



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL
DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
LICENCIATURA EM QUÍMICA**

ÍTALO MOREIRA MOURA

**A EDUCAÇÃO EM QUÍMICA AMBIENTAL: CONCEITOS FUNDAMENTAIS E
PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS PARA O DESCARTE ADEQUADO DE RESÍDUOS**

REDENÇÃO-CE

2025

ÍTALO MOREIRA MOURA

A EDUCAÇÃO EM QUÍMICA AMBIENTAL: CONCEITOS FUNDAMENTAIS E PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS PARA O DESCARTE ADEQUADO DE RESÍDUOS

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Química, na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB – Campus das Auroras.

Orientador: Prof. Dr. Dieric dos Santos de Abreu

REDENÇÃO-CE

2025

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Moura, Ítalo Moreira.

M929e

A Educação em Química Ambiental: conceitos fundamentais e práticas sustentáveis para o descarte adequado de resíduos / Ítalo Moreira Moura. - Redenção, 2025.
77f: il.

Monografia - Curso de Química, Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Dieric dos Santos de Abreu.

1. Educação ambiental. 2. Resíduos sólidos. 3. Microplásticos. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 363.7

ÍTALO MOREIRA MOURA

A EDUCAÇÃO EM QUÍMICA AMBIENTAL: CONCEITOS FUNDAMENTAIS E PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS PARA O DESCARTE ADEQUADO DE RESÍDUOS

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Química, na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, UNILAB – Campus das Auroras

Aprovado em: 05/06/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Dieric dos Santos de Abreu (Orientador)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

Prof. Dr. Rômulo Batista Vieira

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB

Prof. João Pedro da Silva Oliveira

EEMTI Doutor Brunilo Jacó – Redenção/CE

Dedico esse trabalho à memória de meu pai Adalberto da Cunha Moura, por não medir esforços em prol da minha formação acadêmica e como homenagem.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por me guardar até o presente momento e me proporcionar mais essa conquista em minha trajetória;

Agradeço também a toda a minha família, mãe, irmão, irmã e principalmente ao meu pai do qual acabou infelizmente nos deixando e não pode ver seu filho conseguir essa vitória;

Agradeço aos amigos e colegas pelos momentos felizes e tristes, e principalmente pelo suporte e sempre contar com o apoio direto e/ou indireto dos mesmos;

Agradeço a EEMTI Brunilo Jacó, especialmente ao Professor João Pedro pela sua disponibilidade e apoio;

Agradeço ao Lab MaDe pelo apoio com materiais e oferecer suporte ao meu projeto e também ao meu orientador, Prof. Dr. Dieric Abreu por toda a confiança, parceria e por contribuir de inúmeras formas, transpassando o papel de orientador;

Agradeço ao ICEN/Química por todo o conhecimento teórico, prático e por me tornar esse profissional que sou hoje;

E por fim, agradeço a UNILAB pela oportunidade de proporcionar e tornar realidade o grande sonho de ser graduado.

O sucesso não é coincidência, mas sim a consequência de tudo que você sonhou.

(O autor)

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo promover uma abordagem interdisciplinar e crítica da Educação Ambiental no ensino de Química, por meio de atividades teóricas e práticas que envolvem o estudo de polímeros, microplásticos e os impactos socioambientais dos resíduos plásticos. As ações desenvolvidas incluíram o uso de kits moleculares, modelagem e impressão 3D de estruturas químicas, experimentos com bioplásticos e atividades de conscientização comunitária. Entre os destaques metodológicos, está a construção de modelos moleculares realistas utilizando filamentos de PLA em impressora 3D, respeitando as proporções dos raios atômicos para representar os elementos químicos envolvidos. A prática foi complementada com a coleta e análise de resíduos sólidos no ambiente escolar, precedida pela exibição do curta-metragem Ilha das Flores, que fomentou discussões críticas sobre consumo, desigualdade e gestão de resíduos. Os resultados indicam que a integração entre tecnologias educacionais, práticas experimentais e reflexão social potencializa a aprendizagem dos conceitos químicos e estimula o protagonismo estudantil na busca por soluções sustentáveis. Como perspectivas futuras, o projeto prevê a avaliação da percepção dos estudantes, a catalogação dos resíduos coletados e a montagem de um painel expositivo, visando consolidar a Educação Ambiental como prática contínua na escola.

Palavras-chave: Educação Ambiental; Polímeros; Microplásticos; Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

This work aims to promote a critical and interdisciplinary approach to Environmental Education within Chemistry teaching, through theoretical and practical activities focused on polymers, microplastics, and the socio-environmental impacts of plastic waste. The actions carried out included the use of molecular model kits, 3D modeling and printing of chemical structures, bioplastic synthesis experiments, and community awareness activities. A key methodological feature was the construction of realistic molecular models using PLA filament and a 3D printer, with proportional scaling based on atomic radii to represent chemical elements accurately. The practice was enhanced by a solid waste collection activity within the school environment, preceded by the screening of the short film *Island of Flowers*, which fostered critical discussions about consumption, inequality, and waste management. The results suggest that integrating educational technologies, hands-on experiments, and social reflection enhances students' understanding of chemical concepts while encouraging active participation in the pursuit of sustainable solutions. As future perspectives, the project includes the evaluation of students' perceptions, the cataloging of collected waste, and the development of an educational exhibit panel, reinforcing Environmental Education as a permanent practice in the school context.

Keywords: Environmental Education; Polymers; Microplastics; Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – 12 Princípios da Química Verde propostos por John C. Warner e Paul T. Anastas.	21
Figura 2 – 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela Cúpula da ONU 2015	23
Figura 3 – Poluição por microplásticos: fontes, impactos e ações.....	26
Figura 4 – Origem dos Resíduos Plásticos Encontrados no Litoral do Ceará (2022)	27
Figura 5 – Representação estrutural da unidade polimérica do polipropileno (PP) ...	32
Figura 6 – Representação estrutural da unidade polimérica do polietileno (PE)	33
Figura 7 – Representação estrutural da unidade polimérica do politetrafluoretileno (PTFE).....	33
Figura 8 – Representação estrutural da unidade polimérica do tereftalato de polietileno (PET).....	34
Figura 9 – Representação estrutural do 17- β -estradiol e do Bisfenol A (BPA).	35
Figura 10 – Fotografias de resíduos urbanos na Sede do município de Redenção - CE.	40
Figura 11 – Fotografias de resíduos urbanos na Sede de Redenção - CE.....	41
Figura 12 – Entrada do Lixão Municipal, situado na área rural de Redenção.	42
Figura 13 – Fotografias de resíduos e esgoto a céu aberto em Redenção - CE.....	43
Figura 14 – Entrada da EEMTI Brunilo Jacó e um pouco de sua parte interna.	45
Figura 15 – Kit de modelo molecular Molecular Visions™, utilizado para a montagem de estruturas tridimensionais de compostos orgânicos, inorgânicos e organometálicos, auxiliando na visualização de geometrias moleculares e tipos de ligações químicas.	49
Figura 16 – Procedimento experimental da produção de bioplástico caseiro.....	52
Figura 17 – Bioplástico caseiro de amido de milho.....	52
Figura 18 – Fluxograma da integração entre teoria e prática na sequência didática.	56
Figura 19 – Fotografias da aula expositiva-dialogada sobre polímeros – primeiro encontro.	58
Figura 20 – Fotografias da ação comunitária dentro da escola – segundo encontro.	59

Figura 21 – Alunos utilizando o kit molecular 3D para construção de moléculas orgânicas.....	62
Figura 22 – Estudantes montando as estruturas 3D dos monômeros de polietileno (PE) e polipropileno (PP) com o modelo de kit molecular.....	62
Figura 23 – Estrutura dos monômeros do ácido polilático (PLA) e politereftalato de etileno (PET).	63
Figura 24 – Aluna observando o bioplástico caseiro produzido a partir do amido e glicerina.....	63
Figura 25 – Confeção na impressora 3D e modelo molecular, respectivamente.	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Constituição dos principais polímeros plásticos de utilização doméstica e industrial.....	29
Quadro 2 – Constituição dos principais tecidos sintéticos	30
Quadro 3 – Constituição das principais tintas sintéticas plásticas de uso doméstico e industrial.....	31
Quadro 4 – Materiais e Recursos por Etapa Metodológica.....	46
Quadro 5 – Cronograma da aplicação da metodologia.....	53

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

BPA – Bisfenol A

DCRC – Documento Curricular Referencial do Ceará

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PE – Polietileno

PET – Tereftalato de polietileno

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PP – Polipropileno

PTFE – Politetrafluoretileno

ZDP – Zona de Desenvolvimento Próxima

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	JUSTIFICATIVA	18
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
3.1	Química Verde.....	20
3.2	Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS).....	22
3.3	Impactos dos Resíduos Sólidos no Meio Ambiente	24
3.4	Composição Química dos Microplásticos: Principais Polímeros e Impactos do PET.....	28
3.5	Principais Polímeros e Suas Propriedades	29
3.5.1	Polipropileno (PP).....	32
3.5.2	Poliétileno (PE).....	32
3.5.3	Politetrafluoretileno (PTFE)	33
3.5.4	Tereftalato de polietileno (PET)	34
3.6	Gestão de Resíduos Sólidos e Políticas Públicas	36
3.7	Abordagem Mediante os Currículos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).....	37
3.8	A Realidade dos Resíduos no Município de Redenção - CE.....	40
3.9	Infraestrutura Deficiente e Saneamento Básico em Redenção - CE	42
4	OBJETIVOS	44
4.1	Objetivo Geral	44
4.2	Objetivos Específicos	44
5	METODOLOGIA.....	45
5.1	Contextualização e Público Alvo	45
5.2	Materiais Didáticos e Recursos Utilizados	46

5.3	Estratégias e Etapas Metodológicas	47
5.3.1	Diagnóstico Inicial e sensibilização	47
5.3.2	Aulas teórico-práticas: polímeros, química verde e modelagem molecular ..	47
5.3.3	Projetos de conscientização e ação comunitária	50
5.3.4	Oficina experimental – produção de bioplástico	51
5.3.5	Avaliação e encerramento	53
5.4	Cronograma de Atividades	53
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
6.1	Primeiro Encontro	57
6.2	Segundo Encontro.....	59
6.3	Terceiro Encontro	61
6.4	Quarto Encontro	64
7	CONCLUSÃO.....	68
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS e PERSPECTIVAS	69
	REFERÊNCIAS.....	71
	APÊNDICE A — QUESTIONÁRIO: POLÍMEROS, PLÁSTICOS E CONSCIÊNCIA AMBIENTAL	73
	APÊNDICE B — PLANO DE AULA SOBRE POLÍMEROS.....	74
	APÊNDICE C — PLANO DE AULA SOBRE BIOPLÁSTICOS.....	75
	ANEXO A — SOLICITAÇÃO DE REALIZAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.....	76
	ANEXO B — TERMO DE CESSÃO - DIREITO DE USO DE IMAGEM	77

1 INTRODUÇÃO

A problemática dos resíduos sólidos é um dos maiores desafios ambientais da atualidade. O crescimento populacional e a intensificação do consumo levaram a um aumento expressivo na geração de resíduos, cuja destinação feita de forma inadequada resulta em impactos ambientais severos, como a poluição do solo, dos corpos hídricos e da atmosfera. Além disso, o acúmulo de resíduos não gerenciados adequadamente contribui para a disseminação de doenças, afetando diretamente a população humana, sendo uma problemática real de saúde pública. Neste contexto, a educação de qualidade assume um papel central, principalmente na questão ambiental, pois possibilita a formação de cidadãos críticos e responsáveis, capazes de compreender os impactos de suas ações e que possam adotar práticas racionais e sustentáveis, melhorando o bem-estar social.

A Química, como ciência que estuda a matéria e suas transformações, tem um papel essencial de propagar o conhecimento adequado e auxiliar na compreensão dos processos químicos envolvidos na degradação dos resíduos sólidos, bem como na reciclagem e no desenvolvimento e inovação de tecnologias mais sustentáveis. A Educação em Química Ambiental e Verde surge, então, como uma ferramenta indispensável para abordar essas questões, permitindo que estudantes e a sociedade em geral adquiram a informação necessária sobre os impactos químicos do descarte inadequado e percebam a importância de reduzir, reutilizar e reciclar para se reinventar.

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente é a poluição causada pelos microplásticos, que se tornaram uma ameaça silenciosa aos ecossistemas aquáticos e terrestres. Esses fragmentos de plástico, invisíveis a olho nu, são resultado da degradação que em sua grande maioria advém de plásticos sintéticos como por exemplo, o tereftalato de polietileno (PET), que têm sido encontrados em diferentes ambientes. A fragmentação do plástico leva a maior disseminação por vias áreas e aquáticas, contaminando toda cadeia trófica. Estudos apontam que os microplásticos já estão presentes na cadeia alimentar, sendo consumidos por organismos marinhos e, conseqüentemente, por seres humanos. Esse cenário evidencia a necessidade urgente de medidas educativas e políticas públicas eficazes para minimizar o descarte irresponsável de plásticos e outros resíduos.

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) estabelece diretrizes para o gerenciamento adequado dos resíduos, incentivando a reciclagem, a compostagem e a destinação correta dos rejeitos. No entanto, a efetividade dessas diretrizes depende diretamente da conscientização da população e da adoção de práticas sustentáveis tanto por parte dos cidadãos, indústrias e do poder público. Sem um processo educativo de qualidade que enfatize a importância do descarte correto e da redução da geração de resíduos, essas políticas se tornam pouco efetivas.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo discutir a Educação em Química Ambiental como ferramenta fundamental para a promoção de práticas sustentáveis de descarte e manejo de resíduos sólidos. Além de apresentar conceitos essenciais da Química envolvidos na degradação e transformação dos materiais, pretende-se destacar como o conhecimento científico pode ser aplicado para minimizar os impactos ambientais e estimular mudanças comportamentais na sociedade através da inovação e sustentabilidade. O estudo propõe, ainda, a reflexão sobre a responsabilidade compartilhada entre governo, setor produtivo e cidadãos na busca por soluções eficazes para o problema dos resíduos sólidos.

Por meio deste trabalho, busca-se contribuir para o entendimento da importância da educação ambiental aliada ao ensino de Química, demonstrando como uma abordagem teórico-prática em sala de aula, alinhada à experimentação e ação comunitária, podem estimular a formação de cidadãos autônomos, mais conscientes e engajados na construção de um futuro sustentável.

A discussão contemporânea sobre **educação de qualidade** impõe uma reflexão que transcenda indicadores meramente quantitativos ou a simples transmissão de conteúdo. Qualidade, neste contexto, ancora-se na capacidade da prática educativa em fomentar o desenvolvimento integral do ser humano, cultivando a autonomia intelectual, a criticidade e a habilidade de intervir de forma consciente e transformadora na realidade social. Para iluminar esta complexa empreitada, o presente estudo dialoga com as contribuições de **Paulo Freire**, **Jean Piaget**, **Lev Vygotsky** e **John Dewey**. Suas obras, embora multifacetadas, convergem para uma visão de educação onde o educando é protagonista ativo de sua aprendizagem, a interação social é valorizada como motor do desenvolvimento, e a reflexão crítica se

estabelece como ferramenta indispensável para a construção de um saber significativo e emancipador.

A análise de diversas estratégias educacionais e políticas públicas permitirá identificar caminhos viáveis para a redução dos impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de resíduos plásticos, reforçando a necessidade de uma mudança de paradigma na relação entre consumo, produção e gestão de resíduos.

Diante dessa problemática, torna-se evidente a urgência em destinar corretamente os resíduos para a reciclagem, bem como em adotar práticas educativas sustentáveis capazes de mitigar os impactos ambientais. A ciência busca respostas sobre as consequências do descarte inadequado de materiais, cujos efeitos negativos já começam a se manifestar. Surge, então, uma indagação que também é um apelo: ainda há tempo para mudar nossos hábitos e construir um futuro melhor?

2 JUSTIFICATIVA

A escolha deste tema justifica-se pela urgência de repensar os modelos de produção e consumo vigentes, os quais têm gerado um volume crescente de resíduos plásticos que, quando descartados de forma inadequada, comprometem o equilíbrio dos ecossistemas e a saúde humana. A problemática dos resíduos plásticos não se restringe à poluição visual ou à degradação ambiental; ela também está intrinsecamente ligada à escassez de recursos não renováveis, à sobrecarga dos sistemas públicos de saneamento e à necessidade de um comportamento mais responsável por parte da população.

A Educação em Química Ambiental e Verde é fundamental para a promoção de uma mudança de paradigma, pois possibilita a compreensão dos processos químicos envolvidos na degradação dos materiais e na formação dos microplásticos. Por meio do conhecimento científico, os indivíduos podem identificar a importância da prevenção de descarte inadequado e da reciclagem, reconhecendo que o descarte inadequado dos resíduos repercute diretamente na saúde pública, ao possibilitar a contaminação dos solos, águas e, conseqüentemente, dos alimentos consumidos diariamente.

Ademais, a implementação de políticas públicas voltadas para a gestão dos resíduos sólidos – inspiradas em diretrizes como as da Lei nº 12.305/2010 – exige uma participação ativa da sociedade, do setor privado e do governo. A conscientização, aliada a uma educação de qualidade, é um caminho eficaz para que essa integração ocorra, transformando o descarte de resíduos em um processo sustentável e benéfico para todos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A condução da revisão de literatura que fundamenta esta monografia buscou inspiração nos princípios epistemológicos e pedagógicos dos educadores aqui estudados. Adotou-se uma postura **freireana** na seleção das fontes, procurando vozes diversas e questionando criticamente possíveis vieses. A análise crítica do material literário, sob uma lente **piagetiana**, envolveu uma abertura para 'acomodar' os próprios esquemas conceituais. Os textos acadêmicos foram compreendidos, à maneira de **Vygotsky**, como 'ferramentas' culturais que medeiam a relação do pesquisador com o conhecimento. Finalmente, em consonância com **John Dewey**, aplicou-se o pensamento reflexivo na avaliação da validade dos argumentos e na busca por uma 'reconstrução da experiência' que aumentasse o sentido do conhecimento sobre o tema. "Ensinar exige pesquisa. Não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino" (Freire, 1996).

A contribuição de **Paulo Freire** para a edificação de uma **educação de qualidade** reside, fundamentalmente, em sua defesa de uma prática pedagógica que seja intrinsecamente dialógica, crítica e libertadora. Para Freire, a qualidade educativa se manifesta na superação da 'educação bancária' – onde o conhecimento é passivamente 'depositado' nos educandos – em favor de uma educação que promova a 'conscientização'. Este processo, que une 'reflexão e ação dos homens sobre o mundo para transformá-lo', é essencial para que os alunos se tornem sujeitos de sua própria história. "Não há conscientização fora da práxis, fora da unidade teórica-prática, reflexão-ação" (Freire, 1997).

A perspectiva construtivista de **Jean Piaget** oferece subsídios valiosos para a compreensão de uma **educação de qualidade**, ao enfatizar que o conhecimento não é uma cópia da realidade, mas uma construção ativa do sujeito em interação com o meio. Uma prática educativa de qualidade, portanto, deve ir além da mera transmissão de informações, criando ambientes que favoreçam a pesquisa espontânea e a reinvenção do saber pelo aluno. Como o próprio Piaget defende, é

crucial que **'toda verdade a ser adquirida seja reinventada pelo aluno, ou pelo menos reconstruída e não simplesmente transmitida'** (Piaget, 2010, p.15).

A teoria sociocultural de **Lev Vygotsky** ilumina a busca por uma **educação de qualidade** ao destacar o papel crucial da interação social e da mediação cultural no desenvolvimento das funções psicológicas superiores. Para Vygotsky, a aprendizagem impulsiona o desenvolvimento, especialmente quando ocorre na 'Zona de Desenvolvimento Proximal' (ZDP) – a distância entre o que o aluno realiza autonomamente e o que é capaz de fazer com o auxílio de outros mais experientes. Vygotsky define a ZDP como:

[...] a distância entre o nível de desenvolvimento real de uma criança, determinado pela solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado pela solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes (Vygotsky, 1991).

A filosofia pragmatista de **John Dewey** contribui decisivamente para a concepção de uma **educação de qualidade** ao postular que a aprendizagem é mais eficaz quando enraizada na experiência e na ação – o "aprender fazendo" (Dewey, 1979). Para Dewey, a educação não é uma mera preparação para a vida, mas um processo contínuo de "reconstrução ou reorganização da experiência" que amplia seu significado e a capacidade de guiar vivências futuras.

3.1 QUÍMICA VERDE

Segundo Anastas e Warner (1998, p. 30), "a Química Verde (QV) é uma abordagem que visa a prevenção da poluição e a minimização do impacto ambiental por meio da concepção de produtos e processos químicos que reduzem ou eliminam o uso e a geração de substâncias perigosas". Esse conceito acaba surgindo mediante uma resposta à produção industrial atrelada com a preservação ambiental, e que busca minimizar o impacto ecológico, que venha decorrente da produção em grande escala e/ou a longo prazo. Na **Figura 1**, são apresentados os princípios da Química Verde, propostos em 1998 no livro "*Green Chemistry: Theory and Practice*" (tradução: Química Verde: Teoria e Prática), por John C. Warner e Paul T. Anastas.

Figura 1 – 12 Princípios da Química Verde propostos por John C. Warner e Paul T. Anastas.



Fonte: Carlos Alberto Da Silva Júnior (2022).

Dentre os 12 princípios da Química Verde, destacam-se:

- **Prevenção de resíduos:** É melhor evitar a geração de resíduos do que tratá-los ou descartá-los.
- **Uso de materiais renováveis:** Sempre que possível, utilizar recursos renováveis em vez de recursos não renováveis.
- **Eliminação de substâncias tóxicas:** Desenvolver produtos que não sejam tóxicos para a saúde humana e ambiental.

Nesse contexto, a educação ambiental visa proporcionar e educar os indivíduos para que suas ações habituais e cuidado com o ambiente sejam sustentáveis e que venha a reduzir e/ou mitigar com ações humanas prejudiciais à natureza e aos seus recursos naturais. Um exemplo notável da aplicação desses princípios é a reciclagem química, que busca reverter o processo de fabricação dos polímeros para recuperar suas matérias-primas originais, como explica o pesquisador Sandro Mancini:

Em vez de os derivados de petróleo serem polimerizados para formação do plástico, utilizamos reações de despolimerização para obter os derivados de petróleo como o ácido tereftálico. É um novo sistema de obtenção de derivados de petróleo (Ereno, 2008, p. 84).

Esse impacto, mesmo que pequeno, gera uma mobilização comunitária a partir de um indivíduo que irá passar a aprender com o outro fazendo com que uma 'teia educadora' se crie para que assim uma população com pensamento crítico e futuramente se tornarão cidadãos com a devida conscientização socioambiental. "A vida é um processo de teia, que deve ser compreendida em suas inter-relações" (Capra, 1996, p. 36).

O Ensino em Química Verde (EQV), perpetua-se em todas as modalidades da educação, conscientizando e capacitando indivíduos e comunidades sobre a questão ambiental, além do passo que promove uma mudança de comportamento social e pensamento crítico. "A educação ambiental baseada na química verde, deve ser entendida como um processo de construção de saberes que permitam a apropriação crítica da realidade e a reflexão sobre as práticas sociais que a transformam" (Leff, 2001, p. 18).

3.2 OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEIS (ODS)

A educação em QV está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015. As ODS representam uma agenda global em parceria com os 193 países-membros, com as perspectivas de desenvolver um futuro sustentável em suas dimensões econômicas, ambiental e social até o ano de 2030. A abordagem tridimensional da sustentabilidade nos ODS dialoga diretamente com o influente conceito do '*Triple Bottom Line*' (TBL) – frequentemente traduzido como o **Tripé da Sustentabilidade**: Pessoas, Planeta e Lucro (ou Prosperidade). Este conceito foi formulado por John Elkington (1997), figura pioneira e amplamente reconhecida como o 'pai da sustentabilidade' e do desenvolvimento sustentável. Elkington (1997) argumentou que a verdadeira sustentabilidade só pode ser alcançada quando as organizações e a sociedade como um todo buscam um desempenho equilibrado e

sinérgico entre o bem-estar social (Pessoas), a proteção ambiental (Planeta) e a viabilidade econômica (Lucro/Prosperidade), pilares esses que são fundamentalmente relevantes para a temática desta monografia, que aborda práticas sustentáveis para o descarte adequado de resíduos. A visão de Elkington ajudou a moldar a compreensão moderna de que esses três pilares são interdependentes e cruciais para um desenvolvimento duradouro. As ODS são compostas por um total de 17 objetivos e 169 metas, a Agenda 2030 visa enfrentar problemas como a pobreza, a desigualdade, as mudanças climáticas e a degradação ambiental. Dentre os princípios fundamentais dessa agenda, a educação se desenvolve, contudo, como um motor fundamental de transformação e de capacitação para que alcance os demais objetivos. A educação é um pilar essencial para capacitar os jovens a enfrentarem os desafios climáticos e ambientais (UNICEF Brasil, 2024). A educação, nesse contexto, visa capacitar os indivíduos e, principalmente, a comunidade para tomarem decisões conscientes e responsáveis em relação ao ambiente e a sociedade.

Na **Figura 2**, são apresentados os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, conforme prevista pela ONU.

Figura 2 – 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela Cúpula da ONU 2015



Fonte: Nações Unidas Brasil (2024).

Dentre os ODS, a ODS 4 será pautada como ação focal nesse trabalho, que trata da Educação de Qualidade, destacando-se como um pilar fundamental de

transformação, buscando garantir que todos alcancem o acesso a uma educação inclusiva, equitativa e principalmente de qualidade. No contexto da educação ambiental, o ODS 4 nos apresenta a promoção de uma educação que sensibilize os indivíduos a adotar práticas sustentáveis, respeitar os limites do ambiente e contribuir para a construção de um futuro próspero mais engajado, justo e equilibrado. Assim, a integração das temáticas socioambientais, como a Química Verde, dentro do currículo escolar se tornando, assim, uma ferramenta de incentivo na educação básica voltada para o desenvolvimento de habilidades aplicadas a práticas sustentáveis.

Essa Educação de Qualidade (ODS 4) é potencializada ao se abordar também temas do ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), que tratam de aspectos como o consumo consciente, a mitigação da poluição, além do passo que surge a ideia da reutilização e gestão desses resíduos. Diante da ODS 11, o ensino de química permite que os indivíduos compreendam os impactos do consumo irresponsável e da má gestão de resíduos, incentivando práticas de redução, reciclagem e reaproveitamento dos materiais, essenciais para o desenvolvimento de comunidades sustentáveis. Já no que diz respeito ao ODS 13, o conhecimento químico é essencial para entender como os poluentes afetam o meio ambiente e é permitida a liberdade para explorar alternativas que minimizem o impacto climático, como o desenvolvimento de materiais menos poluentes e processos químicos mais seguros.

Dentro do espectro da ODS 4, podemos alinhar como o ensino de química contribui para uma melhor compreensão de fenômenos naturais e as suas interações com materiais sintéticos. A relação entre química e sustentabilidade é essencial para compreender os impactos ambientais, e assim, promover práticas mais seguras no uso de materiais, como plásticos e outros poluentes.

3.3 IMPACTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MEIO AMBIENTE

O descarte inadequado de resíduos plásticos tem se tornado um dos principais causadores de poluição em rios e oceanos, resultando em grandes áreas de acúmulo de lixo no mar e comprometendo ecossistemas inteiros (A ROTA [...], 2022a). Esse conhecimento é crucial e deve ser disseminado, não somente para o

entendimento de origens e seus efeitos no meio ambiente, mas também surge a necessidade de propor alternativas que desempenhem uma ação focada na sustentabilidade.

A produção de plásticos obteve um aumento significativo nas últimas décadas, em paralelo ao consumo excessivo e descarte inadequado, que transformou o plástico em um dos maiores poluentes globais. Aproximadamente 3,44 milhões de toneladas de resíduos de plástico são despejadas anualmente no mar, agravando e muito a situação dos oceanos (BRASIL lança 3,44 milhões de toneladas de lixo plástico no mar por ano, 2022b). Ressaltando que muitos desses resíduos plásticos advêm do interior do país, esses materiais fazem uma rota de transporte que transitam pelos rios até chegar nos mares.

Alencar *et al.*(2022) identifica, “[...] a região Norte do Brasil como uma das principais fontes de resíduos plásticos descartados no ambiente.” atribuindo isso à falta de centrais de reciclagem e à vasta rede hidrográfica da região. Além disso, a pesquisa aponta que a região sudeste lidera em volume de lixo despejado, devido principalmente à alta densidade populacional.

Diante desse fato, é inegável que os resíduos provenientes dos plásticos que transitam até chegar aos oceanos, não somente são poluentes e que além disso, são causadores de diversas problemáticas no ecossistema marinho.

A ingestão de plásticos por organismos marinhos filtradores e seu papel como bioindicadores são destacados pelo biólogo Alexander Turra, pesquisador do Instituto Oceanográfico da USP. Ele explica que:

Esses animais são filtradores. Eles têm um órgão chamado brânquia, que funciona como uma rede que filtra a água do mar para eles comerem o que tem ali. Acabam consumindo o plástico e o material fica em seu interior por um período de tempo. Podemos usar isso como um indicativo indireto do que há no ambiente (Jones, 2022, p. 58).

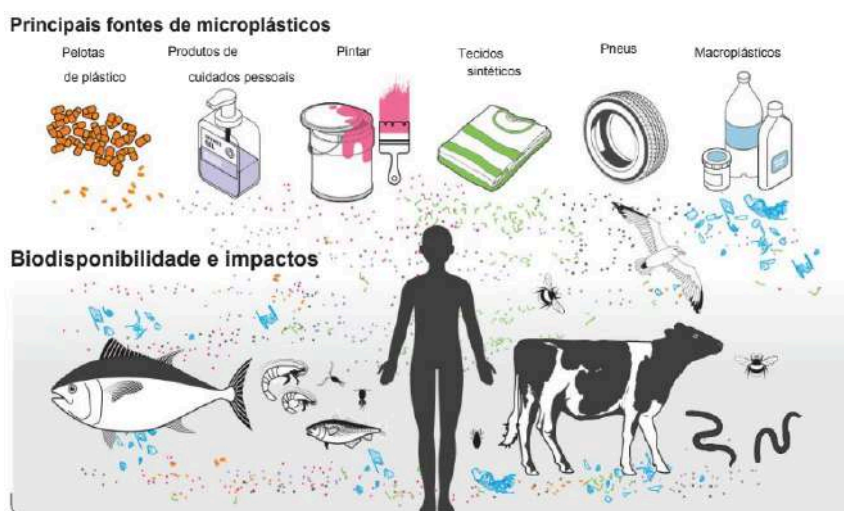
Essa perspectiva ressalta a interconexão entre a poluição plástica e a saúde dos ecossistemas marinhos. A partir de resíduos plásticos descartado no ambiente, emerge um novo tipo de resíduo: os microplásticos. (Foley et al., 2018 *apud* THOMPSON et al., 2024) descreve os microplásticos como sendo partículas menores de 5 mm que são resultado da fragmentação de resíduos plásticos

encontrados em ecossistemas diversos. Como uma ameaça invisível, mas constante, esses resíduos são provenientes do descarte inadequado de plásticos que acabam sendo fragmentados por fatores físicos e químicos, como a ação do sol e movimento das águas.

A **Figura 3** ilustra a problemática acerca da disseminação dos microplásticos. (Foley et al., 2018 *apud* THOMPSON et al., 2024) enfatizam que, “Os microplásticos influenciam negativamente nos organismos aquáticos, como na alimentação, o seu crescimento, reprodução e principalmente na sua sobrevivência [...]”. Embora os efeitos sejam um tanto variáveis, podemos observar amplamente que a exposição contínua desses organismos marinhos aos microplásticos, influenciam na redução de ingestão de alimentos naturais, afetando de maneira adversa os níveis mais altos da cadeia alimentar, por assim comprometendo a biodiversidade aquática. A transferência desses contaminantes não é apenas uma hipótese, mas um fenômeno já documentado na fauna brasileira, como demonstra a pesquisa do ecólogo marinho Mário Barletta, da UFPE:

Encontramos uma presa muito bem preservada no interior do peixe e, ao abrir essa presa, havia microplástico. Esse achado sugere que os predadores de topo, como os robalos e as pescadas, estão se contaminando não apenas com o microplástico do ambiente, mas também com as presas deles, de outros peixes, que já estão contaminados. É algo muito mais sério (Jones, 2022, p. 58)

Figura 3 – Poluição por microplásticos: fontes, impactos e ações.

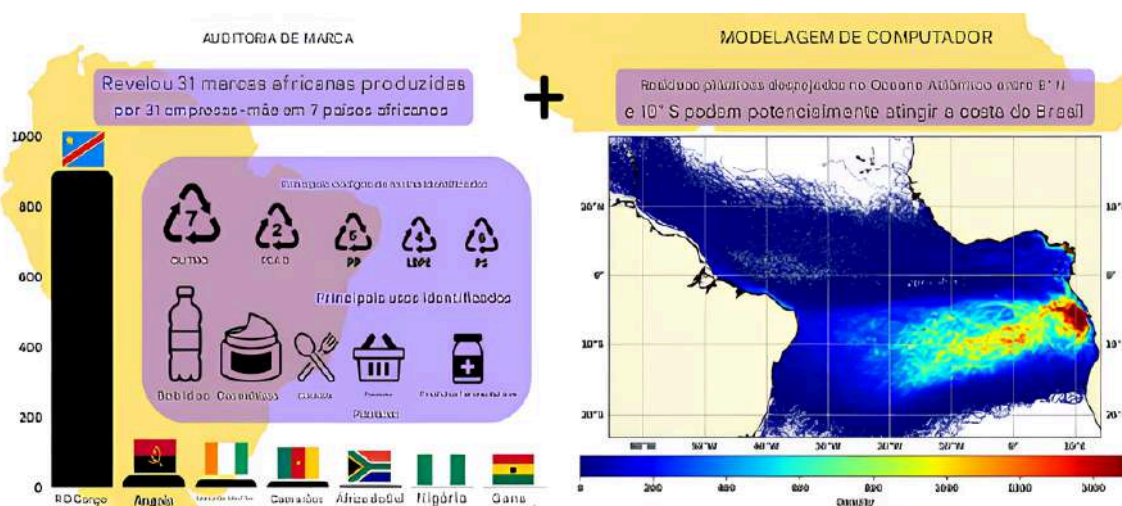


Fonte: Adaptado de Thompson (2024).

Os microplásticos não somente acumulam-se no corpo desses organismos marinhos, mas também apresentam um processo de bioacumulação ao longo da cadeia alimentar. Segundo Thompson *et al.* (2024), “[...] esses resíduos podem vir a se acumular nos tecidos de organismos marinhos, como peixe e crustáceos, que por sua vez são consumidos por predadores maiores, que inclusive incluem espécies de interesse comercial”. Esse processo de bioacumulação não só afeta a fauna marinha, mas carrega riscos para os seres humanos, que fazem a ingestão desses microplásticos de maneira indireta ao consumir frutos do mar contaminados. “[...] microplásticos afetam diretamente a fauna e flora marinha” (Thompson *et al.* 2024), causando assim um desequilíbrio ecológico e por consequência afetando a cadeia trófica, uma vez que de forma prolongada os efeitos negativos se tornam irreversíveis para todo o ecossistema.

Na **Figura 4**, podemos perceber a problemática em torno dos resíduos plásticos, bem como sua origem. De fato, os resíduos sólidos encontrados nas costas e zonas litorâneas devem ser considerados como prática inadequada pela população, como turistas ao passo que, é questionável se não foram transportados de outros países através de rotas marítimas, como indica a figura abaixo.

Figura 4 – Origem dos Resíduos Plásticos Encontrados no Litoral do Ceará (2022)



Fonte: Adaptado Oliveira et al. (2024)

A problemática se estende também localmente, onde banhistas constataram produtos residuais nas costas cearenses, itens não comercializados no país, segundo uma investigação feita por pesquisadores do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará. Os pesquisadores reportaram no periódico internacional *Science of the Total Environment* (2024), que foram recolhidos de forma manual 1.062 itens provenientes do plástico, totalizando 9,7 quilos de resíduos em novembro de 2022.

O estudo teve como objetivo identificar as empresa-mãe de onde os resíduos seriam provenientes, e os resultados confirmaram que 78,5% do material recolhido era oriundo de países do continente africano, 15,7% do Brasil e 5,8% de outras nações, evidenciando assim que, a grande maioria desses resíduos são transportados por correntes marítimas transcontinentais. Contudo, ainda não se pode afirmar com exatidão se o descarte inapropriado foi feito pela indústria ou por consumidores finais. O mapa apresentado na **Figura 4** ilustra a distribuição geográfica desses resíduos, evidenciando o papel das correntes marítimas transcontinentais no transporte de plásticos e a complexidade da poluição marinha como um problema global e intercontinental.

3.4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS MICROPLÁSTICOS: PRINCIPAIS POLÍMEROS E IMPACTOS DO PET

Como já abordado por Foley *et al.* (2018), os microplásticos são resíduos com tamanho igual ou inferior a 5 mm, que provêm dos macroplásticos, como garrafa e sacolas ou, até mesmo, são fabricados desse tamanho como no caso da indústria têxtil em roupas e tecidos, além da indústria de cosméticos, como em maquiagens e produtos de beleza. Compostos por uma ampla variedade de polímeros, esses materiais acabam influenciando o tipo de interação e comportamento relacionado à toxicidade e permanência no ambiente. Os polímeros mais comuns observados incluem: polipropileno (PP), polietileno (PE), politetrafluoretileno (PTFE) e polietileno tereftalato (PET), destaque para esse último, devido ao seu amplo uso pela indústria e seus efeitos adversos significativos para o meio ambiente e saúde humana.

Na Conferência do Oceano, promovida pela ONU no fim de junho em Lisboa, a poluição marinha por plástico ganhou destaque. Especialistas ressaltaram a sua ligação com as mudanças climáticas, já que 4,5% das emissões de carbono estão relacionadas à produção e ao descarte de material polimérico – por exemplo, como resultado da lenta decomposição química do lixo despejado no mar (A ROTA [...], 2022a, p. 57).

Percebemos que as interações através de reações químicas desses polímeros afetam não somente o ecossistema terrestre e aquático, mas que de forma indireta contribuem para a mudança climática, através de emissões de carbono, que por sua vez, ocasiona o agravamento do aquecimento global, levando a consequências severas, irreversíveis e de preocupação global para o presente e principalmente futuramente para as novas gerações.

3.5 PRINCIPAIS POLÍMEROS E SUAS PROPRIEDADES

A seguir são apresentados os principais polímeros sintéticos encontrados na constituição de plásticos, tintas e tecidos. Os polímeros constituintes de plásticos são produzidos a partir de monômeros hidrocarbonetos obtidos da nafta petroquímica, proveniente do refino do petróleo. No **Quadro 1** são resumidos os principais polímeros sintéticos e exemplificação das principais aplicações comerciais.

Quadro 1 – Constituição dos principais polímeros plásticos de utilização doméstica e industrial.

Polímero (Sigla)	Nome Completo	Monômero	Estrutura Molecular do fragmento monômero	Principais Aplicações
PEAD / PEBD (PE)	Polietileno	Eteno (etileno)	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	Sacolas, embalagens, garrafas, tubulações
PP	Polipropileno	Propeno (propileno)	$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-$	Tampas, embalagens, seringas, autopeças
PVC	Policloreto de Vinila	Cloreto de vinila	$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{Cl})-$	Tubos, cabos elétricos, revestimentos, pisos

PS / EPS	Poliestireno / Isopor	Estireno	$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-$ -	Copos descartáveis, embalagens, isolamento térmico
PET	Poliétileno Tereftalato	Ácido tereftálico + etilenoglicol	$-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-$ $-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-$	Garrafas, tecidos (fibras), embalagens de alimentos
PA	Poliamida (ex: Nylon 6,6)	Hexametilenodiamina + ácido adípico	$-\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}-$ $-\text{CO}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-$ -	Roupas, engrenagens, peças técnicas
PC	Polycarbonato	Bisfenol A + fosgênio	$-\text{O}-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{O}-$ $\text{CO}-$	Lentes, CDs, escudos, vidros inquebráveis
PU	Poliuretano	Diisocianato + poliálcool	$-\text{NH}-\text{CO}-\text{O}-\text{R}-$ $\text{O}-\text{CO}-\text{NH}-$	Espumas, colchões, solados, isolamentos
PMMA	Polimetilmetacrilato (Acrílico)	Metilmetacrilato	$-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{COOCH}_3)-$	Vitrines, displays, placas de sinalização
POM	Poliacetil	Formaldeído	$-\text{CH}_2-\text{O}-$	Engrenagens, peças de precisão, conectores

Fonte: Autoria própria (2025).

Além de embalagens e peças plásticas duras utilizadas na prototipagem, uma grande quantidade de tecidos são constituídos por fibras sintéticas originadas de polímeros que vêm do petróleo, como o poliéster, nylon, acrílico, elastano (*Lycra*[®]) são todas. O **Quadro 2** resume as principais fibras sintéticas e constituintes poliméricos plásticos e exemplos de uso em produtos comerciais têxteis.

Quadro 2 – Constituição dos principais tecidos sintéticos.

Tecido Sintético	Polímero Base	Principais Usos
Poliéster (PES)	Poliétileno tereftalato (PET)	Roupas, estofados, cortinas, mochilas
Nylon (PA)	Poliamida	Roupas esportivas, meias, lingerie, paraquedas
Acrílico (PAN)	Poliacrilonitrila	Lã sintética, cobertores, casacos, estofados
Elastano (Spandex / <i>Lycra</i> [®])	Poliuretano (PU)	Roupas justas, esportivas, roupas íntimas
PVC (tecido revestido)	Policloreto de vinila	Tecido impermeável, capas de chuva, estofamento náutico

Polipropileno (PP)	Polipropileno	Tecidos não tecidos (máscaras, sacolas retornáveis)
--------------------	---------------	---

Fonte: Autoria própria (2025).

Outra grande fonte de plásticos encontra-se em tintas utilizadas em uma diversidade de revestimentos. As resinas utilizadas em tintas (como acrílica, poliuretânica, epóxi, alquídica) também são produzidas com base em polímeros derivados do petróleo. Mesmo os solventes usados nas tintas (como aguarrás, tolueno, xileno) também são derivados da indústria petroquímica.

Vale ressaltar a origem não-renovável de todos os polímeros que dão origem aos diversos tipos de materiais plásticos utilizados pela sociedade humana (Quadros 1-3) e que são os principais constituintes dos resíduos sólidos que poluem o meio ambiente. Essa origem não-renovável demonstra a insustentabilidade do uso desse tipo de material. Para uma maior compressão do problema ambiental causado por resíduos plásticos, no (**Quadro 3**), serão discutidos os principais polímeros plásticos industriais que estão presentes em descartes domésticos do dia a dia que dão origem à microplásticos.

Quadro 3 – Constituição das principais tintas sintéticas plásticas de uso doméstico e industrial.

Tipo de Tinta	Base / Composição Principal	Estrutura Molecular	Aplicações Comuns
Tinta Acrílica	Resina acrílica (derivada do PMMA)	$-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{COOCH}_3)-$ -	Paredes internas/externas, fachadas, artes plásticas
Tinta Látex PVA	Resina PVA (acetato de polivinila)	$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OCOCH}_3)-$ ou $-\text{CH}_2-\text{CHOH}-$	Ambientes internos, paredes de alvenaria
Tinta Epóxi	Resina epóxi (termofixa)	$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{O})-$	Pisos industriais, hospitais, cozinhas
Tinta Poliuretano	Resina de poliuretano (PU)	$-\text{NH}-\text{CO}-\text{O}-\text{R}-$	Automóveis, metais, plásticos, uso industrial
Tinta Esmalte Sintético	Derivada de alquídicos (óleo modificado com resina)	$-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-\text{CH}_2-\text{C}$ $\text{HOH}-\text{CH}_2\text{O}-$	Portas, janelas, móveis de madeira ou metal
Tinta Automotiva	Poliuretano, acrílico ou nitrocelulose	PU ($-\text{NH}-\text{CO}-\text{O}-$), PMMA ($-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)(\text{COOCH}_3)-$), etc.	Pintura automotiva e retoques
Tinta Vinílica	Derivada de resinas de PVC	$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{Cl})-$	Uso industrial e artístico (menos comum que acrílica)

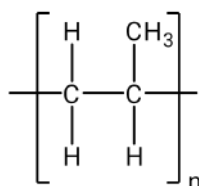
Fonte: Autoria própria (2025).

3.5.1 Polipropileno (PP)

O polipropileno (PP), (**Figura 5**), é um polímero de baixa densidade amplamente utilizado em produtos descartáveis, como em embalagens para itens de higiene e medicamentos em decorrência de sua elevada resistência mecânica e relativa inércia química. Sua baixa densidade relativa, permite flutuar e ser transportado em corpos hídricos, o que aumenta sua dispersão dentro desses ambientes aquáticos.

(Kögel et al., 2020 *apud* THOMPSON et al., 2024) ressaltam que embora menos denso e mais resistente à degradação química, o PP apresenta uma alta capacidade de adsorção de poluentes orgânicos persistentes, como os pesticidas e hidrocarbonetos. Os poluentes comportam-se aderindo à superfície do PP, que posteriormente são ingeridos por seres vivos marinhos, contribuindo para bioacumulação de substâncias tóxicas na cadeia alimentar.

Figura 5 – Representação estrutural da unidade polimérica do polipropileno (PP).

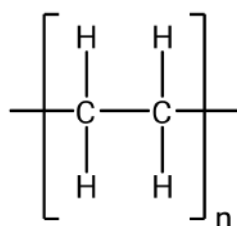


Fonte: Autoria própria (2025).

3.5.2 Polietileno (PE)

O polímero mais produzido globalmente, o polietileno (PE), (**Figura 6**) é encontrado em sacolas plásticas e embalagens de produtos alimentícios, sua durabilidade, resistência e sua forte resistência a degradação o tornam um problema em evidência no ambiente marinho, onde é transportado por longas distâncias através de correntes marítimas.

Figura 6 – Representação estrutural da unidade polimérica do polietileno (PE)



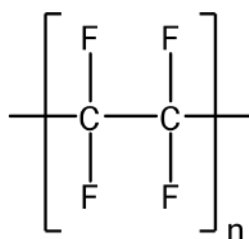
Fonte: Autoria própria (2025).

Thompson *et al.* (2024) evidencia que o PE, é amplamente encontrado nos oceanos devido a sua leveza e alta produção em escala global. Este polímero, ao acumular contaminantes como metais pesados e pesticidas, potencializa os efeitos tóxicos nos organismos marinhos e apresenta riscos, assim favorecendo a bioacumulação ao longo de sua cadeia alimentar.

3.5.3 Politetrafluoretileno (PTFE)

Popularmente conhecido como teflon, o PTFE (**Figura 7**) é usado primordialmente em revestimentos industriais e, também, antiaderentes, devido à sua alta resistência térmica e química, porém essa degradação lenta, o torna também um problema no ambiente, o que pode persistir por décadas.

Figura 7 – Representação estrutural da unidade polimérica do politetrafluoretileno (PTFE).



Fonte: Autoria própria (2025).

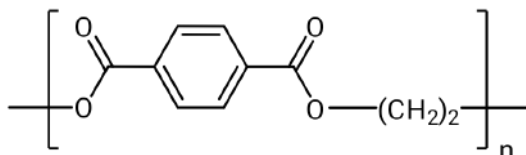
Conforme (Foley et al., 2018 *apud* THOMPSON et al., 2024), o PTFE apesar de ser altamente resistente à degradação, pode acabar liberando compostos fluorados como tetrafluoretileno durante sua incineração, que por sua vez, possui um alto potencial de aquecimento global superior ao dióxido de carbono (CO₂). Os compostos fluorados afetam negativamente a saúde ambiental e contribuem para o aquecimento global.

3.5.4 Tereftalato de polietileno (PET)

O tereftalato de polietileno (PET), (**Figura 8**) é amplamente utilizado em garrafas de bebidas e recipientes de alimentos devido principalmente a sua durabilidade, resistência térmica e maleabilidade.

Segundo Thompson *et al.* (2024), essas qualidades o tornam de extrema relevância para uso industrial, mas também como problemática para a questão ambiental. A estrutura química do PET permite resistência à degradação natural, e ao fragmentar-se em microplásticos, essa propriedade se estende ainda mais, fazendo com que sua presença no ambiente seja prolongada por muito tempo, bem como a contaminação.

Figura 8 – Representação estrutural da unidade polimérica do tereftalato de polietileno (PET).



Fonte: Autoria própria (2025).

Impactos e Toxicidade dos Polímeros

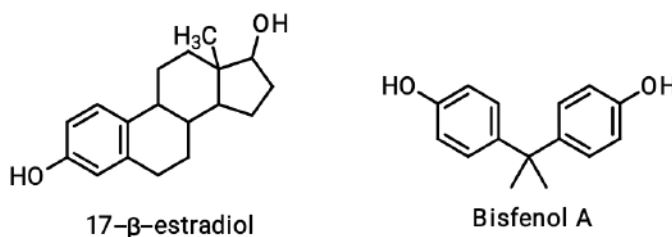
Evidencia-se que, os polímeros desempenham uma grande parcela de efeitos nocivos impactando ambientalmente. Dentre eles, o polietileno tereftalato (PET) se destaca tanto por sua onipresença em embalagens quanto pelos riscos que os associam ao seu ciclo de vida.

A capacidade do PET de adsorver contaminantes é um outro agravante quando implica nos seus efeitos adversos ao ambiente. A sua superfície hidrofóbica facilita a adesão de poluentes orgânicos persistentes (POPs), como bifenilos e policlorados (PCBs) e pesticidas, tornando-o os fragmentos do PET ainda mais tóxicos. (Foley *et al.*, 2018 *apud* THOMPSON *et al.*, 2024) relata que a ingestão de PET por peixes pode levar a disfunção reprodutiva, o que diretamente afeta a sobrevivência da espécie no ecossistema, podendo levar assim, ao desaparecimento e extinção dos mesmos.

Compostos químicos e tóxicos como o bisfenol A (BPA) e os ftalatos, contribuem para efeitos adversos aos organismos vivos. O BPA é um composto químico utilizado como plastificante, ou seja, na superfície dos plásticos, usado para enrijecer o policarbonato transparente, que está presente em mamadeiras e garrafas de água, frequentemente liberado durante a exposição ao calor e uso prolongado desses produtos. A degradação do policarbonato ocorre pela exposição à luz UV ou calor, resultando na liberação dos compostos como ftalatos e BPA.

O BPA é um composto xenoestrógeno, e interfere no sistema endócrino de organismos vivos, agindo como disruptor endócrino e substituindo o estrogênio, pois suas estruturas são semelhantes. A representação estrutural do BPA e 17- β -estradiol são apresentadas comparativamente na **Figura 9**.

Figura 9 – Representação estrutural do 17- β -estradiol e do Bisfenol A (BPA).



Fonte: Autoria própria (2025).

O bisfenol A possui dois grupos fenol ligados por um grupo isopropilideno, o que permite sua interação com receptores hormonais.

- **Mecanismo de ação:** ocorre onde o BPA liga-se aos receptores de estrogênio ($ER\alpha$ e $ER\beta$), interrompendo o equilíbrio hormonal natural. Podendo causar disfunções reprodutivas, puberdade precoce e o aumento do risco de cânceres hormônio-dependentes, como de mama e próstata.
- **Efeitos ambientais:** nos ambientes aquáticos, o BPA afeta diretamente a reprodução e o desenvolvimento de organismos aquáticos, incluindo peixes e os invertebrados. Em humanos, pode ser absorvido através do consumo de produtos alimentícios ou água contaminada, apresentando efeitos cumulativos devido à sua presença no organismo.

Estudos indicam que o BPA no organismo acarreta problemas de saúde a longo prazo, como distúrbios no sistema imunológico, além do endócrino, os seus efeitos potenciais sobre o desenvolvimento fetal e também o infantil são alarmantes (Thompson *et al.*, 2024). A durabilidade do PET, aliada à toxicidade do BPA, reforça a importância de políticas voltadas para a gestão de resíduos para mitigar os impactos desses compostos no ambiente e na saúde pública.

3.6 GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E POLÍTICAS PÚBLICAS

A Lei nº 12.305/10 referente a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), representa um marco para a gestão de resíduos no Brasil. Essa lei propõe diretrizes e estratégias para reduzir impactos e promover uma gestão sustentável e integrada aos resíduos. Dentre os pontos abordados na lei, um dos principais são:

- **Redução da geração de resíduos:** produção mais limpa;
- **Ressignificar os resíduos:** reutilização e reciclagem;
- **Destino final adequado:** resíduos que não podem ser reutilizados ou reciclados devem ser tratados de forma ambientalmente correta;
- **Erradicação de lixões:** substituição por aterros sanitários.

Além do passo que insere a ideia de responsabilidade compartilhada, onde todos os setores (governo, empresas e população) dentro de uma comunidade tem parcela e são corresponsáveis pela gestão de resíduos, desde a produção até o destino final.

A PNRS reconhece que a educação ambiental é eficaz para contribuir de forma significativa no modo de como é feita a gestão desde sua produção até o seu fim, diante da responsabilidade compartilhada. A sua implementação é de fato desafiadora, pois necessita do esforço coletivo, a sensibilidade da população ao passo que os órgãos públicos fazem intervenções através de projetos e políticas públicas. "A implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos exige que governo, setor privado e sociedade civil atuem de maneira coordenada para reduzir o impacto ambiental dos resíduos" (Lei nº 12.305/2010, Art. 6).

Alguns desafios enfrentados para a implementação, são:

- **Infraestrutura adequada:** infelizmente muitas cidades ainda carecem de recursos, como coleta seletiva e o tratamento;
- **Consumo irresponsável:** Falta de conscientização da população sobre os impactos do descarte inadequado de resíduos;
- **Falta de incentivos econômicos:** barreiras para iniciativas de reciclagem e reutilização.

Para além dos desafios de infraestrutura, a gestão de resíduos no Brasil envolve uma dimensão social profunda, centrada na figura dos catadores. A organização desses trabalhadores em cooperativas, estimulada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, representa mais do que uma solução ambiental.

Essa forma de inserção pode, efetivamente, contribuir para tirá-los da miséria social e lhes garantir cidadania. A cooperativa de reciclagem, por suas características, é o tipo de empreendimento que mais se aproxima dos preceitos da economia solidária, já que apresenta um elemento de "resistência" dos trabalhadores à situação de exclusão, de desemprego e de subordinação ao trabalho assalariado (O LIXO [...], p. 86).

Em 2020, 74,4% dos municípios brasileiros haviam implantado, ainda que parcialmente, a coleta seletiva, uma das formas de atingir esses objetivos, mas 25,6% continuavam descartando os resíduos sem nenhum tratamento prévio, contrariando as normas vigentes, de acordo com o Panorama de Resíduos Sólidos 2021 da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe) (A ROTA [...], 2022b, p. 63).

Percebemos que é uma problemática que faz parte da realidade da maioria da população brasileira. Diante desse fato, é preciso ressignificar ações através de uma educação de qualidade para que, assim, a própria comunidade intervenha no descarte adequado por meio de práticas ambientalmente amigáveis.

3.7 ABORDAGEM MEDIANTE OS CURRÍCULOS DA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC)

Ao abordar o conceito de educação de qualidade temos que analisar e contextualizar a partir de um dos principais documentos que orientam a educação básica no país, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que estabelece

parâmetros, bem como objetivos que garantem a formação integral e cidadã, de forma equitativa e de transformação para os estudantes. A BNCC destaca a importância de uma avaliação diversificada, que foca no desenvolvimento das competências e não apenas na memorização de conteúdo. “A BNCC é um documento plural, contemporâneo, e estabelece de forma clara o conjunto de aprendizagens essenciais e indispensáveis a que todos os estudantes, crianças, jovens e adultos, têm direito” (BRASIL, 2018, p. 5).

A abordagem no Documento Curricular Referencial do Ceará (DCRC), destaca o seu compromisso com a formação de estudantes com suas perspectivas de vivências, sempre contextualizando com a cultura e história local, assim sendo um potencial agente na disseminação de práticas educativas que cativem os alunos, afirmando que o documento “[...] pretende contribuir como efetivo balizador na construção da educação com qualidade social que desejamos e que a/o estudante cearense merece” (CEARÁ, 2021).

Nesse sentido, tanto a BNCC quanto o DCRC oferecem o alicerce para a inserção de temáticas cruciais como a Educação Ambiental e a Química Ambiental no currículo escolar. A 'formação integral e cidadã' pela BNCC encontra o direto na necessidade de desenvolver nos estudantes uma consciência crítica sobre as questões ambientais, como o descarte inadequado de resíduos e seus impactos socioambientais. O DCRC, ao enfatizar a contextualização com as 'perspectivas de vivências' e a 'cultura e história local' dos estudantes cearenses, abre um caminho fértil para que a problemática dos resíduos sólidos, conforme discutida na **seção 3.8** desta monografia sobre a realidade de Redenção-CE, seja abordada de forma significativa e relevante para os alunos.

A BNCC, em suas competências gerais, mais especificamente, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, orienta para o desenvolvimento de habilidades essenciais à compreensão e atuação frente aos desafios ambientais. Competências como 'Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que minimizem impactos socioambientais' (BNCC, Ensino

Médio) e o 'Pensamento científico, crítico e criativo' são diretamente mobilizadas ao se estudar a composição química dos polímeros, os processos de degradação, os impactos dos microplásticos e as alternativas sustentáveis como os bioplásticos e os princípios da QV. Tais competências são fundamentais para que os estudantes possam não apenas compreender, mas também propor soluções para problemas locais e globais relacionados ao descarte de resíduos.

As diretrizes da BNCC e do DCRC são, portanto, instrumentais para alcançar os objetivos desta pesquisa, que visam 'promover uma abordagem interdisciplinar e crítica da Educação Ambiental no ensino de Química' e 'sensibilizar e capacitar estudantes [...] para a compreensão dos impactos ambientais e sociais dos resíduos plásticos'. A ênfase da BNCC em uma 'avaliação diversificada, que foca no desenvolvimento das competências e não apenas na memorização de conteúdo', sustenta a aplicação de metodologias ativas propostas neste trabalho, como a modelagem molecular 3D, a produção experimental de bioplásticos e as ações de conscientização comunitária. Estas práticas pedagógicas, alinhadas aos documentos curriculares, buscam superar a mera transmissão de informações, engajando os estudantes na construção do conhecimento e no desenvolvimento de um protagonismo frente às questões ambientais.

O DCRC, ao se propor como um 'potencial agente na disseminação de práticas educativas que cativem os alunos', reforça a importância de abordagens pedagógicas que conectem o conhecimento químico com a realidade vivenciada pelos estudantes. Ao discutir a química dos resíduos, os impactos dos lixões (como o existente em Redenção-CE), e as práticas sustentáveis de descarte, o ensino torna-se mais relevante e motivador. Essa contextualização, amparada pelo DCRC, é essencial para que a educação em química ambiental não seja apenas informativa, mas verdadeiramente transformadora, capacitando os jovens cearenses a se tornarem cidadãos conscientes e agentes de mudança em suas comunidades, em consonância com os princípios da QV e as ODS.

3.8 A REALIDADE DOS RESÍDUOS NO MUNICÍPIO DE REDENÇÃO - CE

A problemática de resíduos sólidos é um tema de abrangência global, mas são diversos os sintomas a nível local observados no município de Redenção, apresentando particularidades regionais que exigem uma atenção e abordagem específicas.

Observações temporalmente espaçadas (31 de março de 2025 a 7 de abril de 2025, **Figura 10** e **Figura 11**), evidenciaram a presença de resíduos sólidos depositados em vias públicas e terrenos baldios na sede do município. Embora não possamos afirmar se o descarte é exclusivamente efetuado por moradores, podemos evidenciar que a problemática é atual e preocupante devida a situação encontrada no período do estudo de caso.

A ausência na coleta seletiva somada à falta de ponto de entrega voluntária para resíduos secos (como plásticos e outros materiais recicláveis), contribui para o aumento de lixo nas ruas, gerando não somente poluição visual, mas de contaminação do solo, tendo em vista que a maior composição do lixo é constituída por resíduos orgânicos e plásticos.

Figura 10 – Fotografias de resíduos urbanos na Sede do município de Redenção-CE.



Fonte: Autoria própria (31 de março de 2025).

Figura 11 – Fotografias de resíduos urbanos na Sede de Redenção-CE

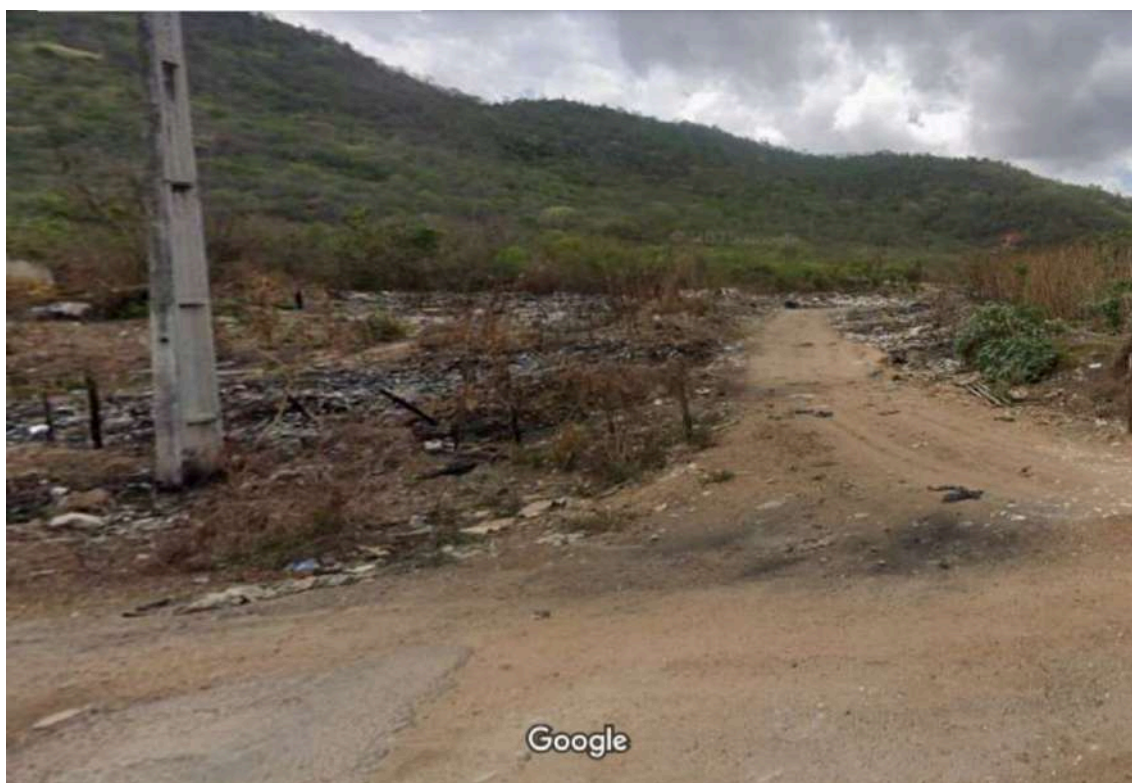


Fonte: Autoria própria (07 de abril de 2025).

Agravante à situação da sede, que sofre com o descarte inadequado em vias públicas, o município de Redenção mantém um lixão a céu aberto (Itapaí, Vila Antônio Tomaz, Redenção – CE), sendo esse um fator que apresenta uma ameaça ambiental gravíssima a toda região. Não há dados atualizados acerca da quantidade de resíduos coletados anualmente e descartados no local, fato este que revela desatenção no monitoramento e na transparência das ações de gestão de resíduo no município. Sem qualquer tratamento que possibilite o manuseio de chorume ou a segregação de resíduos perigosos, gerando impactos negativos ao ambiente, como a poluição do solo e dos corpos d'água ao entorno.

A **Figura 12** (imagem capturada pelo *Google Maps*), mostra a entrada do lixão municipal de Redenção, Ceará, nas coordenadas 4°16'56.2"S 38°43'01.1"W. A imagem ilustra um cenário comum em muitas cidades brasileiras, onde a falta de infraestrutura adequada e a gestão inadequada dos resíduos sólidos resultam em lixões a céu aberto.

Figura 12 – Entrada do Lixão Municipal, situado na área rural de Redenção.



Fonte: Google Maps (2025).

<https://maps.app.goo.gl/D22yU4Gtb9yiR1LD7>

Esse local, por não dispor de um sistema de impermeabilização ou de drenagem de líquidos, intensifica a contaminação do lençol freático e representa uma ameaça à saúde pública, dada a possibilidade de proliferação de doenças decorrentes da falta de saneamento básico. Dessa forma, a realidade de Redenção-CE demonstra a necessidade urgente de intervenções que abranjam tanto a infraestrutura quanto a conscientização da população e do poder público para a adoção de práticas mais sustentáveis.

3.9 INFRAESTRUTURA DEFICIENTE E SANEAMENTO BÁSICO EM REDENÇÃO - CE

A falta de uma educação ambiental de qualidade leva a ações individuais e coletivas danosas ao meio ambiente. Em Redenção, além da ação dos munícipes - com o descarte de resíduos em vias públicas – a cidade é desprovida de

saneamento básico universal, levando ao agravamento da situação a um caso de saúde pública.

A precariedade na infraestrutura de saneamento básico é outro fator que agrava a situação dos resíduos. Em diversos pontos da cidade de Redenção, por exemplo, há esgoto a céu aberto, fato que não apenas compromete a paisagem urbana, mas também expõe a comunidade a riscos de contaminação do solo e de efluentes e reservas aquíferas, rotineiramente utilizadas para o consumo humano e animal. As fotografias coletadas de março a abril de 2025, **Figura 13**, ilustram o escoamento de efluentes em vias públicas.

Figura 13 – Fotografias de resíduos e esgoto a céu aberto em Redenção-CE



Fonte: Autoria própria (2025).

O município de Redenção-CE enfrenta um desafio que requer soluções integradas: melhoria na infraestrutura de saneamento, implantação de coleta seletiva e, sobretudo, a promoção de uma educação ambiental consistente e de empoderar a comunidade, capaz de engajar a população em práticas responsáveis, sustentáveis e de programas contínuos e com espécie de bonificação e premiação para a cidade, como incentivo pela prática da educação de qualidade em especial a educação ambiental.

Dessa forma, nesse trabalho, realizaremos uma abordagem educativa para contribuir com a melhoria da situação do descarte inadequado de resíduos plásticos no município, buscando a conscientização por meio do ensino de química.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Neste trabalho, intenciona-se promover a educação ambiental crítica e interdisciplinar no ensino de Química, por meio do estudo teórico e prático sobre polímeros e microplásticos, utilizando modelagem molecular 3D, atividades experimentais e ações comunitárias. Essas ações buscam sensibilizar e capacitar estudantes do ensino médio de Redenção-CE para a compreensão dos impactos ambientais e sociais dos resíduos plásticos, alinhados aos princípios da Química Verde, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e à Política Nacional de Resíduos Sólidos.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. diagnosticar o conhecimento prévio dos estudantes sobre a poluição por plásticos, microplásticos, reciclagem e práticas locais de descarte, contextualizando as informações ao cenário ambiental de Redenção-CE;
2. apresentar e discutir os conceitos fundamentais da Química Verde, a estrutura química dos principais polímeros plásticos e sua relação com os impactos ambientais e sociais, utilizando modelos moleculares 3D e atividades práticas;
3. proporcionar experiências experimentais e de observação, incluindo a identificação de microplásticos em amostras de água e a produção de bioplásticos, favorecendo a comparação entre plásticos convencionais e alternativas sustentáveis;
4. estimular a reflexão e a construção de soluções locais por meio de projetos de conscientização comunitária, ações de coleta seletiva, oficinas de reciclagem criativa e debates sobre políticas públicas de gestão de resíduos sólidos; e
5. fomentar o protagonismo estudantil e a continuidade da educação ambiental na escola, por meio da utilização permanente dos modelos 3D, materiais didáticos criados e da articulação com a comunidade local e instituições de reciclagem.

5 METODOLOGIA

5.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PÚBLICO-ALVO

A presente proposta metodológica visou proporcionar uma abordagem integral e interdisciplinar da temática dos polímeros e microplásticos, alinhando os fundamentos da QV, as ODS e a realidade local dos estudantes do ensino médio da cidade de Redenção-CE. A metodologia foi-se estruturada e aplicada ao longo de duas semanas, distribuídos em dois encontros semanais de em média 2h cada, promoveu-se uma vivência didática que articulou teoria e prática de maneira contínua e reflexiva. Este presente trabalho promoveu a articulação entre os conteúdos de Química e os desafios ambientais contemporâneos, como a poluição por plásticos e microplásticos, além de uma abordagem interdisciplinar que integra ciência, tecnologia, sociedade e sustentabilidade.

A escola estadual EEMTI Brunilo Jacó tem ensino médio como foco, tem seu funcionamento em tempo integral, dispondo de 12 turmas, sendo 4 turmas de 1º ano, 4 turmas de 2º ano e 4 turmas de 3º ano, seu horário de funcionamento é de 07:10 às 16:30. A escola possui cerca de 480 alunos no total. A **Figura 14** nos mostra fotos das dependências da escola. A turma no qual o projeto foi aplicado é o **2º ano “H”** que composta por 40 alunos. Onde os estudantes moram em diversificadas regiões do município.

Figura 14 – Entrada da EEMTI Brunilo Jacó e um pouco de sua parte interna.



Fonte: Acervo pessoal de Jackson P. Arruda (2025).

5.2 MATERIAIS DIDÁTICOS E RECURSOS UTILIZADOS

A execução da metodologia proposta requer a utilização de materiais didáticos e recursos tecnológicos que possibilitem a integração entre teoria e prática. A tabela a seguir (**Quadro 4**), apresenta-se uma lista organizada dos materiais e recursos utilizados.

Quadro 4 – Materiais e Recursos por Etapa Metodológica

Etapa Metodológica	Material	Descrição
Diagnóstico Inicial e Sensibilização	Questionários impressos	Formulários estruturados para avaliar conhecimentos prévios e percepções socioambientais
Aulas Teórico-Práticas	Impressora 3D FDM (filamento PLA)	Produção de modelos moleculares tridimensionais de polímeros (PET, PE, PP, PVC)
	Kits de montagem molecular	Bolas e hastes para representação de átomos e ligações químicas
	Amostras de plásticos convencionais	Garrafas PET, embalagens de PP e sacolas de PE para análise comparativa
	Microscópios portáteis/USB	Análise visual de fragmentos plásticos e microplásticos
	Fragmentador mecânico/tesouras	Simulação de degradação mecânica de plásticos (ex: garrafas PET)
Ações Comunitárias e Campanhas	Kits de limpeza (luvas, sacos de lixo)	Equipamento para mutirão de limpeza em áreas públicas
Oficinas Experimentais	Amido de milho, vinagre, glicerina	Ingredientes para produção de bioplásticos em laboratório
	Béqueres, placas de Petri, fogareiro	Utensílios para aquecimento e moldagem de bioplásticos
	Filtros de papel e peneiras	Separação de microplásticos em amostras de água coletadas localmente
	Lâminas e lamínulas	Preparação de amostras para análise microscópica de microplásticos
Avaliação e Encerramento	Planilhas digitais (Excel/Sheets)	Tabulação e análise comparativa dos dados dos questionários pré e pós-intervenção

Etapa Metodológica	Material	Descrição
	Apresentações em PowerPoint	Síntese dos resultados para debate sobre políticas públicas e ODS

Fonte: Autoria própria (2025).

5.3 ESTRATÉGIAS E ETAPAS METODOLÓGICAS

5.3.1 Diagnóstico Inicial e sensibilização

O processo de ensino-aprendizagem se inicia com a realização de um diagnóstico inicial, cuja principal finalidade é identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a temática dos resíduos plásticos, sua degradação e impactos ambientais, bem como mapear práticas locais de descarte e reciclagem. Esta etapa compreende a aplicação de um questionário estruturado (APÊNDICE A) que explora não apenas dados conceituais, mas também as percepções socioambientais dos alunos, dialogando diretamente com conceitos abordados na monografia, como a QV e os ODS, sobretudo os objetivos 4, 11 e 13.

5.3.2 Aulas teórico-práticas: polímeros, química verde e modelagem molecular

Na sequência, os estudantes estarão imersos em atividades teórico-práticas que envolvem tanto aulas expositivas dialogadas, quanto oficinas de modelagem e experimentação. O primeiro módulo introduz conceitos fundamentais sobre a estrutura química dos polímeros mais presentes no cotidiano, como o polietileno (PE), polipropileno (PP), politereftalato de etileno (PET) e o policloreto de vinila (PVC). Além da caracterização dos polímeros, o uso de aditivos plásticos para o melhoramento de propriedades físicas como resistência e flexibilidade, atrelado ao risco prolongado da exposição a esses materiais contribuindo para uma toxicidade ao corpo humano a longo prazo.

No segundo módulo será levado o tema a respeito de biopolímeros, bem como a contribuição da ciência na inovação em criar alternativas sustentáveis ao plástico sintético, bem como as diferenças entre biodegradável e compostável, as estruturas químicas de biopolímeros mais utilizados como ácido polilático (PLA), PE verde (Braskem) e polibutileno adipato cotereftalato (PBAT). Para consolidar o aprendizado, os alunos participarão da construção de modelos moleculares

tridimensionais desses polímeros, utilizando kits de montagem molecular, o que facilitará a visualização da ligação entre a estrutura química e suas propriedades físicas (como durabilidade e resistência) e o comportamento ambiental desses materiais.

O segundo módulo foca na compreensão dos processos de degradação dos plásticos e na formação dos microplásticos. A utilização de recursos audiovisuais, como o curta-metragem Ilha das Flores, sobre o capitalismo, economia, consumo, resíduos sólidos e desigualdade social — com especial atenção de como tudo está interligado com a questão de resíduos plásticos — permitirá aos estudantes perceberem a conexão entre a sua realidade local e as problemáticas globais. Essa etapa também poderá ser enriquecida com discussões sobre a toxicidade associada aos aditivos plásticos, como os ftalatos e o bisfenol A (BPA), exemplificando como o conhecimento químico pode ser um instrumento essencial para a avaliação de riscos à saúde humana e ambiental.

Visualização Molecular Ativa: Construção de Monômeros de Polímeros com Modelos Moleculares

Após a realização da exposição teórica, os estudantes realizaram uma atividade prática com o objetivo de demonstrar, por meio de uma metodologia ativa, a formação de estruturas moleculares e a compreensão da geometria das ligações químicas presentes em monômeros de polímeros comumente utilizados na constituição de materiais plásticos. Para isso, foi-se utilizado o kit de modelo molecular "*Molecular Visions (Organic, Inorganic, Organometallic)*" (Figura 15), que permite a visualização tridimensional de átomos e ligações, facilitando o entendimento da estrutura molecular e da hibridização dos orbitais atômicos.

Figura 15 – Kit de modelo molecular Molecular Visions™, utilizado para a montagem de estruturas tridimensionais de compostos orgânicos, inorgânicos e organometálicos, auxiliando na visualização de geometrias moleculares e tipos de ligações químicas.



Fonte: Autoria própria (2025).

Durante a prática, os estudantes ser orientados a montar as estruturas dos monômeros responsáveis pela formação do polietileno (PE) e do politereftalato de etileno (PET), com especial atenção à representação correta das geometrias moleculares e das ligações químicas envolvidas. No caso do monômero do PET, foi-se enfatizada a formação de ligações duplas rígidas entre carbonos com hibridização sp^2 , bem como a presença de heteroátomos, como o oxigênio, na estrutura do éster. A montagem das estruturas permitirá a visualização clara da rigidez das ligações duplas e da orientação espacial das ligações envolvendo átomos de carbono e oxigênio, contribuindo para a compreensão da influência dessas características na conformação e nas propriedades dos polímeros. Essa abordagem prática e interativa estimulou-se o raciocínio espacial e a compreensão das relações estrutura-propriedade, promovendo o aprendizado ativo e colaborativo entre os discentes.

5.3.3 Projetos de conscientização e ação comunitária

A presente ação pedagógica foi desenvolvida como parte de uma proposta de educação ambiental crítica, com foco na abordagem da problemática dos resíduos sólidos urbanos no contexto escolar. A atividade ocorreu durante o segundo encontro do projeto, sendo estruturada em duas etapas principais: exibição de material audiovisual e atividade prática de coleta de resíduos.

Na primeira etapa, os estudantes participaram da exibição do curta-metragem **Ilha das Flores (1989)**, dirigido por Jorge Furtado, com duração aproximada de 13 minutos. O vídeo foi selecionado por sua abordagem irônica e cientificamente fundamentada sobre a cadeia produtiva e o descarte de resíduos, permitindo articular os conteúdos de Química Ambiental, sustentabilidade e cidadania. A exibição foi realizada em sala de aula com recursos multimídia e, em seguida, os estudantes foram conduzidos a um debate orientado. Este debate foi mediado por questões previamente elaboradas que incentivavam a análise crítica do conteúdo, explorando os conceitos de cadeia logística reversa, desigualdade socioeconômica, consumo, descarte, reciclagem e impactos ambientais.

O objetivo pedagógico dessa etapa foi estimular a reflexão crítica dos estudantes sobre o destino dos resíduos sólidos, a partir da trajetória simbólica apresentada no curta-metragem, que acompanha um tomate desde sua produção até seu descarte em um lixão. A atividade buscou promover a compreensão do lixo como resultado de uma cadeia complexa de consumo e exclusão, conectando os aspectos sociais e ambientais que envolvem a gestão inadequada de resíduos.

Na segunda etapa, imediatamente posterior ao debate, foi realizada uma atividade prática de coleta de resíduos sólidos dentro dos limites da própria instituição escolar. Os estudantes, organizados em pequenos grupos, receberam orientações sobre segurança, ética e os critérios de observação ambiental. A proposta era reconhecer os resíduos presentes nos espaços escolares, mapeando e coletando aqueles encontrados em áreas externas como jardins, corredores e arredores da escola.

Essa atividade prática teve como finalidade consolidar a aprendizagem significativa, permitindo aos estudantes relacionarem teoria e prática, ao

reconhecerem que o problema do descarte inadequado também se manifesta em ambientes educacionais. A observação crítica e o envolvimento direto dos alunos foram fundamentais para reforçar os conceitos discutidos e despertar a percepção do papel de cada indivíduo na produção e mitigação dos impactos ambientais.

Os resíduos coletados foram posteriormente armazenados, com o objetivo de serem classificados e utilizados em uma etapa futura do projeto, dedicada à identificação dos constituintes poliméricos e à produção de um painel expositivo de conscientização ambiental.

5.3.4 Oficina experimental – produção de bioplástico

Realização de oficina experimental de produção de bioplástico, em que os estudantes tiveram a oportunidade de aprender a produção caseira de bioplástico a partir de amido de milho como matéria-prima com glicerina. Essa atividade permitiu comparar as propriedades desses materiais com os plásticos convencionais, destacando as vantagens ambientais dos biopolímeros.

Os materiais e reagentes utilizados para o bioplástico caseiro, foram:

- Amido de milho
- Glicerina
- Água
- Béquer
- Pipeta

Para a obtenção do bioplástico, inicialmente foram adicionados 50 mL de água destilada em um recipiente de vidro (béquer), seguido da adição de uma colher de sopa de amido de milho. A mistura foi homogeneizada manualmente até completa dissolução do amido, resultando em uma solução uniforme. Em seguida, incorporaram-se 25 gotas de glicerina à solução, mantendo-se a agitação para garantir a distribuição adequada dos componentes. A mistura resultante foi submetida a aquecimento em fogo brando ou sobre uma placa aquecedora, com agitação constante, a fim de evitar a formação de grumos e promover o espessamento gradual da solução. Após alguns minutos de aquecimento,

observou-se o aumento da viscosidade e a formação de uma substância de aparência translúcida e gelatinosa. A mistura foi mantida sob agitação até adquirir uma consistência pastosa e espessa, momento em que o aquecimento foi interrompido. Ainda quente, o material foi cuidadosamente vertido sobre uma superfície lisa e deixado em repouso à temperatura ambiente por um período de 24 a 48 horas, permitindo sua secagem completa e formação do bioplástico. Abaixo, na **Figura 16**, é apresentado um diagrama com a sequência de etapas do procedimento experimental.

Figura 16 – Procedimento experimental da produção de bioplástico caseiro.



Fonte: Autoria própria (2025).

Na **Figura 17**, observamos o produto final do experimento, o bioplástico feito a partir de amido de milho e glicerina.

Figura 17 – Bioplástico caseiro de amido de milho.



Fonte: Autoria própria (2025).

5.3.5 Avaliação e encerramento

Por fim, o processo de avaliação e reflexão crítica, com a reaplicação do questionário inicial como forma de medir a evolução do conhecimento e a percepção dos estudantes. Este momento foi-se seguido por um debate final que abordará as políticas públicas relacionadas ao tema, com destaque para a PNRS e sua conexão com os ODS. O debate buscou-se fomentar o pensamento crítico e o protagonismo juvenil, estimulando os estudantes a refletirem sobre soluções locais e individuais para a mitigação da poluição plástica.

Como parte do legado do projeto, os modelos 3D serão doados às escolas participantes, garantindo a continuidade das ações educativas e a integração desse material às aulas regulares de Química e Biologia.

Essa metodologia busca integrar teoria e prática de forma dinâmica, promovendo uma educação ambiental crítica e transformadora, fundamentada no diálogo entre os conceitos acadêmicos explorados no TCC e a realidade vivenciada pelos estudantes. Ao alinhar-se aos princípios da QV, as ODS e às políticas públicas brasileiras, esta proposta pretende não apenas sensibilizar os alunos para a problemática dos resíduos plásticos, mas também capacitá-los para serem agentes ativos na construção de soluções sustentáveis no contexto escolar e comunitário.

5.4 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

No **Quadro 5**, é apresentado o plano de ação com cronograma de atividades metodológicas pensados para execução em um período de 4 dias não-consecutivos de encontros, divididos em 3 semanas.

Quadro 5 – Cronograma da aplicação da metodologia

Dia	Atividade	Descrição	Carga Horária
09/05/2025	Diagnóstico Inicial + Aula Teórica: Polímeros, Química Verde e Modelagem 3D	Aplicação de questionário diagnóstico sobre resíduos plásticos e microplásticos; Aula de introdução aos conceitos de polímeros, estrutura, classificação e impactos ambientais.	2h/aula
13/05/2025	Debate sobre curta-metragem +	Debate acerca do curta-metragem: Ilha das Flores; Mutirão de limpeza de resíduos	1h/aula

	Campanha “Escola sem Microplásticos”	sólidos pela escola, aplicando na prática a reflexão e conscientização sobre resíduos sólidos.	
16/05/2025	Aula Teórico-Prática: Biopolímeros + Experimento Caseiro Bioplástico + Kit Molecular	Aula acerca de biopolímeros e conceitos de estrutura, propriedades, classificação e sustentabilidade; contato com biopolímero caseiro; Kit molecular para compreensão da estrutura 3D dos polímeros e biopolímeros.	2h/aula
20/05/2025	Modelagem 3D + Diagnóstico Final	Montagem de polímero usando modelos moleculares tridimensionais feitos com impressora 3D; Diagnóstico final com obtenção de respostas após aplicação da metodologia e <i>feedbacks</i> .	1h/aula

Fonte: Autoria própria (2025).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento das aulas teórico-práticas foi estruturado a partir de uma abordagem dialógica e contextualizada, visando promover a compreensão crítica dos estudantes sobre os polímeros, suas propriedades, aplicações e impactos ambientais.

Pretendeu-se, como foco deste trabalho, fundamentar a construção de uma sequência didática inovadora, voltada à abordagem dos temas de polímeros, microplásticos e alternativas sustentáveis no Ensino Médio. Buscou-se estruturar o percurso pedagógico de modo que o professor atuasse como mediador ativo, utilizando instrumentos — entre eles, slides, modelos moleculares, experimentos e debates — para potencializar a compreensão dos conteúdos de Química Ambiental. A proposta metodológica, portanto, foi desenhada para que o estudante não apenas recebesse informações, mas construísse ativamente o conhecimento, em diálogo com o contexto social, histórico e cultural em que está inserido.

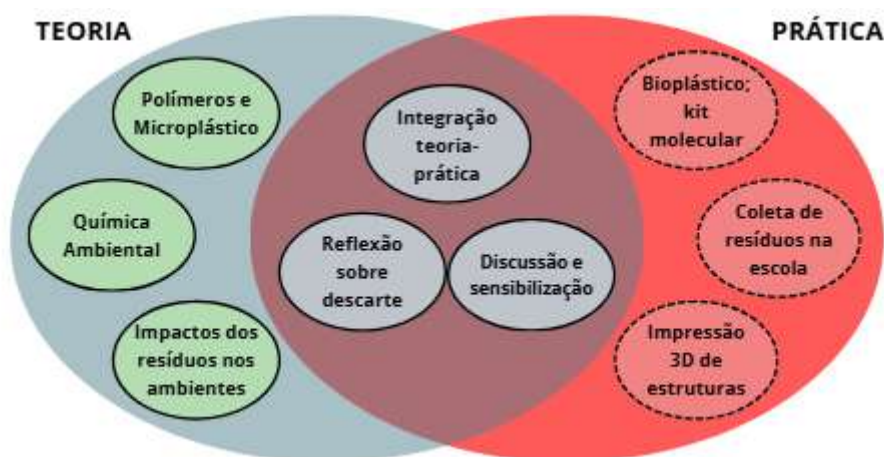
Nessa perspectiva, o “*Kit Molecular*” e a produção experimental de bioplástico foram concebidos como recursos didáticos que elevam o papel de meros instrumentos de demonstração. Ao representar átomos e ligações químicas de polímeros reais, é simultaneamente um objeto físico manipulável e uma linguagem simbólica da Química. Da mesma forma, o experimento de produção de bioplástico, o conhecimento é construído a partir da interação entre os sujeitos, o objeto de estudo e o contexto social da sala de aula. Tais estratégias buscam favorecer a promoção dos conceitos científicos e sua resignificação no cotidiano dos estudantes. O percurso didático foi desenhado para estimular o protagonismo juvenil, a reflexão crítica e a busca coletiva por soluções, valorizando o contexto local dos estudantes e suas experiências prévias.

A sequência didática, detalhada nas seções subsequentes, foi planejada para ser replicável por outros educadores, funcionando como um manual prático de intervenção pedagógica. Na Seção 6.1, serão apresentados os resultados da aplicação das aulas teórico-práticas, destacando o modo como os recursos de mediação — slides, modelos moleculares, experimentos e discussões —

favoreceram a compreensão dos conceitos de polímeros, biopolímeros e impactos ambientais. A Seção 6.2 trará a análise dos instrumentos avaliativos, especialmente o questionário aplicado antes e depois da intervenção, permitindo aferir a evolução do conhecimento e das percepções dos alunos. Por fim, na **Seção 6.3**, será discutida a recepção dos estudantes ao projeto, com base em seus relatos, sugestões e reflexões, de modo a subsidiar futuras adaptações e aprimoramentos da proposta.

Dessa forma, este trabalho pretende contribuir não apenas para o ensino de Química Ambiental, mas também para a formação de cidadãos críticos, conscientes e capazes de atuar de modo propositivo frente aos desafios ambientais e sociais do mundo contemporâneo. Para ilustrar a estrutura conceitual que norteou a intervenção pedagógica e a subsequente análise dos resultados, a **Figura 18** apresenta um fluxograma que demonstra a interconexão entre os componentes teóricos e práticos do projeto.

Figura 18 – Fluxograma da integração entre teoria e prática na sequência didática



Fonte: Autoria própria (2025).

O eixo da **TEORIA**, conforme representado no fluxograma, englobou os fundamentos essenciais abordados, como o estudo aprofundado de 'Polímeros e Microplástico', os conceitos centrais da 'Química Ambiental' e a análise crítica dos 'Impactos dos resíduos nos ambientes'. Esses elementos teóricos foram

consistentemente embasados na revisão de literatura (**Seção 3**) e serviram como alicerce para as discussões em sala.

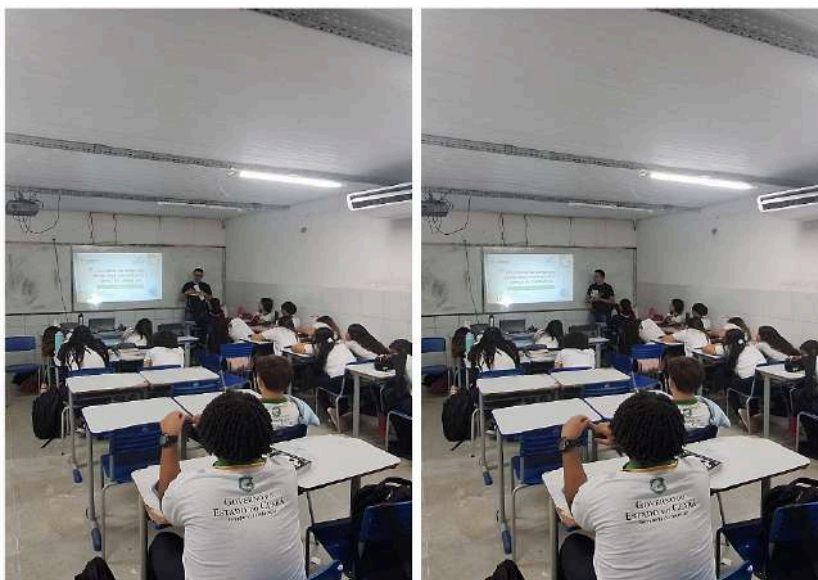
Paralelamente, o eixo da **PRÁTICA** concretizou-se através das diversas atividades interativas e experimentais realizadas, tais como a produção de 'Bioplástico', a utilização do 'Kit molecular' para a visualização de estruturas químicas complexas, a 'Coleta de resíduos na escola' – que conectou o aprendizado ao ambiente imediato dos alunos – e a 'Impressão 3D de estruturas' moleculares, que ofereceu uma ferramenta inovadora para a compreensão de conceitos abstratos (detalhadas na Metodologia, **Seção 5**).

A intersecção vital entre esses dois eixos, destacada ao centro do fluxograma, representa o núcleo da proposta pedagógica: a Integração teoria-prática. Esta integração foi ativamente promovida por meio de estratégias como a 'Reflexão sobre descarte', que incentivou os alunos a pensarem criticamente sobre seus próprios hábitos e as implicações ambientais, e a 'Discussão e sensibilização', que permeou todos os encontros, buscando não apenas informar, mas também engajar emocional e eticamente os estudantes com a problemática dos resíduos. Este modelo integrado foi crucial para a obtenção dos resultados e para fomentar as discussões que serão detalhadas nas subseções seguintes.

6.1 PRIMEIRO ENCONTRO

No primeiro encontro (**Figura 19**), iniciou-se com a aplicação de um questionário diagnóstico (APÊNDICE A), elaborado com fins de sondar o conhecimento prévio dos alunos acerca do tema dos polímeros e microplásticos. Essa etapa foi fundamental para identificar as percepções, dúvidas e lacunas conceituais do grupo de estudante, permitindo assim, o ajuste das estratégias didáticas ao perfil da turma.

Figura 19 – Fotografias da aula expositiva-dialogada sobre polímeros – primeiro encontro.



Fonte: Acervo pessoal de João Pedro S. Oliveira (2025).

Em seguida, foi realizada uma aula expositiva dialogada, baseada em slides detalhados que abordaram o conceito de polímeros, diferenciando de origens naturais, como DNA, RNA e celulose, dos sintéticos, como polietileno (PE), polipropileno (PP), politereftalato de etileno (PET) e policloreto de vinila (PVC). A exposição buscou aproximar o conteúdo da realidade dos alunos, destacando a presença dos plásticos em embalagens, utensílios, roupas e outros objetos do cotidiano, incluindo a sala de aula, e relacionando suas propriedades físicas – flexibilidade, leveza, resistência, transparência – com as estruturas químicas apresentadas nos slides.

A metodologia visou a participação ativa dos estudantes, estimulando-os a relacionar as características estruturais dos polímeros com suas aplicações práticas. Foram apresentados esquemas visuais das cadeias poliméricas e tabelas comparativas, seguidos de discussões sobre o papel dos aditivos plásticos, como plastificantes, lubrificantes, antioxidantes, estabilizantes UV, retardantes de chama, corantes e pigmentos. Os alunos puderam compreender como a manipulação química dos polímeros resulta em produtos com características específicas, adequadas a diferentes finalidades, promovendo uma visão integrada entre ciência, tecnologia e sociedade.

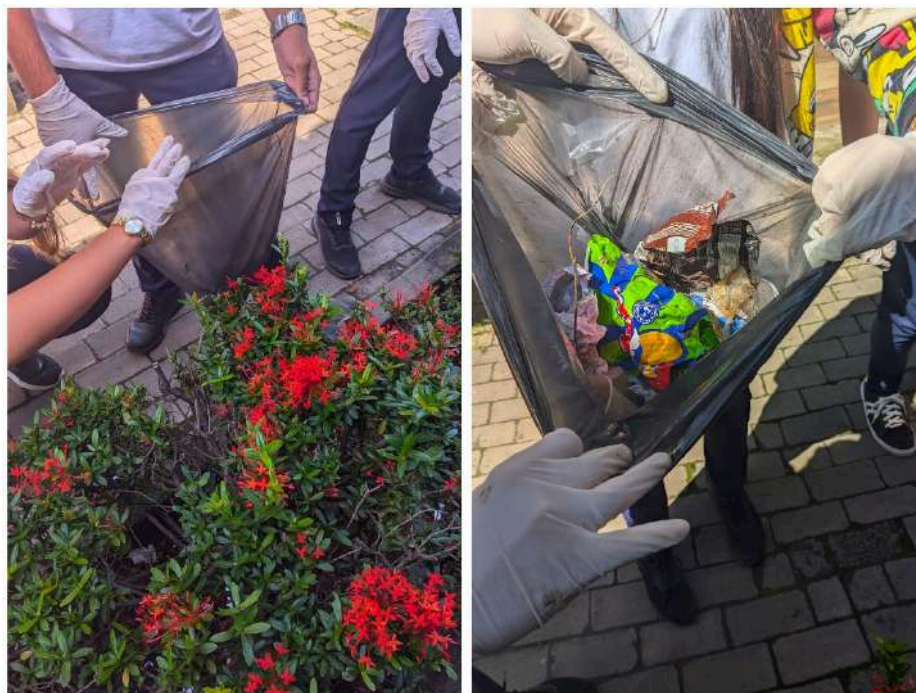
O conteúdo teórico foi complementado com a problematização dos impactos ambientais do descarte inadequado dos plásticos, enfatizando o processo de fragmentação em microplásticos, sua presença em ambientes aquáticos e terrestres, e os desafios associados à sua remoção e controle. A toxicidade dos plásticos e de seus aditivos, como ftalatos e o bisfenol A (BPA), foi abordada de modo a sensibilizar os alunos para os riscos à saúde humana e ambiental, estimulando o pensamento crítico sobre o consumo e descarte desses materiais.

6.2 SEGUNDO ENCONTRO

No segundo encontro (**Figura 20**), a atividade teve início com a exibição do curta-metragem **Ilha das Flores**, com o intuito de provocar reflexões críticas nos estudantes a partir de uma nova perspectiva sobre a problemática dos resíduos sólidos. A análise do documentário em sala de aula possibilitou uma discussão aprofundada sobre a **cadeia logística do lixo e suas implicações socioambientais**. Ao acompanhar a trajetória de um tomate – desde o cultivo até seu descarte em um lixão –, o filme escancara a fragmentação de um sistema que privilegia o consumo imediatista e negligencia a gestão adequada dos resíduos.

Figura 20 – Fotografias da ação comunitária dentro da escola – segundo encontro.





Fonte: Autoria própria (2025).

A exibição do curta funcionou como um acionar para os estudantes, despertando a percepção de que a questão dos resíduos não se restringe à limpeza urbana, mas envolve dimensões sociais, econômicas e éticas. A narrativa irônica e científica do documentário contribuiu para a compreensão de que o lixo representa um sintoma de desigualdades estruturais, ilustradas pela priorização de alimentos para animais em detrimento de seres humanos em situação de vulnerabilidade. Essa abordagem crítica permitiu que os alunos reconhecessem a complexidade oculta na cadeia dos resíduos, desde a coleta e separação inadequadas até a ausência de políticas públicas efetivas.

Após o debate, realizou-se a atividade prática de ação comunitária dentro do interior da escola, onde os alunos foram orientados a coletar os resíduos sólidos. A observação mais atenta por parte dos estudantes revelou a presença de alguns resíduos plásticos oriundos de embalagens de doces e salgadinhos, além de resíduos de papel proveniente de folhas de caderno, encontrados entre arbustos. Essa atividade incentivou aos estudantes articularem os conhecimentos teóricos discutidos com a realidade local do ambiente escolar, evidenciando que o descarte inadequado também ocorre em espaços de educação.

Como desdobramento dessa ação, os resíduos coletados foram catalogados e classificados de acordo com seus constituintes poliméricos, permitindo a identificação dos principais tipos de polímeros presentes nos materiais descartados. A partir dessa análise, será elaborado um painel expositivo com os resíduos coletados, indicando seus respectivos polímeros e aplicações, como forma de conscientização da comunidade escolar. A proposta é destacar que, mesmo em ambientes voltados à formação educacional, o descarte irregular de resíduos persiste, reforçando a urgência de ações educativas interdisciplinares em Química Ambiental e educação para a sustentabilidade. Essa iniciativa visa ampliar a compreensão crítica dos estudantes sobre os materiais que consomem e descartam diariamente, promovendo o engajamento em práticas mais responsáveis e sustentáveis.

6.3 TERCEIRO ENCONTRO

No terceiro encontro, a abordagem teórico-prática avançou para o estudo dos bioplásticos e da inovação em materiais sustentáveis. A partir dos slides da aula 03, os estudantes foram apresentados ao conceito de bioplásticos, diferenciando-os quanto à origem (fontes renováveis ou fósseis) e à biodegradabilidade. Foram discutidos exemplos como o ácido polilático (PLA), poli(butileno adipato co-tereftalato) (PBAT) e o polietileno verde (PE verde, Braskem), destacando suas estruturas químicas, propriedades e potencial para reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Os slides detalharam a classificação dos bioplásticos em biodegradáveis, compostáveis e não biodegradáveis, além das matérias-primas utilizadas, como amido, ácidos orgânicos e resíduos agrícolas. A compreensão das estruturas químicas foi aprofundada por meio de esquemas visuais das cadeias do ácido polilático (PLA), polibutilenosuccinato (PBS), polihidroxialcanoato (PHA) e amido, facilitando a análise das diferenças entre polímeros sintéticos e biopolímeros.

A metodologia incluiu atividades práticas de modelagem molecular, nas quais os alunos foram convidados a montar modelos tridimensionais de polímeros convencionais e bioplásticos utilizando kits de montagem molecular. Essa atividade teve como objetivo promover o raciocínio lógico e espacial, além de aprofundar a

compreensão das ligações químicas e arranjos moleculares que conferem propriedades distintas aos materiais.

A construção dos modelos permitiu visualizar, de forma concreta, como pequenas variações estruturais resultam em diferenças de comportamento físico e ambiental. Abaixo (**Figura 21**; **Figura 22**; **Figura 23**), podemos observar o empenho dos alunos em reproduzir as estruturas tridimensionais na molécula, mesmo que ocorra um equívoco em algumas partes, devido a limitação do próprio material do kit molecular. Essa experiência tátil serviu de base para discussões sobre biodegradabilidade, sustentabilidade e inovação tecnológica.

Figura 21 – Alunos utilizando o kit molecular 3D para construção de moléculas orgânicas.



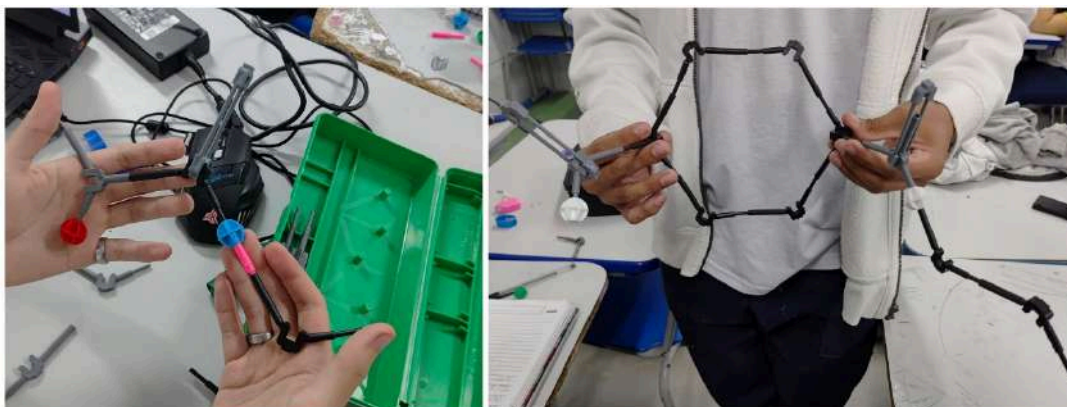
Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 22 – Estudantes montando as estruturas 3D dos monômeros de polietileno (PE) e polipropileno (PP) com o modelo de kit molecular.



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 23 – Estrutura dos monômeros do ácido polilático (PLA) e politereftalato de etileno (PET).



Fonte: Autoria própria (2025).

Em complemento, foi realizada uma exposição da produção de bioplástico caseiro, utilizando amido de milho, água e glicerina, seguindo um protocolo dividido em etapas de mistura dos materiais, aquecimento, moldagem e secagem.

Devido às limitações de tempo e falta de material para aquecimento, o bioplástico foi levado pronto para a sala de aula, possibilitando a análise sensorial pelos alunos, que puderam comparar textura, flexibilidade e aparência com plásticos convencionais. Abaixo podemos observar na **Figura 23**, o produto final obtido de forma caseira.

Figura 24 – Aluna observando o bioplástico caseiro produzido a partir do amido e glicerina.



Fonte: Autoria própria (2025).

6.4 QUARTO ENCONTRO

No último encontro foi abordado acerca de impressora 3D FDM (filamento PLA), mostrando seu funcionamento, bem como a obtenção dos modelos moleculares (átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio) e hastes que representam as ligações simples e duplas.

Durante a realização do terceiro encontro descrito anteriormente, constatou-se que o uso do *kit* comercial *Molecular Visions*[™] apresenta limitações relevantes no que se refere à representação proporcional dos tamanhos atômicos. Esse modelo, embora eficaz para demonstrar ligações e geometrias moleculares básicas, não permite ao estudante visualizar a diferença de escala entre os átomos de forma realista, o que pode comprometer a compreensão de conceitos como raio atômico, densidade eletrônica e volume relativo das espécies químicas.

Diante dessa limitação, foi implementada uma alternativa baseada na construção de modelos moleculares tridimensionais por meio de impressão 3D com filamento PLA. O objetivo foi proporcionar aos discentes um recurso visual e tátil mais próximo da realidade atômica, com esferas representando os átomos dimensionadas de forma proporcional aos seus raios atômicos covalentes. Para tal, foi adotado como referência inicial uma esfera de 20 mm de diâmetro para o átomo de hidrogênio (raio atômico de 0,31 Å). A partir dessa escala, os modelos foram ajustados proporcionalmente para os demais elementos, resultando em esferas pretas para o carbono (diâmetro de aproximadamente 49 mm, correspondente a 0,76 Å) e vermelhas para o oxigênio (diâmetro de cerca de 43 mm, correspondente a 0,66 Å).

As ligações químicas foram representadas por cilindros de cor preta, com distinção entre ligações simples (cilindros mais longos e finos) e ligações duplas (cilindros mais curtos e espessos), mantendo-se a uniformidade de cor para evitar associações cromáticas equivocadas e reforçar a identificação pela geometria. A modelagem digital foi realizada no *software Autodesk Fusion 360*, e os arquivos gerados foram exportados no formato STL. A impressão foi conduzida em uma impressora 3D *Ender S1 Pro (Creality)*, com os seguintes parâmetros: temperatura

da mesa a 80 °C, bico extrusor a 210 °C, qualidade de impressão mínima, preenchimento interno de 5% e velocidade de impressão de 80 mm/min.

Figura 25 – Confeção na impressora 3D e modelo molecular, respectivamente.



Fonte: Acervo pessoal de Dieric S. Abreu (2025).

Os modelos impressos (**Figura 25**) demonstraram excelente estabilidade física e visual, possibilitando o manuseio didático em sala de aula e favorecendo a visualização de aspectos estruturais, como a rigidez associada às ligações duplas entre carbonos sp^2 e oxigênio em estruturas poliméricas. A interação inicial dos estudantes com os modelos impressos foi positiva, evidenciando maior engajamento e interesse durante a prática.

No entanto, a avaliação sistemática da percepção discente quanto ao impacto pedagógico dessa abordagem será realizada em uma etapa posterior deste trabalho, por meio de aplicação de questionários e análise qualitativa das respostas. Essa análise representará um desdobramento futuro, com o intuito de validar a eficácia da impressão 3D como recurso didático para o ensino de estruturas moleculares em cursos de Química e áreas afins.

Resultados sobre o questionário, comparação pré-metodologia e avaliação final

Após a aplicação final do questionário no quarto e último encontro, foi-se coletada as respostas e feito o comparativo da aplicação inicial (**Seção 5.3.1**), a comparação vai além de dados quantitativos ele nos mostra a evolução do conhecimento teórico dos estudantes, acerca do conhecimento científico condizente acerca do conhecimento científico condizente com a temática dos plásticos,

microplásticos e polímeros. Conforme apresentado no **Gráfico 1**, que compara as respostas dos estudantes antes e após a aplicação da metodologia do projeto.

Gráfico 1 – Comparação do questionário entre pré-metodologia e após a aplicação do projeto



Fonte: Autoria própria (2025).

Observou-se um aumento expressivo no número de respostas afirmativas ("Sim") para as três questões investigadas. Antes da intervenção, apenas 4 estudantes afirmaram ter ouvido falar sobre microplásticos; este número saltou para 21 no pós-teste. Conforme, o conhecimento sobre algum tipo de plástico ou polímero, que já era mais disseminado com 13 respostas positivas, aumentou para 18. De forma ainda mais significativa, a compreensão sobre o que é um polímero, inicialmente declarada por 8 estudantes, alcançou 21 estudantes após o projeto.

Esses dados sugerem que a metodologia empregada foi eficaz em ampliar o repertório conceitual dos participantes e em despertar a conscientização sobre a problemática dos microplásticos, um poluente ambiental de crescente preocupação. A comparação evidencia não apenas uma aquisição de informação, mas um potencial avanço no conhecimento científico dos estudantes sobre materiais poliméricos e seus impactos ambientais. A problemática inicial, refletida nos baixos índices de conhecimento prévio, especialmente sobre microplásticos e a definição

de polímeros, ressalta-se a importância de intervenções pedagógicas que abordem esses temas de forma clara e engajadora no contexto da educação básica.

7 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, constata-se que a abordagem integrada entre teoria e prática — por meio da utilização de kits moleculares, modelagem digital e impressão 3D — favoreceu a compreensão de conceitos fundamentais da Química Ambiental, em especial aqueles relacionados à estrutura dos polímeros plásticos e suas implicações ambientais. A elaboração e análise de modelos moleculares com escala proporcional, aliada à contextualização com os resíduos plásticos reais coletados na escola, permitiram aos estudantes relacionar conteúdos químicos à realidade local.

O engajamento ativo dos alunos na ação comunitária de coleta e identificação de resíduos sólidos no ambiente escolar evidenciou o desenvolvimento de uma postura crítica, especialmente quando articulada às discussões promovidas pelo curta-metragem Ilha das Flores. Essas ações permitiram relacionar os resíduos observados à composição polimérica, estimulando a reflexão sobre consumo, descarte e desigualdade social.

A integração de metodologias ativas com recursos tecnológicos demonstrou potencial para ampliar o engajamento estudantil e fomentar práticas sustentáveis no ambiente escolar. A análise das atividades indica que os objetivos propostos foram, em sua maioria, atingidos, contribuindo tanto para a ampliação do conhecimento sobre os processos químicos envolvidos nos resíduos quanto para a formação de uma consciência ambiental crítica e cidadã.

Dewey argumenta que a educação, em seu sentido mais amplo, é o meio desta "reconstrução social". Conforme citado, onde se lê: "A educação [...] é a regulação do processo de chegar a participar da consciência social, e a adaptação da atividade individual sobre a base dessa consciência social é o único método seguro de reconstrução social" (Adaptado de Dewey, 1940, p. 15).

Ressalta-se que a avaliação da percepção estudantil será aprofundada em etapas futuras do projeto, o que possibilitará uma análise mais abrangente dos impactos pedagógicos dessa abordagem. Ainda assim, os dados parciais indicam que a educação ambiental crítica, aliada à interdisciplinaridade e ao uso de tecnologias, constitui um caminho promissor para a promoção da sustentabilidade no ensino de Química.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

A modelagem molecular com impressora 3D pode ser expandida para outros temas da Química, assim como a utilização do kit molecular, ampliando o repertório de recursos didáticos acessíveis e promovendo maior interdisciplinaridade.

O fortalecimento de parcerias entre escolas, universidades e comunidades pode potencializar projetos de educação ambiental, promovendo ações de coleta seletiva, reciclagem e produção de materiais sustentáveis.

O avanço tecnológico e a popularização das impressoras 3D tendem a tornar essas ferramentas ainda mais acessíveis, permitindo a replicação da metodologia em diferentes contextos educacionais e sociais, trazendo consigo a mensagem que educação e inovação andam juntas.

Os professores, bem como a comunidade podem sentir o impacto a longo prazo dessas práticas no comportamento ambiental dos estudantes e na redução efetiva do descarte inadequado de resíduos.

Em síntese, a monografia aponta que ainda há tempo para transformar hábitos e construir um futuro mais sustentável, desde que a educação, a inovação e o compromisso coletivo estejam no centro das ações.

Como desdobramento das ações já realizadas, ainda serão conduzidas etapas complementares fundamentais para a consolidação dos objetivos do projeto. Entre elas, destaca-se a avaliação da percepção dos estudantes quanto ao aprendizado obtido com as atividades propostas, por meio da aplicação de questionários e análises qualitativas. Além disso, os resíduos plásticos coletados na ação comunitária serão catalogados, com a identificação dos constituintes químicos poliméricos de cada item, promovendo uma conexão direta entre os resíduos reais e os conceitos de Química discutidos em aula.

Como parte da estratégia de sensibilização e extensão do impacto educativo, será elaborado um painel expositivo com os resíduos identificados, destacando sua composição e impactos ambientais. Este painel servirá como um recurso permanente de educação ambiental no ambiente escolar, reforçando a urgência da conscientização sobre o descarte inadequado de plásticos, mesmo em espaços

educativos, e promovendo a continuidade das ações voltadas à construção de uma cultura de responsabilidade socioambiental.

REFERÊNCIAS

- A ROTA do lixo até o mar. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, ed. 321, nov. 2022a. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-rota-do-lixo-ate-o-mar/>. Acesso em: 11 out. 2024.
- ALENCAR, M. V. *et al.* How far are we from robust estimates of plastic litter leakage to the environment? **Journal of Environmental Management**, v. 323, 116195, 1 dez. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116195>. Acesso em: 09 out. 2024.
- ANASTAS, Paul T.; WARNER, John C. **Green chemistry: theory and practice**. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- BRASIL lança 3,44 milhões de toneladas de lixo plástico no mar por ano. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, ed. 321, nov. 2022b. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/brasil-lanca-344-milhoes-de-toneladas-de-lixo-plastico-no-mar-por-ano/>. Acesso em: 11 out. 2024.
- BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 10 fev. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 10 fev. 2025.
- CAPRA, Fritjof. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. Tradução de Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix, 1996.
- CEARÁ. Secretaria da Educação. **Documento Curricular Referencial do Ceará: Ensino Médio**. Fortaleza: SEDUC, 2021. Disponível em: https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2022/01/dcrc_completo_v14_09_2021.pdf. Acesso em: 12 fev. 2025.
- ELKINGTON, John. **Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business**. Oxford: Capstone, 1997.
- ERENO, Dinorah. A rota inversa da reciclagem. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, ed. 150, p. 82-85, ago. 2008. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-rota-inversa-da-reciclagem/>. Acesso em: 13 jan. 2025.
- FOLEY, C. J. *et al.* A meta-analysis of the effects of exposure to microplastics on fish and aquatic invertebrates. **Science of The Total Environment**, v. 631-632, p. 550-559, ago. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.081>. Acesso em: 20 fev. 2025.
- FREIRE, Paulo. **Ação cultural para a liberdade e outros escritos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

ILHA das flores. Direção: Jorge Furtado. Produção: Nora Goulart e Jorge Furtado. Porto Alegre: Casa de Cinema de Porto Alegre, 1989. 1 vídeo (13 min). Disponível em: https://youtu.be/h30BO_6kFNM. Acesso em: 02 maio 2025

JONES, Frances. Um oceano de plástico. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, ed. 321, p. 56-61, nov. 2022. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/um-oceano-de-plastico/>. Acesso em: 13 fev. 2025.

KÖGEL, T. et al. Micro- and nanoplastic toxicity on aquatic life: Determining factors. **Science of The Total Environment**, v. 709, 136050, mar. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136050>. Acesso em: 22 fev. 2025.

LEFF, Enrique. **Saber ambiental**: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Tradução de Lúcia Mathilde Endlich Orth. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. [S.l.], [2024]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 20 out. 2024.

O LIXO e a utopia. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, ed. 206, p. 84-87, abr. 2013. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/o-lixo-e-a-utopia/>. Acesso em: 11 out. 2024.

OLIVEIRA, L. S. et al. A transcontinental threat: Plastic waste from Africa invades Brazil's coast. **Science of The Total Environment**, v. 912, p. 168824, fev. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168824>. Acesso em: 28 jan. 2025.

PIAGET, Jean. **Para onde vai a educação?** Tradução de Ivete Braga. Rio de Janeiro: José Olympio, 2010.

THOMPSON, R. C. et al. Twenty years of microplastic pollution research — what have we learned?. **Science**, v. 386, p. 395, 25 out. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.adl2746>. Acesso em: 24 out. 2024.

UNICEF BRASIL. **Mudanças Climáticas e Meio Ambiente**. [S.l.]: UNICEF Brasil, [2024]. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/mudancas-climaticas-e-meio-ambiente>. Acesso em: 11 out. 2024.

VYGOTSKY, Lev S. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. Organização de Michael Cole et al.; Tradução de José Cipolla Neto, Luís Silveira Menna Barreto, Solange Castro Afeche. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

APÊNDICE

APÊNDICE A — QUESTIONÁRIO: POLÍMEROS, PLÁSTICOS E CONSCIÊNCIA AMBIENTAL

Questão	Pergunta	Tipo de Resposta	Opções de Resposta
1	Você já ouviu falar sobre microplásticos?	Múltipla escolha	<input type="checkbox"/> Sim / <input type="checkbox"/> Não / <input type="checkbox"/> Não tenho certeza
2	Você sabe de onde vem a maior parte do lixo plástico que vai parar nos oceanos?	Múltipla escolha	<input type="checkbox"/> Das praias / <input type="checkbox"/> Dos rios e cidades / <input type="checkbox"/> Dos navios / <input type="checkbox"/> Não sei dizer
3	O que você faz com as embalagens plásticas após o uso em casa?	Múltipla escolha	<input type="checkbox"/> Jogo no lixo comum / <input type="checkbox"/> Separo para reciclagem / <input type="checkbox"/> Reutilizo / <input type="checkbox"/> Não me preocupo
4	Você sabe o que significam os números dentro do símbolo de reciclagem dos plásticos?	Múltipla escolha	<input type="checkbox"/> Sim / <input type="checkbox"/> Não / <input type="checkbox"/> Já vi, mas não sei o que significa
5	Na sua opinião, qual é a maior consequência do descarte incorreto de plásticos para o meio ambiente?	Resposta aberta	(Texto livre)
6	Você conhece algum tipo de plástico ou polímero? Se sim, cite um exemplo:	Resposta aberta	(Texto livre)
7	Você sabe o que é um polímero?	Múltipla escolha	<input type="checkbox"/> Sim, sei explicar / <input type="checkbox"/> Já ouvi falar, mas não sei bem o que é / <input type="checkbox"/> Não conheço
8	Cite pelo menos uma atitude sustentável que você pratica ou poderia praticar para reduzir o uso de plásticos:	Resposta aberta	(Texto livre)
9	Na sua casa, existe coleta seletiva ou separação de lixo reciclável?	Múltipla escolha	<input type="checkbox"/> Sim / <input type="checkbox"/> Não / <input type="checkbox"/> Não sei responder
10	Você acredita que pequenas ações, como separar o lixo ou reduzir o uso de plástico, podem ajudar o meio ambiente?	Múltipla escolha	<input type="checkbox"/> Sim / <input type="checkbox"/> Não / <input type="checkbox"/> Talvez

APÊNDICE B — PLANO DE AULA SOBRE POLÍMEROS

PLANO DE AULA – 1ª AULA

Curso: Licenciatura em Química
Componente Curricular: Química
Tema: Polímeros no Cotidiano: Estrutura, Propriedades e Impactos Ambientais
Escola: EEMTI Doutor Brunilo Jacó
Turma: 2º ano H
Professor(a): Ítalo Moreira Moura
Carga Horária: 2h/aula ou 100 minutos
Data: 09/05/2025

OBJETIVO DA AULA:

Compreender o conceito de polímeros, identificar exemplos do cotidiano, discutir propriedades e impactos ambientais.

CONTEÚDOS TRABALHADOS NESSA AULA:

Definição de polímeros (naturais e sintéticos)
Estrutura química dos principais polímeros (PE, PP, PET, PVC)
Propriedades físicas e aplicações
Aditivos plásticos e suas funções
Impactos ambientais do descarte inadequado

HABILIDADES DA BNCC:

EM13CNT103: Discutir a presença e o impacto dos materiais sintéticos, como polímeros, no cotidiano e no meio ambiente, identificando suas propriedades e aplicações.

EM13CNT201: Analisar a composição, estrutura e propriedades de materiais, relacionando-as ao seu uso e impacto ambiental.

EM13CNT301: Avaliar o papel da ciência e da tecnologia na sociedade, considerando aspectos históricos, éticos, ambientais e sociais.

METODOLOGIA:

Aplicação de questionário diagnóstico sobre conhecimento prévio
Aula expositiva dialogada com slides e exemplos reais
Discussão em grupo sobre exemplos do cotidiano

RECURSOS DIDÁTICOS:

Slides, quadro pincel, apagador, questionário

AVALIAÇÃO:

Participação nas discussões e respostas ao questionário inicial

REFERÊNCIAS:

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

DOCUMENTOCURRICULAR REFERENCIAL DO CEARÁ: ENSINO MÉDIO. Fortaleza SEDUC, 2019.

SILVA, A. F.; LIMA, J. R. S. Polímeros: Estrutura, Propriedades e Aplicações. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

MORAES, M. A. B.; MORAES, M. E. B. Polímeros e Meio Ambiente. Química Nova na Escola, v. 24, n. 2, p. 33-38, 2006.

RAIMONDI, G. A. Polímeros: Ciência e Tecnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

APÊNDICE C — PLANO DE AULA SOBRE BIOPLÁSTICOS

PLANO DE AULA – 3ª AULA

Curso: Licenciatura em Química
Componente Curricular: Química
Tema: Bioplásticos e Inovação: Estrutura, Propriedades e Sustentabilidade
Escola: EEMTI Doutor Brunilo Jacó
Turma: 2º ano H
Professor(a): Ítalo Moreira Moura
Carga Horária: 2h/aula ou 100 minutos
Data: 16/05/2025

OBJETIVO DA AULA:
 Bioplásticos e Inovação: Estrutura, Propriedades e Sustentabilidade

CONTEÚDOS TRABALHADOS NESTA AULA:

Conceito e classificação de bioplásticos

Exemplos: PLA, PBAT, PE verde

Estrutura química dos biopolímeros

Propriedades e vantagens ambientais

HABILIDADES DA BNCC:

EM13CNT103: Discutir a presença e o impacto dos materiais sintéticos e alternativos, como bioplásticos, no cotidiano e no meio ambiente, identificando suas propriedades e aplicações.

EM13CNT204: Investigar e analisar alternativas tecnológicas sustentáveis para minimizar impactos ambientais, como o desenvolvimento e uso de bioplásticos.

EM13CNT301: Avaliar o papel da ciência e da tecnologia na sociedade, considerando aspectos históricos, éticos, ambientais e sociais.

METODOLOGIA:

Aula expositiva dialogada com slides

Atividade prática: montagem de modelos moleculares (kit molecular)

Oficina experimental: produção de bioplástico caseiro (análise sensorial do produto final)

RECURSOS DIDÁTICOS:

Slides, kit molecular, amostra de bioplástico caseiro, quadro, pincel, apagador

AVALIAÇÃO:

Participação na montagem dos modelos e discussão sobre o experimento

REFERÊNCIAS:

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

DOCUMENTOCURRICULAR REFERENCIAL DO CEARÁ: ENSINO MÉDIO. Fortaleza SEDUC, 2019.

SILVA, A. F.; LIMA, J. R. S. Polímeros: Estrutura, Propriedades e Aplicações. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2018.


MORAES, M. A. B.; MORAES, M. E. B. Polímeros e Meio Ambiente. Química Nova na Escola, v. 24, n. 2, p. 33-38, 2006.

RAIMONDI, G. A. Polímeros: Ciência e Tecnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

COSTA, J. A. V.; PINTO, L. A. A. Bioplásticos: Polímeros Biodegradáveis e Sustentabilidade. Química Nova, v. 44, n. 2, p. 142-155, 2021.

ANEXOS

ANEXO A — SOLICITAÇÃO DE REALIZAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA
Rua José Franco de Oliveira, s/n, Campus das Auroras, Bloco B, 2º andar, Sala 333 - Bairro Centro, Redenção/CE, CEP
62790-000
Telefone: +55 (85) 3332-6285 - <http://www.unilab.edu.br/>

OFÍCIO Nº 27/2025/ICEN-UNILAB

Redenção, 28 de abril de 2025.

Ao Senhor,
Professor Marcos Deyvid da Silva Lima
Diretor da EEMTI Doutor Brunilo Jacó

Assunto: Solicitação para realização de Estágio Curricular Obrigatório - Trabalho de Conclusão de Curso.

Senhor Diretor,

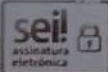
Venho, por meio deste, solicitar a gentileza de Vossa Senhoria para autorização da realização do Estágio de Conclusão de Curso do estudante ÍTALO MOREIRA MOURA, regularmente matriculado no último período do curso de Química Licenciatura da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB).

O referido estágio será desenvolvido no período de maio a junho de 2025, junto às turmas do Ensino Médio dessa instituição, sob supervisão da equipe pedagógica da escola e da coordenação de estágio da UNILAB. Durante esse período, o estagiário irá desenvolver atividades pedagógicas vinculadas ao seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), intitulado: "*Educação em Química Ambiental: Conceitos e Práticas Sustentáveis para o Descarte Adequado de Resíduos*", buscando promover práticas educativas voltadas à conscientização ambiental, ao uso responsável dos recursos e ao correto descarte de resíduos plásticos, integrando teoria e prática na formação dos estudantes da educação básica.


Certos da colaboração e da valiosa contribuição que essa parceria representa para a formação do futuro professor e para o fortalecimento da educação pública, agradecemos antecipadamente pela atenção e nos colocamos à disposição para quaisquer esclarecimentos.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Dieric dos Santos de Abreu
Professor/Orientador no Instituto de Ciências Exatas e da Natureza




Documento assinado eletronicamente por **DIERIC DOS SANTOS DE ABREU, PROFESSOR(A) DO MAGISTÉRIO SUPERIOR**, em 28/04/2025, às 22:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unilab.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1167342** e o código CRC **19AF4F60**.

Referência: Caso resposta este Ofício, indicar expressamente o Processo nº 23282.006769/2025-84 SEI nº 1167342

https://sei.unilab.edu.br/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=1297605&infra_sistem... 1/1

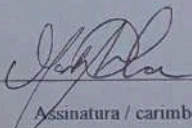
ANEXO B — TERMO DE CESSÃO - DIREITO DE USO DE IMAGEM

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
Rua José Franco de Oliveira, s/n, Campus das Auroras, Bloco B, 2º andar, Sala 333 - Bairro Centro, Redenção/CE, CEP
62790-000
Telefone: (85) 3332-6285 - <http://www.unilab.edu.br/>

TERMO DE CESSÃO - DIREITO DE USO DE IMAGEM

Eu, **Marcos Deyvid da Silva Lima**, CPF nº 900.589.173-49 e RG nº 20000398009746 SSP-CE, exercendo a função de Diretor Geral na *Escola de Ensino Médio em Tempo Integral Doutor Brunilo Jacó*, no município de Redenção/Ceará /Brasil, autorizo a utilização de imagens registradas a partir das atividades do estágio curricular supervisionado - , no curso de Licenciatura em Química da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB, com a finalidade de integrar o Trabalho de Conclusão do curso de Licenciatura em Química do Instituto de Ciências Exatas e da Natureza. Tal concessão, o faço sem qualquer onerosidade, ou seja, de forma gratuita.

Redenção, 28 de abril de 2025.



Assinatura / carimbo

MARCOS DEYVID DA SILVA LIMA
Diretor Geral