

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

FLAVIA SARDINHA DA SILVA

Gerenciamento de resíduos orgânicos para o ensino de química: Uma abordagem pedagógica sobre Educação Ambiental Crítica

RIO DE JANEIRO

2025

FLAVIA SARDINHA DA SILVA

Gerenciamento de resíduos orgânicos para o ensino de química: Uma abordagem pedagógica sobre Educação Ambiental Crítica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química, do Instituto de Química – IQ, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciatura em Química.

Orientadores: D.Sc. Victor de Oliveira Rodrigues
D.Sc. Priscila Tamiasso-Martinhon

RIO DE JANEIRO

2025

FLAVIA SARDINHA DA SILVA

Gerenciamento de resíduos orgânicos para o ensino de química: Uma abordagem pedagógica sobre Educação Ambiental Crítica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química, do Instituto de Química – IQ, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciatura em Química.

Aprovada em 18 de fevereiro de 2025

BANCA EXAMINADORA

Prof.º Victor de Oliveira Rodrigues (Orientador)
Instituto de Química – UFRJ

Prof.ª Priscila Tamiasso-Martinhon (Co-orientadora)
Instituto de Química – UFRJ

Prof.ª Grazieli Simões
Instituto de Química – UFRJ

Prof.º Fábio Ferreira Barroso
Instituto de Química – UFRJ

Prof.ª Adriane Elise Maia
Instituto de Química – UFRJ

Dedico este trabalho em memória da minha prima Tabata. Sua fé e amor permanece vivo em nossos corações. Saudade.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho representa o fim de uma trajetória e o início de uma nova aventura. Dedico grande parte dessa jornada à minha família, que sempre apoiou minhas escolhas e incentivou a busca pelos meus sonhos e conquistas.

À minha mãe, Márcia Valéria, ao meu pai, Mário, e à minha irmã, Erika, agradeço pela educação, carinho, apoio e amor. O suporte de vocês foi essencial para que eu pudesse concluir mais essa etapa da minha vida.

Ao meu noivo, Yan Andrade, agradeço pela paciência, companheirismo e compreensão durante todo esse processo. Obrigada por estar ao meu lado nos momentos de dificuldade, por me incentivar a nunca desistir e por acreditar em mim.

Aos meus orientadores, Victor Oliveira e Priscila Martinhon, agradeço por compartilharem seus conhecimentos ao longo desse processo, que foram fundamentais para a melhoria do trabalho e para meu desenvolvimento profissional.

Agradeço ao meu amigo Mário, que está comigo nesta jornada desde o início, sempre incentivando nos estudos e sendo um parceiro durante todo o processo. Agradeço também ao Ramon Fagundes por toda colaboração, troca de experiências e apoio ao longo deste percurso.

Agradeço à Universidade Federal do Rio de Janeiro pelo aprendizado e oportunidades de crescimento, assim como os mediadores e tutores do CEDERJ pela dedicação e atenção nas vezes em que precisei.

Por fim, um agradecimento especial à memória da minha prima Tábata, que inspirou a ter mais fé, a viver intensamente e a ser grata pela vida. Sua presença será sempre lembrada, e, mesmo não estando fisicamente presente, estará sempre em meu coração.

*“O que eu faço é uma gota no meio de um oceano.
Mas sem ela, o oceano será menor”*

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

SILVA, Flavia Sardinha. Abordagem pedagógica na Educação Ambiental Crítica por meio de sequência didática sobre gerenciamento de resíduos orgânicos para o ensino de química. Orientadores: Victor de Oliveira Rodrigues; Priscila Tamiasso-Martinhon, 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025

O ensino de química além de promover a divulgação científica também objetiva desenvolver o senso crítico e reflexivo das pessoas perante aos desafios sociais para que possam atuar como agentes multiplicadores. Dessa forma, o presente trabalho propõe a elaboração de uma Sequência Didática (SD) para o ensino de química, abordando a temática de resíduos orgânicos domésticos, com enfoque na Educação Ambiental Crítica. A proposta é destinada aos alunos do 2º ano do Ensino Médio e está estruturada em quatro encontros. O Estudo de Caso é a atividade principal, pois envolve a problemática dos lixões, explorada por meio do conteúdo de cinética química e reações químicas. As atividades didáticas visam contextualizar o aprendizado teórico em cenários ambientais reais, facilitando a compreensão e aumentando o engajamento dos estudantes. A abordagem enfatiza o impacto ambiental dos resíduos sólidos e promove uma reflexão sobre sustentabilidade, destacando o papel dos alunos como transformadores sociais. A fundamentação pedagógica está alinhada com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), tendo como referência teórica a aprendizagem significativa de David Ausubel e o pensamento crítico de Paulo Freire. Como parte da proposta, foi desenvolvido um material de apoio com o objetivo de auxiliar os professores na implementação da temática em sala de aula, facilitando a integração entre teoria e prática no ensino de química e ampliando a relevância do conteúdo para a formação cidadã dos estudantes.

Palavras-chaves: Resíduo Sólido Urbano, Resíduo Orgânico, Educação Ambiental Crítica, Sequência Didática, Aprendizagem Significativa, Ensino de Química.

ABSTRACT

SILVA, Flavia Sardinha. Pedagogical approach in Critical Environmental Education through a didactic sequence on organic waste management for chemistry teaching. Advisors: Victor de Oliveira Rodrigues; Priscila Tamiasso-Martinhon, 77 f. Completion of course work (Bachelor in Chemistry) – Institute of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025

As well as promoting scientific dissemination, chemistry teaching also aims to develop people's critical and reflective sense of social challenges so that they can act as multiplier agents. In this way, this work proposes the development of a Didactic Sequence (SD) for Chemistry Teaching, addressing the theme of domestic organic waste, with a focus on Critical Environmental Education. The proposal is aimed at students in the 2nd year of High School and will be divided into 5 meetings. The Case Study is the main activity, as it involves the problem of rubbish dumps, explored through the content of chemical kinetics and chemical reactions. The didactic activities aim to contextualize theoretical learning in real environmental scenarios, facilitating understanding and increasing student engagement. The approach emphasizes the environmental impact of solid waste and promotes reflection on sustainability, highlighting the role of students as social transformers. The pedagogical foundation is aligned with the National Common Core Curriculum (BNCC), with David Ausubel's meaningful learning and Paulo Freire's critical thinking as theoretical references. As part of the proposal, support material was developed to help teachers implement the theme in the classroom, facilitating the integration of theory and practice in chemistry teaching and increasing the relevance of the content to students' civic education.

Keywords: Urban Solid Waste, Organic Waste, Critical Environmental Education, Didactic Sequence, Meaningful Learning, Teaching chemistry.

PRELÚDIO

Meu nome é Flávia Sardinha da Silva, tenho 27 anos e minha formação educacional foi integralmente realizada em escolas públicas. Durante o Ensino Médio, tive a oportunidade de estudar em uma instituição com um enfoque inovador em educação ambiental. Tratava-se de uma escola agrícola que integrava práticas agropecuárias, como o cultivo hidropônico em estufas, a piscicultura e o uso de um pequeno biodigestor. A produção local era destinada ao consumo interno, o que despertou meu interesse pelas questões ambientais e pela relação entre educação e sustentabilidade.

Ao longo dos três anos do Ensino Médio, desenvolvi uma afinidade especial pela disciplina de Química, o que me levou a ingressar em um curso Técnico em Química. Durante o curso, obtive uma colocação como estagiária na área de análise físico-química de óleo mineral isolante, setor no qual ainda atuo, embora atualmente esteja alocada em funções administrativas.

Posteriormente, aspirei ingressar em um curso de Engenharia em uma universidade federal. Apesar de não ter obtido êxito nessa tentativa, fui aprovada no vestibular do consórcio CEDERJ para a Licenciatura em Química. Desde o início da graduação, mantive um forte interesse pela área ambiental, influenciada pela experiência no Ensino Médio e por observações de dinâmicas cotidianas que ressaltavam a relevância da Educação Ambiental. Um exemplo significativo é o relato de minha mãe, Márcia Valéria, que trabalhava como merendeira em uma escola pública e frequentemente comentava sobre o desperdício de alimentos descartados no lixo comum. Esses eventos reforçaram minha percepção de que a Educação Ambiental é essencial para promover a consciência crítica e transformar comportamentos sociais.

Devido à necessidade de conciliar o trabalho com os estudos, minha participação em atividades acadêmicas, como Iniciação Científica (IC) ou projetos internos relacionados à temática ambiental, foi limitada. Ainda assim, o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) refletiu uma conexão direta com minhas experiências pessoais e aspirações acadêmicas. Apesar de atualmente atuar em uma área não diretamente vinculada à gestão de resíduos orgânicos, continuo a identificar-me profundamente com essa temática. Minha formação acadêmica e minhas vivências pessoais reforçaram minha crença na Educação Ambiental como um instrumento fundamental para a construção de uma sociedade mais consciente e responsável.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Economia circular do resíduo orgânico doméstico.....	19
Figura 2 - Variação da temperatura durante a compostagem	20
Figura 3 - Variação do pH durante a compostagem	23
Figura 4 - As etapas envolvidas na digestão anaeróbica	24
Figura 5 - Hidrólise da molécula de proteína	25
Figura 6 - Lixão	27
Figura 7 - Aterro sanitário Ciclus Ambiental	28
Figura 8 - Base de tratamento de chorume da empresa Ciclus Ambiental.....	28
Figura 9 - Hierarquia de prioridade para a destinação dos resíduos sólidos	29
Figura 10 - Linha do tempo das regulamentações envolvidas à formação de professores de química	37
Figura 11 - Temas transversais na Base Nacional Comum Curricular.....	44
Figura 12 - A região intermediária do conhecimento entre a aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa.....	52
Figura 13 - Material de divulgação para elucidação do resíduo orgânico doméstico	60
Figura 14 - Visão geral do simulador “Reações e Taxas”	61
Figura 15 - Reportagem que será apresentada para os alunos.....	63
Figura 16 - Mapa conceitual sobre resíduo orgânico	64
Figura 17 - Aplicativo Cmaptools	64
Figura 18 - Visão geral do Mentimeter para elaboração do Quiz	65
Figura 19 - Visão geral para criar a nuvem de palavras no Mentimeter	67
Figura 20 - Exemplo de nuvem de palavras	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos envolvidos no processo de compostagem.....	21
Tabela 2 - Reações metanogênicas	26
Tabela 3 - Emissões evitadas de CH ₄ kg / ton.....	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Plano Nacional de Educação em relação à formação de professores.....	39
Quadro 2 - Descrição dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).....	42
Quadro 3 - Exemplos de conteúdos que podem ser abordados através da temática resíduo orgânico doméstico no ensino de química.....	48
Quadro 4 - Proposta da Sequência didática	56

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
EA	Educação Ambiental
EAC	Educação Ambiental Crítica
EM	Ensino Médio
GEE	Gases do Efeito Estufa
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PCNEM	Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio
Planares	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PNEA	Política Nacional de Educação Ambiental
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SD	Sequências Didáticas
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TCTs	Temas Contemporâneos Transversais
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1.	LIXO, RESÍDUO E REJEITO	17
1.2.	DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	18
1.2.1.	COMPOSTAGEM.....	19
1.2.2.	BIODIGESTÃO	23
1.2.3.	ATERRO SANITÁRIO E ATERRO CONTROLADO.....	27
1.2.4.	UMA PERSPECTIVA DO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO NO BRASIL	29
1.3.	JUSTIFICATIVA	30
1.4.	OBJETIVO	32
1.4.1.	OBJETIVO GERAL.....	33
1.4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
1.4.3.	OBJETIVOS COLATERAIS	33
3.	REFERENCIAIS TEÓRICOS E EPISTEMOLÓGICOS.....	33
3.1	DICOTOMIA ENTRE A EDUCAÇÃO AMBIENTAL E A EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA.....	33
3.2.	FORMAÇÃO E A PRÁXIS DOCENTE NO ENSINO DE QUÍMICA.....	36
3.3.	UM OLHAR PARA A AGENDA 2030.....	40
3.4.	TEMAS CONTEMPORÂNEOS TRANSVERSAIS E BNCC.....	43
4.	REFERÊNCIAS METODOLÓGICAS E ABORDAGEM PEDAGÓGICA	45
4.2.	SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS NO ENSINO DE QUÍMICA	45
4.3.	RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO COMO TEMA GERADOR NA CONTEXTUALIZAÇÃO DO ENSINO DE QUÍMICA	47
4.4.	DIALOGANDO COM PAULO FREIRE E DAVID AUSUBEL	48
4.4.1.	PAULO FREIRE	48
4.4.2.	DAVID AUSUBEL.....	50
4.4.3.	ARTICULANDO COM A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	53
5.	METODOLOGIA	54
5.2.	PRODUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	55
5.3.	PRODUÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO AUTORAL	56
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
6.1.	DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	57
6.2.	Lei 15.100/2025.....	57
6.3.	Etapas da SD.....	58

6.3.1.	PRIMEIRO ENCONTRO	59
6.3.2.	SEGUNDO ENCONTRO	60
6.3.3.	TERCEIRO ENCONTRO.....	62
6.3.3.1.	Introdução à problemática	62
6.1.3.2.	Discussão e reflexão sobre conceitos	63
6.1.3.2.	Estudo de Caso	65
6.1.4.	QUARTO ENCONTRO.....	66
6.1.4.2.1.	Discussão e Apresentação dos grupos	66
6.1.4.2.2.	Encerramento, avaliação e participação da nuvem de palavras.....	66
7.	Considerações finais.....	67
	REFERÊNCIAS	69
	APÊNDICE 1	74
	APÊNDICE 2	75
	APÊNDICE 3	76
	ANEXO 1	76

1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) tem crescido exponencialmente, impulsionada, sobretudo, pelo aumento populacional e pela intensificação do consumo. Esse crescimento resulta em um acréscimo significativo de materiais como plásticos, vidros, restos alimentares e outros tipos de resíduos, particularmente nas áreas urbanas, o que, por sua vez, gera uma série de desafios socioambientais. Entre esses desafios, destaca-se a proliferação de microrganismos e vetores, como insetos e roedores, que podem atuar como transmissores de doenças, além do aumento da poluição visual e da contaminação ambiental (Lins *et al.*, 2022). Em resposta a esses problemas, o gerenciamento adequado de resíduos sólidos tem se tornado uma preocupação global, visando mitigar os impactos negativos associados à sua produção e disposição inadequada.

No Brasil, a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelece diretrizes claras para a gestão de resíduos, priorizando a redução, a reutilização, a reciclagem e o tratamento adequado dos mesmos, tanto no setor público quanto no privado (Brasil, 2010). No entanto, a implementação efetiva dessas políticas enfrenta desafios significativos, especialmente no que tange à conscientização e à participação da sociedade.

Uma área de particular relevância para a implementação dessas práticas de gestão de resíduos é o ambiente escolar. Durante a infância e a adolescência, os estudantes passam grande parte do tempo em instituições educacionais, onde, apesar da geração contínua de resíduos sólidos, muitas vezes não há uma gestão eficaz que contribua para a mitigação dos impactos ambientais (Klippel, 2015). A coleta de resíduos nas escolas, em geral, segue os padrões urbanos, com pouca ou nenhuma distinção entre resíduos orgânicos e inorgânicos, refletindo uma lacuna significativa na educação ambiental.

Nesse cenário, o ensino de química surge como uma ferramenta poderosa para abordar questões relacionadas à gestão de resíduos, oferecendo uma oportunidade de integrar conceitos científicos com problemas reais da sociedade. Ao introduzir tópicos como reações orgânicas, conservação de massa, emissões de gases e cinética química, o ensino de química pode ser contextualizado para explorar questões socioambientais e econômicas. Essa abordagem está alinhada com os princípios estabelecidos pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que enfatiza a importância da contextualização no processo de ensino-aprendizagem (Brasil, 2018).

Além disso, a natureza interdisciplinar do ensino de química permite a integração de temas como o gerenciamento de resíduos orgânicos no currículo escolar, de maneira a estimular

nos alunos a reflexão crítica sobre sua realidade e o papel da ciência na resolução de problemas ambientais. De acordo com Moura e colaboradores (2021), uma abordagem interdisciplinar é essencial para o desenvolvimento de uma compreensão mais abrangente e significativa dos conceitos científicos, reforçando a relevância da química na educação básica.

O professor de química desempenha um papel central na promoção de uma Educação Ambiental (EA) crítica, capaz de examinar tanto os fenômenos ambientais de origem antrópica quanto os de origem natural (Leite e Rodrigues, 2011). A simples transmissão de conteúdo teórico não é suficiente para garantir uma compreensão profunda dos problemas ambientais contemporâneos. Em vez disso, é necessário adotar abordagens pedagógicas que transcendam as fronteiras disciplinares tradicionais, incorporando temas transversais e utilizando metodologias ativas de ensino.

Nesse sentido, a abordagem transdisciplinar não só facilita a conexão entre diferentes áreas do conhecimento, como também promove o desenvolvimento de competências fundamentais, como a capacidade de resolver problemas complexos, a comunicação eficaz, o trabalho em equipe e a tomada de decisões. A química, quando ensinada de forma integrada com questões ambientais, pode fornecer aos alunos ferramentas para uma compreensão mais crítica do mundo ao seu redor e para o desenvolvimento de soluções inovadoras para problemas ambientais.

Uma das estratégias mais eficazes para integrar temas ambientais no ensino de química é o uso de Sequências Didáticas (SD). A SD é um conjunto de atividades pedagógicas estruturadas que, de forma progressiva e articulada, visam promover a construção do conhecimento por meio de etapas planejadas (Zabala, 2007; Peretti e Costa, 2013). Elas permitem que o professor organize o ensino de maneira lógica e coerente, possibilitando que os alunos avancem em sua aprendizagem de forma gradual, conectando os conteúdos teóricos a questões práticas e cotidianas.

Neste trabalho, destaca-se a relevância de inserir temas gerados, como o gerenciamento de resíduos orgânicos domésticos, em uma SD. Esse enfoque não apenas desperta o interesse dos alunos, mas também os incentiva a refletir criticamente sobre os impactos ambientais de suas ações cotidianas. Além disso, a utilização de SD em sala de aula promove a interdisciplinaridade, conectando a química a outras áreas do conhecimento, como biologia, geografia e ciências sociais, o que contribui para uma visão mais integrada e abrangente dos problemas ambientais.

A adoção de SD no ensino de química incluindo como tema gerador o resíduo é relevante quando se considera a necessidade de contextualizar os conteúdos da disciplina dentro

de um cenário mais amplo, que inclua tanto os desafios ambientais quanto às possíveis soluções para eles. Dessa forma, o intuito é estimular os alunos a aplicar os conhecimentos adquiridos na resolução de problemas reais, desenvolvendo, ao mesmo tempo, suas habilidades de pensamento crítico e suas competências científicas.

Diante do contexto apresentado, torna-se necessário evidenciar as razões que tornam este estudo relevante, tanto no campo acadêmico quanto no social e ambiental.

1.1. LIXO, RESÍDUO E REJEITO

As interações do homem com a natureza vêm causando modificações significativas no cenário global, incluindo transformações econômicas e sociais, bem como um forte apelo ao consumo, exercendo influência nos hábitos da população (Cerreta; Silva e Rocha, 2013). O crescimento desenfreado das cidades está diretamente relacionado ao aumento do lixo, prejudicando o meio ambiente e ameaçando a qualidade de vida, bem como recursos vitais, como lençóis freáticos, solo e ar (Souza *et al.* 2020).

De modo geral, o lixo pode ser definido como todo e qualquer material que não tenha mais utilidade e pode ser descartado. Entretanto, parte do que consideramos lixo pode ser reaproveitado de alguma forma, e por melhor definição, consideramos esses lixos como resíduos. Pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), delineada pela Lei nº 12.305/2010, resíduos podem ser definidos como:

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja definição final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (Brasil, 2010, Art. 3 XVI).

Dessa forma, grande parte do que consideramos descartáveis podem passar por um processo ecologicamente viável para que seja minimizado o seu descarte na forma convencional e reaproveitar o máximo que o produto tem a oferecer. Entretanto, há resíduos que, depois de esgotadas todas as opções de tratamento e recuperação, não apresentam alternativas senão a disposição final ambientalmente adequada e, esses são denominados de rejeitos (Brasil, 2010).

Os resíduos sólidos podem ser de origem orgânica, oriundo de origem animal e vegetal, como restos de alimentos, folhas, troncos de árvores, ossos, sementes e entre outros, que podem ser degradados naturalmente. E também de origem inorgânica, como vidro, plástico, papel, alumínio e entre outros, que podem apresentar um tempo de vida muito grande. Tirando os

rejeitos, os diferentes tipos de resíduos gerados podem passar por diferentes processos que minimizem seus impactos ambientais, seja de reciclagem e/ou reutilização.

Mesmo que os resíduos orgânicos apresentam um tempo de vida menor na natureza, sua disposição final em ambientes inadequados não somente atrai roedores e doenças para saúde humana, mas contribui significativamente para o aumento dos gases do efeito estufa (GEE) em decorrência do seu próprio processo de decomposição.

1.2. DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

O acúmulo de resíduos nos grandes centros urbanos passou a se tornar uma problemática, pelo acúmulo de roedores e doenças que surgiam. Como primeira solução, criaram-se os lixões (Fadini e Fadini, 2001), um local de depósito para qualquer tipo de resíduo, seja urbano, industrial e de saúde, sem nenhum controle ambiental, que trazem problemáticas socioambientais ainda visíveis atualmente, principalmente pela contaminação de solo e lençóis freáticos pelo chorume e na geração de gases pelo processo natural de decomposição de alguns materiais.

A PNRS reflete um marco fundamental no cenário ambiental e social do Brasil, alinhando-se com princípios de desenvolvimento sustentável e a promoção responsável pela gestão de resíduos sólidos. Isso implica a necessidade de criar um sistema de coleta seletiva, instaurar programas de educação ambiental, incentivar a economia circular, implementar a logística reversa e desenvolver planos de resíduos sólidos a nível municipal (Brasil, 2010). Ademais, um dos desafios e metas significativas da PNRS é a erradicação dos lixões conforme se observa no artigo 17º, parágrafo IV e V.

IV - metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos;

V - metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;

A PNRS visa reduzir e realizar a melhor destinação dos resíduos sólidos, destacando soluções sustentáveis, promovendo o desenvolvimento econômico e minimizando os impactos ambientais. Dessa forma, pelo artigo 3º parágrafo VII,

VII - destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais

específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos

A gestão de resíduos não se limita à eliminação, mas sim à maximização dos benefícios de recursos potenciais, como a energia proveniente de resíduos, ao mesmo tempo que se busca reduzir os danos ambientais. É uma abordagem alinhada com o conceito de economia circular (Figura 1), que visa prolongar o ciclo de vida dos materiais e minimizar os resíduos gerados, transformando desafios ambientais em oportunidades para soluções inovadoras e sustentáveis.

Figura 1 - Economia circular do resíduo orgânico doméstico



Fonte: Autoral

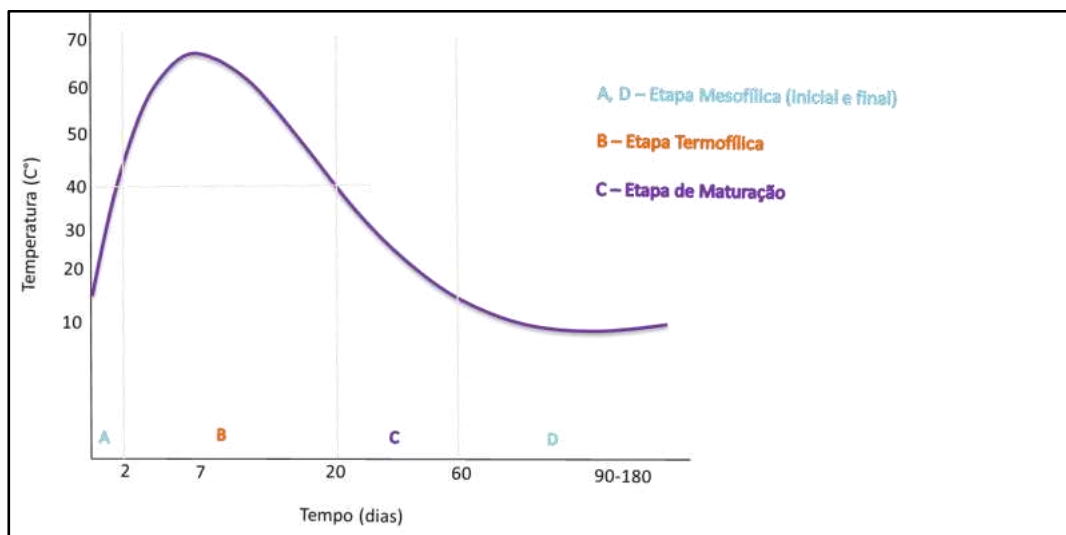
1.2.1. COMPOSTAGEM

A compostagem é uma metodologia considerada para resíduos sólidos de origem orgânica. A compostagem é um processo natural que ocorre quando a matéria orgânica se degrada no meio ambiente ao longo do tempo. No entanto, esse termo está associado a uma manipulação controlada pelo ser humano que desenvolveu técnicas para acelerar a decomposição, criando com mais rapidez um composto com alto teor de nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, enxofre, zinco, entre outros) para ser utilizado na agricultura (Zucconi e Bertoldi, 1987).

A decomposição da matéria orgânica ocorre em ambiente úmido, quente e aeróbico a partir da atividade microbiana (bactérias e fungos). Isso produz dióxido de carbono (CO_2), vapor d'água e uma biomassa com elevada concentração de nutrientes por meio de duas fases: a bioestabilização (reações bioquímicas termofílica) e a fase de maturação (formação do húmus) (Heberts *et al.*, 2005; Van Ginkel, 1996).

A Figura 2 representa mudanças típicas de temperatura que podem ser esperadas durante o processo de compostagem.

Figura 2 - Variação da temperatura durante a compostagem



Fonte: Adaptado de Heberts *et al.*, 2005)

As fases são definidas em termos dos tipos de bactérias e fungos que prosperam em diferentes faixas de temperatura. A temperatura pode chegar a 75°C devido à transferência de calor relativamente lenta para o meio ambiente devido ao material orgânico ser organizado em uma pilha. Nessa fase, boa parte do substrato é consumida e degrada a celulose e a lignina, e por isso o aumento da temperatura (Etapa Termofílica). Na temperatura elevada ocorre também a sanitização de microrganismos patogênicos. Quando toda a matéria de fácil decomposição se decompõe, o sistema se estabiliza e a temperatura cai para 40°C para 30°C . Durante essa faixa de temperatura, a formação do húmus acontece (Etapa de Maturação). Esse novo composto orgânico pode ser utilizado como adubo e apresenta macro e micronutrientes fundamentais para o desenvolvimento de vegetais (Heberts *et al.*, 2005; Van Ginkel, 1996; Silva, 2017).

A composteira é o local onde a matéria orgânica sofrerá seu processo de decomposição na presença de oxigênio. Ela pode ser feita diretamente na terra ou em recipientes simples, como em baldes, bombonas, caixas de madeira entre outros. Nesse local, serão feitas camadas

alternadas de matéria orgânica com matéria orgânica seca, como palha ou serragem, mantendo sempre a umidade no local (Borchardt, 2021).

O composto de qualidade é determinado na fase termofílica, onde moléculas mais complexas, como proteínas, gorduras, celulose e hemicelulose, são degradadas, podendo a temperatura atingir até 60°C. A eficiência dessa decomposição é influenciada por parâmetros físico-químicos, como temperatura, pH, aeração, umidade, relação carbono-nitrogênio (C/N), tipo e variedade do substrato (Tabela 1) (Trautmann e Krasny, 1997).

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos envolvidos no processo de compostagem

Parâmetros	Faixa ideal
Relação C/N	25:01 a 35:01
umidade	50-60%
Concentração de oxigênio	>5%
tamanho das partículas	20 a 70 mm
pH	5,5 - 8,0
Temperatura	40 a 65 °C

Fonte: Fialho *et al.* (2005); Trautmann e Krasny, (1997)

Na fase de maturação, ocorre o término do processo, resultando na formação do composto orgânico, potencialmente útil como adubo. Nem todos os compostos são completamente decompostos em íons simples. Alguns produtos da degradação química são ligados em cadeias longas e intrincadas pelos microrganismos, formando polímeros que resistem à decomposição adicional, integrando a complexa mistura orgânica denominado húmus, o produto da compostagem (Trautmann e Krasny, 1997).

Os parâmetros físico-químicos desempenham um papel fundamental na regulação das condições propícias ao crescimento microbiano e às reações de degradação da matéria orgânica. Este processo, por sua vez, influencia diretamente a velocidade e eficiência da decomposição ou humificação,

A relação carbono/nitrogênio (C/N) emerge como um dos principais indicadores, refletindo a proporção de carbono em relação ao nitrogênio nos materiais em questão. Microrganismos envolvidos na decomposição orgânica requerem carbono como fonte de energia e nitrogênio para síntese de proteínas e outras biomoléculas.

Assim, uma relação C/N adequada dentro de uma faixa específica é essencial para assegurar uma decomposição eficiente e a produção de compostos orgânicos de alta qualidade

Elevadas relações C/N sugerem uma abundância de carbono em relação ao nitrogênio, o que pode limitar a síntese proteica dos microrganismos, retardando, por conseguinte, a decomposição da matéria orgânica. Por outro lado, baixas relações C/N indicam um excesso de nitrogênio em relação ao carbono, levando a perdas de nitrogênio na forma de amônia (NH_3) e outros compostos voláteis, resultando em perdas de nutrientes importantes e odores desagradáveis (Fialho *et al.* 2005).

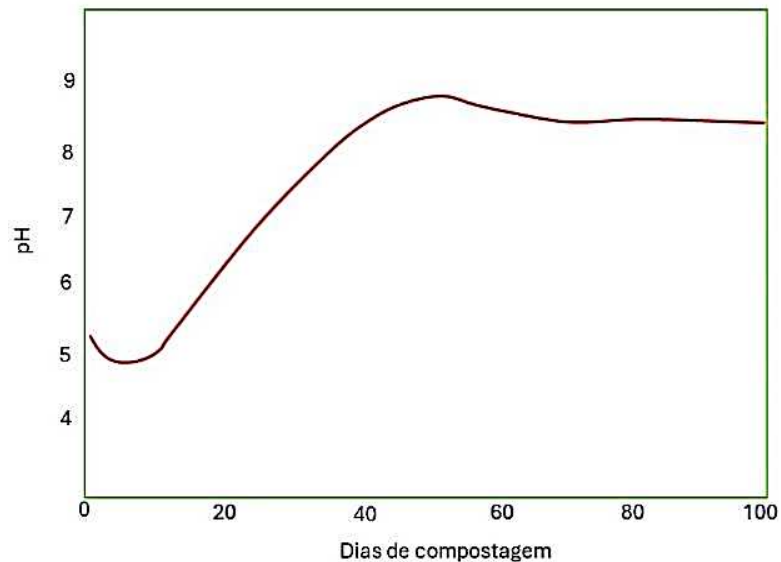
À medida que a decomposição ocorre, a relação C/N diminui, pois grande parte do carbono é perdido para atmosfera na forma de CO_2 e parte do nitrogênio é utilizado para novos microrganismos.

A disponibilidade de oxigênio é crucial para esse processo, uma vez que a decomposição aeróbica depende da presença desse gás. Níveis baixos de oxigênio podem favorecer a decomposição anaeróbica, resultando na formação de produtos indesejáveis como metano (CH_4) e sulfeto de hidrogênio (H_2S), este último conhecido por seu odor característico de ovo podre.

Além disso, o tamanho das partículas desempenha um papel importante na eficácia da compostagem. Partículas menores aumentam a superfície de contato disponível para a atividade microbiana, acelerando a decomposição. No entanto, é importante evitar a compactação excessiva, que pode comprometer a circulação do oxigênio essencial para as reações aeróbicas (Cotta *et al.*, 2015).

O pH varia durante o processo de compostagem, sendo influenciado pela composição inicial dos materiais. Nas fases iniciais, os ácidos orgânicos podem acumular-se como subprodutos da digestão microbiana da matéria orgânica. Esta acumulação reduz o pH, estimulando o crescimento de fungos envolvidos na degradação da lignina e da celulose. À medida que há a formação de NH_3 , o pH aumenta e ao final do processo o pH se estabiliza entre 6-8 (Figura 3).

Figura 3 - Variação do pH durante a compostagem



Fonte: Adaptado de Kiehel (1985).

Se o sistema se tornar anaeróbico, não seguirá esta tendência. Em vez disso, a acumulação de ácido pode baixar o pH para 4,5, limitando gravemente a atividade microbiana. Nesses casos, a aeração geralmente é suficiente para retornar o pH do composto a faixas aceitáveis.

1.2.2. BIODIGESTÃO

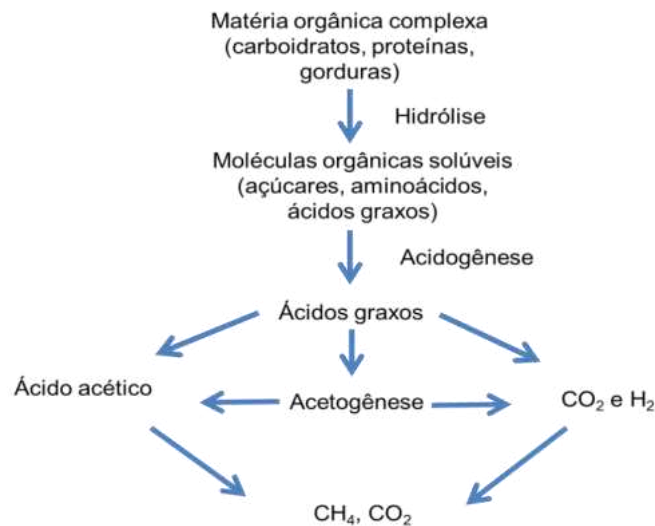
Outra forma de reaproveitamento dos resíduos orgânicos é por meio de biodigestores. Nesse processo, a matéria orgânica sofre decomposição de forma anaeróbica e libera subprodutos: o biogás e o biofertilizante líquido. O biogás é um gás natural com alto poder energético podendo ser utilizado para a geração de energia elétrica, térmica ou mecânica (Souza, 2004), sendo o seu principal componente o metano (CH_4), mas também contém dióxido de carbono (CO_2), vapor de água e pequenas quantidades de outros gases, como sulfeto de hidrogênio (H_2S) e nitrogênio (N_2) (Schultz e Soares, 2014). Já o biofertilizante gerado é um líquido que contém muitos nutrientes, tal como o adubo formado no processo de compostagem.

Um biodigestor consiste em uma câmara hermética, onde há uma entrada para a matéria orgânica, juntamente com uma solução aquosa, que sofre fermentação. Nesse equipamento há

saída para o gás formado, podendo ser utilizado como gás de cozinha, em motores de combustão, entre outros. E há também a saída para o líquido, utilizado no cultivo (Semas, 2023)

A digestão anaeróbica ocorre em quatro etapas, conforme Figura 4: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.

Figura 4 - As etapas envolvidas na digestão anaeróbica



Fonte: Adaptado de Ropport *et al.*, 2008

Na hidrólise, compostos complexos, como lipídios, polissacarídeos e proteínas, são quebrados em substâncias orgânicas mais simples (monômeros) por enzimas extracelulares secretadas por bactérias hidrolíticas, tornando as moléculas solúveis e facilmente degradáveis. A velocidade e eficiência dessa etapa dependem do substrato envolvido. Em casos onde a matéria orgânica presente é complexa e de difícil degradação, a hidrólise pode ocorrer de forma mais lenta, limitando na velocidade da digestão (Kunz, Steinmetz e Amaral, 2019).

Na fase acidogênese, os monômeros formados na fase anterior são degradados formando ácidos graxos de cadeia curta, como o ácido acético e ácido butírico. Na acetogênese ocorre a formação de ácido acético (CH₃COOH), hidrogênio (H₂) e dióxido de carbono (CO₂) a partir de uma reação endotérmica. Por último, na etapa metanogênese, tem-se a formação do gás metano (CH₄), por reações exotérmicas convertendo o acetato, hidrogênio e parte do dióxido de carbono em metano (Kunz, Steinmetz e Amaral, 2019).

Em um sistema diferente da compostagem, a matéria orgânica se transformada em metano (CH₄), o principal componente do biogás, dióxido de carbono (CO₂) e traços de gás

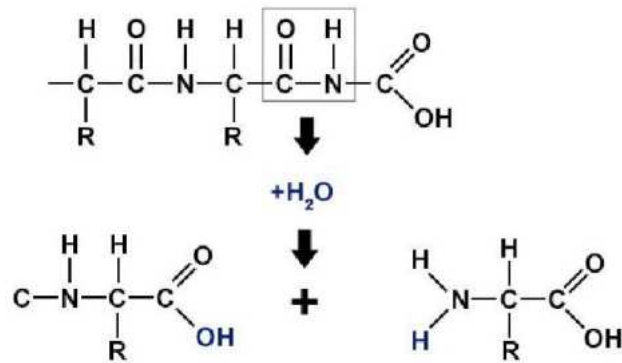
hidrogênio (H₂), gás nitrogênio (N₂), sulfeto de hidrogênio (H₂S) e vapor de água. (Kunz, Steinmtez e Amaral, 2019).

É um processo muito complexo por ter diversas rotas metabólicas, com diferentes espécies de bactérias, sendo que muitas delas são específicas de cada etapa da digestão anaeróbia, exigindo diferentes condições de idealidade em determinadas etapas (Kahali *et al*, 2011).

Em condições anaeróbicas, a decomposição da matéria orgânica se dá em quatro etapas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.

A hidrólise é um processo em que macromoléculas orgânicas (proteínas, gorduras e carboidratos) são degradadas em substâncias mais simples e solúveis. Por exemplo, proteínas são convertidas em peptídeos e aminoácidos (Figura 5); carboidratos são degradados em açúcares simples (monossacarídeos e dissacarídeos); e lipídios são convertidos em ácidos graxos de cadeia longa e glicerol (Magalhães, 2018).

Figura 5 - Hidrólise da molécula de proteína



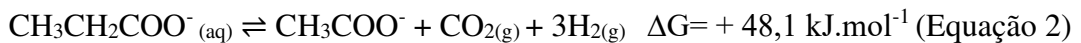
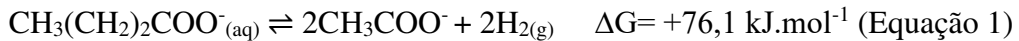
Fonte: Mustatea, Ungureanu e Lorga, 2019.

A hidrólise é uma etapa importante, pois limita a velocidade global da digestão anaeróbica. A taxa de hidrólise varia conforme o substrato: carboidratos são rapidamente decompostos, enquanto proteínas e lipídios podem levar dias para serem totalmente hidrolisados.

Na etapa seguinte, na acidogênese, os compostos formados na etapa anterior serão fermentados em compostos mais simples como exemplo: álcoois, sulfeto de hidrogênio, dióxido de carbono, amoníaco e ácidos graxos voláteis (AGV's), como ácidos fórmicos, acético (CH₃COOH), butírico (CH₃CH₂CH₂COOH) entre outros.

A acetogênese é uma etapa crítica e envolve reações endotérmicas. As bactérias acidogênicas estabelecem uma relação de simbiose com as bactérias metanogênicas da última etapa. Durante a acetogênese, formam-se ácido acético, gás hidrogênio e gás carbônico, necessários para a metanogênese.

Abaixo seguem as reações envolvidas no processo:



A formação de acetato (CH_3COO^-) a partir de butirato ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COO}^-$) (Equação 1) e propionato ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^-$) (Equação 2) é uma reação termodinamicamente desfavorável e não espontânea. Para tornar o processo viável, as bactérias regulam o equilíbrio da reação consumindo gás hidrogênio e gás carbônico, promovendo a produção de acetato (Equação 7) (Magalhães, 2018).

Assim, o processo só se torna termodinamicamente favorável quando ocorre a produção e consumo por bactérias da etapa metanogênese. Portanto, a simbiose entre as bactérias é essencial para a viabilidade da produção de acetato a partir de ácidos orgânicos (Magalhães, 2018; Chernicharo, 2007).

Na última etapa, a metanogênese, ocorrem reações que formam o metano, CO_2 e outros compostos de forma estritamente anaeróbia. (Tabela 2).

Tabela 2 - Reações metanogênicas

Reação Química	ΔG (kJ.mol ⁻¹)
$4\text{H}_2(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-_{(\text{aq})} + \text{H}^+_{(\text{aq})} \rightleftharpoons \text{CH}_4 + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-135,4
$\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-131,0
$4\text{HCOO}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{H}^+_{(\text{aq})} \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + 3\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$	-130,4
$\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + \text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$	-30,9
$\text{CH}_3\text{OH}(\text{l}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-113,0
$2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{CH}_3\text{COOH}(\text{g})$	-116,3

Fonte: Adaptado de Deublein e Steinhauser (2011)

1.2.3. ATERRO SANITÁRIO E ATERRO CONTROLADO

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) é um instrumento essencial para cumprir as metas estabelecidas pela PNRS que tem como objetivo a erradicação completa dos lixões até 2024, bem como adotar alternativas adequadas para a destinação final de todos os resíduos sólidos (Brasil, 2022).

Os lixões (Figura 6) são caracterizados como depósito de lixo a céu aberto, sem nenhum critério sanitário de proteção ao meio ambiente, que possibilita o pleno acesso de vetores de doenças como moscas, mosquitos e ratos (Fadini e Fadini, 2001).

Figura 6 - Lixão



Fonte: <https://www.pexels.com/pt-br/foto/vista-aerea-do-aterro-sanitario-durante-o-amanhecer-3174349/> - Acessado em 05.11.2024.

O programa “Lixão zero”, iniciativa do Ministério do Meio Ambiente (MMA), visa eliminar os lixões ainda existentes no país e apoiar os municípios em soluções mais adequadas de destinação final dos resíduos sólidos que é o aterro sanitário. Entretanto, como primeiras medidas de adequação à Lei nº 12.305/2010, algumas áreas foram adaptadas para aterros controlados, que é uma alternativa intermediária, entre lixão e aterro sanitário.

Um aterro controlado apresenta uma problemática significativa devido à ausência de medidas para controlar o chorume e o biogás gerados durante a decomposição dos resíduos. Embora haja a cobertura do lixo com material inerte, a falta de impermeabilização do solo e a ausência de um sistema eficaz de dispersão de chorume e gases contribuem para o risco de contaminação de lençóis freáticos (Giacomazzo e Almeida, 2020).

Por outro lado, um aterro sanitário (Figura 7) opera com base em princípios de engenharia sanitária, visando minimizar a contaminação ambiental e proteger a saúde pública, sendo considerado um local adequado para a disposição final de resíduos.

Figura 7 - Aterro sanitário Ciclus Ambiental



Fonte: <https://www.plurale.com.br/site/noticias-detalhes.php?cod=16813&codSecao=1>

Acessado em 05.11.2024

A distinção fundamental em relação ao aterro controlado reside no fato de que o aterro sanitário emprega processos de tratamento para o chorume e os gases (Figura 8), além de implementar um rigoroso controle na segregação de diferentes tipos de resíduos (tais como hospitalares, orgânicos, metálicos, papel, vidro, etc.) e a aplicação de métodos específicos de tratamento para cada categoria (incineração, compostagem/biodigestão, reciclagem, etc.).

Figura 8 - Base de tratamento de chorume da empresa Ciclus Ambiental



Fonte: <https://www.ciclusrio.com.br/servicos/>. Acessado em 05.11.24

1.2.4. UMA PERSPECTIVA DO RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO NO BRASIL

Na PNRS, o gerenciamento dos resíduos sólidos está baseado em uma ordem de prioridade ao se tratar da destinação dos resíduos, conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Hierarquia de prioridade para a destinação dos resíduos sólidos



Fonte: PNRS, Brasil (2010)

Na instância da produção de resíduos orgânicos domésticos, sua eliminação completa não é possível, entretanto, é possível assegurar um consumo consciente, minimizando desperdícios, com o intuito de reduzir seu impacto ambiental. A prática de redução e reaproveitamento não apenas concorre para a preservação ambiental, mas também resulta na diminuição dos custos associados à coleta e destinação, uma vez que essas práticas contribuem para a diminuição da geração de resíduos orgânicos (Zago e Barros, 2019).

O reaproveitamento desse tipo de resíduo garante uma redução significativa na emissão do gás metano. A Tabela 3 apresenta dados referentes a emissão de gás metano quando ocorre o reaproveitamento do gás gerada na decomposição da matéria orgânica.

Tabela 3 - Emissões evitadas de CH₄ kg / ton

Aterro sanitário com coleta de gás	Compostagem	Digestão anaeróbica
33	3	2,3

Fonte: Abrelpe 2020.

Embora o reaproveitamento do resíduo orgânico como fonte de energia no contexto brasileiro ainda permaneça em um nível relativamente baixo, tem-se visto um crescimento devido à necessidade de diversificar as fontes de energia e à escassez de água que impactam a geração de energia hidrelétrica nos últimos anos. No entanto, em 2021 apenas 1,4% do total de energia renovável utilizado foi proveniente de resíduos orgânicos, com Lixívia, Eólica e Biodiesel sendo as mais predominantes (EPE, 2022). Dessa forma, o Brasil possui vastos

recursos de biomassa que podem ser aproveitados de maneira mais eficaz na produção de biogás, principalmente pela intensa atividade agropecuária no país, sendo que o substrato disponível é proveniente da pecuária, agroindústria, sucroenergética e dos resíduos orgânicos domésticos (UNIDO, 2022).

1.3. JUSTIFICATIVA

Em 2022, a população brasileira atingiu 203 milhões de habitantes, com 61,1% (124,1 milhões) concentrados em áreas urbanas (IBGE, 2022). A intensa urbanização gera uma significativa concentração na produção e disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos (RSU). Estima-se que, em média, 39% (29,7 milhões de toneladas) dos resíduos gerados no país em 2022 foram descartados de maneira incorreta, exacerbando os desafios de gestão de resíduos (Abrelpe, 2022).

Dentre os resíduos gerados, aproximadamente 45% correspondem a materiais orgânicos, totalizando cerca de 36 milhões de toneladas. Apesar dessa quantidade expressiva, o Brasil ainda apresenta um aproveitamento insatisfatório desse tipo de resíduo, com menos de 1% sendo recuperado por meio de processos como compostagem ou reciclagem orgânica (Abrelpe, 2020). A disposição inadequada de resíduos orgânicos, como restos alimentares e materiais de poda, contribui significativamente para a emissão de gases de efeito estufa (GEE), agravando o impacto ambiental e o aquecimento global.

Diante desse cenário, a necessidade de aprimorar práticas de gestão de resíduos sólidos no Brasil, especialmente no que se refere aos resíduos orgânicos, torna-se evidente. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi instituída com o objetivo de minimizar a destinação inadequada de resíduos para aterros sanitários. O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) reforça a importância de práticas alternativas, como reutilização, reciclagem, compostagem e recuperação energética, visando mitigar as emissões de GEE e promover um ciclo de vida sustentável para os resíduos (Planares, 2022).

A implementação da Educação Ambiental (EA) surge como um componente crucial na promoção de práticas sustentáveis e na conscientização coletiva sobre o gerenciamento adequado de resíduos orgânicos. Ao integrar a EA no contexto escolar e comunitário, é possível sensibilizar a população para a adoção de práticas sustentáveis e promover o engajamento em políticas que fomentem tecnologias adequadas para o tratamento de resíduos. Essas tecnologias não só reduzem o impacto ambiental, mas também oferecem benefícios econômicos e sociais,

ao transformar resíduos em recursos úteis, como fertilizantes orgânicos ou energia renovável (Rodrigues, 2024)

Nesse contexto, destaca-se a relevância de inserir a temática ambiental no curso de formação de professores, especialmente na área de Química. A formação de educadores deve ir além de disciplinas isoladas que tratam de questões ambientais; a sustentabilidade deve ser uma dimensão transversal, incorporada em todas as disciplinas do currículo de formação docente. Isso é particularmente relevante no caso da Química, disciplina que oferece uma base teórica sólida para abordar os processos de degradação e recuperação de resíduos orgânicos, além de fornecer ferramentas para a compreensão de fenômenos ambientais e suas consequências. (Cortes Junior e Fernandez, 2016)

A gestão de resíduos orgânicos representa uma oportunidade significativa para ser incorporada no ensino de química no Ensino Médio (EM). Tradicionalmente, professores de Química tendem a abordar questões ambientais em tópicos como aquecimento global, destruição da camada de ozônio e chuva ácida, muitas vezes restringindo-se a uma abordagem simplificada das reações químicas envolvidas. Contudo, essa prática limita o potencial da Educação Ambiental, que deve fomentar uma compreensão crítica e integrada das questões socioambientais. (Silva, *et. al*)

Para Saar e Faria (2022), o ensino de EA no contexto da Química deve ir além da mera exposição de conceitos científicos; deve estimular o desenvolvimento do senso crítico dos alunos, permitindo que eles reflitam sobre as causas e consequências dos problemas ambientais e sobre suas possíveis soluções. Nesse sentido, os professores de Química precisam reconhecer seu papel como educadores críticos, capazes de incorporar dimensões sociais, culturais, econômicas e políticas no processo de ensino-aprendizagem (Uhmann e Follmann, 2019). Essa abordagem está alinhada com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que enfatiza a necessidade de contextualizar o conhecimento científico e promover a interdisciplinaridade no ensino (Brasil, 2018).

A inserção de temas geradores, como a gestão de resíduos orgânicos, no currículo de Química, permite uma contextualização mais rica e significativa, conectando os conteúdos teóricos da disciplina a questões práticas e cotidianas. Isso não apenas facilita a compreensão dos conceitos científicos pelos alunos, mas também promove o desenvolvimento de competências essenciais, como a capacidade de resolver problemas complexos, a colaboração em equipe e a tomada de decisões informadas.

Ao adotar práticas de gestão de resíduos orgânicos no ambiente escolar, os professores de Química contribuem para a criação de escolas e comunidades sustentáveis. Essa abordagem

está em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU, 2015) estabelecidos pela Agenda 2030 das Nações Unidas, que visam promover a sustentabilidade em todas as suas dimensões — ambiental, social e econômica. A educação desempenha um papel fundamental na promoção desses objetivos, especialmente no que tange à conscientização e ao engajamento da sociedade em práticas sustentáveis.

A gestão de resíduos orgânicos nas escolas não só contribui para a redução do impacto ambiental, mas também oferece uma oportunidade para que os alunos participem ativamente da construção de soluções sustentáveis. Ao envolver os estudantes em projetos de compostagem ou em campanhas de conscientização sobre a separação de resíduos, por exemplo, os professores podem estimular uma aprendizagem ativa e experiencial, que vai além da sala de aula e impacta diretamente o ambiente ao redor (Araujo, *et.al*, 2019; Ricci, 2019).

Além disso, a implementação de práticas de gestão de resíduos no ambiente escolar pode servir como um modelo para a comunidade, incentivando a adoção de práticas semelhantes em âmbito doméstico e comunitário. A criação de escolas sustentáveis, onde alunos, professores e gestores trabalham em conjunto para promover a sustentabilidade, contribui para a formação de cidadãos conscientes e comprometidos com a preservação do meio ambiente (Medeiros, *et. al*, 2020; Oliveira, Araújo e Aquino, 2020)

A gestão de resíduos orgânicos no Brasil apresenta desafios significativos (Zago e Barros, 2019) mas também oportunidades para a promoção de práticas sustentáveis. A integração da Educação Ambiental no ensino de química oferece um caminho promissor para sensibilizar as novas gerações sobre a importância da sustentabilidade e da gestão adequada de resíduos (Carvalho e Faria Filho, 2024) Ao contextualizar o ensino de química por meio de temas geradores, como a gestão de resíduos orgânicos, os professores podem promover uma aprendizagem significativa e interdisciplinar, que prepara os alunos para enfrentar os desafios ambientais do século XXI.

Essa abordagem não só contribui para o desenvolvimento de competências científicas e críticas nos estudantes, mas também promove a criação de escolas e comunidades sustentáveis, alinhadas com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 (ONU, 2015). A formação de professores de química, portanto, deve incorporar de maneira transversal a Educação Ambiental, preparando educadores para desempenhar um papel ativo na transformação socioambiental e na promoção da sustentabilidade.

1.4. OBJETIVO

No tópico a seguir, será abordado o objetivo geral, os objetivos específicos e os objetivos colaterais propostos para o trabalho de conclusão de curso, no qual pretende-se empregar a temática dos resíduos sólidos orgânicos.

1.4.1. OBJETIVO GERAL

Elaborar uma sequência didática a partir do tema gerador “resíduos orgânicos residenciais” para uma aprendizagem significativa no ensino de química atrelada à abordagem da Educação Ambiental Crítica.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Empregar “Resíduo orgânico doméstico” como tema gerador no processo de aprendizagem no ensino de química no Ensino Médio a partir de uma proposta de estudo de caso.
- b) Analisar as práticas atuais de gestão de resíduo orgânico doméstico, identificando suas limitações e impactos negativos ao meio ambiente
- c) Elaborar ferramentas pedagógicas para a aplicação da sequência didática elaborada.
- d) Analisar os conceitos químicos relacionados aos resíduos orgânicos domésticos.
- e) Relacionar aspectos da Educação Ambiental Crítica com alguns Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) - Agenda 2030.

1.4.3. OBJETIVOS COLATERAIS

- a) Engajar a comunidade escolar em projetos coletivos de sustentabilidade.
- b) Fortalecer o protagonismo estudantil na criação de projetos educativos sobre resíduos orgânicos.

1. REFERENCIAIS TEÓRICOS E EPISTEMOLÓGICOS

Neste item serão abordados os referenciais teóricos e epistemológicos empregados como embasamento para o desenvolvimento das ideias, argumentos e análises deste trabalho.

3.1 DICOTOMIA ENTRE A EDUCAÇÃO AMBIENTAL E A EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA

Os desafios ambientais são complexos e interligados com as questões sociais e poder político. Ao buscar causas estruturais dos problemas ambientais, a Educação Ambiental se torna um passo importante para questionamentos do desenvolvimento dominante e os padrões de consumo insustentáveis que vem causando a chamada crise socioambiental. Apesar do reconhecimento das problemáticas ambientais com surgimento de políticas e programas que incluem uma discussão acerca do papel da educação para o enfrentamento das crises ambientais, é indispensável a inclusão de reflexão acerca da prática social como caminho para alcance de um estado ideal de sustentabilidade (Guimarães, s. d.).

A Educação Ambiental alcançou reconhecimento mundial como referência para órgãos, indivíduos e instituições em escala regional, nacional e internacional a partir da Conferência Intergovernamental de Tbilisi em 1977. Nesse encontro, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) publicou o documento “A Educação Ambiental: as grandes Orientações da Conferência de Tbilisi”, tornando-se de um marco de importância estabelecendo diretrizes para a prática da Educação Ambiental e reconhecendo-a como uma dimensão de conteúdo e da prática educacional, orientada para a preservação e a busca de soluções para problemas concretos do meio ambiente. Além disso, menciona sobre a abordagem interdisciplinar, para compreensão do meio ambiente em sua totalidade a partir das questões globais relacionadas à sustentabilidade (Ramos, 2001)

De acordo com Cuba, (2010) (apud Silva, Gomes, Serna, (2022) o Brasil ficou em atraso em relação à concretização da EA como papel fundamental na educação básica, principalmente por ter vivenciado uma ditadura militar (1964-1985) quando as diretrizes para proteção do meio ambiente estavam sendo formalizadas em outros países. A concretização da EA no país ocorreu somente na década de 80, na Constituição Federal de 1988. Para Guimarães (s.d), o movimento ambientalista no Brasil se fortaleceu com a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento que aconteceu no Rio de Janeiro, conhecida como Rio 92. A partir disso, o país passa a se fortalecer em relação a diretrizes e políticas reconhecendo o meio ambiente como tema transversal articulado em diferentes áreas do conhecimento.

Dessa forma, o país passa a reconhecer a educação como medida para entendimento da relação entre homem-natureza como principal forma de mudança das atitudes sociais de forma individual e coletiva para conservação do meio ambiente (Brasil, 1999). Assim, nos primeiros momentos de inclusão da temática ambiental no processo educativo as políticas estavam relacionadas de forma conservadora, com propostas educacionais voltadas para mudança individual do sujeito em relação ao meio ambiente. A partir dessa perspectiva, acredita-se que

ocorreria a transformação social baseado em uma visão de educação individualista e comportamentalista (Guimarães, 2004).

Entretanto, ao analisar o processo educativo no contexto da modernidade, em meio ao agravamento dos problemas socioambientais tem-se que a Educação Ambiental adquire um caráter político e crítico, buscando compreender as causas e consequências das problemáticas ambientais, bem como desenvolver soluções para essas questões, reconhecendo o homem como parte da natureza (Sorrentino et al., 2005)

Por conseguinte, a temática ambiental passa a ser necessária no processo educacional, abrangendo desde o ensino básico até a formação profissional com a finalidade de conscientizar os alunos por meio da contextualização dos conteúdos, capacitando-os a se tornarem agentes multiplicadores de ações viáveis para a sustentabilidade. Dessa forma, Carvalho (2006) afirma que:

O que parece significativo evidenciar sobre a aproximação entre possíveis interpretações quanto aos significativos da temática ambiental e da educação ambiental [...] é o caráter político também da educação ambiental, o compromisso da educação em garantir os processos de sociabilidade, em construir, tanto entre as sociedades e a natureza como entre os diferentes seres humanos, relações que valorizem a vida e que por isso tornam-se humanizadoras, caracterizando uma prática social como politicamente compromissada. Assim, quando entendida como processo indissociável de outros processos de sociabilidade, isto é, como prática social, entre outras, a dimensão política da educação evidencia-se (Carvalho, 2006, p. 23)

A Educação Ambiental se manifesta por meio da socialização, reconhecendo que as dimensões sociais (cultural, social, econômica e política) estão integradas a questões ambientais. Essa abordagem fortalece a relação entre homem e a natureza diante dos desafios que enfrentamos na contemporaneidade. De acordo com Guimarães (2004), a ação para mudança social em relação às questões ambientais está vinculada a uma educação crítica rompendo a ideia de uma educação tradicional transmissora do conhecimento incorporando na educação a construção social de conhecimentos a partir da realidade dos alunos. Nesse sentido, a EA que antes era conservadora, passa a acompanhar o processo histórico e cultural pela necessidade de compreender as relações sociedade-natureza e intervir sobre os problemas e conflitos sociais, surgindo a chamada Educação Ambiental Crítica (EAC).

No atual contexto, enfrentamos uma sociedade em constante evolução, na qual a necessidade de processos rápidos e econômicos é cada vez mais urgente. Como resultado, a cada ano surgem novas tecnologias, a população continua a crescer e a demanda por produtos industrializados, alimento e energia acompanha o momento histórico vivenciado. As ações

antropogênicas têm impactos significativos no meio ambiente, o que pode agravar as problemáticas ambientais, especialmente em relação às condições climáticas que têm chamado atenção em diferentes esferas globais (Lins *et al.*, 2022).

Dessa forma, se faz ainda mais necessário que as propostas ambientais analisadas dentro das práticas pedagógicas estejam integradas a uma perspectiva política transformadora e que apenas abordar a educação ambiental como ação política não garante que na prática haverá uma transformação social. É necessário que as características pedagógicas estejam relacionadas em busca desse objetivo (Jacobi, 2003).

Nesse contexto, a EAC apresenta como característica os conceitos de meio ambiente e ecologia (Ramos, 2001). O entendimento dos problemas ambientais a partir do entendimento da ecologia é fundamental para compreender os processos que fazem parte do mundo, mas de acordo com Layrargues (2006), a Educação Ambiental Crítica está além da socialização humana com a natureza. Há as concepções de educação como instrumento ideológico das condições sociais que não podem ser ignoradas. Abordar as questões ambientais de forma global é essencial, mas é igualmente necessário refletir sobre como essas questões impactam, por exemplo, uma comunidade local.

Diante disso, temos que as comunidades afetadas devem ser ouvidas e levadas em consideração nas discussões e tomadas de decisão relacionadas ao meio ambiente. Segundo Camargo, Tauceda e Souza (2020), para que possa ser exercida a cidadania é necessário que o que está sendo ensinado tenha significado para quem está aprendendo. Assim, a participação será efetiva, participativa e mais próxima de construir reflexões sobre as dimensões que envolvem o conteúdo e as problemáticas na realidade, evidenciando que a educação tem caráter político.

3.2. FORMAÇÃO E A PRÁXIS DOCENTE NO ENSINO DE QUÍMICA

A consolidação da formação de professores de química no Brasil teve origem na necessidade de um amplo desenvolvimento do país, especialmente quando a ciência e a tecnologia ganharam reconhecimento e espaço nas instituições de ensino, não se limitando apenas aos cursos superiores tradicionais, como medicina e engenharia (Neves e Braguini, 2018).

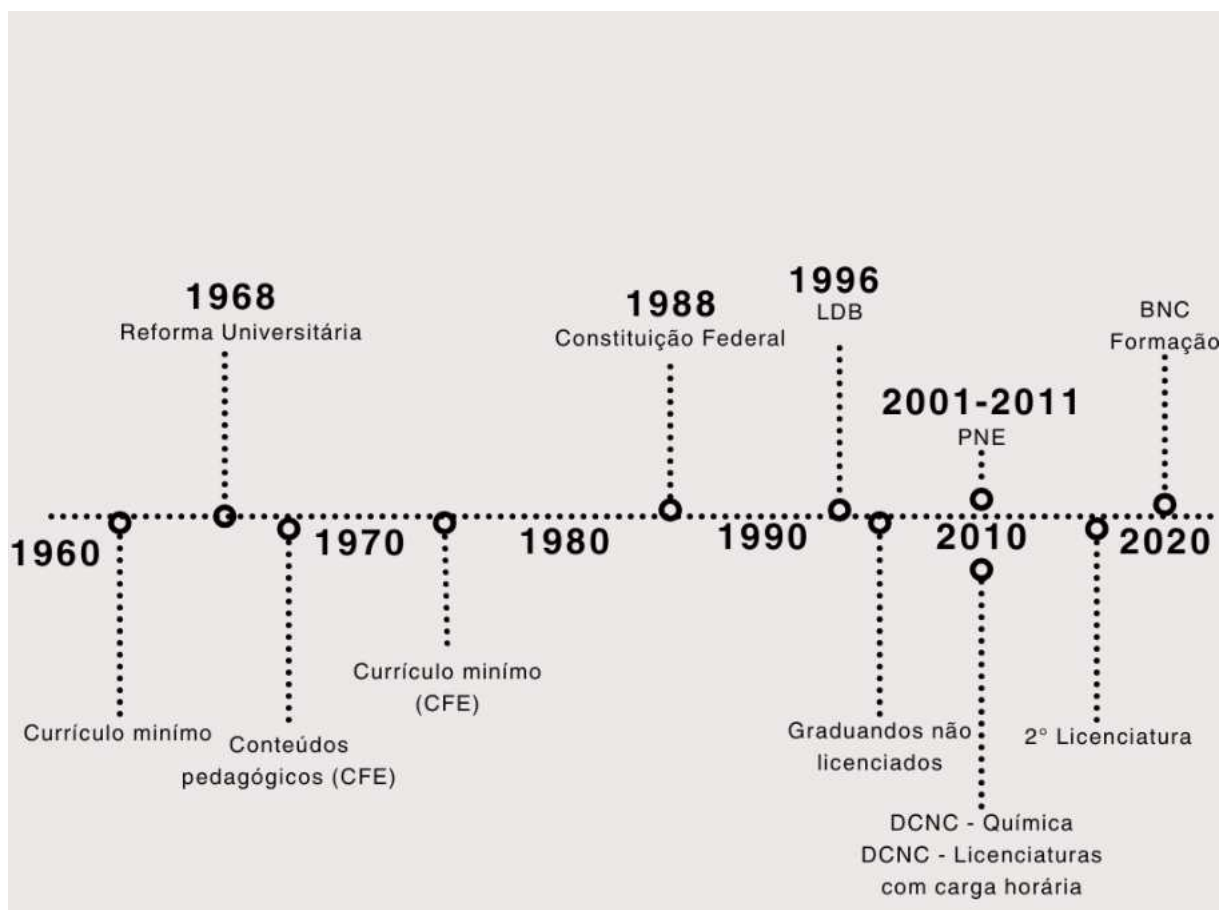
Segundo Krasilchik (2000), essa demanda surgiu da necessidade de preparar os alunos para impulsionar o progresso científico e tecnológico nacional, apesar de um avanço tardio em

comparação com o ensino na Europa. O objetivo inicial era alcançar a independência diante da escassez de matéria-prima e produtos industrializados após as guerras mundiais.

Diante das transformações políticas e da evolução da concepção do papel da escola na sociedade, a Lei nº 4.024 de 1961 – Diretrizes e Bases da Educação, marcou um ponto importante ao ampliar as disciplinas científicas no currículo escolar, incluindo a Ciência como disciplina. Isso estimulou o desenvolvimento do pensamento com base em métodos científicos, dando abertura para o desenvolvimento de novos cursos pedagógicos específicos para cada área (Krasilchik, 2000).

Segundo Santos e Junior (2020), a formação do professor de química para a Educação Básica segue duas linhas de legislação: aquela referente aos cursos de formação de professores de forma geral e aquela específica para o curso de Licenciatura em Química.

Figura 10 - Linha do tempo das regulamentações envolvidas à formação de professores de química



Fonte: Adaptado de Santos e Junior (2020)

Com a Reforma Universitária de 1968 descrita na Lei nº 5.540, a formação de professores para o ensino médio passa a ser responsabilidade das instituições de ensino superior. A legislação destaca que, para o Ensino Médio, a formação docente ocorrerá nas universidades por meio da colaboração das unidades responsáveis pelos estudos incluídos nos currículos dos cursos respectivos. Posteriormente, com o surgimento das medidas apresentadas pelo Conselho Federal de Educação (CFE) e pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), a formação docente em química passa a incorporar não somente conteúdos específicos da disciplina, mas também inclui etapas dos processos pedagógicos (Santos e Junior, 2020).

A formação passou a enfatizar não apenas o conhecimento técnico do professor, mas também sua interação com as ações dos estudantes, culminando em uma melhor preparação para a docência. Dessa forma, foram incluídos no curso de formação em química disciplinas como didática, prática de ensino e estágio (Santos e Junior, 2020; Crispim e Passos Sá, 2019).

Diante desse panorama, a formação profissional do professor de química se enraíza em sua práxis, incorporando prática e teorias assimiladas durante a formação, e abrangendo aspectos da atitude e postura humana de cada docente (Vázquez, 2011). A interface entre os saberes de conteúdo e pedagógicos, durante o processo formativo, está intrinsecamente vinculada às atividades do trabalho docente. Busca-se, assim, caracterizar e desenvolver os conteúdos adquiridos durante a formação acadêmica, integrando os saberes na prática docente, e contemplando dimensões sociais, políticas, pessoais e culturais (Tardif, 2000; Marinho, Silva e Paula, 2021).

Para Silva (2014, p. 90) “os saberes profissionais dos professores são saberes construídos e mobilizados para e na ação pedagógica”, assim, há uma necessidade de o docente em química ter competências pedagógicas, habilidades práticas, compreensão das dinâmicas sociais e culturais da sala aula, bem como a capacidade de se adaptar a diferentes contextos. Tal conhecimento é adquirido e aprimorado ao longo da trajetória profissional de cada educador, moldados e ampliados ao longo do tempo por meio de experiências, reflexões e práticas educativas. Isso implica em um processo contínuo de aprendizado e de desenvolvimento profissional (Tardif, 2000).

Frente aos desafios enfrentados pela globalização cultural, econômica e tecnológica do país, a formação de professores, sobretudo o de química, passa a enfrentar novos desafios em relação à prática pedagógica e novas formas de se pensar em processos de aprendizagem. Com objetivo de trazer melhorias para a educação no Brasil, surge o Plano Nacional de Educação (PNE).

O PNE tanto do período de 2001-2011 e de 2014-2024, traça metas importantes a serem atingidas referentes à formação de professores de ensino médio, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Plano Nacional de Educação em relação à formação de professores

	Metas
PNE 2001-2011	Assegurar, em cinco anos, que todos os professores do ensino médio possuam diploma de nível superior, oferecendo, inclusive, oportunidades de formação nesse nível de ensino àqueles que não a possuem.
	Estabelecer, em um ano, programa emergencial para formação de professores, especialmente nas áreas de Ciências e Matemática.
	Incluir nas diretrizes curriculares dos cursos de formação de docentes temas relacionados às problemáticas tratadas nos temas transversais, especialmente no que se refere à abordagem tais como: gênero, educação sexual, ética (justiça, diálogo, respeito mútuo, solidariedade e tolerância), pluralidade cultural, meio ambiente, saúde e temas locais.
PNE 2014-2024	implantar, nas redes públicas de educação básica e superior, acompanhamento dos profissionais iniciantes, supervisionados por equipe de profissionais experientes, a fim de fundamentar, com base em avaliação documentada, a decisão pela efetivação após o estágio probatório e oferecer, durante esse período, curso de aprofundamento de estudos na área de atuação do (a) professor (a), com destaque para os conteúdos a serem ensinados e as metodologias de ensino de cada disciplina
	institucionalizar programa nacional de renovação do ensino médio, a fim de incentivar práticas pedagógicas com abordagens interdisciplinares estruturadas pela relação entre teoria e prática, por meio de currículos escolares que organizem, de maneira flexível e diversificada, conteúdos obrigatórios e eletivos articulados em dimensões como ciência, trabalho, linguagens, tecnologia, cultura e esporte, garantindo-se a aquisição de equipamentos e laboratórios, a produção de material didático específico, a formação continuada de professores e a articulação com instituições acadêmicas, esportivas e culturais
	Formar, em nível de pós-graduação, 50% dos professores da educação básica, até o último ano de vigência deste PNE, e garantir a todos(as) os(as) profissionais da educação básica formação continuada em sua área de atuação, considerando as necessidades, demandas e contextualizações dos sistemas de ensino

Fonte: Brasil, 2001; Brasil; 2014

De acordo com Silva e Carneiro (2021), a construção e transformação dos cursos de Licenciatura em Química ainda possuem dificuldade para superação dos conflitos e dicotomias entre o bacharelado e a licenciatura. Assim, faz-se necessário uma formação contínua e continuada para que amadureçam saberes e conhecimentos pedagógicos para que ajudem a desenvolver atividades pedagógicas que não prejudiquem a aprendizagem dos alunos.

A formação continuada, adicionalmente, habilita a adoção de abordagens pedagógicas inovadoras, tais como metodologias ativas, experimentação prática e incorporação de recursos tecnológicos. Estas estratégias não apenas promovem a compreensão dos conceitos químicos pelos alunos, mas também os envolvem em atividades que refletem os desafios do mundo real.

Assim, a formação dos professores de química transcende a esfera acadêmica, configurando-se como um processo em constante evolução e atualização. Essa dinâmica é essencial para responder aos fatores internos e externos do ambiente escolar, consolidando a preparação dos educadores para enfrentar os desafios contemporâneos com eficácia.

3.3. UM OLHAR PARA A AGENDA 2030

Entender como a natureza funciona e os benefícios que ela proporciona para humanidade vem sendo estudada ao longo dos séculos. Em um mundo em constante desenvolvimento, especialmente no âmbito econômico, vem acompanhada com impactos ambientais e sociais decorrentes desse processo. Surge então o conceito de sustentabilidade, que se destina a garantir a sobrevivência da humanidade na Terra, preservando os recursos naturais diante do crescimento das atividades humanas e enfrentando os desafios decorrentes do aumento do consumo e da população visando a redução da degradação ambiental (Nardelli, 2001, apud Pimenta; Nardelli, 2015).

De acordo com Canelas (2005), a ideia de desenvolvimento sustentável ganha destaque no Relatório Brundtland, lançado na Conferência de Estocolmo. Esse conceito passou a ser foco dos processos políticos e para o movimento ambientalista, no meio social, científico e acadêmico. Dessa forma, cria-se um compromisso entre diferentes países com intuito de minimizar as problemáticas ambientais e garantir uma relação sustentável com o planeta Terra, entre as quais, temos a Agenda 2030.

Antecedendo a criação da Agenda 2030, membros da Organização das Nações Unidas (ONU), no ano de 2000 se juntaram com o objetivo de transformação social no âmbito mundial. Para isso, criou-se o chamado Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) que trás 8 objetivos determinados para que os países membros pudessem engajar setores públicos e

privados para que até o ano de 2015 o mundo estivesse atingido as metas e o desenvolvimento sustentável fosse alcançado (Roma, 2019). Sendo eles:

- 1) Erradicar a extrema pobreza e a fome
- 2) Universalizar a educação primária
- 3) Promover a igualdade de gênero e a autonomia das mulheres
- 4) Reduzir a mortalidade na infância
- 5) Melhorar a saúde materna
- 6) Combater o HIV/Aids, a malária e outras doenças
- 7) Assegurar a sustentabilidade ambiental
- 8) Estabelecer uma parceria mundial para o desenvolvimento

Com o objetivo de impulsionar o progresso mundial em direção ao desenvolvimento sustentável, foi elaborado o documento intitulado "Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável" que amplia os objetivos e metas a serem atingidos resultado de diversos encontros com os membros da ONU, sobretudo após a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20) (ONU BR, 2015).

A Agenda 2030 consiste em um conjunto de 17 objetivos e 169 metas que visam abordar os principais desafios enfrentados pela humanidade. Seu propósito é garantir o atendimento das necessidades básicas de todas as pessoas, promovendo a erradicação da pobreza e a manutenção de um ambiente seguro e sustentável (ONU BR, 2015).

Os ODS abrangem grandes desafios socioambientais e transitam em temas como fome, saúde, qualidade de vida, energia, água, igualdade de gênero, desigualdade social, consumo responsável, paz social, ação climática, educação de qualidade, sustentabilidade, inovação e economia (ONU BR, 2015).

Dessa forma, os objetivos abrangem diversas problemáticas socioambientais que traz uma necessidade de ação coletiva e integrada. Assim,

tal situação é de suma importância. Conforme verificado, o surgimento do desenvolvimento sustentável é o reflexo de inúmeros anos de descaso com as condições ambientais globais. O estudo e evolução das teorias acerca do conceito mostram-nos que os estados devem tomar a liderança elaborando políticas públicas e programas de governo que sigam na busca da concretização do desenvolvimento sustentável, mas é no âmbito local - o das cidades - que os reflexos da insustentabilidade são sentidos, e onde as ações concretas devem ser adotadas. A sua não implementação afetará diretamente os cidadãos em seu local de vida (Carvalho, 2020, p. 17).

Nesse contexto, para o sucesso na implementação dessa agenda exigirá esforços significativos e contínuos de cada estado com uma abordagem significativa de todos os cidadãos. Isso sugere que para o desenvolvimento sustentável e o enfrentamento dos problemas ambientais, sociais e econômicos há uma necessidade de um desenvolvimento urbano com gestões sustentáveis.

Considerando a problemática socioambiental da má gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU), algumas metas podem ser consideradas tais como a 7.2, 11.6, 12.4 e 12.5, conforme quadro 2.

Quadro 2 - Descrição dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	
ODS 7.2	Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global.
ODS 11.6	Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo <i>per capita</i> das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.
ODS 12.4	Até 2030, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente.
ODS 12.5	Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso.

Fonte: Adaptado de IPEA, 2018.

Dessa forma, para promover o desenvolvimento sustentável em escala global, é necessário implementar ações eficazes que demandem a colaboração entre governos, setor

privado e sociedade civil. A educação e conscientização desempenham papéis fundamentais ao assegurar a participação ativa da população, conforme destacado por Irina Bokova, Diretora-Geral da UNESCO.

É necessária uma mudança fundamental na maneira como pensamos o papel da educação no desenvolvimento global, porque ela tem um efeito catalisador sobre o bem-estar das pessoas e para o futuro do nosso planeta [...]. Agora, mais do que nunca, a educação tem a responsabilidade de se alinhar com os desafios e aspirações do século XXI, e promover os tipos certos de valores e habilidades que irão permitir um crescimento sustentável e inclusivo, e uma convivência pacífica (UNESCO, 2017, p.7).

Esses elementos-chave não apenas fortalecem a compreensão dos cidadãos sobre as questões ambientais, sociais e econômicas, mas também cultivam um compromisso coletivo em prol do desenvolvimento sustentável. Essa abordagem integrada, que une diferentes setores e enfatiza a instrução e sensibilização, é vital para alcançar metas duradouras e equitativas em direção a um futuro sustentável.

3.4. TEMAS CONTEMPORÂNEOS TRANSVERSAIS E BNCC

No âmbito educacional, os temas transversais emergem como elementos de relevância a serem incorporados no ensino fundamental e médio, conforme preconizado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) em 1997. O PCN direciona que aspectos como saúde, meio ambiente, orientação sexual, pluralidade cultural, ética, trabalho e consumo constituem eixos fundamentais na sociedade brasileira, devendo, portanto, orientar o desenvolvimento da educação básica (Brasil, 1997). Desde a implementação deste referencial, a educação para a cidadania passou a integrar o processo de ensino, com os currículos escolares abordando de maneira recorrente questões sociais, bem como temas associados ao meio ambiente e à saúde.

Com a introdução da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), tanto no ensino fundamental quanto no médio, os temas transversais foram incorporados à estrutura curricular, designados como Temas Contemporâneos Transversais (TCTs) (Brasil, 2019). Esta iniciativa reflete um compromisso com a atualização e a contextualização do conteúdo educacional, proporcionando uma abordagem interdisciplinar que promove a compreensão ampla e crítica dos desafios presentes na sociedade. A inclusão desses temas visa preparar os estudantes para uma participação ativa e informada em uma realidade complexa e em constante transformação.

Os TCTs na BNCC trazem objetivos mais amplos para a Educação Básica, na busca por uma formação integral, preparando não apenas academicamente, mas também para seu papel ativo na sociedade. Assim,

os TCTs na BNCC também visam cumprir a legislação que versa sobre a Educação Básica, garantindo aos estudantes os direitos de aprendizagem, pelo acesso a conhecimentos que possibilitem a formação para o trabalho, para a cidadania e para a democracia e que sejam respeitadas as características regionais e locais, da cultura, da economia e da população que frequentam a escola (BRASIL, p. 6, 2019).

Nessa perspectiva, diferentemente dos temas transversais definidos pelo PCN em temáticas, os TCTs na BNCC são divididos em seis macros áreas temáticas, conforme Figura 11, considerando a demanda escolar em relação ao contexto escolar, o contexto social, a diversidade e o diálogo.

Figura 11 - Temas transversais na Base Nacional Comum Curricular



Fonte: Brasil. Temas Contemporâneos e Transversais na BNCC: contexto histórico e pressupostos pedagógicos (2019, p. 13).

A inclusão dos TCTs e a designação da BNCC como um documento norteador para a educação brasileira são delineadas nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN), notadamente nas Resoluções CNE/CEB nº 7/2010, nº 12/2012 e nº 2/2017. A implementação da BNCC marca um progresso significativo no cenário educacional brasileiro, contribuindo para a estruturação dos currículos em todas as fases da Educação Básica. Essa abordagem envolve o desenvolvimento de competências, enfatizando a capacidade de aplicar conhecimentos na resolução de problemas, autonomia na tomada de decisões e proatividade na identificação de dados, e juntamente com os TCTs de forma interdisciplinar, transdisciplinar e interdisciplinar, a aprendizagem vai além da simples acumulação de informações. Contudo,

cabe aos sistemas e redes de ensino, assim como às escolas, em suas respectivas esferas de autonomia e competência, incorporar aos currículos e às propostas

pedagógicas a abordagem de temas contemporâneos que afetam a vida humana em escala local, regional e global, preferencialmente de forma transversal e integradora. (Brasil, p. 19, 2018).

Dessa forma, a BNCC utiliza temas contemporâneos com o propósito de que os conhecimentos adquiridos a partir dos conteúdos teóricos sejam aplicados no cotidiano dos anos, considerando nesse caso a necessidade dos alunos em desenvolver 10 competências gerais ao longo da Educação Básica. Assim, pela BNCC a competência é definida como

a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho (Brasil, 2018, p. 8)

A definição de competência na BNCC é particularmente relevante nesse sentido, uma vez que abrange não apenas a mobilização de conhecimentos, mas também a integração de habilidades cognitivas, práticas e socioemocionais, bem como atitudes e valores que permitam ao indivíduo agir de forma crítica e autônoma na vida pessoal e social (Brasil, 2018).

Dessa forma, a abordagem dos TCTs na BNCC reflete na reflexão sobre a necessidade de uma abordagem educacional que considere a complexidade e multidimensionalidade do ser humano. A limitação de um único ponto de vista, limita o ser humano a explorar diferentes relações e possibilidades, sendo necessário adotar uma abordagem interdisciplinar que permita uma visão mais ampla e completa (Moraes, 2010).

4. REFERÊNCIAS METODOLÓGICAS E ABORDAGEM PEDAGÓGICA

Neste item serão abordados os referenciais metodológicos e abordagem pedagógica que orientam os conceitos de ensino e aprendizagem e procedimentos para desenvolvimento deste trabalho.

4.2. SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS NO ENSINO DE QUÍMICA

A trajetória da inclusão da Ciência Química no currículo do ensino médio reflete significativas transformações no que concerne à seleção de conteúdo a serem abordados, desencadeando desafios consideráveis no processo de transmissão do conhecimento, os quais são enfrentados pelos docentes na sala de aula (Cruz, Cabo e Joerke, 2022).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) destacam a complexidade enfrentada com a grande quantidade de conteúdos, tornando-se um desafio significativo tanto na abordagem pedagógica quanto na efetiva transmissão para os alunos. Com

conteúdo mais exigidos em detalhes e a falta de tempo, propicia um ambiente desafiador no qual os professores se veem forçados a acelerar o ritmo de exposição, prejudicando a participação ativa dos alunos no processo de construção do conhecimento (Brasil, 2000).

Nesse cenário, a aprendizagem dos alunos pode não ser eficaz, perpetuando no pré-conceito em relação à disciplina de química. Dessa forma, adotar diferentes propostas didáticas no ensino de química que inclua a cultura e o social dos alunos fará mais diferença no processo de aprendizagem. Assim,

utilizando-se a vivência dos alunos e os fatos do dia-a-dia, a tradição cultural, a mídia e a vida escolar, busca-se reconstruir os conhecimentos químicos que permitiriam refazer essas leituras de mundo, agora com fundamentação também na ciência. Buscam-se, enfim, mudanças conceituais. Nessa etapa, desenvolvem-se “ferramentas químicas” mais apropriadas para estabelecer ligações com outros campos do conhecimento. É o início da interdisciplinaridade. (Brasil, 2000, p.33)

Nessa perspectiva, o ensino de química transcende-se a mera transmissão de informações para alcançar uma compreensão mais abrangente do conhecimento e, por conseguinte, um entendimento mais profundo do mundo que nos cerca. Nesse sentido, a proposta pedagógica visa não apenas cultivar uma compreensão científica, mas também fomentar a edificação da cidadania.

Neste contexto, destaca-se o papel do docente de Química, responsável de estabelecer uma conexão substancial entre os conceitos científicos, a vivência cotidiana dos alunos e a prática pedagógica. Essa interligação demanda uma cuidadosa elaboração do planejamento das aulas, onde o educador busca alinhar os conteúdos programáticos de maneira articulada e contextualizada.

De acordo com Lidâneo (1994),

O trabalho docente, sendo uma atividade intencional e planejada, requer estruturação e organização, a fim de que sejam atingidos os objetivos do ensino. A indicação das etapas do desenvolvimento de aula não significa que todas as aulas devam seguir um esquema rígido. A opção por qual etapa ou passo didático é mais adequado para iniciar a aula ou conjunção de vários passos numa mesma aula ou conjunto de aulas depende dos objetivos e conteúdos da matéria, das características do grupo de aluno, dos recursos didáticos disponíveis, das informações objetivas na avaliação diagnóstica etc.

Dessa forma, é perceptível que cada aula terá sua singularidade, objetivos e conteúdos a serem trabalhos, portanto, é necessário o desenvolvimento de métodos orientados pelo tempo para que o professor possa chegar ao objetivo de cada aula, e assim, proporcionar o conhecimento para os alunos (Takahashi e Fernandes, 2004).

4.3. RESÍDUO ORGÂNICO DOMÉSTICO COMO TEMA GERADOR NA CONTEXTUALIZAÇÃO DO ENSINO DE QUÍMICA

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) traz uma proposta de ensino menos fragmentada e menos centrada apenas na transmissão de conteúdo. Essa abordagem é alcançada através da flexibilização curricular e do agrupamento das disciplinas em áreas de conhecimento, uma abordagem que tem como objetivo promover uma aprendizagem mais integrada e contextualizada, assegurando o desenvolvimento dos conhecimentos essenciais dos alunos em todo território educacional do Brasil. Nesses moldes, a disciplina de Química no contexto do ensino médio encontra-se, atualmente, inserida na estrutura da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) na área de conhecimento denominada Ciências da Natureza e suas Tecnologias, juntamente com as disciplinas de Física e Biologia (Brasil, 2018).

Cada área de conhecimento terá competências e habilidades consideradas importantes para a formação básica, incluindo temas transversais que trazem para a educação formal uma aprendizagem de conteúdos de forma contextualizada a partir de temas que são relevantes para a atuação deles na sociedade, isso inclui temas envolvendo o meio ambiente (Brasil, 2018, 2019).

A BNCC é um documento que apresenta diferentes discussões entre educandos, principalmente ao tratar das ciências como apenas um conjunto, sendo necessário um planejamento e estratégia pedagógica cuidadosa para garantir que os alunos desenvolvam as competências e habilidades necessárias, integrando as disciplinas e mantendo a abordagem dos conteúdos das áreas específicas, nesse caso, a Química (Alevez, Martins e Andrade, 2021).

Considerando os dados apresentados, é possível realizar uma análise acerca do emprego do tema resíduo orgânico doméstico como uma ferramenta de contextualização. Essa abordagem permite a investigação e o debate sobre os impactos gerados, incentivando uma análise crítica abrangendo tópicos como desperdício, coleta seletiva e inclusão social, no contexto da gestão de resíduos sólidos (Silva, 2022).

O Quadro 3 exemplifica como essa temática pode ser usada para explorar diversos conteúdos no ensino de química. Por exemplo, no estudo de cinética química, que trata da velocidade das reações, os alunos podem investigar o processo de compostagem e as variáveis que influenciam a velocidade na formação do adubo (Costa, 2014). Além disso, como forma de trazer a transversalidade da EAC para dentro dessa abordagem, pode-se tratar da problemática dos lixões e aterros, realizando uma análise das reações químicas e as consequências em função da cinética química, além de considerar uma visão mais ampla das reações químicas, como as reações endotérmicas e exotérmicas.

Quadro 3 - Exemplos de conteúdos que podem ser abordados através da temática resíduo orgânico doméstico no ensino de química.

Eixo temático	Abordagem
Ácidos e Bases	Indicador de pH: Trabalhar com a temática associada ao desperdício de alimentos, abordando sobre o reaproveitamento de algumas frutas e vegetais como indicadores de pH. Os pigmentos desses alimentos são capazes de mudar de cor de acordo com o meio.
Estequiometria	Os conceitos de estequiometria seriam aplicados para calcular a concentração de gases produzidos na decomposição da matéria orgânica, analisando as proporções das substâncias envolvidas na reação e as problemáticas ambientais associadas em relação a emissão de gases do efeito estufa
Termodinâmica	Discussão ao explorar conceitos como entalpia e entropia relacionados às reações endotérmicas e exotérmicas que ocorrem durante a decomposição de resíduos orgânicos.
Cinética Química	Abordar o estudo da velocidade da reação de decomposição dos resíduos orgânicos e analisar os fatores que podem alterar essa velocidade (temperatura, concentração, pressão e catalisadores).
Química orgânica	Análise das biomoléculas presentes nos resíduos orgânicos (carboidratos, lipídios, proteínas), a identificação de funções orgânicas nesses compostos e a compreensão dos grupos funcionais presentes nessas biomoléculas.

Fonte: autoral

A abordagem interdisciplinar da temática do resíduo orgânico doméstico permite que os alunos desenvolvam habilidades importantes, como a leitura de tabelas e a elaboração de interpretação de gráficos (Martorano, Carmo, Marcondes, 2014) Além disso, proporciona uma reflexão crítica sobre questões ambientais e socioeconômicas que são importantes para a compreensão mais profunda e contextualizada da química e sua relevância na vida cotidiana

4.4. DIALOGANDO COM PAULO FREIRE E DAVID AUSUBEL

A educação é um campo dinâmico que constantemente busca aprimorar suas práticas para promover um aprendizado mais significativo e transformador. Nesse contexto, a abordagem de dois renomados influenciadores para a educação, Paulo Freire e David Ausubel, destaca-se como fonte de inspiração e reflexão para o desenvolvimento desse trabalho que visa explorar como as ideias desses teóricos podem dialogar e complementar-se, promovendo uma abordagem eficaz para o processo educacional.

4.4.1. PAULO FREIRE

A pedagogia de Paulo Freire é uma abordagem educacional influente e transformadora que se concentra na emancipação, na conscientização e na transformação social. Paulo Freire foi pedagogo brasileiro que iniciou o desenvolvimento de suas ideias na década de 60. Desde então, suas ideias e métodos continuam a ser estudados e aplicados, sendo referência pedagógica no Brasil e no exterior (Rodrigues, 2017).

Sua abordagem na época foi inovadora e repleta de críticas. Naquele contexto, o sistema educacional predominante era influenciado pelo paradigma da educação tradicional que se caracteriza por uma abordagem em que os alunos assumem um papel passivo em seu processo de aprendizagem. Nesse cenário, ocorre uma transmissão do conhecimento de maneira desconectada com o cotidiano dos estudantes. O primeiro ato de inovação de Paulo Freire estava relacionado à alfabetização de jovens e adultos. Em contraste com os métodos convencionais, que se distanciavam da linguagem e das vivências dos estudantes, ele adotou uma abordagem mais próxima da realidade. Utilizando um vocabulário e contextos dos alunos, ele conseguiu atingir um feito notável: alfabetizou 300 trabalhadores da zona rural do estado do Rio Grande do Norte em um período de 45 dias (Unifei, 2020).

Para Paulo Freire as pessoas são capazes de mudar sua realidade, por isso, as pessoas devem se empoderar a se tornarem sujeitos ativos em sua própria educação e na transformação de suas condições de vida. A educação deve capacitar as pessoas a tomar medidas para melhorar suas vidas e da sua comunidade, assim Freire (1975, p. 20) destaca que “não é a educação que forma a sociedade de uma determinada maneira, senão que esta, tendo-se formado a si mesma de uma certa forma, estabelece a educação que está de acordo com os valores que guiam essa sociedade”.

Paulo Freire tem grande influência na educação ao introduzir o princípio da relação professor-aluno e promover o diálogo como elemento central para uma educação. Freire é conhecido por sua abordagem educacional baseada na conscientização e na participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem. A educação não é um assunto isolado, mas uma parte integrante da sociedade como um todo. Assim como a democracia exige diálogo e participação de todos os cidadãos, a educação deve ser abordada de forma colaborativa, envolvendo toda a esfera educacional. Essa perspectiva supera o autoritarismo educacional e não responsabiliza somente os professores nesse processo, mas envolve alunos e seus familiares, criando um ambiente mais inclusivo e participativo na escola (Dantas *et al.*, 2020).

Freire (1987), apresenta o diálogo como parte importante do processo de aprendizagem, Paulo Freire critica o que ele denomina de “educação bancária”, sendo justamente o sistema educacional tradicional. Nessa analogia, o professor é visto como uma fonte única e absoluta

de conhecimento, enquanto os alunos são tratados como receptáculos passivos desse conhecimento, onde o professor “deposita” informações. Dessa forma, Freire (1987, p. 40) afirma,

Não pode haver conhecimento pois os educandos não são chamados a conhecer, mas a memorizar o conteúdo narrado pelo educador. Não realizam nenhum ato cognoscitivo, uma vez que o objeto que deveria ser posto como incidência de seu ato cognoscente é posse do educador e não mediatizador da reflexão crítica de ambos.

Portanto, quando não há participação dos estudantes, nenhum processo cognitivo está ativo, pois o objeto do conhecimento não está disponível para eles de forma que possam refletir criticamente. Isso significa que o ato cognitivo envolve uma verdadeira interação com o objeto de conhecimento, promovendo uma aprendizagem mais profunda e significativa.

Nesse quadro, Freire (1987) enfatiza a importância da interação entre sujeito e objeto de conhecimento mediada pelo mundo. Os seres humanos são únicos em sua capacidade de ter consciência de si mesmos, de suas ações e do mundo ao redor. Quando as pessoas estão diante de situação com obstáculos intransponíveis tendem a se sentir desempregadas e importes. No entanto, quando desenvolvem uma percepção crítica dessas situações, passam a enxergá-las como desafios que podem ser superados. Assim, no processo de aprendizagem, os estudantes devem estar cientes das contradições e desafios em seus contextos histórico, social e cultural.

O processo educacional freireano não trata da educação como ferramenta de impor transformações, mas sim para capacitar os estudantes a se tornarem agentes ativos em sua própria transformação e na transformação da sua comunidade. Desta forma, a conscientização defendida por ele, nesse contexto, não é apenas uma questão de adquirir conhecimento ou tomar consciência de uma determinada situação social, política ou econômica. É um processo que capacita as pessoas a se tornarem agentes de mudanças (Freire, 1987).

4.4.2. DAVID AUSUBEL

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) proposta por David Ausubel apresenta uma concepção referente a uma aprendizagem cognitiva. Nessa teórica, a aprendizagem ocorre de forma significativa quando novos significados são adquiridos e atribuídos pelo aprendiz, através de um processo de interação de novas ideias com conceitos ou proposições já existentes em sua estrutura cognitiva (Ausubel, 1982). De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), na estrutura cognitiva as informações são armazenadas de maneira organizada e hierárquica no qual os elementos mais específicos do conhecimento são ligados e assimilados a conceitos mais gerais e inclusivos.

Ademais, o conceito de aprendizagem significativa é um processo pelo qual novos conhecimentos se relacionam de maneira não arbitrária e substantiva com a estrutura cognitiva do aprendiz. Essa não arbitrariedade implica que o novo material não se liga aleatoriamente à estrutura cognitiva, mas sim a conhecimentos relevantes e específicos, chamados subsunçores (Moreira, 2011).

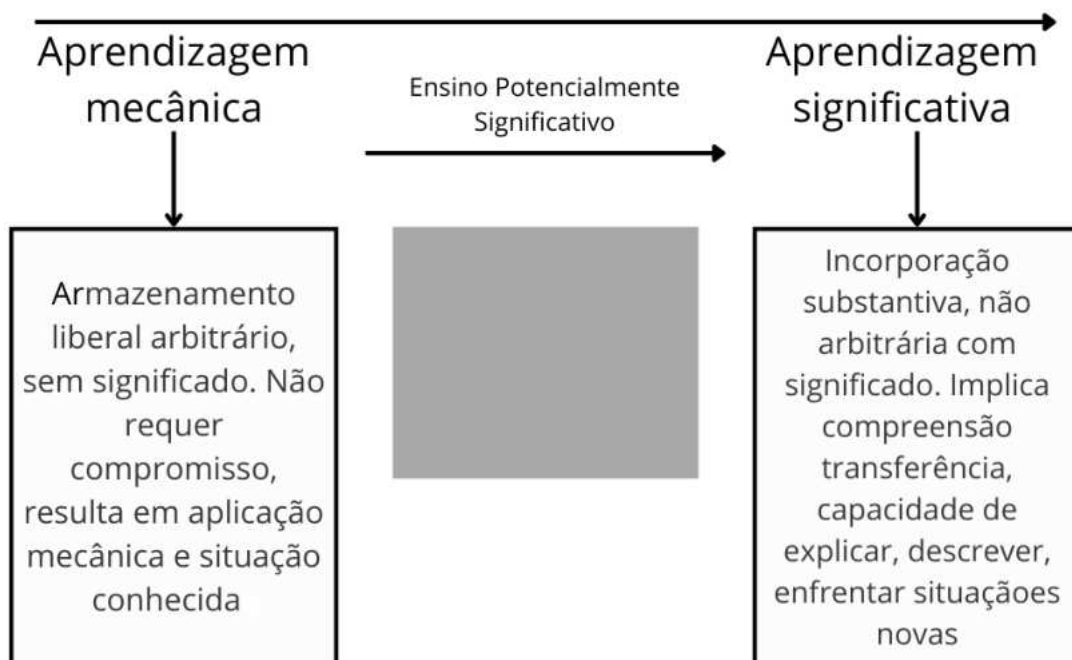
De acordo com Moreira (2011), subsunçor é um conceito, uma nova ideia ou uma proposição já presente no conhecimento prévio. A função do subsunçor é servir como âncora ou ponto de referência para assimilação de uma nova informação ou conceito. Isso significa que, quando uma nova informação é apresentada a um indivíduo ela será relacionada e integrada com o conhecimento prévio, sendo aprendidos significativamente e retidos à medida que novos conceitos, ideias e proposições, de forma que sejam relevantes para o aluno, sendo incluídos na estrutura cognitiva.

Entretanto, quando os conteúdos são introduzidos de forma a não estabelecer elos com o conhecimento prévio dos estudantes, a assimilação de novos conhecimentos ocorre de forma mecânica e muitas das vezes associada a memorização. Dessa forma, as novas informações são armazenadas de forma arbitrária e literal (Moreira, 2006). Em contrapartida, a assimilação de novos conhecimentos não necessariamente iniciará a partir do conhecimento prévio, a aprendizagem mecânica em muitos casos fará parte do processo de adquirir novos conhecimentos (Moreira, Masini, 1982). Moreira (2011, p. 32) ressalta,

A passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural, ou automática; é uma ilusão pensar que o aluno pode inicialmente aprender de forma mecânica, pois, ao final do processo, a aprendizagem acabará sendo significativa; isto pode ocorrer, mas depende da existência de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor; na prática, tais condições muitas vezes não são satisfeitas e o que predomina é a aprendizagem mecânica.

A Figura 12 ilustra a concepção de um processo contínuo entre as duas formas de aprendizagem, incluindo uma "zona cinza" onde a maior parte da aprendizagem acontece. Assim, é possível que um novo conhecimento venha a partir de uma aprendizagem mecânica com a expectativa de que, no final, a aprendizagem se torne significativa por si só. Como exemplos, pode-se citar a alfabetização e a memorização de fórmulas matemáticas, que começam a servir de "âncoras" para novos conhecimentos (Santana, 2013).

Figura 12 - A região intermediária do conhecimento entre a aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa



Fonte: Adaptado de Moreira, 2008, p. 28.

Dentro dessa perspectiva, no ensino de ciências, em especial o ensino de química, há uma predominância de um ensino para a transmissão do conhecimento, ocasionando em um processo de ensino-aprendizagem voltado para a memorização. Entretanto, no processo de aprendizagem a comunicação é uma ação de muita importância, não se tratando apenas de compartilhar informações, mas também de oferecer novas perspectivas sobre essas informações, de lidar com as diferenças individuais e de conectar informações de maneira a construir significados (Smole, 2008).

Dessa forma, Costa (2008) compreende que os professores apresentam uma tendência a se limitarem seguindo rigidamente o conteúdo dos livros, perdem a oportunidade de ajudar os alunos a internalizar os princípios gerais, modelos e ideias fundamentais das ciências. Em vez disso, o "conteudismo", que se baseia na mera memorização e no "copismo", não promove uma compreensão real ou duradoura do conhecimento.

Ademais, Moreira (2011) compreende que a aprendizagem será significativa a partir do desejo do aluno em querer aprender, mas nem sempre se traduz diretamente com motivação no sentido tradicional da palavra. Os professores podem incentivar uma variedade de atitudes favoráveis à aprendizagem, reconhecendo que o desejo de aprender pode se manifestar de diferentes maneiras em diferentes alunos.

4.4.3. ARTICULANDO COM A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

No pensamento freiriano, a educação é social e crítica que desperta a conscientização da realidade dos alunos a partir de uma concepção de seus direitos e deveres enquanto cidadãos. Nesse contexto, torna-se imperativo que os alunos, no processo de ensino e aprendizagem, realizem uma leitura crítica do mundo, integrando todos os saberes que possuem sobre a realidade que os circunda. A cultura, o aspecto social e as perspectivas individuais dos alunos devem ser incorporadas como elementos essenciais para a construção do conhecimento, servindo como experiência fundamental para o processo de conscientização.

Assim, Freire (1996, p. 17) sinaliza,

por que não aproveitar a experiência que têm os alunos de viver em áreas da cidade descuidadas pelo poder público para discutir, por exemplo, a poluição dos riachos e dos córregos e os baixos níveis de bem-estar das populações, os lixões e os riscos que oferecem à saúde das gentes. Por que não há lixões no coração dos bairros ricos e mesmo puramente remediados dos centros urbanos? Esta pergunta é considerada em si demagógica e reveladora da má vontade de quem a faz. É pergunta de subversivo, dizem certos defensores da democracia.

Dessa forma, mesmo que de forma indireta, o pensamento de Paulo Freire sobre o processo de aprendizagem também se alinha a uma aprendizagem significativa, tal como pela TAS, pois um novo conhecimento é adquirido e potencialmente significativo a partir do momento em que os saberes prévios desses alunos estão sendo articuladas aos conteúdos disciplinares.

Para David Ausubel a abordagem pedagógica é por meio da organização do conhecimento, sempre centralizada pela estrutura cognitiva dos alunos e na assimilação do conhecimento prévio, entretanto, traz a concepção de uma aprendizagem individual e não necessariamente atrelada às questões sociais, ou seja, é focada para um âmbito escolar.

A convergência entre Freire e Ausubel reside na importância de conferir significado à aprendizagem para os alunos. Ambos reconhecem a relevância de tornar o conteúdo educacional pertinente à vida dos estudantes. Freire propõe a conexão do currículo com a realidade vivida pelos alunos, enquanto Ausubel destaca a importância de relacionar novos conhecimentos com as estruturas cognitivas pré-existentes do aluno (Santana, 2013).

A forma como a aprendizagem é abordada também traz grande relevância para ambos os autores. De acordo com Ausubel (2003) a linguagem é um facilitador essencial da aprendizagem significativa, tanto por meio da recepção quanto da descoberta. A manipulação de conceitos e proposições é enfatizada, utilizando as propriedades representacionais das palavras para aprimorar a compreensão. Além disso, o aperfeiçoamento das compreensões

subverbais, emergentes na aprendizagem por recepção e descoberta, contribui para a clareza e precisão dos significados, tornando-os mais transferíveis.

Nesse contexto, Freire também atribui um papel crucial à linguagem no processo educacional, promovendo o diálogo como uma abordagem fundamental. O diálogo, para Freire (1987), transcende a simples comunicação, transformando-se em uma mediação pedagógica que capacita os alunos a expressar opiniões, questionar e dialogar sobre o conhecimento, conferindo-lhe maior significado.

5. METODOLOGIA

Este estudo visa realizar uma revisão bibliográfica sobre resíduos sólidos urbanos, com foco específico no resíduo orgânico doméstico, explorando sua aplicabilidade no ensino de química a partir de uma perspectiva de educação ambiental crítica. A pesquisa, de caráter descritivo e qualitativo, utilizou as bases de dados SciELO, Google Acadêmico e Science.gov, com o objetivo de identificar abordagens que integrem essa temática ao currículo de química no ensino médio.

Inicialmente, a busca bibliográfica foi conduzida com os descritores "resíduo orgânico", "educação ambiental crítica" e "ensino de química", abrangendo o período de 2018 a 2023. A análise foi realizada de forma sistemática, buscando compreender como os estudos acadêmicos têm relacionado o tema dos resíduos orgânicos ao ensino de química. No entanto, devido à escassez de trabalhos específicos que contemplassem todos os parâmetros desejados, ampliou-se o período de análise para 1997 a 2023. Essa extensão temporal permitiu o acesso a materiais mais abrangentes, que incluíam o conteúdo de interesse, especialmente em textos internacionais.

A pesquisa bibliográfica também incorporou textos em inglês, utilizando descritores como "composting", "organic waste recycling" e "anaerobic digestion", considerando o mesmo período (1997-2023). A decisão de incluir publicações internacionais foi motivada pela limitação de trabalhos em português que apresentassem uma descrição clara dos processos químicos envolvidos na compostagem e biodigestão. A literatura em inglês revelou-se fundamental para fornecer uma compreensão detalhada das reações químicas subjacentes a esses processos, oferecendo uma base para a análise que se propõe no ensino de química.

Durante a revisão, observou-se que poucos estudos em português tratavam do ensino de química diretamente associado aos resíduos orgânicos. A maioria dos artigos focava na aplicação prática dos temas de compostagem e biodigestão, sem aprofundar os processos

químicos envolvidos. Por outro lado, os estudos internacionais forneciam descrições mais precisas sobre as reações químicas e os mecanismos que ocorrem durante esses processos, o que contribuiu significativamente para a construção do referencial teórico da pesquisa.

A seleção dos artigos seguiu uma metodologia rigorosa, envolvendo, em um primeiro momento, a inclusão de estudos que apresentassem uma relação clara com os descritores e com a temática proposta. Os critérios de exclusão envolveram a eliminação de trabalhos redundantes ou que não apresentavam um enfoque químico suficiente. Após essa triagem inicial, os artigos considerados relevantes foram submetidos à leitura completa, o que permitiu uma análise aprofundada e a construção de uma base teórica sólida.

Com base na revisão bibliográfica, foi desenvolvida uma Sequência Didática (SD) e um material didático autoral, visando orientar docentes do ensino médio na aplicação do tema dos resíduos orgânicos no ensino de química. A SD foi elaborada com recursos didáticos inovadores, incluindo o uso de aplicativos para a confecção de mapas conceituais, simuladores e atividades interativas *online*, com o objetivo de promover uma aprendizagem significativa. O material didático, que integra a SD, está descrito no item “Apêndice” deste trabalho e foi desenvolvido para facilitar a implementação dessa temática nas práticas pedagógicas.

Acredita-se que a abordagem proposta, ao integrar a educação ambiental crítica e os processos químicos associados aos resíduos orgânicos, pode contribuir para uma compreensão mais aprofundada da química no contexto socioambiental, oferecendo uma educação mais contextualizada e relevante para os estudantes do ensino médio.

5.2. PRODUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A SD foi elaborada com o objetivo de facilitar a implementação da temática de resíduos orgânicos no ensino de química, promovendo a inserção de metodologias alternativas que consolidem o conteúdo ao eixo central da disciplina. Voltada para alunos do 2º ano do Ensino Médio, a SD foi planejada para ocorrer em quatro encontros presenciais, considerando duas aulas em média 50 minutos cada.

Os encontros utilizam recursos interativos que visam enriquecer o processo de ensino-aprendizagem, tais como simuladores, aplicativos para criação de mapas conceituais e atividades online. A estrutura da SD está detalhada no Quadro 3, que descreve os objetivos de cada encontro.

A escolha por metodologias ativas, como a aplicação de estudo de caso, busca fomentar a construção do conhecimento de forma crítica e reflexiva, alinhando-se às diretrizes da

educação ambiental crítica. Dessa forma, os alunos são incentivados a relacionar os processos químicos envolvidos na decomposição de resíduos orgânicos com questões ambientais contemporâneas, promovendo um aprendizado mais contextualizado e significativo.

Por fim, a SD visa não apenas a transmissão de conhecimentos químicos, mas também o desenvolvimento de competências socioambientais, estimulando os estudantes a refletirem sobre o papel da química na solução de problemas relacionados à gestão de resíduos e à sustentabilidade.

Quadro 4 - Proposta da Sequência didática

Encontros	Objetivos
1º - Conceituando Resíduo Sólido Urbano	Introduzir e contextualizar a temática de resíduos, explorando as diferenças entre lixo, resíduo e rejeito, e discutir fatores que afetam a degradação de materiais, como temperatura, concentração e superfície de contato. O encontro visa avaliar os conhecimentos prévios dos alunos, estabelecer uma base teórica sólida e preparar os alunos para a aplicação prática desses conceitos na gestão de resíduos.
2º - Cinética Química na Decomposição de Resíduo Orgânico	Revisar e aplicar os conceitos de cinética química e fatores que afetam a velocidade das reações, com ênfase na decomposição de matéria orgânica. O encontro busca proporcionar uma compreensão prática e interativa desses conceitos através do uso de simuladores online.
3º - Química, Meio Ambiente e Políticas Públicas	Analisar a interseção entre química, meio ambiente e políticas públicas, promovendo uma compreensão crítica dos problemas reais relacionados à gestão de resíduos. O encontro prepara os alunos para aplicar conceitos estudados em um estudo de caso prático.
4º - Conclusão do Estudo de Caso e Atividade Colaborativa	Finalizar o estudo de caso e promover a colaboração e reflexão dos alunos através de uma atividade interativa online no Mentimeter. O encontro busca consolidar o aprendizado e avaliar a aplicação dos conceitos discutidos ao longo das aulas.

Fonte: autoral

5.3. PRODUÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO AUTORAL

O material didático autoral, intitulado “Resíduos Sólidos Urbanos: Abordagem Educativa no ensino de química”, foi elaborado com o objetivo de orientar docentes na aplicação da temática de resíduos orgânicos. O material propõe metodologias ativas e significativas que facilitam a aprendizagem de conceitos fundamentais de química, como cinética e reações químicas, articulando esses conteúdos com as problemáticas atuais. Além de contribuir para o desenvolvimento de competências científicas, o material didático também busca estimular o senso crítico dos discentes, promovendo o papel da química na resolução de problemas ambientais e no desenvolvimento sustentável. Assim, a abordagem proposta não apenas ensina conteúdos técnicos, mas também reforça a formação cidadã e o engajamento social dos estudantes.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este item apresenta o resultado da elaboração da SD para o ensino de química no 2º ano do Ensino Médio, com foco em resíduos orgânicos domésticos. Além disso, inclui a criação de um produto educacional, detalhado no Apêndice, que oferece orientações aos docentes para sua implementação eficaz no contexto escolar.

6.1. DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

6.2. Lei 15.100/2025

O desenvolvimento da SD apresentada foi desenvolvida anteriormente a aprovação e implementação da Lei nº 15.100/2025 que restringe o uso do celular em sala de aula. É uma lei que estabelece diretrizes sobre o uso de aparelhos eletrônicos portáteis pessoais, incluindo telefones celulares, por estudantes em instituições de ensino públicas e privadas da educação básica no Brasil. O principal objetivo dessa legislação é proteger a saúde mental, física e psíquica de crianças e adolescentes (Brasil, 2025).

Principais pontos da lei:

- **Proibição geral:** O uso de dispositivos eletrônicos por estudantes é proibido durante as aulas, recreios e intervalos em todas as etapas da educação básica.

- **Exceções:** O uso é permitido para **fins pedagógicos**, conforme orientação dos profissionais de educação, e em situações que garantam acessibilidade, inclusão, condições de saúde dos estudantes ou direitos fundamentais.
- **Responsabilidades das instituições:** As redes de ensino e escolas devem desenvolver estratégias para abordar o sofrimento psíquico e a saúde mental dos estudantes, informando sobre os riscos do uso excessivo de aparelhos eletrônicos e oferecendo treinamentos para detecção e prevenção desses problemas.

Para auxiliar na implementação da lei, o Ministério da Educação (MEC) lançou guias destinados às redes de ensino e escolas, com orientações sobre comunicação, conscientização e suporte às famílias que podem ser acessados pelos links abaixo

Às escolas: <https://mecred.mec.gov.br/recurso/364589?collectionId=16247>

Às redes: <https://mecred.mec.gov.br/recurso/364590?collectionId=16247>

Dessa forma, as observações da Lei nº 15.100/2025, para as atividades interativas aqui apresentadas é fundamental que o professor e a coordenação escolar avaliem a pertinência do uso do celular, garantindo que sua aplicação esteja alinhada com fins pedagógicos. Caso necessário, outras alternativas, como o uso de computadores e projetores, podem ser priorizadas para atender às diretrizes da legislação e promover um ambiente de aprendizado interativo.

6.3. Etapas da SD

Esta seção esquematiza as etapas da SD proposta para o ensino de química, abordando cinética química e reações químicas, conforme os parâmetros da BNCC. A SD foi desenvolvida para integrar esses conteúdos com a temática dos resíduos orgânicos domésticos, visando promover uma abordagem contextualizada e interdisciplinar no ensino de química.

Competência:

- **Competência específica 4:** Desenvolver argumentação baseada em conhecimentos químicos, considerando aspectos científicos, sociais, culturais, ambientais e econômicos.

Habilidades:

- **EM13CNT103:** Analisar e interpretar dados e informações apresentadas em diferentes linguagens (textos, gráficos, tabelas, vídeos, simulações) para resolver problemas no contexto das Ciências da Natureza.

- **EM13CNT206:** Compreender os princípios da cinética química e avaliar como diferentes fatores influenciam a velocidade das reações químicas.
- **EM13CNT301:** Propor soluções para problemas ambientais relacionados à gestão de resíduos sólidos, baseando-se em conceitos químicos e tecnológicos.

6.3.1. PRIMEIRO ENCONTRO

O primeiro encontro da SD possui como enfoque a apresentação sobre a temática. Sendo a aula fragmentada em dois momentos: o questionário diagnóstico com duração de 20 minutos e a conceituação com duração de 65 minutos.

O momento inicial integra o questionário diagnóstico (APÊNDICE 2). Esse questionário tem como objetivo analisar as habilidades, interesses e experiências dos alunos possibilitando que seja realizado uma pré-personalização do conteúdo e estratégias de ensino, assim, torna-se uma possibilidade de aumentar o engajamento e relevância da aprendizagem para os alunos.

Posteriormente, introduz-se a temática do RSU, destacando o resíduo orgânico doméstico, pois trata-se de um resíduo muito produzido pela sociedade e com grau de impactos ambientais consideráveis quando não descartado corretamente. O resíduo orgânico é um resíduo biodegradável, mas sua disposição final em ambientes inadequados não somente atrai roedores e doenças para a saúde humana, mas contribui significativamente para o aumento dos gases do efeito estufa (GEE) em decorrência do seu próprio processo de decomposição.

Dessa forma, as problemáticas ambientais podem ser discutidas e por isso, conceituar temas como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e Agenda 2030 também serão importantes para as futuras discussões. Assim, apresenta os principais pontos e objetivos da PNRS, destacando a importância para a gestão adequada dos resíduos. Na Agenda 2030, explore a relação entre gestão de resíduos e os objetivos de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030. Para isso, utiliza o material de divulgação científica (Figura 13).

Figura 13 - Material de divulgação para elucidação do resíduo orgânico doméstico

Resíduo Sólido Urbano como tema gerador no ensino de química

Resignificando os resíduos orgânicos

O consumo excessivo gera descarte inadequado de resíduos sólidos, destacando a necessidade de alternativas sustentáveis. Resíduos orgânicos domésticos são preocupantes, mas compostagem e biodigestores oferecem soluções viáveis, transformando matéria orgânica em recursos úteis para agricultura e energia. Essas práticas são aplicáveis e relevantes para o ensino de química.

Acesse o Qr code e saiba mais

Educação Ambiental e o ensino de química

A crise ambiental demanda uma nova relação com o meio ambiente. A Educação Ambiental (EA) no Brasil, influenciada por movimentos sociais e políticas internacionais, promove uma visão crítica e interdisciplinar no ensino. Ela conecta ciência com a realidade social e cultural dos alunos, incentivando o pensamento crítico e a aprendizagem significativa, especialmente no ensino de Química, relacionando teoria e prática com contextos sociais, culturais e sustentáveis.

Acesse o Qr code e saiba mais

Pensar além do lixo

Diferentes abordagens podem ser aplicadas no ensino de química considerando duas diferentes formas de reaproveitamento do resíduo orgânico: compostagem e biodigestão. Dentro dessas técnicas, a química encontra-se nos processos bioquímicos, tendo como grande relevância os processos físico-químicos que garantem a eficiência da decomposição para o produto desejado.

Acesse o Qr code e saiba mais

Flavia Sardinha da Silva

UFRJ
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Instituto de Química
CECIERJ

Fonte: autoral

Após a etapa de conceituação, encerre o encontro resumindo os principais pontos discutidos e destacando a relevância do processo de reaproveitamento dos resíduos orgânicos a partir da problemática da emissão de gases e o uso do lixão como principal meio de descarte. Para auxiliar nessa etapa, pode-se fazer o uso de um recurso audiovisual que contribua para a aplicação da problemática do lixo e que possibilita aos alunos uma interatividade dos conceitos respondidos anteriormente. O uso desse tipo de recurso estimula diferentes sentidos: a combinação de estímulos visuais e auditivos pode melhorar a compreensão de conceitos.

Como proposta, o vídeo “O QUE NUNCA TE CONTARAM SOBRE O LIXO - Nostalgia Animado” disponível no Youtube por meio do link <https://www.youtube.com/watch?v=sfa-jnXtA84> apresenta de forma divertida o processo de geração do lixo e sua problemática.

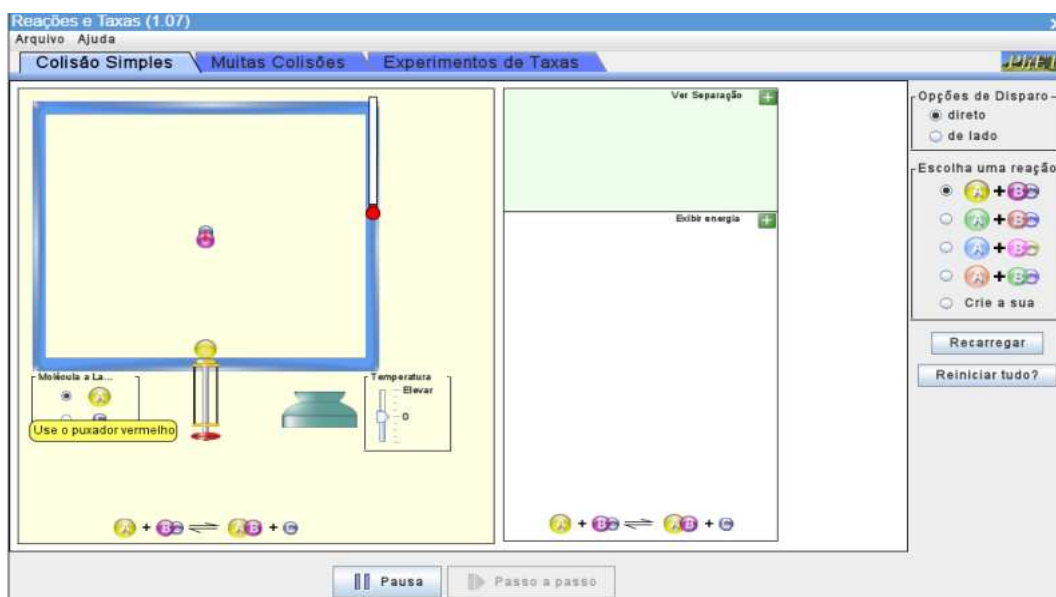
6.3.2. SEGUNDO ENCONTRO

O intuito desse encontro é revisar os conceitos de cinética química, com ênfase na velocidade das reações e nos fatores que influenciam reações químicas. Este encontro será conduzido de forma prática e interativa, adotando uma abordagem de aprendizado ativo. Utilizaremos o simulador Reações e Taxas (Figura 14), acesso pelo link https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/reactions-and-rates o qual permitirá aos alunos observar e analisar como as variações nas condições experimentais afetam a velocidade das reações químicas, com foco específico na decomposição de matéria orgânica.

Esse encontro será dividido entre contextualização, com duração de 30 minutos, representação com o simulador com duração de 30 minutos e um questionário avaliativo com duração de 30 minutos (APÊNDICE 2).

Comece relembando os conceitos-chave de cinética química, velocidade, teoria de colisões e os fatores que afetam as reações químicas. Esta revisão pode ser conduzida por meio de uma apresentação de slides, o uso de quadro branco, ou através de uma discussão guiada. O objetivo é garantir que todos os alunos estejam familiarizados com os conceitos-chave antes de avançarmos para a aplicação.

Figura 14 - Visão geral do simulador “Reações e Taxas”



Fonte: disponível no *Phet Simulation*

Após a contextualização, os alunos serão divididos em pequenos grupos e cada grupo terá a oportunidade de utilizar o simulador Reações e Taxas em dispositivos móveis, tablets ou computadores. A atividade prática envolverá a manipulação de diferentes variáveis experimentais, como a concentração inicial de reagentes ou a temperatura. Cada grupo

experimentará uma configuração distinta para investigar o impacto dessas variáveis na velocidade da reação, particularmente na decomposição de matéria orgânica. Esta prática visa consolidar o conhecimento dos conceitos físico-químicos através da análise dos dados obtidos e da interpretação das situações simuladas.

As etapas a serem seguidas durante a utilização do simulador são as seguintes:

1º Colisões Simples: Divida os alunos em três grupos, cada um com uma configuração diferente de temperatura. O primeiro grupo operará o simulador com temperatura alta, o segundo grupo manterá a temperatura inalterada, e o terceiro grupo ajustará a temperatura para um valor baixo. A atividade permitirá observar as diferenças na velocidade da reação em função da temperatura.

2º Muitas Colisões: Cada grupo deve analisar os gráficos de energia potencial obtidos ao modificar a temperatura durante as reações. Essa análise servirá para discutir como a variação de temperatura afeta a energia necessária para as colisões entre partículas e, conseqüentemente, a velocidade da reação.

Esta abordagem interativa e prática não apenas reforça a compreensão teórica dos alunos, mas também aprimora sua capacidade de aplicar conceitos cinéticos de maneira empírica, promovendo uma aprendizagem mais eficaz e significativa.

A partir dessa abordagem, propõem-se o emprego do questionário avaliativo individual, que apresenta questões que estabelecem discussões relacionadas à temática. A ferramenta emprega a contextualização como um recurso para estimular a análise crítica dos aspectos abordados.

6.3.3. TERCEIRO ENCONTRO

O objetivo deste encontro é fomentar uma compreensão crítica e abrangente da interseção entre química, meio ambiente e políticas públicas, capacitando os alunos para a análise de problemas reais e a proposição de soluções viáveis e sustentáveis. A abordagem será estruturada em três partes principais: introdução à problemática, discussão e reflexão sobre conceitos, e estudo de caso.

6.3.3.1. Introdução à problemática

Neste segmento inicial, os alunos serão lembrados das concepções previamente abordadas e será estabelecida uma conexão com os tópicos discutidos em encontros anteriores. Esta introdução pode ser conduzida por meio de uma discussão dirigida ou pela apresentação

de material visual, como slides ou quadro branco. Em seguida, será exibida uma reportagem relevante do Jornal Nacional, disponível no link: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2023/05/29/mesmo-proibidos-lixoes-a-ceu-aberto-ainda-ameacam-a-saude-em-um-terco-dos-municipios-brasileiros.ghtml> (Figura 15).

Figura 15 - Reportagem que será apresentada para os alunos



Fonte: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2023/05/29/mesmo-proibidos-lixoes-a-ceu-aberto-ainda-ameacam-a-saude-em-um-terco-dos-municipios-brasileiros.ghtml>

Esta reportagem destaca a persistência dos lixões a céu aberto e suas implicações para a saúde pública em um terço dos municípios brasileiros, proporcionando um contexto atual e relevante para a discussão. O tempo estimado para a atividade é de 35 minutos.

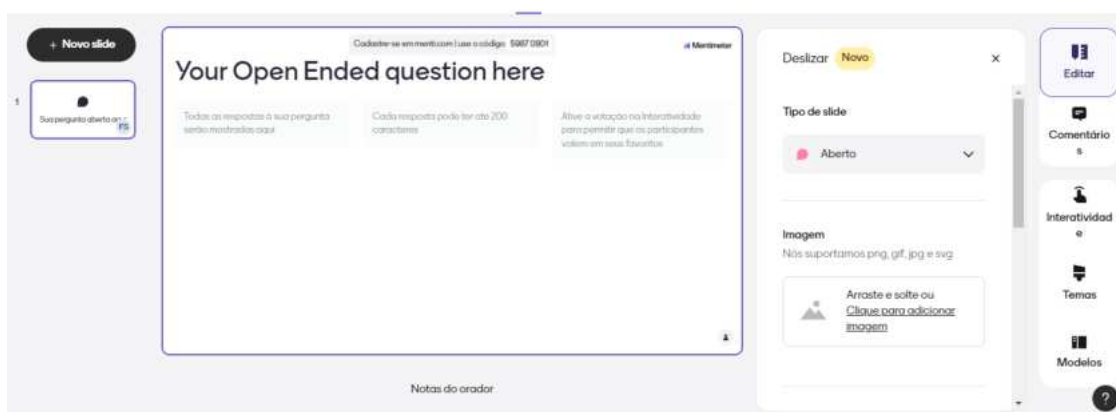
6.1.3.2. Discussão e reflexão sobre conceitos

Após a exibição da reportagem, será realizada uma discussão detalhada sobre o conteúdo apresentado. A discussão permitirá aos alunos explorar as implicações da reportagem, refletir sobre as informações apresentadas e conectar essas informações com os conceitos previamente estudados.

Durante essa etapa, será fundamental revisitar e integrar os conteúdos do material de divulgação científica abordado anteriormente. Para facilitar essa integração, realiza-se a elucidação sobre o funcionamento do mapa conceitual, de modo que sejam discutidas as ramificações presentes nos conhecimentos científicos. O mapa conceitual ajudará a visualizar

Em seguida, o enfoque será voltado para os aspectos químicos envolvidos na problemática discutida. Será realizado um levantamento dos conceitos de cinética química e reações químicas e suas aplicações para entender a problemática social e ambiental apresentada. A análise será enriquecida através do quiz (APÊNDICE 3) realizado no site Mentimeter (Figura 18), link de acesso: <https://www.mentimeter.com/pt-BR>, que pode ser acessado no computador, celular ou tablet, que permitirá obter opiniões e medir o entendimento dos alunos. Essa etapa pode ser utilizada de diferentes formas e com diferentes questionários. O tempo estimado para essa atividade é de 35 minutos.

Figura 18 - Visão geral do Mentimeter para elaboração do Quiz



Fonte: autoral

6.1.3.2. Estudo de Caso

A etapa final do encontro será dedicada ao estudo de caso (APÊNDICE 3), onde os alunos terão a oportunidade de aplicar os conceitos discutidos em um contexto prático. O estudo de caso permitirá a análise de uma situação concreta relacionada à problemática abordada, oferecendo uma plataforma para a aplicação dos conhecimentos adquiridos e para a proposição de soluções baseadas em evidências.

Durante esta fase, os alunos serão divididos em grupos para examinar o estudo de caso e desenvolver propostas de intervenção ou soluções que considerem tanto os aspectos químicos quanto os fatores sociais e políticos envolvidos. A análise desse estudo estimulará a reflexão crítica e a capacidade de formular respostas adequadas a desafios complexos.

O estudo de caso será conduzido de maneira a promover a análise detalhada e a discussão em grupo, culminando em uma apresentação das propostas de solução desenvolvidas pelos alunos. Esta abordagem permitirá avaliar a capacidade dos alunos de integrar e aplicar os

conceitos discutidos de maneira prática e eficaz. O tempo estimado para essa atividade é de 45 minutos.

6.1.4. QUARTO ENCONTRO

O quarto encontro será dedicado a apresentação do estudo de caso

6.1.4.2.1. Discussão e Apresentação dos grupos

Inicie a sessão revisando brevemente o estudo de caso discutido no terceiro encontro, destacando os principais pontos de análise. Reorganize os grupos de trabalho conforme estruturado previamente e solicite que apresentem suas análises críticas sobre os problemas identificados, delineando soluções fundamentadas nas discussões anteriores. Incentive os grupos a expor suas ideias no quadro, com ênfase especial em questões que envolvam cálculos matemáticos. Após cada apresentação, incentive perguntas e discussões para promover a participação ativa de todos os alunos. O tempo estimado para essa atividade é de 60 minutos.

6.1.4.2.2. Encerramento, avaliação e participação da nuvem de palavras

Para o encerramento da aula retome os conceitos vistos durante os encontros com os alunos. Pode ser feito em slides ou no quadro. Solicite aos alunos que participem da nuvem de palavras (Figura 19) utilizando o Mentimeter (Figura 20), contribuindo com termos e conceitos chaves que refletem os encontros. Essa atividade não apenas reforça a aprendizagem, mas também promove a colaboração do conhecimento. O tempo estimado para essa atividade é de 35 minutos.

motivação e interesse pelos temas discutidos em sala de aula. O ensino de química, ao abordar resíduos orgânicos, não apenas contribui para a compreensão dos conteúdos curriculares, mas também abre possibilidades para a integração de aspectos sociais, educacionais, tecnológicos e ambientais.

A sequência didática proposta foi estruturada para facilitar a implementação desse tema no ensino de química, introduzindo metodologias alternativas que auxiliem na fixação dos conteúdos da grade curricular. Ela visa orientar os educadores a aplicar e desenvolver o tema com alunos do Ensino Médio, promovendo o uso de diferentes recursos didáticos para intensificar a participação dos estudantes, tais como, aplicativos digitais, questionários interativos, estudo de caso, etc., que foram dispostos ao longo do material desenvolvido.

Essas ferramentas didáticas foram selecionadas com o propósito de promover uma aprendizagem significativa sobre a temática dos resíduos orgânicos, incentivando os estudantes a se tornarem indivíduos críticos e conscientes. Ao explorar questões como o impacto ambiental e a importância da destinação adequada de resíduos, a abordagem permite que os alunos compreendam conceitos químicos de forma aplicada, como reações de decomposição, e cinética química, além dos assuntos intrínsecos a eles, como interpretação de gráficos e raciocínio lógico.

Como perspectivas futuras, destaca-se a necessidade de expandir e avaliar a sua aplicabilidade em diferentes contextos escolares, como escolas públicas e privadas, bem como a possibilidade de adaptação para outras disciplinas, fortalecendo a interdisciplinaridade.

Ademais, aprimoramentos podem ser incorporados como a inclusão de experimentos práticos e projetos de investigação sobre compostagem doméstica e biodigestão, além do desenvolvimento de materiais didáticos complementares, como jogos interativos, que podem substituir a necessidade do uso do celular, conforme a Lei nº 15.100/2025. Também é relevante considerar que o material disponibilizado estimula a criação de parcerias entre escolas, comunidades e órgãos ambientais para desenvolver projetos práticos de gestão de resíduos.

Por fim, ressalta-se que a inclusão dessa temática no ensino de química contribui para a formação de cidadãos responsáveis, preparados para debater desafios ambientais e sociais. Assim, a abordagem dos resíduos orgânicos no contexto escolar atua não apenas como conteúdo acadêmico, mas também como um meio para o desenvolvimento de uma postura ética e sustentável, incentivando os alunos a se tornarem multiplicadores de práticas conscientes e promotores de uma sociedade mais comprometida com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.; Novak, J. & Hanesian, H. (1980). *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.

AUSUBEL, D.P. *A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.

AUSUBEL, David. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2003.

BORCHARDT, M. A. **Cartilha de compostagem doméstica**. Porto Velho, 2021. Disponível em: https://portal.ifro.edu.br/images/Campi/Zona_Norte/documentos/cartilhaweb.pdf. Acesso em: 20 jan. 25.

BRASIL, Lei nº 9.795, de 2 de abril de 1999 - Educação Ambiental

BRASIL, Parâmetros curriculares nacionais: Introdução, Brasília: MEC/SEF, 1997.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. Lei nº 10.172, de 9 de janeiro de 2001. **Aprova o Plano Nacional de Educação e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

BRASIL. Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014. **Aprova o Plano Nacional de Educação - PNE e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 jun. 2014.

BRASIL. Lei nº 15.100, de 13 de janeiro de 2025. **Dispõe sobre a utilização, por estudantes, de aparelhos eletrônicos portáteis pessoais nos estabelecimentos públicos e privados de ensino da educação básica**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. *Temas Contemporâneos e Transversais na BNCC: contexto histórico e pressupostos pedagógicos*. Brasília, 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. *Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Brasília, 2022*.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino médio, 2000.

CARVALHO, Luiz Marcelo de. A Temática ambiental e o processo educativo: dimensões e abordagens. In: CINQUETTI, H. S.; LOGAREZZI, A. (Orgs.). *Consumo e resíduos – Fundamentos para o trabalho educativo*. São Carlos: EdUFSCar, 2006.p. 19-39.

CERETTA, G. F.; SILVA, F. K.; ROCHA, A. C. da. *Gestão Ambiental e a problemática dos resíduos sólidos domésticos na área rural do município de São João - PR*. Revista ADMPG, [S. l.], v. 6, n. 1, 2013.

COSTA, R. G. A. **Os saberes populares da etnociência no ensino das ciências naturais: uma proposta didática para aprendizagem significativa.** *Revista Didática Sistêmica*, v.8, p. 162-172, 2008. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/redsis/article/view/1303>. Acesso em: 8 fev.2024.

COTTA, J. A. O. **Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem.** *Eng Sanit Ambient*, v.20, n.1, p.65-78, 2015.

CRISPIM, C. V. PASSOS SÁ, L. **O conhecimento pedagógico do conteúdo no desenvolvimento de ações voltadas à formação inicial de professores de química.** *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* v. 18, n. 3, p. 543-561, 2019.

DANTAS, T. R. *et al.* **Paulo Freire em diálogo com a educação de jovens e adultos.** Salvador: EDUFBA, 2020.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from Waste and Renewable Resources.** Wiley-VCH, 2008. Disponível em: < <https://unifei.edu.br/personalidades-do-muro/extensao/paulo-freire/> > Acesso em 29 out. 2023.

DUTRA DE CAMARGO, T.; TAUCEDA, K.; SOUZA, D. O. G. de. A educação ambiental crítica e significativa para um mundo complexo: uma análise teórica. **#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, Canoas, v. 9, n. 2, 2020. DOI: 10.35819/tear. v.9, n. 2. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/4142>. Acesso em: 18 fev. 2024.

FADINI, Pedro Sérgio; FADINI, Almerinda Antonia Barbosa. **Lixo: desafios e compromissos.** Cadernos temáticos de Química Nova na Escola. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química. n. 1, p.9-18. 2001.

FIALHO, L. L.; *et al.* **Monitoramento Químico e Físico do Processo de Compostagem de Diferentes Resíduos Orgânicos.** São Carlos, SP: Embrapa, 2005.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido.** 17. ed. Rio de Janeiro: Paz na Terra, 1987.
GUIMARÃES, M. **Por uma educação ambiental crítica na sociedade atual, s. d**
Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistamargens/article/view/2767/2898>. Acesso em: 18 fev. 2024

GUIMARÃES, M. **Educação Ambiental Crítica.** In: LAYRARGUES, P. P. (org). *Identidades da educação ambiental brasileira.* Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.
HEBERTS, R. A., *et al.* **Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos.** *Revista Saúde e Ambiente*, v. 6, n.1, p. 41-50, 2005.

IPEA. **Agenda 2030: ODS – metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: IPEA, 2018.

JACOBI, P. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade.** *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, n. 118, p. 189-205, mar. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cp/a/kJbkFbyJtmCrfTmfHxktgnt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 jan. 2025.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4.ed. Piracicaba: E.J. Kiehl, 2004. 173p

KRASILCHIK, M. **Reformar e Realidades: o caso do ensino de ciências**. São Paulo: São Paulo em Perspectiva, v. 4, n.1, p.85-93, 2000.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2019. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1108617&biblioteca=vazio&busca=1108617&qFacets=1108617&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 29 out. 2023.

LAYRARGUES, P.P (2006). **Muito além da natureza: educação ambiental e reprodução social**. In: OUREIRO, C.F.B.; LAYRARGUES, P.P.; CASTRO, R.C. (Orgs.). Pensamento complexo, dialética e educação ambiental. São Paulo: Cortez, 2006. p. 72-103.

LIBÂNEO, J.C. Didática. São Paulo: Cortez, 1994.

LINS, L. P. **O aproveitamento energético do biogás como ferramenta para os objetivos do desenvolvimento sustentável**. INTERAÇÕES, Campo Grande, MS, v. 23, n. 4, p. 1275-1286, out./dez. 2022.

MAGALHÃES, G. V. V. **Avaliação da biodigestão anaeróbia de resíduos orgânicos: ensaios de potencial bioquímico de metano (BMP) e projeto piloto de um biodigestor em escala real**. 2018. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

MARINHO, A. S.; SILVA, W. D. A.; PAULA, N. L. M. **O papel dos saberes docentes na formação pedagógica da licenciatura em Química: o que pensam os professores formadores?** Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico, v. 7, 2021.

MOREIRA, M. A., MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 1982.

MOREIRA, M.A. **A teoria da Aprendizagem significativa: e sua implementação em sala de aula**. Brasília: São Paulo: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa: a teoria e texto complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MUSTATE, G. UNGUREANU, E. L. LORGA, E. Protein Acidic Hydrolysis for amino acids analysis in food – Progress over time: A short review. Journal of Hygienic Engineering and Design, v. 26, n.1, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332440930_PROTEIN_ACIDIC_HYDROLYSIS_FOR_AMINO_ACIDS_ANALYSIS_IN_FOOD_-_PROGRESS_OVER_TIME_A_SHORT_REVIEW. Acesso em: 30 jun. 2024.

NEVES, K; BRAGUINI, M. **A história da disciplina química (escolar) no currículo brasileiro**. Revista de Educação Ciência e Tecnologia, Canoas, v.7, n.2, 2018.

ONU. Guia sobre desenvolvimento sustentável: 17 objetivos para transformar o nosso mundo. **Organização das Nações Unidas**, 2015. Disponível em: < https://www.instituto-camoes.pt/images/ods_2edicao_web_pages.pdf >. Acesso em: 23 de out. 2024.

PIMENTA, M. F. F.; NARDELLI, A. M. B. **Desenvolvimento sustentável: os avanços na discussão sobre os temas ambientais lançados pela conferência das Nações Unidas sobre o desenvolvimento sustentável, Rio+20 e os desafios para os próximos 20 anos**. Perspectiva v. 33, n. 3, p. 1257-1277, 2015.

RAMOS, E. C. **Educação ambiental: origem e perspectivas**. Educar, Curitiba, n.18, p.201-218. 2001.

RODRIGUES, J. C. R. **A educação ambiental do ensino médio: uma proposta teórico-metodológica no contexto da diversidade como princípio formativo na atualização da proposta curricular de Santa Catarina**. 2017. 209 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/187445>. Acesso em: 23 de out. 2024

SANTANA, M. F. **Aprendizagem significativa em David Ausubel e Paulo Freire: Regularidades e dispersões**. 82 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

SANTOS, D. R. C. M.; JUNIOR, L. P. L. **A formação de professores de química, mudanças na regulamentação e os impactos na estrutura em cursos de licenciatura em química**. Quim. Nova, v. 43, n. 7, p.977-986, 2020.

SCHULTZ, E.L., SOARES, I.P. **Reforma do biogás – revisão**, Circular Técnica. 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/998908/1/CIT13.pdf>. Acesso em 29 out. 2023

SEMAS, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Manual de orientação para uso do biodigestor– Belém: SEMAS, 2023**.

SILVA, M. F. G. **A prática como locus de formação de professores e produção de saberes na Educação Física**. 2014. 272f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2014.

SILVA, M. F. P. **Produção e Caracterização de Húmus em Diferentes Substratos Compostados**. 2017. Dissertação (Mestre em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia, 2017.

SILVA, W. D. A.; CARNEIRO, C. C. S. **FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE QUÍMICA NO BRASIL: formar para a docência ou para a indiligência pedagógica?** Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar Mossoró, v. 8, n. 25, janeiro/2021.

SMOLE, K. C. S. **Aprendizagem significativa: O lugar do conhecimento e da inteligência** Disponível em: <<http://www.fe.unb.br/pie/zAPRENDIZAGEM%20SIGNIFICATIVA.htm>>. Acesso em 30 de maio de 2008.

SORRENTINO, M; TRAJBER, R., MENDONÇA, P.; FERRANO JUNIOR, L. A.. **Educação ambiental como política pública.** *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 285-299, maio/ago. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/WMXKtTbHxzVcgFmRybWtKrr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 jan. 2025.

SOUZA, L. P. M. *et al.* **Compostagem: uma proposta ambiental para diminuição do lixo doméstico.** Revista Em Extensão, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 87–100, 2020. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revextensao/article/view/55987>. Acesso em: 21 ago. 2023.

BRASIL. Lei Federal 12.305, de 02 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 República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 de agosto de 2010.

TAKAHASHI, R.T; FERNANDES, M. F. P. **Plano de aula: conceito e metodologia.** Act. Paul. Enf., São Paulo, v.17, n.1, p-114-118, 2004.

TARDIF, M. **Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários: elementos para uma epistemologia da prática profissional dos professores e suas consequências em relação à formação para o magistério.** Revista Brasileira de Educação, n. 13, Rio de Janeiro, 2000.

TRAUTMANN, N. M; KRASNY, M. E. **Composting in the Classroom; Scientific Inquiry for High School Students.** University. 1997.

UNIFEI. Personalidades do muro: Paulo Freire. Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), 2020.

VAN GINKEL, J. T. **Physical and biochemical processes in composting material.**1996. Ph.D. thesis, Agricultural University Wageningen, Wageningen, The Netherlands - Landbouwwuniversiteit te Wageningen, 1996. Disponível em: <https://edepot.wur.nl/210529>. Acesso em: 29 out. 2023.

VAZQUEZ, Adolfo Sánchez. **Filosofia da Práxis.** São Paulo. Expressão Popular, 2º Edição, 2011.

ZUCCONI, F.; BERTOLDI, M. **Compost specifications for the production and characterization of composts from municipal solid waste.** In: Compost: Production, Quality and Use, M de Bertoldi; M.P. Ferranti, P.L’Hermite, F.Zucconi, (eds). Elsevier Applied Science, London, p.30-50, 1987.

APÊNDICE 1

MATERIAL DIDÁTICO AUTORAL



Fonte: autoral

Acesso pelo link abaixo:

https://drive.google.com/drive/folders/13GikYX7VhYR3A_1tWNhFk-mj1p-Xxfx5?usp=drive_link

APÊNDICE 2

QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO

Acesso pelo link abaixo

https://drive.google.com/drive/folders/11CLbgn5QVhq0eoT2NHZBw1gWkjoDl4n_?usp=drive_link

APÊNDICE 3

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO, ESTUDO DE CASO E QUIZ

Acesso pelo link abaixo

https://drive.google.com/drive/folders/1MKIic0pZtyMMCKlJKzms01ZaPFzTARh8?usp=drive_link

ANEXO 1

TRABALHOS SUBMETIDOS PARA EVENTOS

Acesso pelo link abaixo:

https://drive.google.com/drive/folders/18QCeR6RT6gPe_5PMnUqUjeV7QxLuTJJ1?usp=drive_link