



Resíduos Sólidos Urbanos: Uma abordagem no ensino de química

Flavia Sardinha da Silva^{1*}, Victor de Oliveira Rodrigues², Priscila Tamiasso Martinhon³,
Célia Regina Sousa da Silva⁴

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

² Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

⁴ Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

* flavia.srdsilva@gmail.com.br.

Palavras-Chave: Resíduo sólido orgânico; compostagem; decomposição anaeróbica.

Introdução e objetivos

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são resíduos gerados pelas atividades domésticas, comerciais ou sanitárias em uma cidade. Eles incluem tanto resíduos domiciliares, os gerados em residências urbanas, quanto os resíduos de limpeza urbana, como varrição, limpeza de logradouros e vias públicas (SINIR, 2020).

A composição dos RSU pode variar de acordo com fatores como hábitos de consumo, reciclagem e desenvolvimento econômico, mas categoricamente inclui os resíduos orgânicos e os resíduos recicláveis secos. Os resíduos orgânicos ainda representam a maior porcentagem da massa total de resíduos gerados no Brasil, enquanto as outras frações se dividem em plásticos, papel, papelão, vidros e metais, resíduos têxteis, couros, borrachas e rejeitos, conforme representado na figura 1 (Abrelpe, 2020).

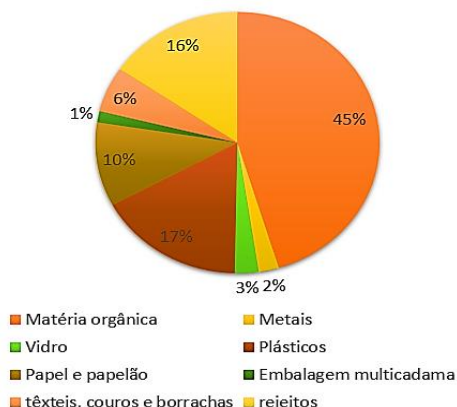


Figura 1. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos no Brasil em 2020

Fonte: Adaptado de Abrelpe (2020).

A geração de RSU no país tem gerado uma curva regressiva, principalmente após a pandemia da Covid-19 (Abrelpe, 2020) e vem ocorrendo com a disposição final adequada desses resíduos, que consiste em resíduos levados para aterros sanitários (Figura 2 e Figura 3). Entretanto, mesmo que boa parte dos resíduos gerados seja de composição orgânica, a fração de reaproveitamento desse resíduo ainda é muito baixa (Figura 4).

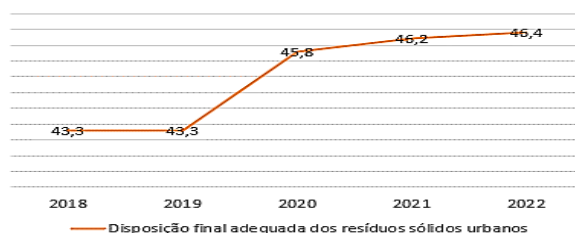


Figura 2. Geração total em toneladas por ano de resíduos sólidos urbanos no Brasil ao longo dos anos

Fonte: Abrelpe (2022).

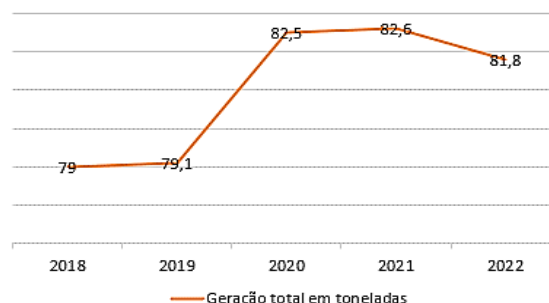


Figura 3. Disposição adequada de resíduos sólidos urbanos no Brasil ao longo dos anos

Fonte: Abrelpe (2022).

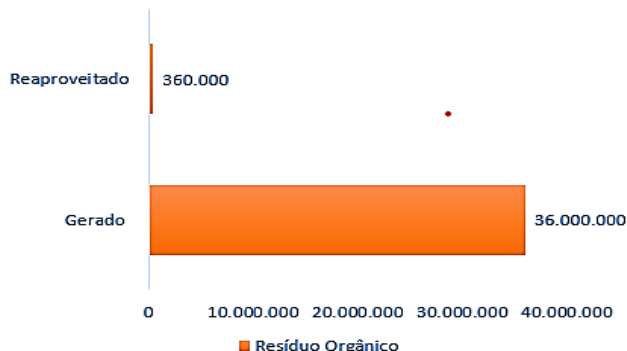


Figura 4. Comparativo Gerado x Reaproveitado do resíduo orgânico em 2022.

Fonte: Abrelpe (2022).

Os resíduos orgânicos são resíduos que possuem origem animal ou vegetal, tais como restos de alimentos (casca de frutas, vegetais, sobras de refeições), folhas, galhos, ossos etc. que sofrem processo de decomposição natural. Por esse motivo podem ser chamados de biodegradáveis, já que sua decomposição ocorre naturalmente.

Entretanto, mesmo que sua característica seja biodegradável, a falta de gestão desse tipo de resíduo pode gerar um aumento significativo dos gases do Efeito Estufa, especialmente na emissão do gás metano (CH_4), resultante da sua decomposição. Além disso, favorece o desenvolvimento de insetos, ratos e outros animais que podem transmitir doenças ampliando a contaminação dos solos e das águas junto com outros metais pesados (Abrelpe, 2022).

Nesse contexto, o gerenciamento de resíduos apresenta uma grande importância para a mitigação dos resíduos, de forma que não tenha somente a redução ou a eliminação de um determinado resíduo, mas que seja feito um acompanhamento durante seu ciclo produtivo, de forma que a disposição final seja realizada da melhor maneira possível sem causar impactos ambientais.

No Brasil temos a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída na Lei Nº 12.305/2010 que tem como objetivo principal estabelecer diretrizes e metas para a gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos no Brasil. A PNRS representa um avanço significativo na abordagem do tratamento e disposição de resíduos, buscando promover a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente (Brasil, 2010).

Os principais princípios são:

- Prevenção e precaução: prevenção da geração de resíduos sólidos, buscando a redução da fonte
- 3Rs: Redução na geração, reutilização e reciclagem
- Responsabilidade compartilhada: A responsabilidade pela gestão dos resíduos

sólidos é compartilhada entre fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e o poder público.

- Logística reversa: Implementação de uma logística que envolve a coleta e o retorno desses materiais ao ciclo produtivo
- Participação social: A legislação incentiva a participação da sociedade como um todo para implementação e avaliação das políticas de resíduos sólidos, garantindo a transparência e a democracia nas decisões relacionadas à gestão de resíduos.

No que se refere aos resíduos orgânicos, existem tecnologias atualmente disponíveis para destinação final ambientalmente adequada de resíduos, além de viabilizar o abatimento de emissões GEE na sanitários) podem evitar a geração de emissões diretas (compostagem de resíduos orgânicos). Apesar de responder por um percentual relativamente pequeno no total de emissões globais (4-5%), a gestão adequada consegue mitigar um volume considerável de emissões, a partir das práticas e da disponibilidade das infraestruturas necessárias (Abrelpe, 2022).

Portanto, com tratamento adequado, os resíduos orgânicos podem se tornar uma valiosa fonte de energia. Podemos utilizar frações de matéria orgânica para a compostagem ou biodigestão. Ambos os processos envolvem a oxidação biológica, uma reação natural conduzida por bactérias que convertem componentes orgânicos em formas inorgânicas. No entanto, esses processos se distinguem pelas condições do ambiente, ou seja, pela presença ou ausência de oxigênio, o que resulta em produtos diferentes e formas variadas de reaproveitamento. A transformação de resíduos em energia é uma alternativa sustentável e promissora que contribui para a redução do impacto ambiental e a otimização dos recursos disponíveis.

Metodologia

Este trabalho apresenta uma revisão teórica sobre resíduos orgânicos, com ênfase no seu reaproveitamento e na sua aplicabilidade como tema gerador no ensino de química. O objetivo é explorar como essa abordagem pode ser implementada no contexto educacional para enriquecer o processo de ensino-aprendizagem. A revisão inclui uma análise de estudos existentes e apresenta a viabilidade de utilizar resíduos orgânicos como ferramenta pedagógica para fomentar o interesse dos estudantes em química e ciências ambientais.

A metodologia de busca envolveu a seleção de literatura relevante, abrangendo artigos científicos, dissertações, teses e publicações de organizações internacionais. Para a busca, inicialmente foram



empregados descritores em bases de dados do SciELO e Google Acadêmico, tais como “digestão anaeróbica”, “digestão aeróbica”, “compostagem” “biodigestão”, no período de 2018 a 2023. A análise foi conduzida de forma sistemática, com foco em identificar reações e parâmetros envolvidos na compostagem e na biodigestão que relacionassem com a integração no currículo de química.

Devido a dificuldade em encontrar trabalhos que envolvessem os parâmetros buscados, realizou-se uma nova busca considerando o período de 1997 a 2023, no qual foi possível observar materiais que apresentaram o conteúdo de interesse.

A pesquisa incluiu uma busca em textos internacionais em inglês, utilizando descritores como “composting”, “organic waste recycling” e “anaerobic digestion”, considerando o período de 1997 a 2023. Essa escolha decorreu da limitação em encontrar trabalhos em português que descrevessem de forma objetiva e com enfoque químico os processos de compostagem e biodigestão. A análise de textos em inglês revelou estudos detalhados sobre os processos químicos envolvidos, facilitando a compreensão e proporcionando uma base sólida para a análise química na pesquisa.

Após selecionar os textos, foi realizada uma leitura completa das publicações com o intuito de organizar as informações e elaborar a pesquisa conclusiva.

Resultados e Discussão

Durante a pesquisa e análise das obras foram encontrados sete artigos que abordaram com detalhes os processos bioquímicos envolvidos na biodigestão e na compostagem. Desses, quatro são artigos estrangeiros em inglês (Tabela 1), selecionados por incluírem reações que demonstrasse o processo. Além disso, dois artigos específicos foram encontrados para análise no ensino de química (Tabela 2).

Tabela 1. Obras encontradas na língua inglesa.

Título	Ano
Anaerobic reactors	2007
Organic Waste Recycling Technology and Management	2007
Composting in the Classroom	1997
Biogas from Waste and Renewable Resources	2011

Tabela 2. Obras encontradas referentes a aplicação no ensino de química e ciências

Título	Ano
Oficina temática sobre resíduos sólidos urbanos como estratégia para contextualização da química no ensino médio	2022
Gerenciamento de resíduos orgânicos como tema gerador na promoção do ensino de ciências da natureza	2022

Embora as obras em língua portuguesa apresentem informações relevantes, somente as em inglês detalham as reações químicas envolvidas na compostagem e na biodigestão. Esses detalhes complementam os materiais em português. A monografia “Gerenciamento de resíduos orgânicos como tema gerador na promoção do ensino de ciências da natureza” foi a única analisada em termos de envolvimento do resíduo orgânico no ensino de química. Embora não se foque nas reações químicas, detalha a aplicação do tema, o que é crucial para o levantamento bibliográfico deste trabalho.

A abrangência do material analisado viabilizou uma leitura aprofundada, em contraste com uma visão superficial de muitos artigos. Particularmente, as obras em inglês demandaram maior atenção, o que culminou em uma conclusão mais crítica e detalhada do conteúdo.

Os artigos antigos publicados apresentaram uma leitura fácil e com informações necessárias, pois não foram encontrados grande quantidade de material desenvolvido sobre o tema. Este estudo prioriza a análise físico-química dos processos investigados e suas possíveis aplicações no ensino de química.

O resíduo orgânico é um material rico em nutrientes com uma composição notável de 389 g kg⁻¹ de matéria orgânica, destaca-se também por sua riqueza em nitrogênio (11,5 g kg⁻¹) e níveis relativamente baixos de fósforo (2,2 g kg⁻¹), potássio, magnésio e enxofre (3,3; 1,5 e 1,2 g kg⁻¹, respectivamente), além de conter quantidades consideráveis de cálcio e sódio (19,1 e 1,785 g kg⁻¹) (Almeida, 2003).

O reaproveitamento desse resíduo se dá majoritariamente por processos biológicos, com destaque para a compostagem e a biodigestão. A compostagem é um método eficaz para a reciclagem de resíduos orgânicos visando a produção de fertilizantes orgânicos para aplicação agrícola. Esse processo, aeróbico e exotérmico, pode ocorrer tanto naturalmente quanto de forma controlada (Fialho, et al., 2005).

Os materiais utilizados incluem frações orgânicas de resíduos urbanos, esterco animal e resíduos agroindustriais, ou combinações destes. O produto, conhecido como composto, representa um corretivo de solo sustentável e fertilizante, contendo uma fração humificada, capaz de melhorar as propriedades físico-químicas do solo, a eficácia dos fertilizantes e promover o crescimento das culturas (Polprasert, 2007).

A decomposição da matéria orgânica é um processo complexo, mediado por diversos intermediários. A degradação química é desencadeada pela atividade enzimática dos microrganismos presentes. Bactérias e fungos secretam enzimas que quebram compostos orgânicos complexos em compostos mais simples, os quais são absorvidos por esses microrganismos. Nesse processo, ocorre a oxidação de açúcares, amidos, proteínas e outros compostos orgânicos, gerando dióxido de carbono (CO₂), água, energia e outros produtos (Equação 1) (Polprasert, 2007; Costa, *et al.*, 2015).

Durante a compostagem, a temperatura varia conforme a atividade dos microrganismos (Figura 5), passando por diferentes fases:

- Fase latente: Período necessário para que os microrganismos se adaptem ao novo ambiente;
- Fase de crescimento: Caracterizada pelo aumento da população bacteriana e elevação da temperatura (fase mesofílica);
- Fase termofílica: Temperatura elevada, consumo do substrato e destruição dos patógenos;
- Fase de maturação: Queda da temperatura e ocorrência de uma fermentação secundária, um processo mais lento que favorece a humificação.

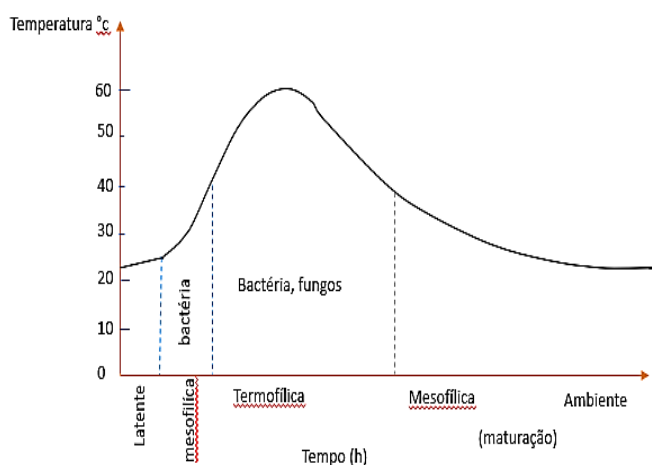
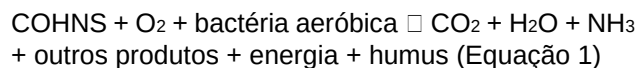


Figura 5. Oscilação da temperatura durante a compostagem

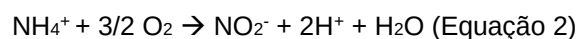
Fonte: Adaptado de Polprasert (2007)



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 3) (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 denominada húmus, o produto da compostagem (Trautmann e Krasny, 1997).

Ademais, ocorrem reações de nitrificação, nas quais a amônia, subproduto da estabilização dos resíduos na forma de íon amônio, é oxidada biologicamente para nitrito (NO₂⁻) e, posteriormente, para nitrato (NO₃⁻) (Equação 2, Equação 3, Equação 4). Dado que NO₃⁻ é a forma de nitrogênio facilmente disponível para absorção pelas plantas, a fase de maturação também se torna crucial na produção de compostos de qualidade para uso como fertilizantes do solo (Polprasert, 2007).



Reação Geral de nitrificação:

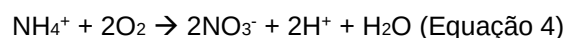


Tabela 3. Parâmetros físico-químicos envolvidos no processo de compostagem

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)



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 6).

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.

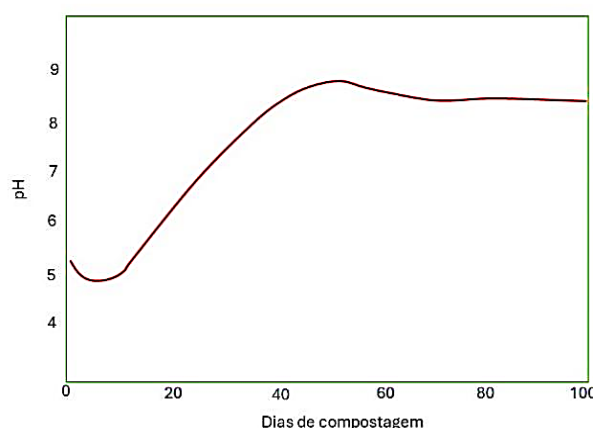


Figura 6. Variação do pH durante a compostagem

Fonte: adaptado de Kiehl (1985).

Diferentemente do processo de decomposição aeróbica, a degradação anaeróbica da matéria orgânica também garante um produto com grande importância econômica. Esse tipo de degradação também é conhecido como biodigestão. Nesse processo o produto formado de grande valor energético é o biogás (Chernicharo, 2007).

Em um sistema diferente da compostagem, a matéria orgânica se transformada em metano (CH_4), o principal componente do biogás, dióxido de carbono (CO_2) e traços de gás hidrogênio (H_2), gás nitrogênio (N_2), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e vapor de água. (Kunz, Steinmetz 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 (Kahalid, *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 7); carboidratos são degradados em açúcares simples (monossacarídeos

e dissacarídeos); e lipídios são convertidos em ácidos graxos de cadeia longa e glicerol (Magalhães, 2018).

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 (CH_3COOH), butírico ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$) 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.

A formação de acetato a partir de butirato (Equação 5) e propionato (Equação 6) 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 forma o metano, CO_2 e outros compostos de forma estritamente aneróbica. (Tabela 4).

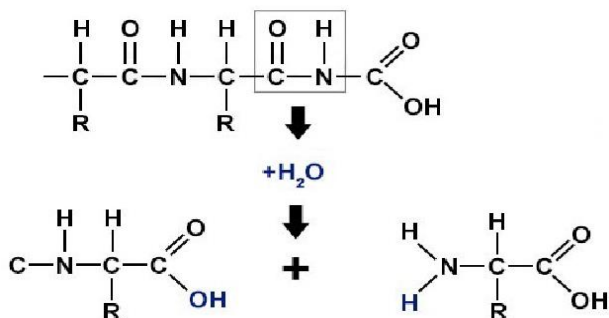


Figura 7. Hidrólise da molécula de proteína

Fonte: Mustatea, Ungureanu e Lorga, (2019)

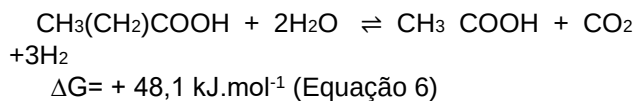
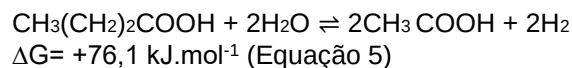


Tabela 4. Reações metanogênicas

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

Fonte: Adaptado de Deublein e Steinhauser (2011)

Nesse contexto, tem-se que os resíduos sólidos urbanos, sobretudo os orgânicos, podem ser um fio condutor para o ensino de química, sobretudo no ensino médio. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o documento orientador da educação brasileira, propõe uma abordagem de aprendizagem mais integrada e contextualizada, focando no desenvolvimento de competências e habilidades essenciais para todos os alunos do país. Dentro deste contexto, a disciplina de Química está inserida no bloco de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, junto com Física e Biologia (Brasil, 2018).

A BNCC trata as ciências como um conjunto, sendo assim, é necessário ampliar a importância de um bom planejamento e estratégias pedagógicas que visam garantir atendimento a esse documento e manter as disciplinas integradas, mas mantendo a abordagem teórica dos conteúdos de cada área específica, nesse caso, a Química (Alvez, Martins e Andrade, 2021).

Por isso, a contextualização deve estar presente de forma que os assuntos do cotidiano estejam consoantes com o conhecimento químico para trazer importância aos fenômenos que estão por trás, por exemplo, das problemáticas climáticas e custos ambientais que reflete a má gestão dos resíduos sólidos, sobretudo, o resíduo orgânico. Dessa forma,

fará com que o aluno estude e investigue estes assuntos, construindo conhecimento dentro de uma ótica social, cultural, política e econômica de forma conectada com a ciência tornando uma aprendizagem significativa (Rocha, 2022).

Neste sentido, o uso de resíduos sólidos orgânicos oferece um contexto relevante e aplicado para o ensino de conceitos químicos. Por exemplo, a decomposição de matéria orgânica pode ser utilizada para explorar reações químicas, ciclos biogeoquímicos e a aplicação de princípios de estequiometria, cinética química e termodinâmica (Tabela 5). Além disso, a gestão de resíduos orgânicos pode servir como ponto de partida para discussões sobre sustentabilidade, impacto ambiental e práticas de economia circular, temas cada vez mais relevantes no contexto socioambiental atual.

Observa-se que de modo geral, os resíduos orgânicos constituem de uma temática extremamente rica a qual possibilita o desenvolvimento de conceitos de maneira interdisciplinar e contextualizada, sem deixar de abordar o conteúdo teórico da disciplina de química. Assim, permite desenvolver junto com uma abordagem da Educação Ambiental, o conhecimento científico de forma crítica e consciente.

Dessa forma, utilizando os resíduos orgânicos como um tema gerador, propicia a contextualização a partir do reaproveitamento do resíduo urbano, dispondo de elevado potencial de empregabilidade em diferentes áreas. Assim sendo, 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).

Tabela 5. Aplicações no ensino de química

Eixo temático	Abordagem	Ex. Aplicação
Ácidos e Bases	Potencial Hidrogeniônico (pH)	Reaproveitamento de alimentos
Estequiometria	Rendimento e concentração	Gases do efeito estufa e rendimento de produção do metano
Termodinâmica	Entalpia e entropia e reações endo e exotérmicas	Lixão
Cinética Química	Fatores que alteram a velocidade	Lixão
Química Orgânica	Biomoléculas e funções orgânicas	Compostagem

Fonte: autoral

Considerações finais

A má gestão dos resíduos sólidos gera problemas socioambientais significativos, tornando imperativa a busca por alternativas que minimizem os impactos ambientais resultantes do descarte inadequado, especialmente dos resíduos orgânicos. Nesse contexto, a compostagem e a biodigestão da matéria orgânica surgem como estratégias viáveis para o gerenciamento sustentável desses resíduos.

A relevância do aproveitamento de resíduos orgânicos para o desenvolvimento sustentável é evidente. A conversão de resíduos em biogás exemplifica uma alternativa energética viável, promovendo a logística reversa e contribuindo para a redução da dependência de combustíveis fósseis. Essa abordagem favorece a implementação de políticas públicas voltadas para a sustentabilidade e a eficiência energética, ao mesmo tempo que reduz a emissão de gases de efeito estufa.

No contexto educacional, particularmente no ensino de química, a contextualização do conteúdo permite transcender a teoria pura e estimular uma postura crítica-reflexiva diante das questões econômicas e socioambientais. Tal abordagem pedagógica não só enriquece o conhecimento através do saber científico, mas também fomenta a formação de cidadãos conscientes, informados e aptos a enfrentar desafios socioambientais com responsabilidade e engajamento.

Portanto, ao integrar tais perspectivas no currículo escolar, amplia-se o escopo da disciplina de química, possibilitando aos estudantes uma compressão mais aprofundada e contextualizada do conteúdo e sua



interconexão com o cotidiano. A presente metodologia educacional visa não apenas o aprimoramento acadêmico, mas também o estabelecimento de uma base sólida para o exercício da cidadania ativa e crítica.

Agradecimentos

Aos professores Victor Rodrigues e Priscila Martinhon.

Referências

ABRELPE - Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2020), **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em 30 jun. 2024.

ABRELPE - Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2022), **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em 30 jun. 2024.

ALMEIRA, A. A. **Composto de lixo urbano na composição química do solo e seus efeitos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro amarelo (Passiflora edulis f. Flavicarpa L.)**. Revista de Biociência, v.9, p.7–15, 2003.

ALVES, J. Q. MARTINS, T. J.; ANDRADE, J. J. **Documentos normativos e orientadores da educação básica: a nova BNCC e o ensino de química**. Currículo sem Fronteiras, v. 21, n. 1, p. 241-268, 2021.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 de agosto de 2010. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.htm. Acesso em 30 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNC_C_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf Acesso em 30 jun. de 2024.

CHERNICHARO, C. A. L. **Anaerobic Reactors**, IWA Publishing, 2007.

COSTA *et al*, **O processo da compostagem e seu potencial na reciclagem de resíduos orgânicos**. Revista GEAMA, Recife, v.1, n.2, 2015.

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.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from Waste and Renewable Resources**. Wiley-VCH, 2008.

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

KIEHL, J.E. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1985.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2019.

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.

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 de jun 2024.

POLPRASERT, C. **Organic Waste Recycling Technology and Management**, 3rd Edition, IWA Publishing, 2007.

ROCHA, D. C. **Oficina temática sobre resíduos sólidos urbanos como estratégia para contextualização da química no ensino médio**. 2022, 65 f. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

SILVA, A. C. V. **Gerenciamento de resíduos orgânicos como tema gerador na promoção do ensino de ciências da natureza**. 2022. Dissertação (Mestrado em ensino de ciências e da matemática), Universidade Federal de Alagoas - Centro de Educação. Maceió, 2022.

SINIR – Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos, **Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos**, 2020. Disponível em:

<https://relatorios.sinir.gov.br/relatorios/nacional/?ano=2020>. Acesso em 30 jun 2024.

TRAUTMANN, N. M.; KRASNY, M. E., **Composting in the Classroom**, Cornell Waste Management Institute, USA, 1997.