprende por aprender, para realizar um teste avaliativo e passar de ano, mas aprende de maneira significativa, observando e percebendo como os conceitos são aplicadas na realidade (Carvalho, 2004). Para que isso aconteça, os alunos devem estar envolvidos em um processo investigativo capaz de gerar questionamentos e discussões que levarão à elaboração de hipóteses, à análise de evidências e à reflexão da realidade em sua volta.

Assim, emergem as Sequências Didáticas (SD) que podem contribuir na busca de métodos que promovam um entendimento menos fragmentado e mais significativo do conhecimento científico, tornando-se instrumentos importantes na construção de um saber científico crítico e investigativo. Uma SD se caracteriza por uma série de atividades interligadas e pensadas para ensinar um determinado conteúdo. Segundo Silva e Oliveira (2009, p. 2), uma SD é um processo interativo cujo objetivo é a "elaboração de um grupo de decisões para que os processos tenham significados e as estratégias sejam mais efetivas".

De acordo com Zabala (1998, p. 20), Sequência Didática é:

> uma maneira de encadear e articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade didática. Assim, pois, poderemos analisar as diferentes formas de intervenção segundo as atividades que se realizam e, principalmente, pelo sentido que adquirem quanto a uma sequência orientada para a realização de determinados objetivos educativos. As sequências podem indicar a função que tem cada uma das atividades na construção do conhecimento ou da aprendizagem de diferentes conteúdos e, portanto, avaliar a pertinência ou não de cada uma delas, a falta de outras ou a ênfase que devemos lhe atribuir (Zabala, 1998, p.20).

Em outras palavras, a SD implica atividades sucessivas e relacionadas, a fim de atingir o objetivo estabelecido na unidade de ensino. Para isso, é importante considerar as intenções educacionais que se tem para se definir os conteúdos de aprendizagem e, consequentemente, o papel das atividades que são propostas. Dessa forma, as SD permitem que o professor possa

elaborar atividades que gerem discussões relacionadas ao contexto dos alunos, oportunizando momentos de trocas de experiências, debates e reflexões, permitindo que os objetivos sejam alcançados a partir de um planejamento bem definido (Santos Júnior, 2020).

Com o intuito de definir um planejamento e percurso metodológico para aplicar a SAI, no âmbito do ensino dos haletos orgânicos, voltado para compostos organoclorados e suas implicações, emerge a SD pautada nos referencias teórico-metodológicos da SAI, como o intuito de promover uma dinâmica diferente, na qual o que é realizado em sala de aula e em casa se invertem, onde o aluno assume o papel de protagonista e o professor como mediador do processo. Portanto, a interatividade de uma metodologia ativa instrumentalizada através de uma SD poderá oportunizar aos alunos uma aprendizagem significativa no que tange o ensino dos conceitos relacionados ao conteúdo em questão.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção serão apresentados os delineamentos teórico-metodológicos da pesquisa e do Produto Educacional, bem como questões éticas da pesquisa.

3.1 TIPO DE PESQUISA

Esta pesquisa está fundamentada na abordagem qualitativa, de natureza aplicada, definida por Lüdke e André (2001) como uma tarefa de análise responsável, em decorrência da organização de todo o material coletado, para posteriormente dividi-lo em partes com o intuito de encontrar tendências e padrões relevantes. Ainda segundo as autoras, esse tipo de pesquisa visa "compreender as relações dos fenômenos educacionais com seus contextos, identificando o que está acontecendo e por que está acontecendo" (Lüdke; André, 2001, p. 22). Complementarmente, Martins (2004) analisa que a pesquisa qualitativa privilegia a análise de microprocessos, através do estudo de ações individuais e grupais, realizando um exame intensivo dos dados, caracterizado pela heterodoxia no momento da análise.

Como abordagem estratégica de pesquisa, foi utilizado o Estudo de Caso, que de acordo com Yin (2015), caracteriza-se como o estudo profundo de um objeto, de maneira a permitir o amplo e detalhado conhecimento sobre este. O autor comenta que seja qual for o campo de interesse, a necessidade diferenciada da pesquisa de estudo de caso surge do desejo de entender fenômenos sociais complexos, ou seja, essa abordagem se dispõe a analisar determinado fenômeno de forma profunda em uma perspectiva do todo, fornecendo subsídios para uma melhor compreensão e estudo. Ademais, Yin (2015) ressalta que, apesar de o Estudo de Caso parecer, para muitos, uma pesquisa fácil, é extremamente complexo, exigindo a identificação das condições da investigação e do preparo do pesquisador. Outrossim, esta estratégia de pesquisa é particularmente útil para responder perguntas do tipo "como" e "por quê", pois possibilita um estudo aprofundado sobre o fenômeno, sendo esta a finalidade da pesquisa, o que justifica a escolha por essa abordagem metodológica.

3.2 LOCAL E PARTICIPANTES DA PESQUISA

Esta pesquisa foi realizada em uma escola da rede pública de Belém-PA, em uma turma de 3º ano do ensino médio, com 25 alunos que aceitaram participar. A escolha por essa turma foi uma indicação do professor regente, o qual informou que a turma em questão seria mais participativa, engajada e com maior índice de frequência. Já a seleção por essa instituição se

deu pela relação do pesquisador com a escola e coordenação pedagógica. Outro ponto é a grande influência da escola na cidade de Belém, recebendo alunos de vários bairros e cidades da região metropolitana, aumentando assim a abrangência desta pesquisa.

Um aspecto de destaque é o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) da instituição. No último levantamento, realizado em 2023 pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP), apontou para o valor de 4,8. O IDEB é um indicador nacional que visa monitorar a qualidade da educação ofertada por meio de dados detalhados e concretos. Os dados são coletados a partir da taxa de rendimento escolar (aprovação) e das médias do desempenho discente nos exames nacionais, como o Censo Escolar e Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB).

A instituição é responsável pela oferta de Educação Infantil, Ensino Fundamental I e II, Ensino Médio e Educação de Jovens e Adultos. Sua finalidade é atuar como campo de estágios, visando à produção, sistematização e socialização do conhecimento por meio do ensino, da pesquisa e da extensão, configurando-se como espaço de formação profissional e inovação pedagógica em diferentes níveis e modalidades da Educação Básica. Além das salas de aula regulares, o espaço conta com biblioteca, sala de informática, quadra poliesportiva, serviço médico, refeitório e auditório.

3.3 MÉTODOS DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram coletados por meio de atividades aplicadas no decorrer da SD. Detalhando sobre elas, houve uma Atividade Inicial (Quadro 1) sobre aspectos gerais do conteúdo e percepções dos alunos sobre a impressão 3D no ensino, e a seguinte questão foi introduzida após o processo de impressão: *Comente sobre o processo de construção dos modelos 3D. Você considera que foi produtivo?*

Quadro 1: Perguntas da Atividade Inicial

Indicador	**Pergunta**
P1	Como são formados os haletos orgânicos?
P2	O que são compostos organoclorados? Dê dois exemplos e cite algumas aplicações.
P3	Comente sobre o que você conhece sobre a impressão 3D. Você considera que ela pode ser útil na Educação e no Ensino de Química? Comente.

Fonte: Autores (2026)

Ademais, ao final da SD, foi aplicado um Questionário Final (Quadro 2) para obter

dados sobre a proposta realizada.

Quadro 2: Perguntas do Questionário Final

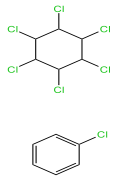
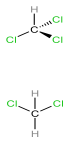
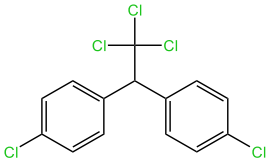
Indicador	Pergunta
P1	Você considera que conseguiu compreender o conteúdo dos haletos orgânicos e as implicações dos organoclorados ao final da sequência didática? Comente.
P2	Você considera que os modelos impressos em 3D ajudaram na sua compreensão sobre haletos orgânicos e organoclorados? Comente.
P3	Você considera que a abordagem da sala de aula invertida contribuiu para seu aprendizado, participação e interesse durante as aulas? Comente.
P4	Qual sua avaliação sobre a proposta didática executada?

Fonte: Autores (2026)

E finalmente, após duas semanas da aplicação da SD, foi executada uma Atividade Final (Quadro 3) para a verificação sobre o aprendizado dos alunos com relação ao conteúdo dos haletos orgânicos e organoclorados.

Quadro 3: Perguntas da Atividade Final

Indicador	Pergunta
P1	Pesticidas são substâncias utilizadas para promover o controle de pragas. No entanto, após sua aplicação em ambientes abertos, alguns pesticidas organoclorados são arrastados pela água até lagos e rios e, ao passar pelas guelras dos peixes, podem difundir-se para seus tecidos lipídicos e lá se acumularem. A característica desses compostos, responsável pelo processo descrito no texto, é o(a) a) baixa polaridade b) baixa massa molecular c) ocorrência de halogênios d) tamanho pequeno das moléculas e) presença de hidroxilas nas cadeias
P2	Classifique os haletos orgânicos de acordo com os tipos de cadeia carbônica. Desenhe exemplos de estruturas que representem cada tipo.

P3	Indique a nomenclatura dos seguintes exemplos de compostos organoclorados:  
P4	O diclorodifeniltricloroetano, conhecido como DDT, é um haleto orgânico que foi muito usado como inseticida, principalmente contra a malária, mas hoje sua produção está proibida em muitos países. Observando a sua fórmula estrutural a seguir, indique a sua fórmula molecular correta. 
P5	Os haletos orgânicos são aqueles compostos que derivam de hidrocarbonetos, pela substituição de um ou mais hidrogênios na molécula por átomo de halogênios. Esse grupo de compostos, principalmente os organoclorados, é muito comentado hoje em dia em razão dos problemas ambientais causados por seu uso indiscriminado, na maioria das vezes em inseticidas, como é caso do DDT. Cite alguns desses problemas fornecendo exemplos de compostos responsáveis por essas questões.

Fonte: Autores (2026)

Para análise dos dados obtidos, foi adotado o procedimento metodológico da Análise de Conteúdo (Bardin, 2016), do tipo categorial, cujo objetivo é observar de maneira sistemática os dados coletados, a fim de obter indicadores de variáveis inferidas. Esta análise de conteúdo é estabelecida em três etapas: i) pré-análise, a qual compreende a leitura do material coletado; ii) exploração do material, onde as informações obtidas no material são organizadas e classificadas em categorias temáticas, sendo emergidas a priori e/ou posteriori; iii) tratamento dos resultados, no qual é realizada a interpretação dos resultados. Vale destacar que, para apresentar as respostas dos alunos na sessão dos resultados e discussão, será adota a codificação A1, A2, A3 e assim por diante, indicando o aluno e sua numeração.

3.4 CONDUÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida conforme as orientações das Resoluções do Conselho Nacional de Saúde – CNS – nº 466 de 2012 e a de nº 520 de 2016 (Brasil, 2012 e 2016), garantindo a integridade dos participantes conforme as resoluções. A aplicação do projeto se deu após aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) do Centro de Saúde Escola do Marco Teodorico Macedo, da Universidade do Estado do Pará (UEPA), conforme dados submetidos na Plataforma Brasil, sob o número do parecer: 7.275.075 e Certificado de Apresentação de Apreciação de Ética (CAAE): 83000124.3.0000.8767 (Anexo A), juntamente com o aceite da instituição lócus da pesquisa (Anexo B).

Para garantir a transparência da pesquisa, os participantes e seus responsáveis legais, foram apresentados às atividades a serem desenvolvidas e seus objetivos. A fim de garantir a seguridade dos envolvidos na pesquisa, os estudantes assinaram o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (Anexo C), por serem menores de 18 anos; já o professor regente da turma e os responsáveis pelos estudantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo D e E).

Existiram alguns critérios para a inclusão dos participantes da pesquisa, os quais foram: ser aluno matriculado na 3ª série do ensino médio; em situação de presença de alunos com necessidades educacionais especiais, estes deveriam estar acompanhados pelo professor responsável pelo Atendimento Educacional Especializado (AEE), visando aumentar seus suportes pedagógicos no decorrer das atividades. E como critérios de exclusão, a não apresentação da assinatura do TCLE pelo devido responsável legal e não apresentação da assinatura do TALE. Ressalta-se que estes critérios foram adotados como compromisso com os aspectos éticos da pesquisa.

3.4.1 Etapas da Pesquisa

As etapas da sequência metodológica utilizada na pesquisa e para a concepção do produto educacional estão descritas no Quadro 4, com detalhamento a seguir:

Quadro 4: Resumo das etapas da pesquisa

Etapas	Ações programadas
Organização e definição das etapas da Sequência Didática	Definida com base nos referenciais de Bergmann e Sams (2016) sobre a SAI. A SD foi dividida em 8 etapas.

Aplicação da Atividade Inicial	Executada nos momentos iniciais da SD para coletar dados sobre conceitos gerais do conteúdo e aspectos da impressão 3D no ensino.
Impressão 3D de modelos moleculares	Protocolo estabelecido por Lima, Ferreira e Souza (2022) e adaptada para esta pesquisa. Executado pelos alunos e pelo pesquisador.
Aplicação da questão sobre o processo de impressão 3D	Após a execução do processo de impressão, os alunos devem relatar suas experiências sobre o protocolo realizado.
Aplicação do Questionário Final	Coleta de dados sobre a SD executada, levando em consideração a combinação da SAI e impressão 3D.
Aplicação da Atividade Final	Coleta de dados sobre a compreensão teórica dos conceitos de haletos orgânicos e compostos organoclorados a partir da SD e dos modelos 3D.
Análise de dados	Análise qualitativa (Lüdke e André (2013); Martins (2004), com base nas interpretações dos dados coletados; Análise de Conteúdo (Bardin, 2016), Análise Categorial.
Elaboração do Produto Educacional	Guia Didático para professores e alunos, com a apresentação dos aspectos teóricos-metodológicos da SAI e Impressão 3D e a SD aplicada.
Avaliação por painel de especialistas	Professores especialistas avaliam o PE por meio de questionário.
Versão Final do PE	Ajustes necessários com base na avaliação dos especialistas.

Fonte: Autores (2026)

3.4.2 Intervenção pedagógica por meio de Sequência Didática baseada na Sala de Aula Invertida e impressão 3D

A SD elaborada caracteriza-se por conter 8 momentos, e uma atividade final tendo passado duas semanas da aplicação da última etapa programada. Essa escolha tem o intuito de verificar o aprendizado dos alunos sobre o conteúdo, a partir da dinâmica executada. No quadro 5 pode-se observar a estruturação da SD de maneira detalhada.

Quadro 5: Estruturação da Sequência Didática

Momento	Condução da proposta	Objetivos
Pré-aula 1	Será disponibilizado aos alunos um vídeo de 10-15 minutos, produzido pelo pesquisador, introduzindo a função dos haletos orgânicos, principais características químicas, exemplos de compostos, com foco especial nos organoclorados, como o DDT. Ao final do vídeo, será pedido para que os alunos busquem e tragam para o encontro síncrono informações em sites, revistas, livros, artigos a	Introduzir o tema de maneira geral; Apresentar a dinâmica da Sala de Aula Invertida.

	respeito dos haletos orgânicos, organoclorados e suas implicações.	
Aula 1 (1h:40min)	Inicialmente, o pesquisador irá levantar discussões sobre a função dos haletos orgânicos, bem como iniciar um debate sobre os organoclorados e suas implicações. Nesse momento, os alunos irão expor suas pesquisas e considerações a respeito do tema. Feito isso, serão tiradas possíveis dúvidas geradas pelo vídeo e pela pesquisa dos alunos. Após, o pesquisador irá comentar sobre as implicações dos organoclorados, suas características principais que fazem com que estes compostos sejam nocivos para o meio ambiente e para a saúde humana, comentando sobre o uso de agrotóxicos e pesticidas na agricultura. Ao final da aula, os alunos devem responder a uma Atividade Inicial a respeito do tema e sua visão sobre a impressão 3D no ensino.	Proporcionar um ambiente de debates e troca de experiências, a partir do que foi pesquisado pelos alunos; Apontar para os problemas causados pelos compostos organoclorados.
Pré-aula 2	Será disponibilizado um vídeo de 20-25 minutos, produzido pelo pesquisador, explorando as estruturas dos organoclorados, bem como nomenclatura, propriedades, características químicas, encaminhando para a ideia da construção de modelos 3D. Para ajudar, o pesquisador irá introduzir o site *MolView.com,* onde é possível representar as estruturas químicas. Será solicitado que os alunos tragam exemplos de haletos e compostos organoclorados mais utilizados no setor agrícola para a próxima aula. Além disso, será comentado sobre como os impactos dos organoclorados afeta a região amazônica, contextualizando o tema com a realidade local.	Aprofundar nos aspectos teóricos dos compostos organoclorados; Introduzir a questão da impressão 3D no processo; Contextualizar a temática com a realidade dos alunos.
Aula 2 (1h:40min)	O pesquisador irá expor as potencialidades do uso da impressão 3D no ensino de ciências. Após, os alunos irão apontar os haletos orgânicos e compostos organoclorados pesquisados por eles. Feito isso, o pesquisador irá comentar as características químicas que explicam a nocividade desses compostos. Posteriormente, os alunos serão apresentados aos softwares de impressão 3D, bem como irão aprender o processo de construção dos modelos. Além da exposição oral, o pesquisador disponibilizará um guia apresentando o passo-a-passo para a criação das moléculas 3D. No final, os alunos responderão a uma atividade geral sobre haletos, organoclorados e suas implicações e impressão 3D.	Apresentar toda a dinâmica da impressão 3D; Mostrar o passo a passo de um processo de impressão de moléculas.
Pré-aula 3	Os alunos deverão pesquisar os principais riscos, vantagens e desvantagens do uso dos organoclorados, levando em consideração os ganhos e os prejuízos ambientais e fisiológicos desses compostos. Além disso, os alunos deverão aprender o processo de impressão disponibilizado na aula anterior, pois eles irão criar os modelos para serem impressos seguindo este processo.	Elucidar os potenciais positivos e negativos do uso dos compostos organoclorados.

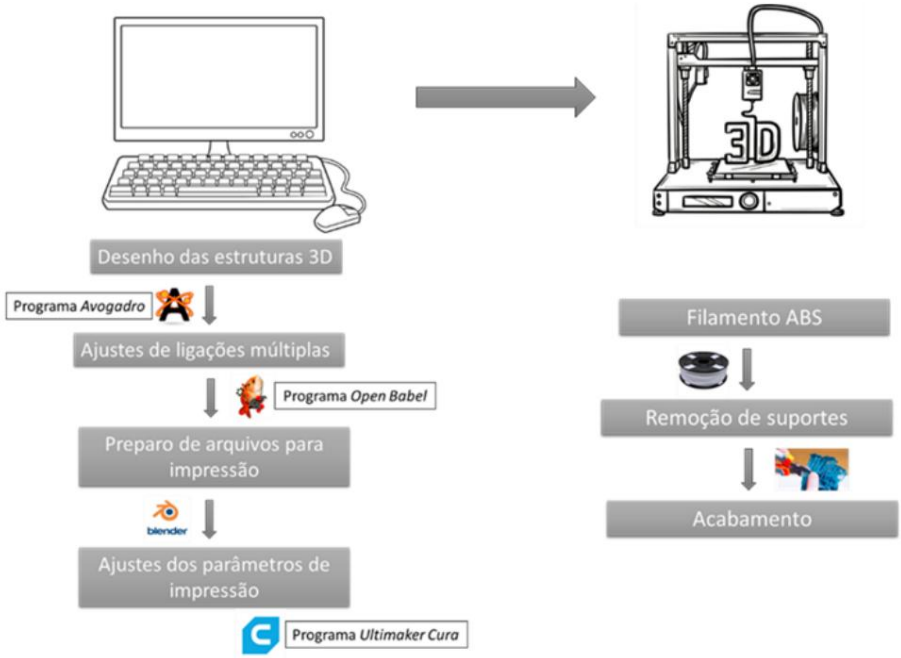
Aula 3 (1h:40min)	Inicialmente, os alunos serão divididos em grupos. Cada grupo terá uma situação problemática envolvendo os pesticidas organoclorados. Assim, o grupo 1 ficará com a contaminação da água, o grupo 2 com a contaminação do solo, o grupo 3, a questão da bioacumulação na cadeia alimentar e o grupo 4 irá ficar com as doenças em humanos. Assim, os grupos irão elaborar modelos de compostos que representam a situação-problema de cada grupo. Definiu-se, então, para o grupo 1 o hexaclorociclohexano, para o grupo 2 o DDT, o grupo 3 clorobenzeno e o grupo 4 o clorofórmio. Os grupos, um de cada vez, irão elaborar essas versões através do computador do pesquisador, já com todos os softwares e programas instalados. Essas versões dos modelos serão como exemplares menores das peças que serão impressas pelo pesquisador desses mesmos compostos. As moléculas serão impressas em sala. Uma questão sobre a execução do processo de impressão irá ser aplicada.	Possibilitar com que os alunos executem o processo de impressão apresentado, trabalhando em grupo com situações-problemas estabelecidos.
Pré-aula 4	O pesquisador irá imprimir versões maiores dos modelos criados pelos grupos, que serão trabalhadas na aula seguinte, seguindo o mesmo protocolo de impressão estabelecido.	Expandir as versões dos modelos criados pelos alunos, a fim de mostrar a flexibilidade e possibilidades do processo de impressão.
Aula 4 (1h:40min)	Os modelos impressos serão apresentados aos alunos. Assim, o pesquisador irá retomar os conceitos dos haletos orgânicos e organoclorados, englobando as suas classificações, nomenclatura, propriedades e características, além dos problemas socioambientais causados por esses compostos. Ao final, os alunos irão responder a um questionário com perguntas que envolvem todo processo vivenciado, refletindo suas opiniões, aprendizados e experiências adquiridas a partir da abordagem da Sala de Aula Invertida e Impressão 3D no ensino dos haletos orgânicos. No fim, os alunos deverão responder a um Questionário Final sobre a proposta aplicada.	Retomar as explicações teóricas sobre o conteúdo, a partir da utilização das moléculas impressas como material didático; Aplicar um questionário para coleta de dados.
Aplicação Final	Duas semanas após a culminância da proposta didática, voltou-se à turma para aplicar uma Atividade Final para coleta de dados sobre a aprendizagem do conteúdo dos haletos orgânicos e compostos organoclorados, com o intuito de verificar a absorção dos alunos ao conteúdo por meio da proposta executada.	Verificar a aprendizagem dos alunos sobre o conteúdo dos haletos orgânicos e compostos organoclorados e suas implicações, a partir da dinâmica executada.

Fonte: Autores (2026)

3.4.3 Processo de impressão 3D de moléculas

Para a elaboração e impressão de modelos 3D, foi analisado o referencial de Lima e Souza (2022), que demonstra um percurso metodológico para desenvolvimento e impressão de modelos moleculares em 3D. A Figura 4 apresenta o processo estabelecido pelos autores.

Figura 4: Processo de modelagem e impressão 3D de moléculas



Fonte: Lima; Ferreira; Souza (2022)

Após análise do processo, algumas adaptações foram feitas. Assim, o percurso realizado difere o referido referencial teórico somente pela substituição do programa *Avogadro* pelo site *MolView.com* e pela troca do filamento ABS pelo PLA. Essa troca é necessária devido à menor propensão para deformidades durante o processo, alta resistência após acabamento e biodegradabilidade do PLA, além de que este plástico é proveniente de fontes renováveis.

Desse modo, o processo de criação dos modelos envolveu o uso dos *softwares* *MolView.com*, para o desenho das estruturas moleculares; *Open Babel*, para a conversão dos formatos de arquivo*; Blender 3D*, para o ajuste da geometria; e *Ultimaker Cura*, para a preparação dos modelos para impressão.

É importante salientar a relevância de cada *software* para o processo de impressão, cada um tendo um papel fundamental e específico. No *MolView*, é possível selecionar a molécula através de sua nomenclatura oficial, ou por meio do desenho da estrutura. Assim, há como desenvolver atividades de acordo com sua escolha e necessidade. Além disso, o programa

permite a visualização em 2D e 3D de estruturas moleculares, além de propiciar a edição das estruturas já disponibilizadas e destacar aspectos referentes aos cálculos de massa e ângulos de ligações.

O programa *OpenBabel* é necessário para a transformação do arquivo para o tipo *Protein Data Blank* (PDB), o qual assegura a manutenção das características tridimensionais das moléculas. Após essa conversão, os arquivos devem ser importados no programa *Blender 3D*, *software* já conhecido no ramo da modelagem tridimensional. Ao abrir o projeto no modelador, deve-se explorar as ferramentas de modificação de escalas dos átomos, ajuste das instâncias das ligações para tornar a estrutura menos propensa a falhas estruturais, bem como a mais adequada configuração de renderização e suavização da malha para posterior importação do projeto para um programa de fatiamento, sendo utilizado o *Ultimaker Cura*. Nele, os últimos parâmetros de impressão são definidos, como a resolução das camadas, preenchimento da peça, os suportes que serão gerados para a estabilidade do objeto, velocidade de impressão, dentre outros fatores.

3.5 DELINEAMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

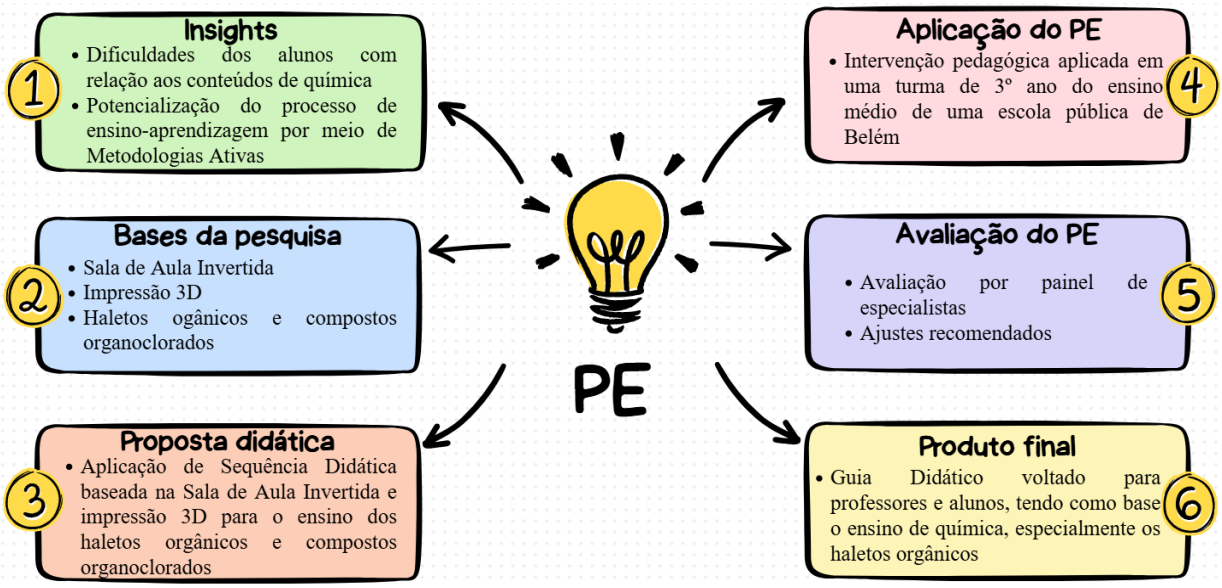
A ideia de elaboração, concepção e aplicação do Produto Educacional (PE), cuja capa pode-se visualizar no Apêndice A, está voltada para o ensino de química, especialmente no conteúdo de haletos orgânicos, com ênfase nos compostos organoclorados e suas implicações. Como subsídios teórico-metodológicos do PE, emergem a Sala de Aula Invertida, bem como a impressão 3D de moléculas como recurso didático.

Em formato digital, o PE, além de apresentar os referenciais teóricos e metodológicos da pesquisa, indica o processo de elaboração de moléculas 3D. Também estão presentes materiais de apoio para um maior estudo e aprofundamento dos tópicos abordados como, por exemplo, documentos no formato PDF e recursos audiovisuais disponibilizados por meio de links ou via *QRCode*, além da SD planejada e aplicada. Dessa forma, pretende-se proporcionar aos interessados na temática, a capacidade de utilizar a SD de maneira flexível e aproveitar os conteúdos nela apresentados.

A avaliação do PE foi realizada por um painel de especialistas composto por professores de química, de diferentes escolas de Belém, atuantes em turmas de 3º ano do ensino médio. Os docentes responderam a um instrumento de Validação de Produtos Educacionais, segundo as orientações de Rosa e Souza (2023). Este instrumento foi dividido em seis eixos de avaliação, totalizando 25 critérios afirmativos. O material apresenta uma breve caracterização dos

participantes da pesquisa, ou seja, os discentes da turma selecionada, e a avaliação com pontuações de 1 a 4 em escala do tipo *Likert,* com variação entre 1 (discordo totalmente) a 4 (concordo totalmente). O instrumento conta com espaço para comentários de cada item que o avaliador discordar ou concordar parcialmente. Como forma de elucidar o percurso de desenvolvimento do PE, verifica-se a Figura 5.

Figura 5: Percurso metodológico do PE



Fonte: Autores (2026)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o referencial metodológico, a partir da exploração dos materiais utilizados na proposta didática, organizou-se a análise dos dados em quatro seções (Quadro 6):

Quadro 6: Organização da análise dos dados

Seções	Ação	Objetivos
1	Diagnose da aprendizagem inicial dos alunos sobre o tema e suas visões sobre a impressão 3D no ensino.	Analisar as respostas da Atividade Inicial para compreender o entendimento dos alunos sobre a temática e suas visões sobre a utilização da impressão 3D no ensino.
2	Execução do processo de impressão 3D de moléculas.	Foi repassado um protocolo de impressão 3D de moléculas aos alunos. Com base nele, os alunos imprimiram 4 moléculas: DDT, hexaclorociclohexano, clorofórmio e clorobenzeno, cada um representando um impacto ambiental causado por organoclorados.
3	Diagnose da aprendizagem dos alunos sobre o conteúdo após aplicação da impressão 3D.	Analisou-se as respostas da Atividade Final dos alunos, após duas semanas da última etapa da SD aplicada com o objetivo de verificar o entendimento sobre os haletos orgânicos e compostos organoclorados.
4	Concepções sobre a SD executada	Analisou-se as respostas dos alunos sobre a dinâmica vivenciada, encontrando pontos de destaque na SD desenvolvida.

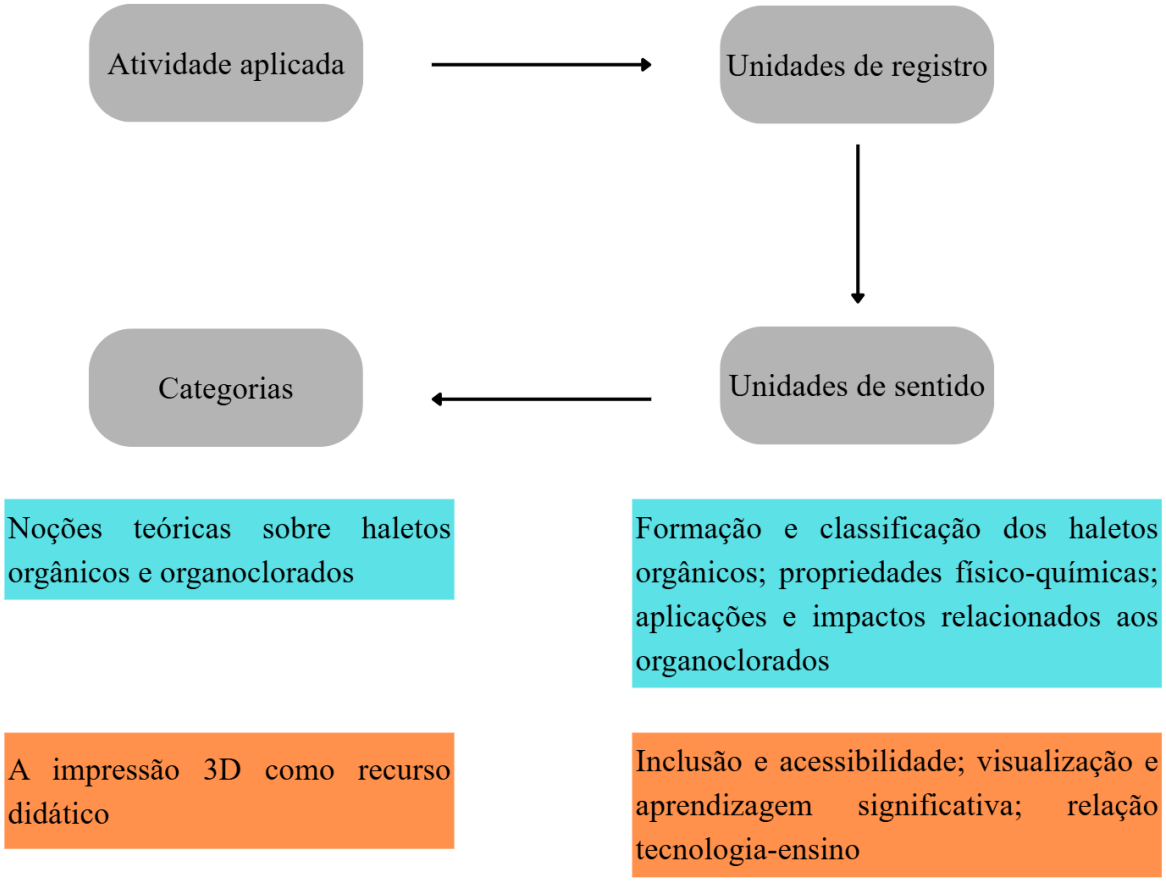
Fonte: Autores (2026)

4.1 DIAGNOSE DA APRENDIZAGEM INICIAL DOS ALUNOS SOBRE O TEMA E SUAS VISÕES SOBRE A IMPRESSÃO 3D NO ENSINO (MOMENTOS 1 E 2 DA SD)

Após a realização do momento 1 e ao final do momento 2 da SD, os alunos responderam a uma Atividade Inicial. As respostas dos alunos produziram categorias, resultantes da transcrição e do isolamento das unidades de registro (respostas dos alunos), seguidas da

identificação e do agrupamento de respostas comuns dos alunos (unidades de sentido). A Figura 6 apresenta a esquematização de formação das categorias.

Figura 6: Esquema de obtenção das categorias, a partir das unidades de sentido isoladas nas narrativas dos alunos



Fonte: Autores (2026)

4.1.1 Noções teóricas sobre haletos orgânicos e organoclorados

Analisando as respostas dos alunos, emerge essa categoria que engloba o entendimento inicial dos alunos sobre a temática. Das 25 respostas obtidas, 24 mencionaram que os haletos orgânicos são formados pela substituição de átomos de hidrogênio por um halogênio na cadeia carbônica, o que representa 96% do total. De fato, os alunos responderam corretamente. No livro concebido por Graham Solomons e Frylhe (2012) sobre o conteúdo de química orgânica, os autores relatam justamente isso ao abordarem a função orgânica dos haletos, destacando que os eles se formam quando um halogênio (Cl, Br, I, F) toma o lugar de um hidrogênio em um hidrocarboneto. Ao responderem corretamente, os alunos demonstram possuir um certo conhecimento sobre o tema, seja porque já haviam estudado em outra ocasião, seja porque aprenderam através dos momentos iniciais da SD.

Os alunos citaram a classificação dos haletos e suas características, mencionando em grande quantidade a polaridade, reatividade, solubilidade, e, sobretudo, a estabilidade. As respostas do A2, A11 e A15 podem ser visualizadas a seguir:

> A2: São formados pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio de um hidrocarboneto por halogênio. Duas características são a reatividade e geralmente são insolúveis em água.
>
> A11: São formados pela substituição de um átomo de hidrogênio de um hidrocarboneto por um átomo de halogênio como flúor e cloro. São polares e altamente reativos.
>
> A15: Os haletos orgânicos são formados pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio de um hidrocarboneto por átomos de halogênio. Características: são geralmente insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos, são altamente reativos e estáveis.

Com efeito, essas características explicam a lenta biodegradação desses compostos. Por conta disso, a maioria deles são Poluentes Orgânicos Persistentes. Lignani e Brandão (2022) comentam que a capacidade dos organoclorados de permanecerem ativos por longos períodos após sua aplicação era vista como um fator positivo, tornando-os o principal grupo de pesticidas utilizado no Brasil para controle de pragas. Porém, essa característica também estava associada a potenciais perigos, como a contaminação do meio físico-químico e a bioacumulação em organismos ao longo das cadeias alimentares (Silva; Neves; Fragoso, 2022). Assim sendo, 14 alunos destacaram essa persistência afetando a cadeia alimentar, resultando em 56% do total.

Os compostos organoclorados, devido essas características, são considerados Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs). Esses compostos despertam maior interesse pela sua toxicidade e à presença prolongada de seus resíduos no meio ambiente e em tecidos humanos. São altamente lipossolúveis, propriedade que lhes permite ser bioacumulados no tecido adiposo e sofrer o processo de biomagnificação ao longo da cadeia alimentar (Pinto; Flórez; Negrete, 2023). Portanto, entender os conceitos que os caracterizam é de fundamental importância. Assim, quanto mais se conhece, mais pesquisas podem ser realizadas para ampliar os referenciais teóricos sobre o tema e, consequentemente, deixar as pessoas cada vez mais informadas. A Figura 7 mostra os alunos realizando a Atividade Inicial:

Figura 7: Alunos respondendo as questões da Atividade Inicial



Fonte: Autores (2026)

4.1.2 A impressão 3D como recurso didático

Esta categoria revela a percepção da tecnologia da impressão 3D como ferramenta pedagógica. De acordo com 14 respostas, o principal benefício da impressão 3D no ensino é tornar as moléculas visíveis, tangíveis e/ou tridimensionais. Esse quantitativo corresponde a 56% dos alunos. Como exemplos, o A13, A19 e o A24 comentam:

> A13: A impressão 3D permite criar modelos tridimensionais que facilitam a visualização de modelos e estruturas químicas. Pode ser útil pois nos possibilita visualizar melhor as estruturas das moléculas e executar um processo de criação a partir de tecnologias específicas.
>
> A19: A impressão 3D é uma tecnologia capaz de criar modelos tridimensionais. Sim ,ela traz uma grande ajuda no ensino que pode ser capaz de criar objetos, para que possamos visualizar modelos moleculares e estruturais, melhorando a nossa compreensão.
>
> A24: A impressão 3D permite criar modelos em escala real. Ela pode ser útil para construir moléculas e estruturas químicas, facilitando o aprendizado.

Segundo Lima et al. (2024), a criação e a impressão de modelos 3D são recursos promissores por gerar representações táteis e manipuláveis de conceitos, possibilitando relações teórico-práticas. Após as explicações conceituais e teóricas sobre o tema, com o desenho das moléculas de forma 2D, a impressão tridimensional permite que os conceitos sejam visíveis na prática, ao criar representações reais e concretas. Estas podem ser manipuladas, modificadas, aumentadas e reduzidas, de acordo com interesse do professor e do aluno.

Além disso, essas colocações dos alunos vão ao encontro das ideias de Pires e Vinholi Júnior (2021). Os autores relatam que a impressão 3D possui grande potencial no processo educativo, na medida em que favorece a elaboração de objetos complexos como figuras geométricas, moléculas, células para facilitar a visualização dos conceitos teóricos.

Outro ponto que chama a atenção foi elencado pelo A9, o qual respondeu:

> a impressão 3D pode ser útil para o ensino de química porque através dela podemos fazer moléculas a partir de filamentos que irá nos garantir a experiência de sentir, tocar na peça, visualizar de perto, principalmente para as pessoas com deficiência visual. Para termos a impressão 3D precisamos de apps para produzir nosso modelo e depois fatiar a peça para impressão, para ver a espessura, o quão grande você quer, entre outras coisas. Logo você salva no pen drive e leva a máquina para assim "sair" do pen drive.

Esta resposta atinge um aspecto muito importante da impressão: a acessibilidade e oportunidade. Lima, Ferreira e Souza (2022) corroboram com essa ideia, indicando que os modelos tridimensionais podem ser usados como ferramentas em diferentes níveis de ensino e são úteis para auxiliar no desenvolvimento de competência representacional, sobretudo com alunos com deficiência visual e autistas. O modelo físico é capaz de favorecer que os alunos, principalmente aqueles que são alunos visuais e/ou táteis, entendam melhor as informações complexas apresentadas em espectros multidimensionais.

Outrossim, alguns alunos relataram conhecer as dinâmicas do processo de impressão, como podemos perceber nas respostas do A7, A8 e A25:

> A7: Ela cria objetos físicos através de modelos digitais. Elas são úteis pois permite fabricar modelos de moléculas, estruturas e equipamentos didáticos, o que aumenta o desenvolvimento dos estudos da química.
>
> A8: A impressão 3D começa pela modelagem da peça em um programa/aplicativo cad, alguns programas utilizam formas pré-prontas para criar um projeto, como o tinkercad e alguns utilizam códigos para criar, como o opencad. Após utilizar esses programas, o projeto deve ser mandado para outro programa para ajustar o tamanho e saber como ficará após a impressão, após isso o projeto poderá ser impresso. A impressão 3D é importante para a química, pois podemos imprimir representações de moléculas que são muito pequenas para podermos ver melhor e melhorar o estudo delas, já que poderemos ver melhor como elas são.
>
> A25: É feita em camadas e há necessidade de programações para planejar a forma, o modelo etc. A impressão 3D apresenta grande possibilidade de ensino, até no ensino

> de química, pois pode ser proporcionado o formato de molécula de forma visível para ampliar a perspectiva de suas ligações.

De fato, o processo de impressão pode ser iniciado pela criação de um modelo do zero, totalmente novo, ou pode ser aproveitado um arquivo já disponibilizado nas plataformas especializadas. Não importa qual seja o caminho escolhido, de todo modo o processo terá que passar pelos *softwares* e programas de impressão, bem como pelos fatiadores. A importância de conhecer e entender essa dinâmica é grande, pois é no meio desse processo que ocorre as imperfeições, os erros, situações adversas que podem comprometer o acabamento do objeto desejado para impressão (Renner; Griesbeck, 2020). É interessante perceber que, embora seja um recurso relativamente novo e pouco usado na educação, alguns alunos já possuem um entendimento geral de como funciona um processo de impressão.

4.2 EXECUÇÃO DO PROCESSO DE IMPRESSÃO 3D DE MOLÉCULAS (MOMENTOS DE 3 A 7 DA SD)

Os alunos conheceram, estudaram e se apropriaram de um protocolo de impressão 3D de moléculas. Então, divididos em 4 grupos, e com base em impactos socioambientais pré-definidos para cada um deles, os grupos ficaram responsáveis por executar o processo de impressão e imprimir os seguintes modelos: hexaclorociclohexano (contaminação da água), DDT (contaminação do solo), clorobenzeno (bioacumulação na cadeia alimentar) e clorofórmio (doenças em humanos). Na Figura 8, podemos observar dois grupos reunidos para iniciar o processo de impressão.

Figura 8: Grupos reunidos para iniciar o processo de impressão



Fonte: Autores (2026)

Desse modo, uma categoria foi definida a priori, a qual compreende o subtópico dessa seção: Experiências adquiridas por meio de um processo de impressão 3D de moléculas.

4.2.1 Experiências adquiridas por meio de um processo de impressão 3D de moléculas

Esta categoria apresenta as experiências relatadas pelos alunos após o processo de impressão 3D executado, tendo sido gerado 4 modelos 3D de compostos organoclorados. Assim, em primeiro lugar, o que os alunos mais comentaram foi que os modelo 3D permitiram a compreensão de estruturas moleculares, geometria, ligações químicas e abstrações conceituais relacionadas ao conteúdo dos haletos orgânicos e compostos organoclorados. Evidencia-se este aspecto através dos relatos dos seguintes alunos: A8, A10 e A17.

> A8: A parte de construir os modelos no computador foi difícil, mas interessante. Deu pra visualizar melhor as ligações a partir dos modelos impressos.
>
> A10: Foi produtivo porque transformou um conteúdo abstrato em algo concreto.
>
> A17: Foi um bom complemento. A parte mais importante da compreensão é a interação em aula sobre o porquê da bioacumulação e dos problemas causados pelos compostos, mas o modelo 3D me deu uma base sólida da estrutura para seguir a discussão.

Ao todo, quando analisamos os relatos, 32% dos alunos destacaram que o processo de impressão possibilitou um entendimento mais efetivo no que tange à parte teórica dos assuntos. Isso corrobora com o que aponta Fonseca et al. (2024). Os autores relatam que a criação de modelos 3D tem vantagens significativas no ensino de química, permitindo a visualização prática dos conceitos teóricos, a exploração do material de forma tátil e a representação real de um conceito científico.

De maneira complementar, Jones e Spencer (2018) dizem que o potencial da impressão 3D é enorme no ensino de química. Eles indicam que os ganhos não são só perceptíveis nos alunos, mas também nos professores, na medida em que os docentes conseguem participar como mediador do processo, apontando o caminho a seguir, definindo o conteúdo a ser estudado e auxiliando em quaisquer indagações feitas pelos alunos. Assim, professor e aluno conseguem aprender em conjunto, o que proporciona um ambiente favorável de troca de experiências e aprendizados.

Nesse sentido, Banegas, Kerr e Ogusucu (2024) veem com bons olhos a viabilidade de integração da tecnologia de impressão 3D como recurso pedagógico no ensino de ciências. Os autores acreditam esse recurso é capaz de facilitar a compreensão de conceitos abstratos, quando utilizado de maneira assertiva, bem pensada e articulada com os aspectos teóricos.

Portanto, o processo não deve ser executado de qualquer jeito, ou sem objetivo claro. Ao contrário, o planejamento deve ser coerente e voltado para sanar as principais lacunas apresentadas pelos alunos.

Outro ponto de destaque apontado pelos alunos foi a aprendizagem relacionada ao uso de *softwares*, aplicativos e tecnologias de impressão 3D, como relatado pelos alunos A5, A6 e A15:

> A5: Sim, o processo foi produtivo porque conheci aplicativos e softwares especializados em impressão 3D, o que eu não conhecia. Ou seja, foi uma oportunidade de aprender uma coisa nova, que dificilmente teremos contato de novo em sala de aula.
>
> A6: Nunca tinha usado um programa 3D. Aprendi não só química, mas também sobre essas tecnologias. Por conta disso, eu acho que o processo foi produtivo.
>
> A15: Pra mim foi produtivo pois aprendi a operar nos softwares de impressão, além de ser algo inovador. Nunca tinha visto os softwares utilizados. Foi uma experiência única.

Observamos, pois, que os alunos tiveram uma experiência única ao conhecer e utilizar os programadores de impressão. Criar os arquivos necessários para imprimir estruturas moleculares é tecnicamente difícil e requer o uso de vários programas que, nem sempre, são fáceis de usar (Jones; Spencer, 2018). Nem todos os professores e/ou nem todos os alunos têm os recursos para criar esses arquivos e, portanto, são desencorajados a tentar usar a impressão 3D na sala de aula. Vale destacar os utilizar os programas de impressão exige conhecimento, prática e paciência, haja vista que possíveis erros podem aparecer ao longo do processo.

Não obstante, a relação entre tecnologia e ensino é um aspecto altamente chamativo. No mundo atual em que vivemos, com os constantes avanços tecnológicos, faz-se importante estabelecer essa relação, uma vez que isso faz parte da realidade dos alunos. Nesse viés, estando associada à cultura *maker*, a impressão 3D vem ganhando força na educação. Essa abordagem no ambiente educacional pode promover o desenvolvimento de trabalho em grupo, criatividade, habilidades sociais, autonomia, a ampliação da comunicação, proporcionando aos alunos inúmeras possibilidades de trabalho com a cultura digital (Paula; Martins; Oliveira, 2021).

Entrementes, expressões de entusiasmo, interesse, pertencimento e prazer no processo foram elencadas pelos alunos. Os relatos do A2, A4, A11, A12 e A25 demonstram isso:

> A4: Foi uma experiência diferente e ajudou a fixar o conteúdo de forma prática. Por isso, considero muito produtivo.

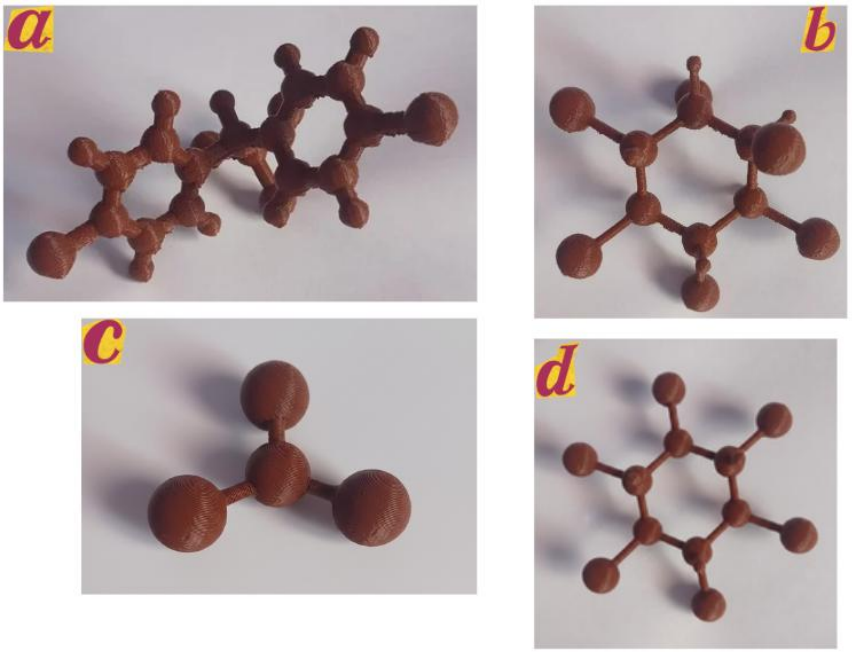
> A11: Achei muito legal ver o modelo saindo da impressora, parecia um experimento químico diferente.
>
> A12: Foi produtivo e divertido, mesmo com algumas falhas na impressão.
>
> A25: Foi uma das partes mais legais do projeto. Produzir o modelo me fez sentir parte do aprendizado.

Essa reação de entusiasmo e pertencimento dos alunos não é mera coincidência ou apenas o "brilho" da tecnologia nova. Ela está fundamentada em pilares psicopedagógicos sólidos que transformam a abstração da química em algo tangível e emocionalmente relevante. A principal base para entender esse entusiasmo é o Construcionismo. Segundo Papert (1980), o aprendizado é muito mais eficaz quando os alunos estão engajados na construção de um recurso que de fato será explorado (algo que possa ser mostrado, discutido ou compartilhado). Ao imprimir a molécula, o aluno deixa de ser um receptor passivo e torna-se um "maker". O objeto físico serve como um "objeto para pensar", facilitando a transição do pensamento abstrato para o concreto (Almeida; Wunsch; Martins, 2022).

Adicionalmente, a Química é frequentemente ensinada no nível simbólico e microscópico. Johnstone (1982) descreve os níveis de representação (macroscópico, submicroscópico e simbólico). A dificuldade de transitar entre esses níveis causa desânimo. Como mecanismo articulador entre os níveis, a impressão 3D permite a manipulação tátil. Gilbert (2005) argumenta que a visualização e a competência espacial são cruciais para a compreensão química. Quando o aluno toca na geometria da molécula, a barreira da abstração cai, resultando em um momento de *insight*, que é inerentemente prazeroso.

Em consonância, quando o aluno imprime uma molécula, ele está criando uma representação física do seu conhecimento. Barad (2007) discute o realismo agencial, onde a matéria e o significado estão intrinsecamente ligados. O objeto impresso torna-se uma extensão do eu do aluno, gerando o sentimento de "eu fiz isso" e "eu pertenço a este mundo da ciência". Tal sentimento favorece a absorção do conteúdo e a participação dos alunos ao longo do processo. Na Figura 9, apresentam-se as moléculas impressas:

Figura 9: Molécula 3D do DDT (a), Hexaclorociclohexano (b), clorofórmio (c) e clorobenzeno (d)

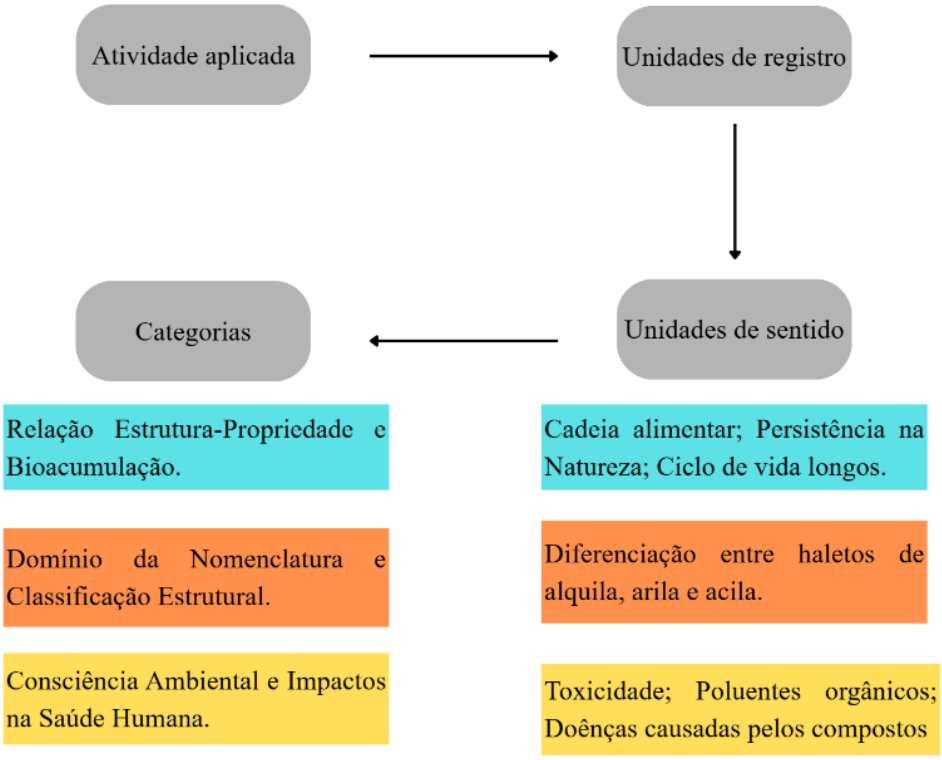


Fonte: Autores (2026)

4.3 DIAGNOSE DA APRENDIZAGEM DOS ALUNOS SOBRE O CONTEÚDO APÓS APLICAÇÃO DA IMPRESSÃO 3D

A análise das respostas sobre a Atividade Final aponta para em três eixos: propriedades físico-químicas, diferença entre classificações e percepção de riscos socioambientais dos compostos organoclorados. A Figura 10 apresenta o esquema de obtenção das categorias:

Figura 10: Esquema de obtenção das categorias, a partir das unidades de sentido isoladas



Fonte: Autores (2026)

4.3.1 Relação Estrutura-Propriedade e Bioacumulação

A Questão 1 revelou que a grande maioria dos alunos identificou corretamente a baixa polaridade como a característica responsável pela bioacumulação de organoclorados. Das 25 respostas, 23 foram assertivas, representando um total de 88%. A afinidade desses compostos por tecidos lipídicos (lipossolubilidade) é uma consequência direta de sua natureza apolar. De acordo com McFurry (2012), a presença de múltiplos átomos de cloro em uma cadeia carbônica, embora aumente o momento de dipolo local, não torna a molécula globalmente polar o suficiente para superar as forças intermoleculares da água, resultando em seu deslocamento para gorduras animais. Tal característica faz com que os pesticidas se bioacumulem ao longo da cadeia alimentar, contaminando os níveis tróficos, podendo atingir os seres humanos.

Nesse sentido, Lignani e Brandão (2022) comentam que esses tipos de compostos têm a capacidade de permanecerem ativos por longos períodos após sua aplicação. Isso significa que os pesticidas permanecem por muito tempo na natureza, gerando um potencial risco para o meio socioambiental. Assim, problemas são evidenciados como a contaminação do meio físico-químico, a bioacumulação, contaminação do solo, além de problemas na saúde como o câncer, transtornos reprodutivos, infertilidade, malformações congênitas, distúrbios do neurodesenvolvimento e puberdade precoce (Silva; Neves; Fragoso, 2022).

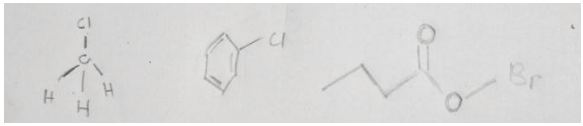
Os alunos que marcaram a alternativa “ocorrência de halogênios” confundiram a causa química (baixa polaridade) com a presença do grupo funcional. Em suma, a grande maioria dos alunos demonstrou ter compreendido os conceitos químicos que caracterizam a nocividade dos compostos organoclorados, o que é de grande importância, haja vista os riscos que esses compostos oferecem.

4.3.2 Domínio da nomenclatura e classificação estrutural

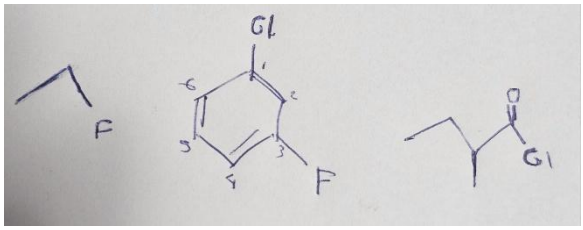
As respostas à Questão 2, 3 e 4 demonstraram um domínio satisfatório da classificação química dos haletos orgânicos, como estabelecer a nomenclatura e o desenho estrutural. Os alunos identificaram com precisão os haletos de alquila, arila e acila. A correta identificação dos haletos de acila como derivados de ácidos carboxílicos mostra uma compreensão da reatividade orgânica. Segundo McMurry (2012), a diferenciação entre esses grupos é crucial, pois haletos de acila são altamente reativos devido à polarização da carbonila, enquanto haletos de arila são notavelmente inertes em reações de substituição nucleofílica comum, o que explica sua persistência ambiental.

Ao analisar as respostas da questão 2, obtemos que 84% dos alunos conseguiram classificar corretamente os tipos de haletos, além de representarem, através de desenhos, a estrutura molecular de alguns exemplos de compostos. Assim sendo, temos relatos de alunos:

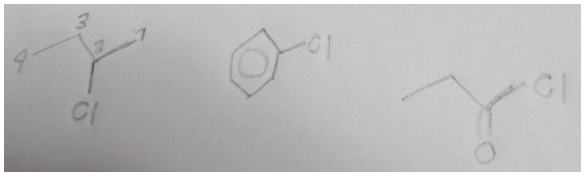
> A1: Os haletos orgânicos podem ser de alquila, arila ou acila. Os haletos de alquila são de cadeia aberta. Os haletos de arila são aromáticos. Os haletos de acila são derivados de ácido carboxílico. Assim, temos o clorometano (haleto de alquila),clorobenzeno (haleto de arila), e o brometo de butanoíla (haleto de acila).



> A2: Eles se classificam em haletos de alquila, haletos de arila e haletos de acila. Como exemplo, existe o fluoretano, o 1-cloro-3-flúor-benzeno e o cloreto de 2-metilbutanoíla.



> A3: Os haletos são divididos em haletos de cadeia aberta, chamados de alquila, aromáticos, chamados de arila, e derivados de ácidos carboxílicos, chamados de acila. Alguns exemplos são o 2-clorobutano, clorobenzeno e cloreto de etanoíla.



Portanto, podemos dizer que os alunos conseguiram entender as diferenças entre os tipos de classificação dos haletos orgânicos, citando exemplos de compostos e fazendo sua representação estrutural. Esse aspecto é fundamental, pois a partir disso é possível fazer comparações, estabelecer diferenças entre os compostos e entender o funcionamento molecular, espacial e atômico dessas substâncias.

Nesse viés, saber desenhar uma estrutura orgânica permite prever como uma substância se comportará no mundo real. Desenhar a molécula possibilita visualizar o arranjo espacial dos átomos, fator crucial para entender estereoquímica e densidade eletrônica e diferenciar os grupos funcionais, por exemplo (Niece, 2019). Ao mesmo tempo, desenhar estruturas orgânicas envolve reconhecer como os átomos de carbono e hidrogênio se conectam em cadeias lineares, ramificadas ou cíclicas. Isso é fundamental na medida em que muitos compostos diferentes podem ter a mesma fórmula molecular, mas propriedades diferentes. Saber desenhar a estrutura permite entender essas diferenças (Niece, 2019).

Com relação à questão 3, todos os alunos conseguiram determinar a nomenclatura das moléculas apresentadas a eles. Isso implica dizer que eles assimilaram como se estabelece a definição da nomenclatura, estando atento às regras de maneira geral. Da mesma forma, no que tange à questão 4, 100% dos alunos conseguiram determinar a fórmula estrutural do DDT.

4.3.3 Consciência ambiental e impactos na saúde humana

A análise da Questão 5 destaca uma forte associação entre organoclorados e situações graves como câncer, distúrbios hormonais e contaminação de ecossistemas, como exemplificado pelos relatos dos alunos:

> A6: Alguns organoclorados, como o DDT e o PCB, permanecem muito tempo na natureza e causam danos aos ecossistemas, além de afetarem a saúde humana, provocando doenças sérias como o câncer e problemas neurológicos.

> A7: Um dos problemas mais sérios é que esses compostos não se degradam facilmente, acumulando-se na cadeia alimentar, criando um ciclo muito prejudicial

> para os seres humanos, animais e meio ambiente. Compostos como o DDT e o BHC foram banidos no Brasil.
>
> A10: Fatos históricos apontam que o uso do DDT contaminou alimentos, solo, água, animais e seres humanos, prejudicando todo um ecossistema de determinada região. Isso fez com que o DDT fosse banido. Além do DDT, existe o endrin e o hexaclorociclohexano.
>
> A13: Determinadas propriedades dos compostos organoclorados fazem com que eles sejam altamente perigosos na natureza. Casos relatam que houve contaminação do solo, da água e dos animais expostos a esses compostos como o DDT, o hexaclorociclohexano e o cloroetano.
>
> A25**:** O principal problema é que os organoclorados são persistentes e se acumulam nos seres vivos, causando desequilíbrios na natureza. Somado a isso, ainda podem causar doenças nos humanos, como problemas hormonais, câncer e problemas neurológicos. Compostos como o DDT por exemplo, chegou a ser banido, junto com o heptacloro e o endrin.

Os compostos citados pelos alunos em suas respostas, são caracterizados como POPs pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), fator que coloca esses compostos em sinal de alerta e preocupação (Lignani; Brandão, 2022). No aspecto ambiental, os problemas oriundos dos organoclorados perpassam pela contaminação do solo e da água, sendo esta última a mais atingida pelo uso desses compostos, pois grande parte dos pesticidas se destina ao ambiente aquático (Pinto; Flórez; Negrete, 2023). Os efeitos nocivos dessas substâncias tornaram-se evidentes entre as décadas de 50 e 60, quando surgiram as primeiras reavaliações, por parte da comunidade técnica internacional, acerca dos problemas de segurança e eficácia dos agrotóxicos.

Ao relatarem essas problemáticas e associarem aos compostos organoclorados como o DDT e o heptacloro, os alunos indicam ter a consciência sobre a realidade, dos fatos históricos que aconteceram e de possíveis consequência do uso dessas substâncias no futuro. Desse modo, podemos inferir que os alunos desenvolveram uma consciência crítica a respeito do tema, obtendo conhecimentos que vão além da sala de aula e do ambiente escolar.

Dessa forma, as respostas dadas pelos alunos demonstraram que a utilização das moléculas 3D como recurso didático se mostrou eficiente e importante na potencialização do processo de ensino-aprendizagem dos haletos orgânicos, bem como para o entendimento dos problemas decorrentes dos compostos organoclorados. Os alunos conseguiram compreender os aspectos teóricos como a nomenclatura, classificação e propriedades, além dos impactos

socioambientais associados a esses compostos. Lima et al. (2024) relatam que o uso de modelos físicos torna as aulas de química mais dinâmicas e interativas, proporcionando uma aprendizagem ativa, o que favorece a aprendizagem de conceitos teóricos abstratos. Ademais, ao compreenderem os impactos negativos causados pelos organoclorados, os alunos puderam desenvolver a conscientização crítica e a relação que se estabelece entre ciência, tecnologia e sociedade, fatores fundamentais para a construção de um conhecimento científico crítico, contextualizado e problematizador (Freitas Filho et al., 2013).

4.4 CONCEPÇÕES SOBRE A SD EXECUTADA

Nesta seção, definiu-se uma categoria a priori, a qual será o subtópico dessa seção: Avaliação da SD aplicada.

4.4.1 Avaliação da SD aplicada

Em um primeiro momento, os relatos dos alunos evidenciam a dinâmica executada como uma inovação pedagógica cujas aulas se deram de maneira diferenciada. Abaixo apresentamos algumas falas dos alunos:

> A1: Achei a proposta diferente e interessante. A parte da impressão 3D ajudou muito a visualizar as moléculas. Gostei, pois, foi algo diferente do que estamos acostumados. Acredito que consegui participar mais durante as atividades.
>
> A5: Nunca tinha tido aula ou atividades desse tipo, com essa metodologia. Achei bem legal a didática e ajudou me ajudou a entender o tema de maneira diferente, prática, atrativa e com a participação de todos.
>
> A16: A metodologia foi boa, mas não consegui desenvolver a parte a dinâmica fora da sala de aula. Acredito que me distraí nessas atividades, o que não aconteceu nas aulas em sala. Porém, achei interessante e inovadora a proposta, principalmente pela parte da impressão 3D.
>
> A25: Foi uma experiência positiva. A junção da sala de aula invertida com a prática 3D fez o conteúdo ficar mais claro e interessante.

Ao analisar as respostas dos alunos, observa-se que as aulas de química, em sua maioria, seguiam uma padronização, sem a implementação de uma metodologia alternativa como a Sala de Aula Invertida. Quando tiveram o contato com uma dinâmica diferente, fora do costume, eles a caracterizaram como diferente, inovadora e atrativa. A ideia era justamente essa. Logicamente, a metodologia tradicional é de suma importância, sem a qual as outras metodologias não seriam emergidas. Porém, uma vez ou outra se faz necessário executar uma

abordagem diferente, alternativa, visando chamar a atenção do aluno para que ele reflita, discuta, pense, dialogue e busque aprender de maneira significativa (Teixeira; Santos; Graebner, 2019).

Um dos objetivos principais da SAI é ocasionar a interação e a colaboração entre os próprios alunos e entre alunos e professor, visando estimular a criatividade, criticidade, autonomia e aproximar o conteúdo estudado na teoria com o que é vivenciado na prática (Bueno; Rodrigues; Moreira, 2021). Nesse sentido, percebemos que isso, de fato, aconteceu durante a intervenção, principalmente durante o processo de impressão. Assim sendo, a combinação entre a SAI e a impressão 3D atingiu resultados satisfatórios. Bacich e Moran (2018) destacam esse mecanismo articulador característico dessa metodologia. Desse modo, na medida em que professor e aluno vão construindo o conhecimento, é possível pensar em desenvolver recursos que auxiliem na condução do conteúdo.

Vale mencionar que, ao realizarmos uma exploração prévia com os participantes de pesquisa, para saber sobre suas experiências com metodologias ativas em aulas de química, os alunos relataram que poucas vezes isso aconteceu. Inclusive, os alunos comentaram que gostariam que essas dinâmicas tivessem ocorrido mais vezes, pois foram propostas diferentes e novas, as quais fugiam do que habitualmente eles vivenciavam. Uma das ocasiões mais citadas foi quando o professor de química desenvolveu uma atividade de gamificação para trabalhar o assunto da Tabela Periódica, no primeiro ano do ensino médio. Adicionalmente, os alunos lembraram de quando o professor, já no terceiro ano do ensino médio, adaptou alguns experimentos para serem executados em sala de aula, pois o laboratório estava fechado para reformas.

Destacamos também a valorização do uso da impressão 3D como recurso didático para potencializar o ensino dos haletos orgânicos. Os relatos de alguns alunos sugerem essa realidade:

> A7: A parte da impressão 3D foi o que mais gostei. Deu pra entender melhor a estrutura espacial dos compostos orgânicos, como se estabelece as ligações entre os átomos, além de termos participado do processo de criação dos modelos.
>
> A10: Foi interessante ver o conteúdo de química aplicado com tecnologia. Acredito que é uma boa relação entre educação e tecnologia, permitindo que os professores criem recursos e utilizem materiais didáticos atrativos, interessantes e diferentes, afinal estes recursos fazem parte da nossa realidade. Isso foi o que mais me chamou atenção durante a proposta realizada.

> A13: Gostei da ideia de aprender fazendo. O processo de construção dos modelos foi bom por conta disso. O uso da impressão 3D deixou o conteúdo mais real, prático e didático.
>
> A18: A atividade mostrou como a química pode ser divertida e ligada à tecnologia. Essa parte me chamou atenção. Fico imaginando como isso pode ser mais explorado, com a criação de materiais didáticos utilizando as tecnologias como IA, jogos eletrônicos e realidade virtual, por exemplo.

O uso de modelos tangíveis para ajudar os alunos a visualizar estruturas químicas em três dimensões tem sido um pilar do ensino de química por muitos anos. Os *kits* convencionais de modelagem química, no entanto, são limitados nos tipos e na precisão das moléculas, ligações e estruturas que podem ser construídas. O recente desenvolvimento da tecnologia de impressão 3D permitiu a criação de uma variedade muito maior de moléculas para o ensino, mas não é simples (Jones; Spencer, 2018).

Paralelamente, Scalfani e Veid (2014) que a maioria dos kits de modelos comerciais tem limitações quanto à variedade de estruturas moleculares que são capazes de representar. Muitas vezes é difícil ou impossível representar moléculas complexas e sólidos extensos por meio dessas técnicas convencionais. Ainda segundo os autores, muitos dos processos de fabricação relatados são específicos do sistema; ou seja, eles se destacam na representação de uma classe ou grupo específico de estruturas químicas, mas não conseguem fornecer uma técnica capaz de fabricar uma grande variedade de estruturas químicas. A impressão 3D é um processo moderno de fabricação aditiva que pode superar as limitações mencionadas anteriormente das construções tradicionais de modelos moleculares.

Ferry e Farias (2024) comentam que a impressão 3D desempenha um papel fundamental ao se constituir como um meio de fabricação aditiva. Essa abordagem não apenas simplifica processos, mas também facilita a compreensão da realidade para quem a observa, tornando-a mais acessível e tangível. Dessa maneira, essas tecnologias são ferramentas poderosas para tornar o ensino de Ciências mais acessível e atrativo para todos os estudantes.

Em suma, apesar do resultado satisfatório, ao longo do processo de planejamento e execução da proposta, alguns desafios foram encontrados. A grande maioria aconteceu no processo de impressão dos modelos. Alguns alunos sentiram dificuldades em aplicar as etapas de impressão e entender o funcionamento dos aplicativos e *softwares*. Além disso, determinados problemas foram evidenciados nos modelos impressos pelos alunos, que ocorreu devido alguns problemas técnicos na própria impressora utilizada. Ademais, a dinâmica de

estudar e pesquisar fora de sala de aula, atribuindo importância igual para os momentos síncronos e assíncronos, também foi um desafio. Alguns alunos deixaram de trazer elementos solicitados nos momentos assíncronos que seriam importantes para a execução da proposta posterior em sala de aula. Essa adaptação foi difícil, porém, com o decorrer das etapas propostas, os alunos foram cada vez mais participando e contribuindo para o andamento da Sequência Didática.

5 PRODUTO EDUCACIONAL

O PE elaborado é um Guia Didático, cujo título é “Explorando a Química por meio da Sala de Aula Invertida e Impressão 3D: uma proposta para o ensino dos haletos orgânicos”. Nele, são apresentados conceitos importantes sobre haletos orgânicos e compostos organoclorados, os referenciais teórico-metodológicos da SAI e Impressão 3D, bem como as etapas para uma SD e o processo de impressão 3D utilizado na pesquisa.

O público-alvo do PE abrange professores de química atuantes em turmas do 3º ano do ensino médio, mas nada impede que professores de ciências, alunos e educadores possam utilizá-lo como recurso, de acordo com suas necessidades. Além disso, o PE aborda uma temática extremamente relevante, na qual envolve discussões sobre problemas socioambientais, práticas sustentáveis, educação ambiental, desenvolvimento de uma consciência crítica, cidadã e responsável. Tais parâmetros são considerados fundamentais para alunos em vias de ingressar em uma instituição de nível superior, em termos acadêmicos, e desenvolver o pensamento reflexivo sobre a realidade socioambiental em sua volta, a nível pessoal e comunitário.

Como ponto de partida, a ideia para criação do PE surgiu da necessidade de gerar um material que pudesse conciliar uma proposta metodológica pautada na metodologia da SAI, com foco no processo de ensino-aprendizagem dos haletos orgânicos e compostos organoclorados, por meio de uma SD e através da impressão 3D como recurso didático. Nesse sentido, definimos que um Guia Didático seria adequado para isto, justamente pela possibilidade de instrumentalizar uma prática pedagógica capaz de contribuir no planejamento e desenvolvimento da prática docente, proporcionar orientações e ideias de como trabalhar com o conteúdo selecionado, promover a interação entre aluno, professor e objeto do conhecimento e suscitar novas tendências no ensino de química.

Desse modo, a organização do PE foi definida com o objetivo de explicar para o leitor, de maneira inicial, as partes teórico-metodológicas da SAI, impressão 3D, haletos orgânicos e compostos organoclorados, para que o leitor consiga perceber do que se trata o material, como os conceitos se estabelecem na prática e a importância de colocar em evidência esse conteúdo e todo o contexto que o cerca. Assim sendo, o PE foi organizado em 3 capítulos. O primeiro capítulo apresenta conceitos importantes que envolvem os haletos orgânicos e compostos organoclorados. O segundo capítulo apresenta os referenciais teórico-metodológicos da pesquisa e mostra a SD aplicada em sala de aula. Por fim, o terceiro capítulo apresenta o processo de impressão 3D de moléculas executado.

Ao longo do PE, é possível encontrar indicações de materiais de apoio que perpassam por livros, trabalhos científicos, vídeos explicativos e atividades sugeridas para serem aplicadas em sala de aula. Consideramos este aspecto muito relevante e essencial, pois permite que o leitor tenha um norte a seguir e se guiar, mas também possibilita o surgimento de novas ideias, recursos didáticos diferentes e materiais alternativos que poderão ser elaborados. Com isso, o nosso desejo é despertar a curiosidade do leitor, fazendo com que o PE seja utilizado e adaptado para diferentes contextos e situações.

Ademais, inserimos no PE uma linguagem acessível, evitando ao máximo o uso de termos que poderiam gerar dificuldades de compreensão. É importante destacar que esse ponto sofreu modificações e ajustes ao longo do processo, na tentativa de deixar o mais claro possível a mensagem que está sendo transmitida e o conhecimento compartilhado. Nesse caso, tendo a dissertação uma abordagem técnica, o PE apresenta uma linguagem de sugestão, guia e experiência. Outrossim, os recursos visuais presentes no PE servem como auxiliadores, na medida em que ajudam o leitor a compreender o conteúdo, visualizar o processo executado e evidenciar relevância do Guia Didático e da temática de pesquisa.

Como já mencionado, o PE é voltado para o ensino dos haletos orgânicos com ênfase nos organoclorados e impressão 3D. Assim, a SD foi estruturada levando em consideração os aspectos fundamentais da SAI de acordo com Bergmann e Sams (2016) e Bacich e Morin (2018). Caracterizando o produto, a finalidade do PE consiste em contribuir para a potencialização do processo de ensino-aprendizagem dos haletos orgânicos e compostos organoclorados através da combinação entre a SAI e Impressão 3D de moléculas, explorando os impactos socioambientais causados por esses compostos, gerando um entendimento crítico e reflexivo nos alunos.

Ademais, o PE pode despertar o interesse da comunidade acadêmica para explorar essa combinação no ensino, atrelando tecnologia e metodologia ativa em prol de um ensino mais efetivo. Aplicado em uma escola da rede pública de Belém/PA, com uma turma do 3º ano do ensino médio, o PE pode ser replicado por professores de química quando forem abordar funções orgânicas. Ao adotar o conteúdo dos haletos, pode-se explorar os outros tipos de compostos como os organobromados e organofluorados e seus impactos.

5.1 AVALIAÇÃO DO PE POR PAINEL DE ESPECIALISTAS

O PE foi avaliado por três especialistas, sendo estes professores de química atuantes em turmas do 3º ano do ensino médio, em instituições diferentes. Dois deles são profissionais relativamente novos, tendo sido graduados no ano de 2023. Porém, ambos já atuam há mais de dois anos na educação básica. Diferentemente do terceiro professor, o qual apresenta uma grande experiência na docência. Este profissional trabalha a mais de 20 anos na rede pública. Todos os três possuem graduação em Licenciatura em Química e atuam na cidade de Belém-PA.

Na validação do PE, houve concordância mínima de 90% nos itens referentes aos eixos: estética e organização; capítulos; estilo de escrita; conteúdos; criticidade e criatividade, apresentados no quadro abaixo.

Quadro 7: Respostas do formulário para avaliação do PE

	Juízes especialistas (n=3)				
	DT	DP	CP	CT	IC (%)
Estética e organização do material educativo					
1. O Produto Educacional promove o diálogo entre o texto verbal e o visual, além de apresentar um texto atrativo e de fácil compreensão.				3	100
2. O Produto Educacional promove uma leitura dinâmica com informações técnicas na mesma proporção que é didático.				3	100
3. A estrutura do Produto Educacional está bem-organizada favorecendo a compreensão para aplicação em sala de aula?				3	100
4. As figuras/ilustrações, os links e *QR Code* disponível no Produto Educacional são relevantes.				3	100
Capítulos do material educativo					
5. O Produto Educacional apresenta capítulos interligados e coerentes.				3	100
6. O capítulo I, aborda todos os conceitos necessários para facilitar compreensão do objeto de conhecimento.				3	100
7. O capítulo II elucida o caminho teórico de como desenvolver esta prática.				3	100
8. Quanto ao capítulo III, as etapas da SD são adequadas e executáveis.				3	100
9. Quanto avaliação da aprendizagem dos alunos está descrita de forma clara e coerente.				3	100
Estilo de escrita apresentado no material educativo					
10. O Produto Educacional apresenta conceitos e argumentos claros, explicando todos os termos técnicos e expressões científicas.				3	100
11. Apresenta escrita acessível, estruturando as ideias, evitando palavras desnecessárias e difíceis de entender, respeitando as normas gramaticais.				3	100
Conteúdo apresentado no material educativo					
12. O título “Explorando a química por meio da sala de aula invertida e impressão 3D: uma proposta para o ensino dos haletos orgânicos” é adequado ao texto apresentado.				3	100
13. O conteúdo abordado no Produto Educacional pode ser adaptado para ser utilizado em outros objetos de conhecimento de química.			1	2	100
14. É possível perceber a interlocução do referencial pedagógico com a proposta didática apresentada.				3	100
15. O delineamento da proposta didática está claramente exposto, permitindo o professor entender para chegar nos resultados de aprendizagem sinalizados no guia.			1	2	100
Criticidade apresentada no material educativo					
16. As atividades propostas no Produto Educacional favorecem o desenvolvimento da linguagem química levando em consideração as atitudes, participação e o posicionamento dos estudantes?			1	2	100

17. O Produto Educacional estimula a capacidade dos estudantes em colaborar, organizar novas informações e, a partir desse conhecimento adquirido agir de forma crítica e diferente do que se fazia antes.				3	100
18. O texto escrito é atrativo e estimula a aprendizagem do leitor.				3	100
19. Atividades propostas estimulam a curiosidade e a aprendizagem nos alunos.				3	100
Criatividade apresentada no material educativo					
20. A ideia de utilizar SAI e modelos 3D para ensinar haletos orgânicos é inovadora.				3	100
21. Este produto educacional é surpreendente, ou seja, apresenta alguma inovação para o professor de química.				3	100
22. Este produto educacional é original (raro, incomum, imaginativo ou pouco frequente).				3	100
23. Este produto educacional atende às expectativas do professor de química de maneira geral.				3	100
24. Este produto educacional é útil, necessário e eficiente. Ou seja, é perceptível que se aplicado vai ajudar no aprendizado de conteúdos de química.				3	100
25. Este produto educacional apresenta informações suficientes para o professor compreender e replicar suas orientações em contexto de sala de aula.			1	2	100

Legenda: Discordo totalmente: DT; Discordo parcialmente: DP: Concordo parcialmente: CP; Concordo totalmente: CT; Índice de Concordância- IC

Fonte: Adaptado de Rosa e Souza (2023)

A partir dessa avalição pelos especialistas, conclui-se que o PE é adequado para o objetivo a que se propõe. Assim, após validação pela banca avaliadora, o PE está apto a ser replicado com as suas adequações a contextos específicos, contribuindo com a melhoria do ensino de química. Na Figura 11, mostra-se a capa do PE e dos capítulos presentes no Produto Educacional.

Figura 11: Capa do PE e dos capítulos presentes no Guia Didático



Fonte: Autores (2026)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intervenção didática realizada a partir da combinação entre a Sala de Aula Invertida e impressão 3D, por meio da Sequência Didática, gerou inferências positivas, haja vista que os resultados apontaram para uma compreensão efetiva dos alunos a respeito do conteúdo dos haletos orgânicos e compostos organoclorados. Os alunos, a partir dos dados coletados, conseguiram aprender o conteúdo de modo dinâmico, diferente, não habitual, no qual houve a inversão dos papeis, a mudança do que é feito em sala de aula e em casa.

Sob essa ótica, a metodologia ativa da Sala de Aula Invertida causou um certo estranhamento de maneira inicial, mas logo os alunos foram se adaptando, na medida em que os momentos eram executados, as instruções eram repassadas, as pesquisas e estudos em casa eram feitos. A sala de aula passou a ser um local de troca de experiências, debates, trabalho em grupo, aprendizagem coletiva e colaborativa. Assim, através dos dados coletados e a partir do que foi vivenciado em loco, o potencial dessa combinação é enorme, podendo ser adaptada em diferentes contextos, situações e realidades.

No que tange o processo de impressão, este permitiu o conhecimento de algo muito particular e específico. O funcionamento dos programas de impressão é complexo. No processo de impressão, são várias as etapas de modelagem, desenho, construção, até chegar no objetivo final que é a peça sendo impressa. Os alunos conseguiram entender de modo concreto um protocolo de impressão, na medida em que colocaram a mão na massa para realmente testar, saber se daria certo ou não. É evidente que erros aconteceram ao longo do caminho e dificuldades foram encontradas, sobretudo no processo de impressão, como desajuste na impressora e falha na execução do protocolo de impressão. Mas, o ponto central que foi estabelecido, o foco no processo de ensino-aprendizagem dos haletos orgânicos aconteceu de maneira efetiva.

Entrementes, os alunos, em sua grande maioria, compreenderam a situação dos compostos organoclorados e suas implicações. Na medida em que a parte teórica, que engloba noções de físico-química, propriedades e características dos organoclorados vai sendo compreendida, os alunos entendem o porquê que esses compostos representam um sério perigo para a população, animais, recursos hídricos, enfim.

Outrossim, é desejo dos autores que esta pesquisa, bem como o Produto Educacional gerado por ela, possa inspirar professores a utilizarem essa dinâmica apresentada, ou adaptá-la de acordo com seu interesse e necessidade. Que a tecnologia da impressão 3D possa ganhar

mais força no cenário educacional, para que assim, diversas instituições públicas possam contar com esse recurso.

Em suma, sendo este trabalho o ponto culminante do pesquisador no Mestrado Profissional do PPGECECA, o primeiro autor indica ter construído grandes aprendizados e evolução enquanto pesquisador e professor. A aplicação dessa proposta fez com que o pesquisador aprendesse junto com os alunos, por meio da troca de saberes, das pesquisas que os alunos traziam para sala de aula. Portanto, essa pesquisa se estabelece como um marco na trajetória acadêmica, profissional e pessoal do primeiro autor. Destarte, que o ensino de química siga evoluindo, caminhando para frente. Que possam surgir cada vez mais pessoas interessadas em atuar na educação, principalmente nas ciências. Assim sendo, podemos construir cada vez mais um ambiente favorável para o processo de ensino-aprendizagem.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Anselmo Daniel Campos de.; WUNSCH, Luana Priscila.; MARTINS, Emanuele Bittencourt. Aprendizagem criativa e a educação maker: análise de boas práticas. São Paulo: **Dialogia**, n. 40, p. 1-13, 2022.

ALVES FILHO, José Prado. **Uso de agrotóxicos no Brasil**: controle social e interesses corporativos. São Paulo: Annablume, 2002.

ANDRADE, Letícia Sant'Anna; COSTA, Ingrid Freitas da; MORAIS, Suellen Rodrigues de; FEREIRA, Jones Carlos Pinto; SANTOS, Ana Paula Bernardo dos. O ensino de química e as metodologias ativas: uma abordagem para o conteúdo de ligações químicas. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 2, p. 746-759, 2021.

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

BANEGAS, Rodrigo; KERR, Daniel; OGUSUCU, Renata. O uso da impressão 3D no ensino de ciências: aplicação em oficinas interdisciplinares. **CONTRAPONTO: Discussões científicas e pedagógicas em Ciências, Matemática e Educação**, v. 5, n. 8, p. 77-89, 2024.

BARAD, Karen. **Meeting the Universe Halfway**: Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning. Durham and London: Duke University Press, 2007.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo.** Tradução Luís Antero Reto. São Paulo: 70 edições, 2016.

BASTOS, Flávio Adriano; PEREIRA, Ingrid Vittoria. A temática "agrotóxico" no ensino de química em sala de aula: análise de textos publicados na literatura. **Química Nova na Escola**, vol. 42, n. 4, p. 373-381, São Paulo, 2020.

BELCHIOR, Diana Cléssia Vieira; SARAIVA, Althiéris de Souza; LÓPES, Ana Maria Córdova; SCHEIDT, Gessiel Newton. Impactos de agrotóxicos sobre o meio ambiente e a saúde humana. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 135-151, 2014.

BENDER, Willian. **Aprendizagem baseada em projetos**: educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Penso, 2014.

BERGMANN, Jonathan; SAMS, Aarons. **Sala de aula invertida**: uma metodologia ativa de aprendizagem. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1999.

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

BRASIL. Portaria nº 329, 2 de setembro de 1985. Proíbe, em todo território nacional, a comercialização, o uso e a distribuição de produtos agrotóxicos organoclorados, destinados à pecuária. **Diário Oficial da União**, Ministério de Agricultura, seção 1, p. 45, 1985.

BUENO, Maria Bethânia Tomaschewski.; RODRIGUES, Emerson da Rosa.; MOREIRA, Maria Isabel Giusti. O modelo da Sala de Aula Invertida: uma estratégia ativa par o ensino presencial e remoto. **Revista Educar Mais**, v. 5, n. 3, p. 662-684, 2021.

BUFFOLO, Andréia Cristina Cunha.; RODRIGUES, Maria Aparecida. Agrotóxicos: Uma proposta socioambiental reflexiva no Ensino de Química sob a perspectiva CTS. **Investigação em Ensino de Ciências**. *[S. l.]*, v. 20, n. 1, p. 01-14, 2015.

CAMPIÃO, Leonardo Abbazzio.; RAMOS, Joanna Maria Teixeira de Azeredo. Gamificação no ensino de química: uma proposta de jogo sobre a tabela periódica para o primeiro ano do ensino médio. **Revista Delos,** v. 18, n. 75, p. 01-16, 2025.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de ciências:** unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Thomson Learning, 2004.

CONRADO, Dália Melissa; NUNES-NETO, Nei de Freitas; EL-HANI, Charbel N. Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) na Educação Científica como Estratégia para Formação do Cidadão Socioambientalmente Responsável. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.** v. 14, n. 2, p. 77-87, 2014.

CRESWELL, Jhon. **Investigação Qualitativa e Projeto de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora Penso, 2014, 341p.

DIESEL, Aline.; BALDES, Alda Leila Santos.; MARTINS, Silvana Neumann. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

DUARTE, Regina Horta. “Turn to pollute”:poluição atmosférica e modelo de desenvolvimento no “milagre” brasileiro. **Tempo**, v.21, n.37, p.65-87, 2015.

ELIZONDO, Alberto Garcia; BAUTISTA, Angel Tlacaelel Ortiz; MANSILLA, Maura Pompa; GIMENO, Miquel; GARCIA-ARRAZOLA, Roeb. Laboratorio Creador 3D: una propuesta para enseñar, aprender y disfrutar de ciencias químicas con impresión en tres dimensiones. **Educación Química**, v. 34, n. 4, p. 50-63, 2023.

FARIAS FILHO, Tarcísio Ferreira de.; ALVES, Leonardo Alcântara. Ensino de química: desafios para o novo ensino médio na visão dos professores. **Revista Ciência & Ideais**, v. 15 n. 1, p. 1-14, 2024.

FERRY, Alexandre da Silva; FARIAS, Vivian Caroline. Confecção de um recurso didático para o ensino da grafia química braille a estudantes com deficiência visual. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, [S.l.], v. 1, n. 24, p.1-20, 2024.

FIALHO, Neusa Nogueira.; BARBOZA, Liane Maria Vargas. Aplicabilidade de metodologias ativas no ensino de química para estudantes do ensino médio. **Revista Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 12, p. 01-14, 2024.

FONSECA, Luiz Gabriel Araújo da., LIMA, Adriana Maria Queiroz da Silva.; RAMOS, Eduardo Zaragoza.; SOUZA, Ronilson Freitas de. Utilização da impressão 3D no ensino de isomeria espacial. **Instrumento: Revista de Estudo e Pesquisa em Educação**, Juiz de Fora, v. 26, e-45813, p. 1-23, 2024.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 17 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREITAS FILHO, João Rufino de.; FREITAS, Ladjane Pereira da Silva Rufino de.; FREITAS, Juliano Carlo Rufino de.; TAVARES, Artur Felipe Azevedo de Lima. Mapas conceituais: utilização no processo de avaliação da aprendizagem do conteúdo haletos. **Experiências Em Ensino De Ciências**, v. 8, n. 3, p. 78-96, jan. 2013.

GAMA, Rayane Santos.; ANDRADE, Jamille Souza.; SANTANA, Erica de Jesus.; SOUZA, Joana Grazielly Silva de.; SANTANA, Edenilza Mendonça de. Metodologias para o ensino de química: o tradicionalismo do ensino disciplinador e a necessidade de implementação de metodologias ativas. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 2, p. 898-911, 2021.

GILBERT, John Kennedy. Visualization: A Metacognitive skill in science and science education. **Visualization in Science Education**, v. 1, p. 9-27, Netherlands: Springer, 2005.

GOMES, Pedro Henrique Silva; COSTA, Francisco Ernandes Matos. Dificuldades no ensino-aprendizagem de química: estudo de caso no 2º ano do ensino médio. **Conexões - Ciências e Tecnologia**, v. 16, p. 1-9, e022012, 2022.

GRAHAM SOLOMONS, Thomas William; FRYLHE, Graig Barton. **Química Orgânica**. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HIGA, Vanessa Mayumi; SILVA, André Ribeiro da. A contribuição dos modelos moleculares no ensino de isomeria em química orgânica. **Revista Acadêmica Digital**, v. 1, n. 54, p. 1-20, 2022.

HOMMA, Alfredo Kingo Oyama.; MENEZES, Antônio José Elias Amorim de.; SANTANA, Carlos Augusto Mattos.; NAVARRO, Zander. O desenvolvimento mais sustentável da região amazônica: entre (muitas) controvérsias e o caminho possível. **COLÓQUIO - Revista Do Desenvolvimento Regional**, v. 17, n. 4, p. 1–27, out, 2020.

JOHNSTONE, Alex. Macro and microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, p.377379, 1982.

JONES, Oliver; SPENCER, Michelle. A Simplified Method for the 3D Printing of Molecular Models for Chemical Education. **Journal of Chemical Education**, v. 95, p. 88-96, 2018.

JÚNIOR, José Mario Vipievski.; VARGAS, Letícia Paludo.; BET, Viviane Teresinha. Flexibilização dos agrotóxicos no Brasil: a expansão dos registros e do consumo. **Iniciação Científica Cesumar**, v. 24, n. 1, p. 1-22, jun, 2022.

JUSTINA, Lourdes Aparecida Della.; FERLA, Marcio Ricardo. A utilização de modelos didáticos no ensino de genética – exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. Cascavel: **Arq Mudi**, v. 10, n. 2, p. 35-40, 2006.

LEÃO, Dayana Fernandes.; SANTOS, Thyego Mychell Moreira. O olhar do aluno sobre o contexto do estudo da química e a possibilidade de transformação. **Revista de Educação Pública**, *[S. l.]*, v. 29, p. 1-20, 2020.

LEITE, Bruno Silva. Estudo do *corpus* latente da internet sobre as metodologias ativas e tecnologias digitais no ensino das Ciências. **Pesquisa e Ensino**, Barreiras (BA), Brasil v. 1, e202012, p. 1-30, 2020.

LI, Benjamin. Dichloro-diphenyl-trichloroethane (DDT): An unforgettable and powerful pesticide. **Journal of High School Science**, v. 6, n. 2, 2022.

LIGNANI, Leonardo de Bem; BRANDÃO, Júlia Lima Gorges. A ditadura dos agrotóxicos: o Programa Nacional de Defensivos Agrícolas e as mudanças na produção e no consumo de pesticidas no Brasil, 1975-1985. **História, Ciências, Saúde**, v. 29, n. 2, p. 337-359, 2022.

LIGNANI, Leonardo de Bem. Os debates sobre o DDT na trajetória de Waldemar Ferreira de Almeida (1965-1973): Toxicologia dos agrotóxicos e articulação entre ciência,
saúde e ambiente. Fronteiras: **Journal of Social Technological and Environmental Science**, v.7, n.3, p.123-144, 2018.

LIMA, Adriana Maria Queiroz.; FEREIRA, João Elias Vidueira.; SOUZA, Ronilson Freitas de. Química orgânica para alunos com deficiência visual: uma estratégia de aprendizagem combinando uso de modelos 3D e audiodescrição. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 7, n. 2, p. 1-23, 2022.

LIMA, Rayanne Penha Wandenkolken.; FIGUEIREDO, Lilyane Gonzaga.; MACHADO, Suzana Grimaldi.; FILHO, Eloi. A. S. Modelos moleculares alternativos: uma proposta econômica e interdisciplinar para o ensino de Química e Matemática. **Química Nova na Escola**, v. 46, n. 2, p. 81-88, 2024.

LOLUR, Phalgun.; DAWES, Richard. 3D Printing of Molecular Potential Energy Surface Models. **Journal of Chemical Education**, v. 91, p. 1181-1184, 2014.

LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo.; TORRES, Juliana Rezende. **Educação Ambiental dialogando com Paulo Freire**. São Paulo: Cortez Editora, 2014.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Elisa Dalmazo Afonso de. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 2001.

LÜDKE, Menga.; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 2013.

MARTINS, Heloisa Helena Teixeira de Souza. Metodologia qualitativa de pesquisa. **Educação em Pesquisa**, v. 30, n. 2, p. 289-300, 2004.

MASCARENHAS, Giovanni Martins de Araújo; ARAÚJO, Luciane Martins de; TIETZMANN E SILVA, José Antônio. Agrotóxicos, dominação e fronteiras: significação, relação e perspectivas sobre o pacote tecnológico agrícola e a Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v. 10, n. 3, p. 417-438, 2020.

MCMURRY, John. **Química orgânica**. 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

NAGAI, Takashi. Ecological effect assessment by species sensitivity distribution for 38 pesticides with various modes of action. **Journal of Pesticide Science**, v. 46, n. 4, p. 366–372, 2021.

NIECE, Brian K. Custom-Printed 3D Models for Teaching Molecular Symmetry. **Journal of Chemical Education**, v. 96, p. 2059-2062, 2019.

OCHOA-CUEVA, Pablo.; ARAÚJO, Maria Gabriella da Silva.; ARCANJO, Fátima.; BATISTA, Ana Cláudia Gama. Impactos dos agrotóxicos na bacia amazônica: uma revisão multidisciplinar. In: JOLY, Carlos Alfredo.; MORAES, Alice Ramos de.; SPEGLICH, Érica.; BERRO, Gabriela Brasci.; VIERIA, Simone Aparecida (Orgs.). **Diálogos Amazônicos: Contribuições para o debate sobre sustentabilidade e inclusão**. São Carlos, SP, RiMA Editorial, p. 83-108, 2023.

OLIVEIRA, Luã Kramer de; PIGNATI, Wanderlei; PIGNATTI, Marta Gislene; BESERRA, Lucimara; LEÃO, Luís Henrique da Costa. Processo sócio-sanitário-ambiental da poluição por agrotóxicos na bacia dos rios Juruena, Tapajós e Amazonas em Mato Grosso, Brasil. **Saúde e Sociedade**, v. 27, n. 2, p. 573-587, 2018.

OLIVEIRA, Maridenes Noronha de. **As metodologias ativas e o uso das tecnologias digitais no ensino de química**. Formiga: MultiAtual, 2024. 67p.

PAPERT, Seymour. **Mindstorms:** Children, Computers, and Powerful Idea**s**. Basic Books, 1980.

PARÁ. **Secretaria de Estado de Educação do Pará**. Documento Curricular do Estado do Pará – Etapa Ensino Médio: volume II. Belém: SEDUC-PA, 2021. p. 522.

PAULA, Bruna Braga de; MARTINS, Camila Bertini; OLIVEIRA, Tiago de. Análise da crescente influência da Cultura Maker na Educação. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 7, e134921, 2021.

PAZ, Juliana Vieira.; REZENDE, Vanessa Theodoro.; GAMEIRO, Augusto. **Agrotóxicos no Brasil: entre a produção e a segurança alimentar**. 2023. Disponível em: < https://jornal.usp.br/artigos/agrotoxicos-no-brasil-entre-a-producao-e-a-seguranca-alimentar/#:~:text=Em%202021%2C%20o%20consumo%20atingiu,mais%20do%20que%20em%202003> Acesso em: 02 fev. 2025.

PINTO, Mauricio Rosso.; FLÓREZ, Vicente Vergara.; NEGRETE, José Marrugo. Organochlorine and organophosphate pesticides in soils of a vulnerable área from na aquifer in Northern Colombia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 8, p. 610-617, 2023.

PIRES, Mylena Iasmim Figueiredo.; VINHOLI JÚNIOR, Airton José. Impressão 3D e pesquisa em ciências da natureza: Um olhar sobre a produção científica na área. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 5, n. 1, p. 373-393, jun. 2021.

QUEIROZ, Leonardo de Jesus; MAURÍCIO, Claudio Roberto Marquetto; MATRAKAS, Miguel Diogenes. Construção de uma impressora 3D: Projetos abertos de baixo custo e possibilidades da aplicação na educação. **TAS Journal**, v. 3, n. 1, p. 113-118. Foz do Iguaçu, 2019.

RAUPP, Danielle.; SERRANO, Agostinho.; MOREIRA, Marco Antônio. Desenvolvendo Habilidades Visuoespaciais: Uso de Software de Construção de Modelos Moleculares no Ensino de Isomeria Geométrica em Química. **Experiências em Estudo de Ciências**, v.4, p.65-78, 2009.

REIS, Pedro. **Observação de aulas e avaliação do desempenho docente**. Lisboa: Cadernos do CCAP, 2011.

RENNER, Melissa; GRIESBECK, Axel. Think and Print: 3D Printing of Chemical Experiments. **Journal of Chemical Education**, v. 97, p. 3683-3689, 2020.

RIBEIRO, Daniel das Chagas de Azevedo.; SALGADO, Tania Denise Miskinis.; SIRTORI, Carla.; PASSOS, Camila Greff. Sustentabilidade e Educação Ambiental no Ensino de Química: contribuições para a tomada de consciência sobre agricultura sustentável. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 160-172, 2022.

RIBEIRO, Heidi Michalski.; SÁ NETO, Clarindo Epaminondas de. Meios de extermínio na sociedade de risco: A pulverização de agrotóxicos em terras indígenas brasileiras. **Revista Jurídica Luso Brasileira**, v. 5, n. 3, p. 727-751, 2019.

RODRIGUES, Mariana Augusta Ramos da Silva.; PEREIRA, Fabiano Guimarães.; AUTH, Milton Antônio; ARANTES, Alessandra Riposati. Ensino de Química Orgânica: Agrotóxicos como tema gerador. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, 2017. **Anais**... Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 2017.

ROSA, Débora Lazara.; OLIVEIRA, Andressa Antônio de.; PASSOS, Marize Lyra Silva. Ressignificando o Ensino de Química sobre o pH por meio da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABProj). **Abakós**, v. 12, n. 2, e2024120202, 2024.

SANTOS, Hercília Araújo.; LIMA, Ezequiel da Cruz. Uma sequência didática baseada em aprendizagem baseada em problemas e sala de aula invertida para o ensino de eletroquímica no ensino médio. **Boletim de Conjuntura**, v. 24, n. 73, p. 1-14, 2025.

SANTOS, Jailson de Araújo.; RODRIGUES, Marciele Gomes.; CARVALHO, Lilian Amaral de. Percepções dos alunos sobre o uso da sala de aula invertida no ensino de ciências e química. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**. Mossoró, v. 9, n. 30, 2023.

SANTOS JÚNIOR, Antônio Carlos dos. Sequência Didática como uma nova estratégia de ensino nas aulas de ciências do Fundamental II. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 11, n. 6, p. 698–715, 2020.

SANTOS, Weider Alberto Costa.; MERCADO, Luis Paulo Leopoldo. Desenvolvimento da Sala de Aula Invertida nos Anos Finais do Ensino Fundamental. **INTERFACES DA EDUCAÇÃO**, *[S. l.]*, v. 13, n. 38, 2022.

SARPA, Marcia; FRIEDRICH, Karen. Exposição a agrotóxicos e desenvolvimento de câncer no contexto da saúde coletiva: o papel da agroecologia como suporte às políticas públicas de prevenção do câncer. **Saúde Debate**, v. 46, n. 2, p. 407-425, 2022.

SCALFANI, Vincent F; VAID, Thomas P. 3D Printed Molecules and Extended Solid Models for Teaching Symmetry and Point Groups. **Journal of Chemical Education**, v. 91, p. 1174−1180, 2014.

SILVA, Bruna.; SILVA NETO, Sebastião da.; LEITE, Bruno Silva. Sala de aula invertida no ensino da química orgânica: um estudo de caso. **Química Nova na Escola,** v. 44, n. 4, p. 493-501, 2021.

SILVA, Camila Silveira.; OLIVEIRA, Luiz Antônio Andrade de. Formação inicial de professores de química: formação específica e pedagógica. In: NARDI, R. (Org.). **Ensino de ciências e matemática I**: temas sobre a formação de professores. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

SILVA, Daianny Cristine Pereira da; NEVES, Patrick Mondaini das; FRAGOSO, Viviane Muniz da Silva. Contaminação por pesticidas organoclorados e seus efeitos na Cidade dos Meninos, Duque de Caxias Rio de Janeiro: uma revisão bibliográfica. **Revista Sustinere**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p. 451–477, 2022.

SOUZA, Daniel Santos.; LOPES, Renato Matos.; SARCINELLI, Paula de Novaes. Intervenção educacional na exposição a agrotóxicos: uma revisão integrativa. **Trabalho & Educação**, v. 24, n. 2, p.247-265, 2015.

TEIXEIRA, Vânia Maria.; SANTOS, Adriana Ramos dos.; GRAEBNER, Ilmar Bernardo. O docente de química e a busca pelo fazer diferente: um estudo sobre as formas alternativas para ensinar. Revista **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 1, n. 3, p. 250-264, 2019.

VAICAIRNOENEM, **Estudantes têm mais dificuldades em física, matemática e química, diz pesquisa**. 2021. Disponível em: https://www.vaicairnoenem.com/2021/08/23/estudantes-tem-mais-dificuldades-em-fisica-matematica-e-quimica-diz-pesquisa. Acesso em: 01/07/2025.

VALENTE, José Armando. Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educar em Revista**, v. 1, n. 4, p. 79-97, 2014.

VASCO, Cristian; TORRES, Bolier; JÁCOME, Estefanía; TORRES, Alexandra; ECHE, David; VELASCO, Christian. Use of chemical fertilizers and pesticides in frontier areas: A case study in the Northern Ecuadorian Amazon. **Land Use Policy**, v. 107, 2021.

VIANA, Maysa Sousa.; SILVA, Everton Vieira da.; MARQUES, Jefferson Antônio. Gamificação no ensino de Química: uma proposta de sequência didática para a Eletroquímica no Ensino Médio. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 14, n. 3, 2023.

YAMAGUCHI, Klenicy Kazumy de Lima. Aprendizagem Baseada em Problemas como ferramenta didática para diagnosticar as dificuldades em aprender a química dos aromáticos no Ensino Superior. **Revista Prática Docente**, v. 10, e25020, 2025.

YIN, Robert Kuo-zuir. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. Tradução Cristhian Matheus Herrera - 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

YONASHIRO, Massami. **Química Orgânica**. 1ed. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2014.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed,1998.

ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

CENTRO DE SAÚDE ESCOLA DO MARCO TEODORICO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARÁ - CESEM/UEPA

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Haletos Orgânicos: Uma Proposta de Sequência Didática Articulada Entre a Sala de Aula Invertida e Modelagem
Pesquisador: LUIZ GABRIEL ARAUJO DA FONSECA
Área Temática:
Versão: 2
CAAE: 83000124.3.0000.8767
Instituição Proponente: UEPA- Campus VIII Marabá
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.275.075

Apresentação do Projeto:
As informações elencadas nos campos Apresentação do Projeto, Objetivo da Pesquisa, Avaliação dos Riscos e Benefícios e "Comentários e Considerações Sobre a Pesquisa" foram retiradas dos arquivos "brochura da pesquisa " e " informações básicas da pesquisa PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO, Haletos Orgânicos: Uma Proposta de Sequência Didática Articulada Entre a Sala de Aula Invertida e Modelagem de 23/10/2024, tendo sido retirados para compor a Apresentação do Projeto os tópicos: RESUMO, HIPÓTESE e METODOLOGIA.

Resumo:
Muito se comenta hodiernamente sobre os impactos ambientais e suas causas. Na agricultura, utiliza-se, em grandes quantidades, agrotóxicos, pesticidas e inseticidas que possuem um elevado potencial de causar danos ao meio ambiente e à saúde humana. Nesse contexto, estão inseridos os compostos organoclorados, bastante presentes nos pesticidas. Sua abordagem se torna relevante pois fazem parte dos chamados haletos orgânicos, uma das funções orgânicas que são estudadas em química, no âmbito acadêmico. Desse modo, por meio dos organoclorados, é possível levantar discussões e tecer relações entre o meio ambiente, educação ambiental e ensino de química. Sobre este último aspecto, existe um grande desafio

Endereço: Universidade do Estado do Pará, Campus II, Prédio de Especialidades Médicas do Centro de Saúde Escola
Bairro: Marco **CEP:** 66.095-662
UF: PA **Município:** BELEM
Telefone: (91)3131-1702 **E-mail:** cep.csem@uepa.br

CENTRO DE SAÚDE ESCOLA DO MARCO TEODORICO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARÁ - CESEM/UEPA

Outros	ColetaDeDados_QuestionarioFinal.pdf	06/09/2024 18:23:09	LUIZ GABRIEL ARAUJO DA FONSECA	Aceito
Outros	ColetaDeDados_FichaDeAcompanhamento.pdf	06/09/2024 18:22:50	LUIZ GABRIEL ARAUJO DA FONSECA	Aceito
Outros	ColetaDeDados_Questoes.pdf	06/09/2024 18:22:13	LUIZ GABRIEL ARAUJO DA FONSECA	Aceito
Outros	TCUD.pdf	06/09/2024 18:19:09	LUIZ GABRIEL ARAUJO DA FONSECA	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.pdf	06/09/2024 18:11:49	LUIZ GABRIEL ARAUJO DA FONSECA	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	06/09/2024 18:10:40	LUIZ GABRIEL ARAUJO DA FONSECA	Aceito
Folha de Rosto	FolhaDeRosto.pdf	06/09/2024 18:08:15	LUIZ GABRIEL ARAUJO DA FONSECA	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

BELEM, 08 de Dezembro de 2024

Assinado por:
NELSON ANTONIO BAILAO RIBEIRO
(Coordenador(a))

Endereço: Universidade do Estado do Pará, Campus II, Prédio de Especialidades Médicas do Centro de Saúde Escola
Bairro: Marco **CEP:** 66.095-662
UF: PA **Município:** BELEM
Telefone: (91)3131-1702 **E-mail:** cep.csem@uepa.br

ANEXO B – TERMO DE ACEITE DA INSTITUIÇÃO

GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE EDUDAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
ESCOLA DE APLICAÇÃO DA UFPA
CÓDIGO INEP: 15038688
EMAIL: ea@ufpa.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ DIREÇÃO ESCOLA DE APLICAÇÃO

DECLARAÇÃO

Eu, EDILSON DOS PASSOS NERI JÚNIOR, na qualidade de diretor da ESCOLA DE APLICAÇÃO DA UFPA (EAUFPA), declaro que fui informado dos objetivos da pesquisa intitulada "HALETOS ORGÂNICOS: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA ARTICULADA NA SALA DE AULA INVERTIDA E MODELAGEM" a ser conduzida sob a responsabilidade do pesquisador LUIZ GABRIEL ARAÚJO DA FONSECA e seu orientador RONILSON FREITAS DE SOUZA, vinculados ao Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA) da Universidade do Estado do Pará (UEPA), e autorizo a realização das atividades da referida pesquisa nesta instituição de ensino.

Prof. Edilson dos Passos Neri Junior
Diretor da Escola de Aplicação / UFPA

Diretor da EAUFPA

Belém, 13 de Agosto de 2024

ANEXO C – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)
Para crianças e adolescentes (maiores que 6 anos e menores de 18 anos) e para legalmente incapaz

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada "SALA DE AULA INVERTIDA E IMPRESSÃO 3D: UMA COMBINAÇÃO PARA O ENSINO DOS HALETOS ORGÂNICOS E COMPOSTOS ORGANOCLORADOS E SUAS INFLUÊNCIAS NA AMAZÔNIA". O início da pesquisa ocorrerá após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Saúde Escola do Marco Teodorico da Universidade Estadual do Pará - CSEM/UEPA, que garante a segurança e os direitos dos participantes.

A pesquisa será conduzida pelo professor e pesquisador Luiz Gabriel Araújo da Fonseca, aluno do Mestrado Profissional em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA) da Universidade do Estado do Pará. As atividades ocorrerão na Escola de Aplicação da Universidade Federal do Pará (EAUFPA) e envolverão aulas esquematizadas por uma Sequência Didática, sob a perspectiva da Sala de Aula Invertida e com o uso de moléculas 3D, no âmbito do conteúdo programático de Química Orgânica, especificamente dentro dos conceitos da função orgânica dos Haletos.

Para isso, pretende-se colocar os alunos em uma posição de participantes ativos no processo de ensino-aprendizagem, por meio da Sala de Aula Invertida, promovendo atividades, debates e discussões que possibilitem a construção crítica do conhecimento sobre o contexto dos Haletos Orgânicos, sobretudo com relação ao uso dos organoclorados e suas implicações. Adicionalmente, espera-se que as moléculas 3D contribuam nesse processo, sendo considerados materiais que ajudem ensinar e aprender os Haletos Orgânicos. Como instrumentos de coleta de dados, serão utilizados registros escritos das atividades, portfólio, questionário e acompanhamento durante o processo da aplicação.

O objetivo principal deste projeto é elaborar uma proposta didática pautada na metodologia da Sala de Aula Invertida, com o uso da impressão 3D, visando aprimorar o processo de ensino-aprendizagem dos haletos orgânicos, sob ótica dos problemas socioambientais oriundos do uso dos compostos organoclorados. Além disso, a Sequência Didática elaborada e aplicada será também o Produto Educacional (PE) gerado pela pesquisa, elemento obrigatório do PPGEECA.

A implementação da Sequência Didática ocorrerá durante as aulas de Química, ministradas pelo pesquisador, da seguinte maneira:

1º Momento – Pré-aula 1: Será disponibilizado aos alunos um vídeo de 10-15 minutos, produzido pelo pesquisador, introduzindo a função dos haletos orgânicos, principais características químicas, exemplos de compostos, com foco especial nos organoclorados, como o DDT. Ao final do vídeo, será pedido para que os alunos busquem informações em sites, revistas, livros, artigos a respeito dos organoclorados e suas implicações, além de anotarem no caderno informações sobre os organoclorados.

2º Momento – Aula 1: Inicialmente, o pesquisador irá verificar as anotações feitas pelos alunos sobre organoclorados. Feito isso, serão tiradas possíveis dúvidas geradas pelo vídeo e pela pesquisa dos alunos. Após, através das respostas trazidas pelos alunos, o pesquisador irá comentar sobre as implicações dos organoclorados e suas características principais.

3º Momento – Pré-aula 2: Será disponibilizado um vídeo de 25-20 minutos, produzido pelo pesquisador, explorando as estruturas dos organoclorados, bem como nomenclatura, propriedades, características químicas, encaminhando para a ideia da construção de modelos 3D. Será solicitado que os alunos pesquisem e tragam exemplos de haletos e compostos organoclorados mais utilizados no setor agrícola para a próxima aula.

4º Momento – Aula 2: Partindo dos exemplos de haletos orgânicos e compostos organoclorados trazidos pelos alunos e das características químicas que explicam a nocividade desses compostos, será mostrado como elaborar modelos 3D para impressão. Além da exposição oral, o pesquisador disponibilizará um guia apresentando o passo-a-passo para a concepção das moléculas.

5º Momento – Pré-aula 3: Os alunos deverão, em grupos, elaborar um modelo de um haleto ou composto organoclorado para ser impresso pelo pesquisador. Os arquivos produzidos deverão ser colocados em uma pasta do *Google Drive* criada pelo pesquisador. Além disso, os alunos deverão pesquisar os principais riscos, vantagens e desvantagens do uso dos organoclorados na agricultura, levando em consideração os ganhos e os prejuízos ambientais e fisiológicos desses compostos.

6º Momento – Aula 3: Inicialmente, será apresentado aos alunos as moléculas 3D impressas. Neste momento, serão abordados aspectos químicos dos haletos orgânicos e dos organoclorados, através da visualização das moléculas. Em seguida, será organizado um debate entre dois grupos, onde o grupo 1 defenderá o uso contínuo dos organoclorados e agrotóxicos, argumentando seus benefícios econômicos e de produção, combate às pragas, fungos e bactérias no setor agrícola, enquanto o grupo 2 defenderá a redução ou eliminação do uso, baseando-se nos impactos ambientais causados e na saúde pública, destacando as características químicas que fazem com que esses compostos sejam altamente problemáticos.

7º Momento – Pré-aula 4: Será solicitado que os alunos produzam um portfólio individualmente, refletindo sobre o que aprenderam sobre haletos e organoclorados, bem como fazendo uma análise dos impactos ambientais e fisiológicos desses compostos.

8º Momento – Aula 4: Os alunos compartilharão suas reflexões finais sobre a proposta desenvolvida. O pesquisador irá discutir e tecer suas conclusões e aplicar um questionário final.

Os benefícios desta pesquisa se atem na perspectiva de desenvolvimento de habilidades de compreensão dos haletos orgânicos, além do conhecimento de informações sobre os impactos no ambiente e na saúde causados pelo uso dos organoclorados. Acrescenta-se que, os resultados provenientes desta pesquisa poderão contribuir como estratégia educativa a ser adotada por demais docentes em suas práticas, visando melhorar o processo de ensino-aprendizagem.

No que tange os riscos, participar desta pesquisa não oferece riscos físicos ou psicológicos previsíveis. Em caso de desconforto ou qualquer incomodo pelo teor da pesquisa, você pode solicitar sua exclusão e/ou interrupção no processo. Os riscos de desconforto na participação das atividades, como cansaço ou estresse durante a realização da proposta didática, serão minimizados pela preparação cautelosa das estratégias que serão adotadas e, também, no modo de aplicação dos instrumentos de coleta de dados. Dessa forma, é assegurada a sua liberdade de não responder ou participar de alguma atividade caso haja algum desconforto, realizando intervalos dentro de cada etapa da proposta didática. Você responderá aos testes de desempenho de forma anônima e espontânea, visando contribuir para a coleta de dados desta pesquisa. Ressaltando que os dados serão armazenados e protegidos com senhas alfa numéricas, sob a responsabilidade do pesquisador responsável.

Com relação às atividades práticas na sala de aula, o pesquisador responsável detalhará a sequência adotada na proposta didática e os artefatos que serão utilizados. Os objetos impressos tridimensionalmente (3D) passarão pelo processo de acabamento com auxílio de lixas comerciais, para não haver risco de cortes ou arranhões. Salienta-se, também, que para o processo de acabamento das peças, além das lixas, serão utilizadas tintas sprays, no qual todo o processo será realizado pelo pesquisador, procurando-se evitar acidentes, possíveis alergias e efeitos nocivos.

Em caso de esclarecimentos e informações a respeito do projeto, bem como em caso de desconforto, você pode entrar em contato com o pesquisador através do telefone (91) 98555-7997, ou pelo e-mail: luizgabrielfonseca047@gmail.com.

Em casos mais sérios, descumprimento de questões éticas e outras reclamações com relação ao estudo, você ainda poderá contatar a Secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Saúde Escola do Marco Teodorico da Universidade Estadual do Pará - CSEM/UEPA, localizada na Trav. Perebebuí, 2623 - Campus II - Setor de Especialidades Clínicas do CSE - MARCO - Sala 11. Fone: 31311702. CEP: 66087-670, ou por e-mail: cep.csem@uepa.br.

Sua participação na pesquisa é sigilosa e sua identidade não será revelada. Não será disponibilizada informações a terceiros que você vier a fornecer, com os resultados da pesquisa podendo ser publicadas em artigos científicos, com sua identidade preservada e resguardada.

Diante do exposto, Eu _____ aceito participar da pesquisa "SALA DE AULA INVERTIDA E IMPRESSÃO 3D: UMA COMBINAÇÃO PARA O ENSINO DOS HALETOS ORGÂNICOS E COMPOSTOS ORGANOCLORADOS E SUAS INFLUÊNCIAS NA AMAZÔNIA". Fui informado(a) dos objetivos da pesquisa de maneira clara. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações. O pesquisador certificou-se de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais, bem como minha identidade. Entendo que posso dizer "sim" e participar, mas que, a qualquer momento posso dizer "não" e abandonar a pesquisa. Isso não traria danos, punições ou consequências negativas a mim.

Declaro que concordo em participar deste estudo. Recebi uma cópia deste Termo de Assentimento Livre e Esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

Belém,_____de_____ , 2026

_____ _____

Assinatura do menor Assinatura do responsável

_____

Assinatura do pesquisador responsável

ANEXO D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)
(Responsável legal pelo menor de idade)

ESTUDO: "SALA DE AULA INVERTIDA E IMPRESSÃO 3D: UMA COMBINAÇÃO PARA O ENSINO DOS HALETOS ORGÂNICOS E COMPOSTOS ORGANOCLOADOS E SUAS INFLUÊNCIAS NA AMAZÔNIA"

Seu/Sua representante legal está sendo convidado(a) a participar do presente estudo. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos realizando, por isso, leia atentamente. Caso tenha dúvidas, teremos prazer em esclarecê-las. Se concordar, o documento será assinado e só então daremos início ao estudo. Sua colaboração será muito importante para nós. Mas, em caso de desistência, isto não causará nenhum prejuízo, nem a você, nem a seu/sua representante legal.

A seguir estão descritos alguns critérios adotados para participação e exclusão neste estudo:

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO PARA A PESQUISA

Ser aluno matriculado na 3ª série do ensino médio; em situação de presença de alunos com necessidades educacionais especiais, estes devem estar acompanhados pelo professor responsável pelo Atendimento Educacional especializado (AEE), visando aumentar seus suportes pedagógicos no decorrer das atividades.

CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO PARA A PESQUISA

Não apresentação da assinatura do TCLE pelo devido responsável legal; não apresentação da assinatura do TALE. Ressalta-se que estes critérios serão adotados como compromisso dos pesquisadores com os aspectos éticos da pesquisa.

O objetivo principal deste projeto é elaborar uma proposta didática pautada na metodologia da Sala de Aula Invertida, com o uso da impressão 3D, visando aprimorar o processo de ensino-aprendizagem dos haletos orgânicos, sob ótica dos problemas socioambientais oriundos do uso dos compostos organoclorados.

Ressaltamos que você e seu/sua representante legal não receberão nada para participar deste estudo. A participação não tem objetivo de tratamento e sem custo algum para você. A implementação da Sequência Didática ocorrerá durante as aulas de Química, ministradas pelo pesquisador, da seguinte maneira:

1º Momento – Pré-aula 1: Será disponibilizado aos alunos um vídeo de 10-15 minutos, produzido pelo pesquisador, introduzindo a função dos haletos orgânicos, principais características químicas, exemplos de compostos, com foco especial nos organoclorados, como o DDT. Ao final do vídeo, será pedido para que os alunos busquem informações em sites, revistas, livros, artigos a respeito dos organoclorados e suas implicações, além de anotarem no caderno informações sobre os organoclorados.

2º Momento – Aula 1: Inicialmente, o pesquisador irá verificar as anotações feitas pelos alunos sobre organoclorados. Feito isso, serão tiradas possíveis dúvidas geradas pelo

vídeo e pela pesquisa dos alunos. Após, através das respostas trazidas pelos alunos, o pesquisador irá comentar sobre as implicações dos organoclorados e suas características principais.

3º Momento – Pré-aula 2: Será disponibilizado um vídeo de 25-20 minutos, produzido pelo pesquisador, explorando as estruturas dos organoclorados, bem como nomenclatura, propriedades, características químicas, encaminhando para a ideia da construção de modelos 3D. Será solicitado que os alunos pesquisem e tragam exemplos de haletos e compostos organoclorados mais utilizados no setor agrícola para a próxima aula.

4º Momento – Aula 2: Partindo dos exemplos de haletos orgânicos e compostos organoclorados trazidos pelos alunos e das características químicas que explicam a nocividade desses compostos, será mostrado como elaborar modelos 3D para impressão. Além da exposição oral, o pesquisador disponibilizará um guia apresentando o passo-a-passo para a concepção das moléculas.

5º Momento – Pré-aula 3: Os alunos deverão, em grupos, elaborar um modelo de um haleto ou composto organoclorado para ser impresso pelo pesquisador. Os arquivos produzidos deverão ser colocados em uma pasta do *Google Drive* criada pelo pesquisador. Além disso, os alunos deverão pesquisar os principais riscos, vantagens e desvantagens do uso dos organoclorados na agricultura, levando em consideração os ganhos e os prejuízos ambientais e fisiológicos desses compostos.

6º Momento – Aula 3: Inicialmente, será apresentado aos alunos as moléculas 3D impressas. Neste momento, serão abordados aspectos químicos dos haletos orgânicos e dos organoclorados, através da visualização das moléculas. Em seguida, será organizado um debate entre dois grupos, onde o grupo 1 defenderá o uso contínuo dos organoclorados e agrotóxicos, argumentando seus benefícios econômicos e de produção, combate às pragas, fungos e bactérias no setor agrícola, enquanto o grupo 2 defenderá a redução ou eliminação do uso, baseando-se nos impactos ambientais causados e na saúde pública, destacando as características químicas que fazem com que esses compostos sejam altamente problemáticos.

7º Momento – Pré-aula 4: Será solicitado que os alunos produzam um portfólio individualmente, refletindo sobre o que aprenderam sobre haletos e organoclorados, bem como fazendo uma análise dos impactos ambientais e fisiológicos desses compostos.

8º Momento – Aula 4: Os alunos compartilharão suas reflexões finais sobre a proposta desenvolvida. O pesquisador irá discutir e tecer suas conclusões e aplicar um questionário final.

No que tange os riscos, participar desta pesquisa não oferece riscos físicos ou psicológicos previsíveis. Em caso de desconforto ou qualquer incomodo pelo teor da pesquisa, você pode solicitar a exclusão e/ou interrupção do(a) seu/sua representante legal no processo. Os riscos de desconforto na participação das atividades, como cansaço ou estresse durante a realização da proposta didática, serão minimizados pela preparação cautelosa das estratégias que serão adotadas e, também, no modo de aplicação dos instrumentos de coleta de dados. Dessa forma, é assegurada a liberdade de não responder ou participar de alguma atividade caso haja algum desconforto, realizando intervalos dentro de cada etapa da proposta didática. Seu/sua representante legal responderá aos testes de desempenho de forma anônima e espontânea, visando contribuir para a coleta de dados desta pesquisa. Ressaltando que os dados serão armazenados e protegidos com senhas alfa numéricas, sob a responsabilidade do pesquisador responsável.

Com relação às atividades práticas na sala de aula, o pesquisador responsável detalhará a sequência adotada na proposta didática e os artefatos que serão utilizados. Os objetos impressos tridimensionalmente (3D) passarão pelo processo de acabamento com auxílio de lixas comerciais, para não haver risco de cortes ou arranhões. Salienta-se, também, que para o processo de acabamento das peças, além das lixas, serão utilizadas tintas sprays,

no qual todo o processo será realizado pelo pesquisador, procurando-se evitar acidentes, possíveis alergias e efeitos nocivos.

Em caso de danos diretamente decorrentes da pesquisa, o (a) participante receberá assistência integral e imediata, de forma gratuita, pelo tempo que for necessário e avaliado por profissional competente. Ainda, caso seja necessário, o participante poderá requerer indenização por eventuais danos decorrentes da participação no estudo. Você e seu/sua representante legal têm a liberdade de desistir ou interromper a colaboração neste estudo quando desejar, sem necessidade de dar qualquer explicação. Dessa forma, a desistência não lhe causará nenhum prejuízo, nem a seu/sua representante legal.

Todas as informações deste estudo são confidenciais. Seu nome e de seu/sua representante legal ou qualquer dado que possam identificá-los não serão publicados na divulgação dos resultados. Pessoas que não fazem parte da equipe de pesquisa não poderão ter acesso aos seus registros. Sendo o acesso restrito somente aos pesquisadores envolvidos. Esse acesso será utilizado para realizar, acompanhar a pesquisa e analisar os dados obtidos. Também haverá retenção de dados para estudos futuros. As normas brasileiras que os protege serão respeitadas.

Caso deseje, poderá tomar conhecimento dos resultados.

As etapas do projeto são seguras, no entanto, em caso de desconforto de qualquer espécie, você poderá procurar o pesquisador responsável no endereço Av. Pedro Miranda, nº 454, bairro da Pedreira, área urbana de Belém/PA, através do telefone (91) 98555-7997 ou pelo E-mail: *luizgabrielfonseca047@gmail.com*.

Em caso de demais dúvidas, recursos ou reclamações em relação às questões éticas do presente estudo, você ainda poderá contatar a Secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Saúde Escola do Marco Teodorico da Universidade Estadual do Pará - CESEM/UEPA, localizada Trav. Perebebuí 2623- Campus II- Setor de Especialidades Clínicas do CSE-MARCO - Sala11. Fone: 31311702. CEP: 66087-670, ou por e-mail: cep.csem@uepa.br.

Diante do exposto,
Eu,_____, portador(a) do RG _____,
concordo de livre e espontânea vontade que meu/minha representante legal,_____
_____ , nascido(a) em _____/_____/_____, seja participante do estudo "SALA DE AULA INVERTIDA E IMPRESSÃO 3D: UMA COMBINAÇÃO PARA O ENSINO DOS HALETOS ORGÂNICOS E COMPOSTOS ORGANOCLORADOS E SUAS INFLUÊNCIAS NA AMAZÔNIA". Declaro que obtive todas as informações necessárias e que todas as minhas dúvidas foram esclarecidas.

Este convite está de acordo com a Resolução nº 466/12 e a Resolução nº 510/16

Belém,_____de _____, 2026.

_____ Assinatura do responsável

_____ Assinatura do pesquisador responsável

ANEXO E – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(De acordo com as Resoluções nº 466 de 2012 e nº 510 de 2016)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado(a) como voluntário a participar da pesquisa "SALA DE AULA INVERTIDA E IMPRESSÃO 3D: UMA COMBINAÇÃO PARA O ENSINO DOS HALETOS ORGÂNICOS E COMPOSTOS ORGANOCLORADOS E SUAS INFLUÊNCIAS NA AMAZÔNIA". O motivo que nos leva a realizar esta pesquisa se dá a partir dos desafios apresentados no processo de ensino-aprendizagem de Química Orgânica. Assim, observamos na abordagem dos Haletos Orgânicos uma oportunidade de relacionar este conceito e aspectos ambientais e sociais decorrentes do uso dos compostos organoclorados, mediante aplicação de uma Sequência Didática pautada na metodologia da Sala de Aula Invertida e impressão 3D. O início da pesquisa ocorrerá após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Saúde Escola do Marco Teodorico da Universidade Estadual do Pará - CSEM/UEPA, que garante a segurança e os direitos dos participantes.

A pesquisa será conduzida pelo professor e pesquisador Luiz Gabriel Araújo da Fonseca, aluno do Mestrado Profissional em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia (PPGEECA) da Universidade do Estado do Pará. As atividades ocorrerão na Escola de Aplicação da Universidade Federal do Pará (EAUFPA) e envolverão aulas esquematizadas por uma Sequência Didática, sob a perspectiva da Sala de Aula Invertida e com o uso de moléculas 3D, no âmbito do conteúdo programático de Química Orgânica, especificamente dentro dos conceitos da função orgânica dos Haletos.

Para isso, pretende-se colocar os alunos em uma posição de participantes ativos no processo de ensino-aprendizagem, por meio da Sala de Aula Invertida, promovendo atividades, debates e discussões que possibilitem a construção crítica do conhecimento sobre o contexto dos Haletos Orgânicos, sobretudo com relação ao uso dos organoclorados e suas implicações. Adicionalmente, espera-se que as moléculas 3D contribuam nesse processo, sendo considerados materiais que ajudem ensinar e aprender os Haletos Orgânicos. Como instrumentos de coleta de dados, serão utilizados registros escritos das atividades, portfólio, questionário e observação durante o processo da aplicação.

O objetivo principal deste projeto é elaborar uma proposta didática pautada na metodologia da Sala de Aula Invertida, com o uso da impressão 3D, visando aprimorar o processo de ensino-aprendizagem dos haletos orgânicos, sob ótica dos problemas socioambientais oriundos do uso dos compostos organoclorados. Além disso, a Sequência Didática elaborada e aplicada será também o Produto Educacional (PE) gerado pela pesquisa, elemento obrigatório do PPGEECA.

A implementação da Sequência Didática ocorrerá durante as aulas de Química, ministradas pelo pesquisador, da seguinte maneira:

1º Momento – Pré-aula 1: Será disponibilizado aos alunos um vídeo de 10-15 minutos, produzido pelo pesquisador, introduzindo a função dos haletos orgânicos, principais características químicas, exemplos de compostos, com foco especial nos organoclorados, como o DDT. Ao final do vídeo, será pedido para que os alunos busquem informações em sites, revistas, livros, artigos a

respeito dos organoclorados e suas implicações, além de anotarem no caderno informações sobre os organoclorados.

2º Momento – Aula 1: Inicialmente, o pesquisador irá verificar as anotações feitas pelos alunos sobre organoclorados. Feito isso, serão tiradas possíveis dúvidas geradas pelo vídeo e pela pesquisa dos alunos. Após, através das respostas trazidas pelos alunos, o pesquisador irá comentar sobre as implicações dos organoclorados e suas características principais.

3º Momento – Pré-aula 2: Será disponibilizado um vídeo de 25-20 minutos, produzido pelo pesquisador, explorando as estruturas dos organoclorados, bem como nomenclatura, propriedades, características químicas, encaminhando para a ideia da construção de modelos 3D. Será solicitado que os alunos pesquisem e tragam exemplos de haletos e compostos organoclorados mais utilizados no setor agrícola para a próxima aula.

4º Momento – Aula 2: Partindo dos exemplos de haletos orgânicos e compostos organoclorados trazidos pelos alunos e das características químicas que explicam a nocividade desses compostos, será mostrado como elaborar modelos 3D para impressão. Além da exposição oral, o pesquisador disponibilizará um guia apresentando o passo-a-passo para a concepção das moléculas.

5º Momento – Pré-aula 3: Os alunos deverão, em grupos, elaborar um modelo de um haleto ou composto organoclorado para ser impresso pelo pesquisador. Os arquivos produzidos deverão ser colocados em uma pasta do *Google Drive* criada pelo pesquisador. Além disso, os alunos deverão pesquisar os principais riscos, vantagens e desvantagens do uso dos organoclorados na agricultura, levando em consideração os ganhos e os prejuízos ambientais e fisiológicos desses compostos.

6º Momento – Aula 3: Inicialmente, será apresentado aos alunos as moléculas 3D impressas. Neste momento, serão abordados aspectos químicos dos haletos orgânicos e dos organoclorados, através da visualização das moléculas. Em seguida, será organizado um debate entre dois grupos, onde o grupo 1 defenderá o uso contínuo dos organoclorados e agrotóxicos, argumentando seus benefícios econômicos e de produção, combate às pragas, fungos e bactérias no setor agrícola, enquanto o grupo 2 defenderá a redução ou eliminação do uso, baseando-se nos impactos ambientais causados e na saúde pública, destacando as características químicas que fazem com que esses compostos sejam altamente problemáticos.

7º Momento – Pré-aula 4: Será solicitado que os alunos produzam um portfólio individualmente, refletindo sobre o que aprenderam sobre haletos e organoclorados, bem como fazendo uma análise dos impactos ambientais e fisiológicos desses compostos.

8º Momento – Aula 4: Os alunos compartilharão suas reflexões finais sobre a proposta desenvolvida. O pesquisador irá discutir e tecer suas conclusões e aplicar um questionário final.

Os benefícios desta pesquisa se atem na perspectiva de desenvolvimento de habilidades de compreensão dos haletos orgânicos, além do conhecimento de informações sobre os impactos no ambiente e na saúde causados pelo uso dos organoclorados. Acrescenta-se que, os resultados provenientes desta pesquisa poderão contribuir como estratégia educativa a ser adotada por demais docentes em suas práticas, visando melhorar o processo de ensino-aprendizagem.

No que tange os riscos, participar desta pesquisa não oferece riscos físicos ou psicológicos previsíveis. Em caso de desconforto ou qualquer incomodo pelo teor da pesquisa, você pode solicitar sua exclusão e/ou interrupção no processo. Os riscos de desconforto na participação das atividades, como cansaço ou estresse durante a realização da proposta didática, serão minimizados pela preparação cautelosa das estratégias que serão adotadas e, também, no modo de aplicação dos instrumentos de coleta de dados. Dessa forma, é assegurada a sua liberdade de não responder ou participar de alguma atividade caso haja algum desconforto, realizando intervalos dentro de cada etapa da proposta didática. Você responderá aos testes de desempenho de forma anônima e espontânea, visando contribuir para a coleta de dados desta

pesquisa. Ressaltando que os dados serão armazenados e protegidos com senhas alfa numéricas, sob a responsabilidade do pesquisador responsável.

Com relação às atividades práticas na sala de aula, o pesquisador responsável detalhará a sequência adotada na proposta didática e os artefatos que serão utilizados. Os objetos impressos tridimensionalmente (3D) passarão pelo processo de acabamento com auxílio de lixas comerciais, para não haver risco de cortes ou arranhões. Salienta-se, também, que para o processo de acabamento das peças, além das lixas, serão utilizadas tintas sprays, no qual todo o processo será realizado pelo pesquisador, procurando-se evitar acidentes, possíveis alergias e efeitos nocivos.

Em caso de esclarecimentos e informações a respeito do projeto, você poderá entrar em contato com o pesquisador no endereço Av. Pedro Miranda, nº 454, bairro da Pedreira, área urbana do município de Belém/PA, através do telefone (91) 98555-7997, ou pelo e-mail: luizgabrielfonseca047@gmail.com.

Em caso de demais dúvidas, recursos ou reclamações em relação às questões éticas do presente estudo, você ainda poderá contatar a Secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Saúde Escola do Marco Teodorico da Universidade Estadual do Pará - CSEM/UEPA, localizada na Trav. Perebebuí 2623 - Campus II - Setor de Especialidades Clínicas do CSE - MARCO - Sala11. Fone: 31311702. CEP: 66087-670, ou por e-mail: cep.csem@uepa.br.

Sua participação na pesquisa é sigilosa e sua identidade não será revelada. Não será disponibilizada informações a terceiros que você vier a fornecer, com os resultados da pesquisa podendo ser publicadas em artigos científicos, com sua identidade preservada e resguardada.

Diante do exposto, Eu _____ aceito participar da pesquisa "SALA DE AULA INVERTIDA E IMPRESSÃO 3D: UMA COMBINAÇÃO PARA O ENSINO DOS HALETOS ORGÂNICOS E COMPOSTOS ORGANOCLORADOS E SUAS INFLUÊNCIAS NA AMAZÔNIA". Fui informado(a) dos objetivos da pesquisa de maneira clara. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações. O pesquisador certificou-se de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais, bem como minha identidade.

Declaro que concordo em participar deste estudo. Recebi uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

_____
Assinatura do Participante — Data:_____/_____/_____

_____
Assinatura do Pesquisador Responsável — Data:_____/_____/_____

_____
Assinatura do Professor Orientador — Data:_____/_____/

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

