



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PICOS
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

RAVENA DA SILVA PEREIRA

EDUCAÇÃO AMBIENTAL E COLETA SELETIVA: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS E SUAS RELAÇÕES COM O
ENSINO DE QUÍMICA

PICOS-PI

2026

RAVENA DA SILVA PEREIRA

**EDUCAÇÃO AMBIENTAL E COLETA SELETIVA: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS E SUAS RELAÇÕES COM O
ENSINO DE QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Licenciatura em Química do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Piauí, Campus Picos.

Orientador: Prof. Me. Francisco de Assis Pereira Neto

PICOS-PI

2026

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Pereira, Ravena da Silva

P436e Educação ambiental e coleta seletiva : uma revisão bibliográfica sobre os
resíduos sólidos e suas relações com o ensino de química / Ravena da Silva
Pereira. - 2026.
48 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Picos, 2026.
Orientador : Prof Me. Francisco de Assis Pereira Neto.

1. Educação ambiental . 2. Coletiva seletiva. 3. Ensino de química . 4.
Sustentabilidade . I. Título.

CDD - 540

Elaborado por Silvio de Carvalho Gomes Coutinho CRB 3/1362

RAVENA DA SILVA PEREIRA

**EDUCAÇÃO AMBIENTAL E COLETA SELETIVA: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS E SUAS RELAÇÕES COM O
ENSINO DE QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Licenciatura em Química do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Piauí, Campus Picos.

Aprovada em: 28/07/2026

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Francisco de Assis Pereira Neto (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Francisco Ferreira
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Mário Marques Sousa
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela sabedoria e força concedidas ao longo dessa árdua jornada acadêmica. Ao meu orientador, pela orientação e paciência durante o desenvolvimento deste projeto, contribuindo de forma significativa para a construção deste trabalho. À instituição e aos professores do curso, pelos conhecimentos compartilhados, pela compreensão e pelo apoio durante minha formação.

Agradeço também à minha família, em especial ao meu querido irmão, Ruan, minha maior fonte de motivação para não desistir. Por fim, agradeço aos colegas e amigos que chegaram ao longo dessa jornada, que contribuíram para tornar essa caminhada mais leve e significativa.

“A crise ambiental não é apenas uma crise da natureza, mas uma crise da relação da humanidade com o conhecimento e com a responsabilidade.”

Enrique Leff

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a produção científica existente sobre resíduos sólidos urbanos, educação ambiental e o ensino de Química, a partir de uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, buscando compreender as principais abordagens teóricas e contribuições desses estudos para a formação científica e cidadã. A pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica, de abordagem qualitativa, desenvolvida a partir da análise de livros, artigos científicos, legislações e documentos institucionais publicados em bases de dados nacionais e internacionais. Os resultados evidenciaram que o crescimento da geração de resíduos sólidos urbanos está diretamente relacionado ao aumento populacional, à urbanização e ao consumo excessivo, ocasionando diversos impactos ambientais, como a contaminação do solo e dos recursos hídricos, a emissão de gases de efeito estufa e a degradação dos ecossistemas. Observou-se que os processos químicos envolvidos na decomposição da matéria orgânica, na formação do chorume e na persistência de materiais como plásticos e metais são fundamentais para a compreensão dos efeitos ambientais decorrentes do descarte inadequado dos resíduos. A revisão também demonstrou que a coleta seletiva, a Política dos 3R's e a Política Nacional de Resíduos Sólidos constituem importantes estratégias para minimizar esses impactos. Além disso, verificou-se que a educação ambiental, integrada ao ensino de Química, favorece a contextualização dos conteúdos científicos, promove a alfabetização científica e estimula o desenvolvimento de atitudes voltadas à preservação ambiental. Conclui-se que a articulação entre conhecimento científico, educação ambiental e gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos representa uma estratégia fundamental para a formação de cidadãos críticos, conscientes e comprometidos com a construção de uma sociedade ambientalmente sustentável.

Palavras-chave: resíduos sólidos urbanos; educação ambiental; ensino de Química; sustentabilidade; coleta seletiva.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the existing scientific production on urban solid waste, environmental education, and Chemistry teaching, based on a qualitative bibliographic review, seeking to understand the main theoretical approaches and contributions of these studies to scientific and citizen education. The research is characterized as a qualitative bibliographic review based on the analysis of books, scientific articles, legislation, and institutional documents published in national and international databases. The results showed that the increasing generation of urban solid waste is directly related to population growth, urbanization, and excessive consumption, leading to several environmental impacts, such as soil and water contamination, greenhouse gas emissions, and ecosystem degradation. It was observed that the chemical processes involved in the decomposition of organic matter, leachate formation, and the persistence of materials such as plastics and metals are essential for understanding the environmental consequences of improper waste disposal. The review also demonstrated that selective waste collection, the 3Rs Policy (Reduce, Reuse and Recycle), and the National Solid Waste Policy are important strategies to mitigate these impacts. Furthermore, it was found that environmental education integrated with Chemistry teaching promotes the contextualization of scientific content, encourages scientific literacy, and fosters attitudes focused on environmental preservation. It is concluded that the integration of scientific knowledge, environmental education, and proper urban solid waste management represents a fundamental strategy for developing critical and environmentally responsible citizens committed to building a sustainable society.

Keywords: urban solid waste; environmental education; Chemistry teaching; sustainability; selective waste collection.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 OBJETIVO GERAL	12
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E CLASSIFICAÇÃO	13
2.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	16
2.3 IMPACTOS AMBIENTAIS E QUÍMICOS DO DESCARTE INADEQUADO	18
2.4 EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O ENSINO DE QUÍMICA	20
2.5 COLETA SELETIVA E A POLÍTICA DOS 3R'S	22
3 METODOLOGIA.....	24
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	26
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da população urbana, associado ao aumento do consumo de bens industrializados e à intensificação dos padrões de descarte, tem contribuído significativamente para o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos em escala global. Esse fenômeno é amplamente discutido na literatura ambiental, sendo compreendido como um dos principais desafios da sociedade contemporânea, especialmente em países em desenvolvimento, nos quais o processo de urbanização nem sempre é acompanhado por políticas públicas eficazes de gestão ambiental (Tchobanoglous; Theisen; Vigil, 1993).

No Brasil, a problemática dos resíduos sólidos é historicamente marcada por desigualdades regionais, deficiência na infraestrutura de coleta e destinação final inadequada. A promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, representou um avanço importante ao estabelecer diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos. No entanto, diversos estudos apontam que ainda existem grandes desafios para sua efetiva implementação nos municípios brasileiros, especialmente em cidades de médio e pequeno porte.

Em municípios como Picos, no estado do Piauí, observa-se que a gestão dos resíduos sólidos ainda enfrenta limitações estruturais e educativas, sobretudo no que se refere à efetivação da coleta seletiva e à sensibilização da população quanto à separação adequada dos resíduos na fonte geradora (Cruz et al., 2021). Essa realidade reforça a necessidade de ações articuladas entre poder público, sociedade e instituições educacionais, com vistas à minimização dos impactos ambientais decorrentes do manejo inadequado do lixo.

Nesse contexto, a literatura evidencia que a educação ambiental desempenha papel fundamental na construção de uma sociedade mais consciente e responsável em relação à geração e ao descarte de resíduos. Segundo Jacobi (2003), a educação ambiental deve ser compreendida como um processo contínuo de formação crítica, capaz de promover a reflexão sobre as relações entre sociedade e natureza, incentivando práticas sustentáveis no cotidiano. De forma complementar, Leff (2001) destaca que a problemática ambiental deve ser entendida como uma crise civilizatória, que exige a integração entre saberes científicos, sociais e educativos.

Sob a perspectiva da Química, a compreensão dos resíduos sólidos permite

analisar de forma científica os processos envolvidos na degradação dos materiais e na geração de impactos ambientais. Durante a decomposição de resíduos orgânicos, por exemplo, ocorrem processos de biodegradação anaeróbia que resultam na liberação de gases como metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), ambos diretamente associados ao agravamento do efeito estufa e às mudanças climáticas globais.

Além disso, a formação do chorume, líquido resultante da decomposição da matéria orgânica, apresenta elevada carga poluidora, contendo compostos orgânicos, íons metálicos e substâncias potencialmente tóxicas, capazes de contaminar solos e lençóis freáticos. Segundo estudos ambientais aplicados à engenharia sanitária, a ausência de tratamento adequado desses efluentes representa um dos principais riscos associados aos aterros e lixões a céu aberto.

No que se refere aos resíduos inorgânicos, como plásticos, metais e vidros, destaca-se sua elevada resistência à degradação ambiental. Os polímeros sintéticos, amplamente utilizados na sociedade contemporânea, podem permanecer no ambiente por décadas ou séculos, sofrendo fragmentação progressiva em partículas menores conhecidas como microplásticos. De acordo com Thompson et al. (2004), esses materiais têm potencial de dispersão em ecossistemas aquáticos e terrestres, podendo ser incorporados à cadeia alimentar e gerar impactos ainda em investigação científica.

Dessa forma, a integração entre o ensino de Química e a educação ambiental se mostra essencial para a compreensão crítica dos problemas relacionados aos resíduos sólidos. Conforme apontam estudos na área do ensino de Ciências, a contextualização dos conteúdos químicos com situações do cotidiano contribui significativamente para a aprendizagem significativa e para a formação de cidadãos mais conscientes e participativos.

Diante disso, a relevância deste estudo se justifica pela necessidade de sistematizar e analisar, por meio de uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, as produções científicas que abordam a relação entre resíduos sólidos, educação ambiental e ensino de Química. A proposta busca compreender como a literatura acadêmica discute essa temática, bem como suas contribuições para a formação científica e cidadã, especialmente no contexto educacional brasileiro.

Diante do exposto, esta pesquisa busca responder à seguinte questão: de que forma a compreensão científica dos processos químicos envolvidos na decomposição dos resíduos sólidos urbanos, quando articulada às práticas de educação ambiental no ensino de Química, pode contribuir para a formação de cidadãos conscientes e para a redução

dos impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a produção científica existente sobre resíduos sólidos urbanos, educação ambiental e o ensino de Química, a partir de uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, buscando compreender as principais abordagens teóricas e contribuições desses estudos para a formação científica e cidadã.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar, na literatura científica, os principais impactos ambientais relacionados aos resíduos sólidos urbanos;
- Discutir os processos químicos envolvidos na decomposição e degradação dos resíduos sólidos com base em estudos publicados;
- Investigar as contribuições da educação ambiental articulada ao ensino de Química para a conscientização ambiental no contexto escolar;
- Analisar a importância da coleta seletiva e da Política dos 3R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar) como estratégias para a gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos e para a minimização dos impactos ambientais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste trabalho tem como finalidade apresentar e discutir os principais conceitos, abordagens e referenciais científicos que sustentam a análise dos resíduos sólidos urbanos, da coleta seletiva e da educação ambiental no contexto do ensino de Química. A compreensão desses temas exige uma abordagem interdisciplinar, que articule aspectos ambientais, sociais, químicos e educacionais, permitindo analisar a problemática dos resíduos sólidos de forma ampla e contextualizada.

Nesse sentido, a literatura científica aponta que o crescimento populacional, a urbanização acelerada e os padrões de consumo contemporâneos têm intensificado a geração de resíduos sólidos urbanos, tornando sua gestão um dos maiores desafios ambientais da atualidade. A ausência de práticas adequadas de segregação, tratamento e destinação final contribui para a ampliação dos impactos ambientais e sanitários,

reforçando a necessidade de políticas públicas eficazes e de ações educativas voltadas à conscientização da sociedade.

Dessa forma, torna-se fundamental compreender os resíduos sólidos urbanos a partir de sua definição, classificação e composição, bem como dos impactos ambientais e químicos decorrentes de seu descarte inadequado. Além disso, é imprescindível discutir o papel da educação ambiental e do ensino de Química na formação de sujeitos críticos e conscientes, capazes de adotar práticas sustentáveis relacionadas à geração e ao descarte de resíduos.

Assim, a fundamentação teórica está organizada em cinco eixos principais. Inicialmente, aborda-se o conceito de resíduos sólidos urbanos e sua classificação, destacando os critérios técnicos e normativos que orientam o gerenciamento desses materiais. Em seguida, discute-se a composição química dos resíduos sólidos, evidenciando os processos químicos envolvidos em sua decomposição e reaproveitamento. Posteriormente, analisam-se os impactos ambientais e químicos do descarte inadequado. Na sequência, apresenta-se a relação entre educação ambiental e ensino de Química, enfatizando sua importância no contexto escolar. Por fim, são discutidas a coleta seletiva e a política dos 3R's como estratégias fundamentais para a gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos.

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E CLASSIFICAÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos são definidos como todos os materiais descartados resultantes das atividades humanas desenvolvidas em áreas urbanas, abrangendo resíduos domiciliares, comerciais, de serviços públicos e aqueles oriundos da limpeza urbana. A geração desses resíduos está diretamente relacionada ao crescimento populacional, ao processo de urbanização e, sobretudo, ao aumento dos padrões de consumo da sociedade contemporânea. De acordo com Silva, Barbosa e Félix (2025), a gestão dos resíduos sólidos urbanos não se limita às etapas de coleta e reciclagem, exigindo também a implementação de ações contínuas de educação ambiental, fundamentais para a mudança de hábitos da população e para o enfrentamento dos desafios ambientais contemporâneos.

No Brasil, a problemática dos resíduos sólidos urbanos apresenta dimensões expressivas e persistentes. Dados recentes do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2025 indicam que, em 2024, foram geradas aproximadamente 81,6 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, o que corresponde a uma média de 1,24 kg por habitante por

dia (ABREMA, 2025). Embora os índices de coleta ultrapassem 90% do total gerado, cerca de 40% desses resíduos ainda recebem destinação inadequada, sendo encaminhados para lixões ou aterros controlados, em desacordo com as diretrizes ambientais vigentes. Esse cenário evidencia fragilidades no sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos e revela lacunas na governança ambiental, especialmente em municípios de pequeno e médio porte, conforme apontado por ABRELPE (2023).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal nº 12.305/2010, representa um marco regulatório fundamental para o ordenamento da gestão dos resíduos sólidos no Brasil. Essa política estabelece princípios, objetivos e instrumentos voltados ao gerenciamento integrado e sustentável dos resíduos, priorizando a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e, por fim, a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (Brasil, 2010). A PNRS também enfatiza a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, envolvendo fabricantes, distribuidores, comerciantes, consumidores e o poder público, além de incentivar a implementação da logística reversa e da coleta seletiva como estratégias essenciais para a redução dos impactos ambientais associados ao descarte inadequado (Gouveia, 2012).

A gestão dos resíduos sólidos urbanos envolve um conjunto de etapas interdependentes, que compreendem a geração, a segregação na fonte, a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final. Para que esse sistema funcione de forma eficiente, é necessária a integração entre políticas públicas, infraestrutura adequada e participação ativa da sociedade. Segundo a ABRELPE (2023), a segregação dos resíduos na origem constitui um dos pilares da gestão sustentável, pois possibilita o reaproveitamento de materiais recicláveis, a valorização da fração orgânica e a redução do volume de rejeitos encaminhados para disposição final.

Nesse contexto, a classificação dos resíduos sólidos assume papel central no processo de gerenciamento, uma vez que fornece subsídios técnicos para a definição das estratégias mais adequadas de manejo, tratamento e destinação final. A classificação pode ser realizada a partir de diferentes critérios, como a origem dos resíduos, a composição física e os riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. Quanto à origem, os resíduos podem ser classificados como domiciliares, comerciais, industriais, de serviços públicos e de serviços de saúde. Quanto à composição, são geralmente divididos em resíduos orgânicos e inorgânicos. Já quanto aos riscos ambientais, a classificação considera características como toxicidade, inflamabilidade, corrosividade e reatividade,

conforme estabelecido em normas técnicas brasileiras (ABNT, 2020).

No Brasil, a Norma Técnica ABNT NBR 10004 estabelece critérios para a classificação dos resíduos sólidos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde humana, distinguindo resíduos perigosos e não perigosos. Os resíduos perigosos são aqueles que apresentam propriedades capazes de causar danos significativos, como toxicidade, inflamabilidade ou corrosividade, enquanto os resíduos não perigosos englobam materiais que apresentam menor potencial de risco ambiental, como papel, plástico, vidro e metais. A correta classificação dos resíduos depende do conhecimento detalhado sobre sua origem, composição e propriedades físico-químicas, refletindo a complexidade envolvida nos processos de segregação e manejo adequado (ABNT, 2020).

A composição dos resíduos sólidos urbanos é heterogênea e varia de acordo com fatores regionais, socioeconômicos, culturais e hábitos de consumo da população. Estudos indicam que, no contexto brasileiro, a fração orgânica representa aproximadamente metade da composição dos resíduos sólidos urbanos, seguida pelos materiais recicláveis e por uma parcela menor de rejeitos. De acordo com Arantes (2024), o padrão nacional de composição dos resíduos sólidos urbanos no Brasil é de aproximadamente 50% de matéria orgânica, 35% de materiais recicláveis e 15% de rejeitos.

A elevada proporção de resíduos orgânicos destaca a importância da adoção de estratégias voltadas ao reaproveitamento dessa fração, como a compostagem, que possibilita a transformação dos resíduos em adubo orgânico, reduzindo a quantidade de material destinado a aterros e minimizando os impactos ambientais. Quando descartados de forma inadequada, os resíduos orgânicos favorecem processos de decomposição biológica que resultam na liberação de gases de efeito estufa, como o metano, além da formação de chorume e da contaminação do solo e dos recursos hídricos (IPCC, 2021; ABRELPE, 2023).

Os resíduos sólidos urbanos gerados no cotidiano incluem restos de alimentos, embalagens plásticas, papel e papelão, vidros, metais e diversos outros materiais provenientes das atividades domésticas, comerciais e de serviços. A destinação inadequada desses resíduos potencializa impactos ambientais e sanitários, contribuindo para a proliferação de vetores de doenças, a poluição ambiental e a degradação da qualidade de vida da população. Estudos indicam que a ausência de políticas efetivas de segregação e de programas contínuos de educação ambiental constitui um dos principais entraves para a gestão eficiente dos resíduos sólidos urbanos no Brasil (Gonçalves et al.,

2020).

Diante desse cenário, a educação ambiental surge como uma ferramenta indispensável para a mudança de comportamentos e para a construção de uma consciência crítica acerca da geração e do descarte dos resíduos sólidos. A escola desempenha papel estratégico nesse processo, por ser um espaço privilegiado de formação científica e cidadã. A abordagem dos resíduos sólidos no ambiente escolar, associada à educação ambiental e ao ensino de Ciências e Química Ambiental, contribui para a compreensão dos impactos do descarte inadequado e para a valorização da coleta seletiva como prática sustentável (Paula, 2024).

2.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A composição química dos resíduos sólidos urbanos reflete diretamente os padrões de consumo da sociedade, os hábitos alimentares, o nível socioeconômico da população e o grau de industrialização das regiões. O aumento do consumo de produtos industrializados e descartáveis tem contribuído para a diversificação e complexidade química dos resíduos gerados nas áreas urbanas, o que amplia os desafios associados ao seu gerenciamento adequado (ABRELPE, 2023). Do ponto de vista químico, os resíduos sólidos constituem uma mistura heterogênea de substâncias orgânicas e inorgânicas, cujas propriedades físico-químicas influenciam diretamente os processos de degradação, os impactos ambientais e as possibilidades de reaproveitamento e tratamento. A compreensão dessa composição é fundamental tanto para o planejamento de estratégias eficientes de gestão quanto para o desenvolvimento de ações educativas no âmbito da Educação Ambiental e do ensino de Química (Manahan, 2020).

Os resíduos orgânicos correspondem à maior fração dos resíduos sólidos urbanos no Brasil, sendo constituídos principalmente por restos de alimentos, resíduos vegetais e materiais biodegradáveis de origem animal. De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2023), a fração orgânica representa cerca de 50% da massa total dos resíduos urbanos gerados no país. Quimicamente, essa fração é composta predominantemente por compostos orgânicos complexos, como carboidratos, lipídios e proteínas. Os carboidratos incluem amidos, açúcares e celulose, enquanto os lipídios apresentam elevado conteúdo energético, sendo formados por ácidos graxos e glicerol. As proteínas, por sua vez, contêm nitrogênio em sua estrutura, além de carbono, hidrogênio e oxigênio, o que influencia os processos

bioquímicos de decomposição e a liberação de compostos nitrogenados no ambiente (Atkins; Jones, 2018).

Durante a decomposição da matéria orgânica, ocorrem reações bioquímicas mediadas por microrganismos, responsáveis pela transformação de moléculas complexas em compostos mais simples. Em condições aeróbias, predominam reações de oxidação que resultam na formação de dióxido de carbono, água e sais minerais. Em ambientes anaeróbios, como lixões e aterros mal manejados, ocorre a digestão anaeróbia, com produção de gases como metano e dióxido de carbono, além da formação de chorume, um efluente líquido com elevada carga orgânica e inorgânica. O metano apresenta elevado potencial de aquecimento global, sendo um dos principais gases de efeito estufa associados à disposição inadequada de resíduos sólidos (IPCC, 2021; ABRELPE, 2023). O chorume pode conter compostos orgânicos dissolvidos, metais e íons inorgânicos capazes de contaminar o solo e os recursos hídricos quando não tratado adequadamente (Galavote et al., 2023).

Os resíduos inorgânicos incluem materiais como plásticos, metais, vidros, papel e papelão, cuja composição química varia conforme a natureza do material. Os plásticos são constituídos por polímeros sintéticos derivados majoritariamente do petróleo, como polietileno, polipropileno, poliestireno e politereftalato de etileno, caracterizados por cadeias longas de carbono e elevada resistência química, o que favorece sua persistência no ambiente (Pereira, 2023). A presença de aditivos químicos, como plastificantes, estabilizantes e corantes, pode aumentar o potencial tóxico desses resíduos quando expostos à degradação ambiental.

O papel e o papelão são materiais de origem vegetal, compostos majoritariamente por celulose, um polímero natural formado por unidades de glicose ligadas por ligações glicosídicas. Apesar de serem biodegradáveis, sua decomposição depende de condições ambientais específicas. A reciclagem desses materiais possibilita a recuperação das fibras de celulose, reduzindo a demanda por recursos florestais e o consumo energético nos processos industriais (ABRELPE, 2023).

Os metais presentes nos resíduos sólidos urbanos incluem alumínio, ferro, aço, cobre e outros metais não ferrosos, que apresentam elevada estabilidade química e grande potencial de reciclagem. Entretanto, quando descartados inadequadamente, podem sofrer processos de corrosão e lixiviação, liberando íons metálicos no solo e na água. Estudos indicam que a presença de metais potencialmente tóxicos representa riscos ambientais e à saúde humana, especialmente em áreas próximas a lixões e aterros irregulares (Ahmad

et al., 2021).

O vidro é constituído principalmente por dióxido de silício, associado a óxidos metálicos que conferem propriedades específicas ao material. Trata-se de um resíduo quimicamente inerte, de decomposição natural extremamente lenta, mas com elevado potencial de reciclagem, contribuindo para a redução do consumo de matérias-primas naturais e de energia (ABRELPE, 2023).

Além dos resíduos orgânicos e recicláveis convencionais, os resíduos sólidos urbanos podem conter pequenas quantidades de substâncias químicas perigosas, provenientes de pilhas, baterias, medicamentos, produtos de limpeza e resíduos eletrônicos. Esses materiais podem conter metais pesados e compostos orgânicos persistentes, capazes de provocar contaminação ambiental e danos à saúde humana quando descartados inadequadamente, o que reforça a importância da segregação correta e da educação ambiental (Brasil, 2010; Conama, 2001).

A análise da composição química dos resíduos sólidos urbanos evidencia a complexidade envolvida em seu gerenciamento e destaca a necessidade de abordagens interdisciplinares. No contexto do ensino de Química, o estudo dos resíduos sólidos possibilita a articulação de conceitos como propriedades dos materiais, reações químicas, ciclos biogeoquímicos e impactos ambientais, promovendo uma aprendizagem contextualizada e socialmente relevante (Paula, 2024).

2.3 IMPACTOS AMBIENTAIS E QUÍMICOS DO DESCARTE INADEQUADO

O descarte inadequado dos resíduos sólidos urbanos constitui um dos principais problemas ambientais enfrentados pelas sociedades contemporâneas, especialmente em países em desenvolvimento. A ausência de um gerenciamento eficiente, aliada à falta de segregação dos resíduos na fonte geradora, contribui para a intensificação de impactos ambientais, sanitários e químicos que afetam diretamente o solo, a água, o ar e a saúde humana. De acordo com Andrade e Galo (2024), as dificuldades relacionadas à gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil estão associadas não apenas a limitações estruturais e institucionais, mas também à fragilidade das políticas públicas integradas e à insuficiente incorporação de práticas educativas e participativas voltadas à economia circular e à sustentabilidade.

Do ponto de vista ambiental, o descarte de resíduos sólidos em lixões e áreas irregulares favorece a degradação dos ecossistemas naturais. A decomposição da fração orgânica dos resíduos, quando ocorre de forma descontrolada, resulta na liberação de

gases como o dióxido de carbono e o metano, este último considerado um dos principais gases de efeito estufa. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, o metano apresenta potencial de aquecimento global significativamente superior ao do dióxido de carbono em um horizonte de 100 anos, contribuindo de forma expressiva para o agravamento das mudanças climáticas (IPCC, 2021).

Sob a perspectiva química, a decomposição dos resíduos sólidos envolve uma série de reações bioquímicas mediadas por microrganismos. Em ambientes anaeróbios, comuns em lixões e aterros sem controle adequado, predominam processos de redução que resultam na formação de gases e líquidos potencialmente poluentes. O chorume, efluente líquido gerado nesse processo, apresenta elevada concentração de matéria orgânica dissolvida, amônia, metais e íons inorgânicos, como nitratos e fosfatos. Estudos amplamente citados indicam que o chorume pode provocar contaminação significativa do solo e das águas subterrâneas quando inexistem sistemas adequados de impermeabilização e tratamento, configurando um dos principais riscos ambientais associados à disposição inadequada de resíduos sólidos (Kjeldsen et al., 2002).

A contaminação do solo constitui um dos impactos mais recorrentes relacionados ao descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos. A infiltração do chorume promove alterações nas propriedades físico-químicas do solo, como pH, condutividade elétrica e capacidade de troca catiônica, comprometendo sua fertilidade e funcionalidade ecológica. Além disso, a presença de metais potencialmente tóxicos, como chumbo, cádmio e mercúrio, pode resultar em processos de bioacumulação e biomagnificação ao longo das cadeias alimentares, representando riscos significativos à saúde humana e aos ecossistemas (Alloway, 2021).

Os impactos sobre os recursos hídricos também são amplamente documentados na literatura científica. A disposição inadequada de resíduos sólidos em áreas próximas a corpos d'água ou sem proteção ambiental favorece o carreamento de contaminantes para rios, lagos e aquíferos. Compostos orgânicos e inorgânicos presentes no chorume podem provocar eutrofização, redução do oxigênio dissolvido e deterioração da qualidade da água, comprometendo o abastecimento humano e os ecossistemas aquáticos (Brasil, 2022).

No que se refere à poluição atmosférica, a queima irregular de resíduos sólidos, ainda observada em áreas sem coleta adequada, libera diversos compostos tóxicos, como material particulado, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis. Além disso, a incineração inadequada de resíduos plásticos pode gerar

substâncias altamente tóxicas, como dioxinas e furanos, reconhecidas por seus efeitos carcinogênicos e mutagênicos. Estudos sobre a produção, uso e destino dos plásticos indicam que esses materiais representam riscos expressivos ao meio ambiente, especialmente pela elevada persistência e fragmentação em partículas menores (Geyer; Jambeck; Law, 2017).

Os resíduos sólidos urbanos também podem conter substâncias químicas perigosas provenientes de pilhas, baterias, medicamentos vencidos, produtos de limpeza e resíduos eletrônicos. Esses materiais são fontes de metais pesados e compostos orgânicos persistentes, que apresentam elevada toxicidade e longa permanência no ambiente. A disposição inadequada desses resíduos intensifica os riscos de contaminação ambiental e de exposição humana, reforçando a necessidade de sistemas específicos de coleta e tratamento, conforme estabelecido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010).

Além dos impactos ambientais e químicos, o descarte inadequado dos resíduos sólidos está associado a problemas sanitários, como a proliferação de vetores de doenças, incluindo insetos e roedores, que encontram nos resíduos condições favoráveis para sua reprodução. Esses fatores contribuem para o aumento da incidência de doenças e para a deterioração da qualidade de vida da população, especialmente em áreas socialmente vulneráveis (Gouveia, 2012).

Diante desse contexto, a educação ambiental assume papel fundamental na mitigação dos impactos associados ao descarte inadequado dos resíduos sólidos. A abordagem dos aspectos químicos envolvidos nos processos de decomposição, contaminação e poluição possibilita aos estudantes compreenderem as consequências ambientais das práticas inadequadas e reconhecerem a importância da coleta seletiva e da redução da geração de resíduos. No ensino de Química, essa temática favorece a contextualização de conteúdos científicos com problemas reais, contribuindo para a formação de cidadãos críticos e ambientalmente responsáveis (Santos; Mortimer, 2020).

2.4 EDUCAÇÃO AMBIENTAL E O ENSINO DE QUÍMICA

A educação ambiental constitui um processo contínuo e permanente voltado à formação de indivíduos críticos, capazes de compreender as inter-relações entre sociedade, natureza e desenvolvimento, bem como de atuar de forma responsável diante dos desafios ambientais contemporâneos. No contexto educacional brasileiro, a educação

ambiental é reconhecida como elemento fundamental da formação cidadã e deve ser desenvolvida de maneira transversal e interdisciplinar em todos os níveis de ensino. Estudos recentes destacam que a educação ambiental vai além da transmissão de informações, envolvendo a construção de valores, atitudes e práticas sociais orientadas para a sustentabilidade (Silva Júnior e Silva, 2020).

No Brasil, a educação ambiental é amparada por instrumentos legais que reforçam sua inserção no ambiente escolar. A Política Nacional de Educação Ambiental, instituída pela Lei nº 9.795/1999, estabelece que a educação ambiental deve estar presente de forma articulada em todos os níveis e modalidades de ensino, promovendo uma compreensão integrada do meio ambiente em suas dimensões natural, social, econômica e cultural (BRASIL, 1999). Complementarmente, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reafirma a necessidade de abordar temas socioambientais de forma contextualizada, estimulando o pensamento crítico, a responsabilidade socioambiental e a tomada de decisões conscientes pelos estudantes (Brasil, 2018).

Nesse contexto, o ensino de Química apresenta grande potencial para o desenvolvimento da educação ambiental, uma vez que possibilita a compreensão dos processos químicos envolvidos tanto nos fenômenos naturais quanto nas atividades humanas que impactam o meio ambiente. Pesquisas recentes indicam que a abordagem de temas ambientais no ensino de Química favorece a contextualização dos conteúdos científicos, tornando o aprendizado mais significativo e conectado à realidade dos alunos (Oliveira, Genovese e Araújo, 2023). A articulação entre Química e meio ambiente permite discutir questões como poluição, resíduos sólidos, ciclos biogeoquímicos, uso de recursos naturais e sustentabilidade.

A temática dos resíduos sólidos urbanos constitui um exemplo relevante dessa integração entre educação ambiental e ensino de Química. Ao abordar a geração, a composição e o descarte dos resíduos, o professor pode explorar conceitos químicos relacionados às propriedades dos materiais, às reações de decomposição, à formação de substâncias poluentes e aos impactos ambientais decorrentes do manejo inadequado. Estudos recentes apontam que a escola desempenha papel estratégico na sensibilização dos estudantes para práticas sustentáveis, especialmente no que se refere à separação de resíduos, à coleta seletiva e ao consumo consciente (Paula, 2024; Andrade; Galo, 2024).

A educação ambiental no ensino de Química deve priorizar metodologias ativas e participativas, que estimulem a reflexão crítica e o envolvimento dos estudantes na construção do conhecimento. Estratégias como projetos interdisciplinares, oficinas

educativas, experimentos didáticos, estudos de caso e ações de intervenção no espaço escolar contribuem para a compreensão dos problemas ambientais e para o desenvolvimento de atitudes responsáveis. Pesquisas recentes demonstram que a participação ativa dos alunos potencializa o caráter transformador da educação ambiental, favorecendo mudanças efetivas de comportamento (Oliveira et al., 2023).

Além disso, a abordagem ambiental no ensino de Química contribui para o desenvolvimento da alfabetização científica, entendida como a capacidade de utilizar conhecimentos científicos para interpretar fenômenos, tomar decisões informadas e atuar de forma consciente na sociedade. Estudos atuais ressaltam que a alfabetização científica permite aos estudantes compreenderem os impactos das tecnologias e das práticas humanas sobre o meio ambiente, ampliando sua capacidade de análise crítica e de intervenção social (Paula, 2024).

No contexto das escolas públicas, a articulação entre educação ambiental e ensino de Química pode contribuir diretamente para a redução de problemas locais relacionados ao descarte inadequado de resíduos sólidos. A implementação de ações educativas voltadas à coleta seletiva, à reciclagem e ao reaproveitamento de materiais possibilita aos estudantes vivenciar, na prática, os conceitos trabalhados em sala de aula, fortalecendo a relação entre teoria e prática e ampliando o alcance das ações educativas para a comunidade escolar (Luz e Souza, 2023).

Dessa forma, a integração entre educação ambiental e ensino de Química é fundamental para a formação de cidadãos críticos e conscientes, pois possibilita a compreensão dos impactos ambientais dos resíduos sólidos urbanos e estimula atitudes responsáveis quanto ao descarte e à coleta seletiva no contexto escolar.

2.5 COLETA SELETIVA E A POLÍTICA DOS 3R'S

A coleta seletiva constitui uma das principais estratégias para a gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos, sendo fundamental para a redução dos impactos ambientais associados ao descarte inadequado. Esse processo consiste na separação dos resíduos na fonte geradora, de acordo com sua composição e potencial de reaproveitamento, possibilitando a reciclagem, a reutilização e a destinação ambientalmente adequadas dos rejeitos. De acordo com Jacobi e Besen (2011), a coleta seletiva representa não apenas uma ação técnica, mas também um instrumento educativo capaz de promover mudanças de comportamento e fortalecer a participação social na gestão dos resíduos.

No Brasil, a coleta seletiva é prevista como instrumento prioritário da Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305/2010. Essa política estabelece que a segregação dos resíduos na origem é condição essencial para o funcionamento da logística reversa e para o aumento dos índices de reciclagem no país (Brasil, 2010). Apesar dos avanços normativos, a implementação da coleta seletiva ainda enfrenta desafios significativos, como a insuficiência de infraestrutura, a descontinuidade de políticas públicas e a baixa adesão da população, especialmente em municípios de pequeno e médio porte (ABRELPE, 2023).

A política dos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar) constitui um dos principais referenciais da gestão sustentável de resíduos sólidos, sendo amplamente reconhecida em documentos técnicos, políticas públicas e estudos acadêmicos. O princípio da redução está associado à diminuição da geração de resíduos na fonte, por meio do consumo consciente e da escolha de produtos com menor impacto ambiental. A reutilização refere-se ao prolongamento da vida útil dos materiais antes de seu descarte, enquanto a reciclagem envolve a transformação dos resíduos em novos produtos, reduzindo a extração de recursos naturais e o consumo energético (Brasil, 2010; Dias, 1992).

Sob a perspectiva científica, especialmente no campo da Química, os processos de reciclagem variam conforme a natureza dos materiais. A reciclagem de metais baseia-se em processos físico-químicos que possibilitam a recuperação de materiais com menor gasto energético quando comparados à produção primária. Já a reciclagem de plásticos pode ocorrer por meio de processos mecânicos, químicos ou energéticos, cada qual apresentando desafios técnicos, ambientais e econômicos. Estudos internacionais indicam que, apesar das limitações existentes, a reciclagem é fundamental para mitigar a poluição ambiental e reduzir a persistência desses materiais nos ecossistemas (Manahan, 2020).

A fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos também apresenta elevado potencial de reaproveitamento por meio da compostagem, processo biológico controlado que converte resíduos biodegradáveis em adubo orgânico. Essa prática contribui significativamente para a redução do volume de resíduos destinados a aterros sanitários, além de diminuir a emissão de gases de efeito estufa provenientes da decomposição anaeróbia. Pesquisas nacionais apontam que a compostagem em contextos urbanos e escolares gera benefícios ambientais, econômicos e educativos, favorecendo a integração de conhecimentos químicos, biológicos e ambientais no processo de ensino-aprendizagem (ABRELPE, 2023).

A coleta seletiva, por sua vez, desempenha papel estratégico não apenas na gestão

ambiental, mas também na inclusão social, especialmente por meio da atuação de cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis. Esses trabalhadores são agentes fundamentais na cadeia da reciclagem, contribuindo para a recuperação de materiais e para a redução dos impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado. De acordo com Jacobi e Besen (2011), o fortalecimento das cooperativas é essencial para a consolidação de sistemas de coleta seletiva socialmente justos e ambientalmente eficientes.

No contexto educacional, a abordagem da coleta seletiva e da política dos 3R's no ensino de Química possibilita a contextualização dos conteúdos científicos e a formação de atitudes ambientalmente responsáveis. Ao trabalhar esses temas, o professor pode explorar conceitos relacionados às propriedades dos materiais, às transformações químicas envolvidas nos processos de reciclagem e aos impactos ambientais associados ao consumo e ao descarte inadequado. Conforme destacam Santos e Mortimer (2020), a inserção de problemas socioambientais reais no ensino de Química favorece a aprendizagem significativa e contribui para o desenvolvimento da consciência crítica dos estudantes.

A escola, enquanto espaço formativo, possui papel central na promoção da educação ambiental e da coleta seletiva, atuando como agente multiplicador de práticas sustentáveis junto à comunidade. A implementação de ações educativas, projetos interdisciplinares e atividades práticas relacionadas à separação e ao reaproveitamento de resíduos permite aos estudantes vivenciar os conceitos discutidos em sala de aula, fortalecendo a relação entre teoria e prática e estimulando mudanças de comportamento (Dias, 1992).

Dessa forma, a coleta seletiva e a política dos 3R's configuram-se como elementos fundamentais para a gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos e para a educação ambiental no contexto escolar. A integração desses temas ao ensino de Química contribui diretamente para a formação de estudantes críticos, conscientes e comprometidos com a sustentabilidade, além de dialogar com os objetivos deste trabalho ao promover a conscientização ambiental e o fortalecimento de práticas responsáveis de descarte e reaproveitamento de resíduos.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracterizou-se como uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa, fundamentada na análise e interpretação de produções científicas

já publicadas. Esse tipo de investigação, segundo Gil (2019), tem como principal finalidade reunir e sistematizar conhecimentos produzidos anteriormente sobre determinado tema, permitindo a construção de uma síntese crítica do estado da arte.

De acordo com Lakatos e Marconi (2017), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de materiais já elaborados, como livros, artigos científicos, teses, dissertações e documentos oficiais, sendo amplamente utilizada em estudos que buscam compreender fenômenos a partir da literatura existente, sem a necessidade de coleta de dados em campo.

O levantamento das fontes foi realizado entre os meses de maio e julho de 2026, por meio de buscas em bases de dados acadêmicas amplamente reconhecidas, tais como Google Acadêmico, SciELO (Scientific Electronic Library Online) e periódicos científicos das áreas de Ensino de Ciências, Educação Ambiental e Química. Também foram consultados documentos oficiais, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e relatórios técnicos de instituições ambientais.

Foram utilizados descritores relacionados à temática do estudo, incluindo: “resíduos sólidos urbanos”, “educação ambiental”, “coleta seletiva”, “ensino de Química” e “impactos ambientais dos resíduos sólidos”, empregados de forma isolada e combinada, com o objetivo de ampliar o alcance das buscas e garantir maior abrangência do material analisado.

Como critérios de inclusão, foram selecionados estudos que apresentavam relação direta com a temática proposta, abordando aspectos relacionados aos resíduos sólidos urbanos, seus impactos ambientais, processos químicos envolvidos na decomposição e a interface com a educação ambiental e o ensino de Química. Foram incluídos artigos científicos, livros acadêmicos e documentos institucionais considerados relevantes e com credibilidade científica.

Foram excluídos trabalhos que não apresentavam rigor científico, publicações sem autoria definida, materiais duplicados e estudos que não possuíam relação direta com os objetivos da pesquisa.

Após a aplicação dos descritores nas bases selecionadas, foram identificados 62 estudos inicialmente que se relacionavam à temática investigada. Em seguida, foi realizada uma triagem preliminar, na qual foram excluídos 9 trabalhos por duplicidade e 28 por inadequação temática, porque não apresentavam relação direta com os objetivos da pesquisa ou porque abordavam o tema de forma superficial. Ao final desse processo, permaneceram 25 produções para leitura integral e análise final, incluindo artigos

científicos, livros acadêmicos, legislações, normas técnicas e relatórios institucionais.

Tabela 1 – Processo de seleção das produções analisadas

Etapas	Quantidade
Estudos encontrados inicialmente	62
Excluídos por duplicidade	9
Excluídos por inadequação temática	28
Estudos analisados na íntegra	25

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

O recorte temporal priorizou publicações mais recentes, especialmente dos últimos 10 a 15 anos, sem desconsiderar obras clássicas fundamentais para a compreensão teórica do tema, como Leff (2001), Jacobi (2003) e Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993), que são amplamente utilizados como referência na área ambiental.

A análise dos dados foi realizada por meio de leitura exploratória, seletiva, analítica e interpretativa, conforme proposto por Gil (2019). Na etapa exploratória, foi feita uma triagem inicial do material coletado. Em seguida, na leitura seletiva, foram escolhidos os textos mais relevantes para os objetivos do estudo. Posteriormente, na leitura analítica, os conteúdos foram examinados de forma aprofundada, buscando identificar conceitos, categorias e contribuições teóricas.

Por fim, na etapa interpretativa, os conteúdos foram organizados e discutidos de forma crítica, estabelecendo relações entre os diferentes autores e identificando convergências e divergências teóricas. A análise dos estudos selecionados foi realizada por meio de uma abordagem temática e interpretativa, com apoio de Bardin (2016) para a organização dos conteúdos em categorias temáticas relacionadas aos objetivos da pesquisa. Dessa forma, os dados foram agrupados e interpretados a partir dos temas recorrentes identificados na literatura, possibilitando a construção de uma síntese crítica dos estudos analisados.

Dessa forma, a organização dos resultados foi estruturada em categorias analíticas, como: resíduos sólidos urbanos e gestão ambiental, composição química dos resíduos, impactos ambientais e químicos, educação ambiental e ensino de Química, e coleta seletiva e política dos 3R's.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados desta pesquisa, de caráter bibliográfico e qualitativo, foi

organizada a partir das categorias temáticas previamente definidas na metodologia, permitindo a sistematização e a interpretação crítica das contribuições teóricas encontradas na literatura científica sobre resíduos sólidos urbanos, educação ambiental e ensino de Química.

De forma geral, os estudos analisados evidenciam que a problemática dos resíduos sólidos urbanos constitui um dos principais desafios ambientais contemporâneos, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil. A literatura consultada aponta que o aumento da geração de resíduos está diretamente relacionado aos padrões de consumo, à urbanização acelerada e à insuficiência de políticas públicas efetivas de gestão ambiental, o que resulta em impactos ambientais, sociais e sanitários significativos.

4.1 Caracterização dos Estudos Analisados

A caracterização dos estudos analisados constitui uma etapa essencial da revisão bibliográfica, pois possibilita compreender o perfil das produções científicas selecionadas, identificar tendências de pesquisa e contextualizar os resultados discutidos ao longo deste capítulo. Conforme descrito na metodologia, foram consultadas bases de dados reconhecidas nacional e internacionalmente, como Google Acadêmico, SciELO e periódicos científicos da área de Educação Ambiental, Ensino de Ciências e Química, além de documentos oficiais e legislações relacionadas à gestão de resíduos sólidos.

Os critérios de inclusão priorizaram publicações que apresentassem relação direta com os objetivos desta pesquisa, contemplando estudos voltados aos resíduos sólidos urbanos, impactos ambientais, processos químicos envolvidos na decomposição dos resíduos, educação ambiental, coleta seletiva e ensino de Química. Também foram considerados documentos normativos, relatórios técnicos e obras clássicas que representam importantes referenciais teóricos para a compreensão da temática.

Após a etapa de identificação e seleção das publicações, observou-se predominância de artigos científicos publicados em periódicos especializados, seguidos por livros, legislações, normas técnicas e relatórios produzidos por órgãos governamentais e instituições ambientais. Essa diversidade de fontes permitiu uma abordagem ampla e interdisciplinar do tema, reunindo contribuições provenientes das áreas da Química, Educação, Engenharia Sanitária, Ciências Ambientais e Políticas Públicas.

Tabela 2 – Caracterização das fontes utilizadas na revisão bibliográfica

Tipo de publicação	Finalidade na pesquisa	Exemplos utilizados
Artigos científicos	Discussão dos resultados e evidências recentes	Andrade e Galo (2024); Paula (2024); Oliveira, Genovese e Araújo (2023)
Livros	Fundamentação teórica e conceitos científicos	Leff (2001); Manahan (2020); Atkins, Jones e Laverman (2018); Santos e Mortimer (2020)
Legislação	Base normativa da gestão dos resíduos	Lei nº 12.305/2010 (PNRS); Lei nº 9.795/1999
Normas técnicas	Classificação dos resíduos sólidos	ABNT NBR 10004:2020
Relatórios técnicos	Dados atualizados sobre resíduos sólidos	ABRELPE (2023); ABREMA (2025); IPCC (2021)

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Embora a diversidade de fontes consultadas tenha contribuído para uma visão interdisciplinar da temática, foi possível observar a predominância de estudos qualitativos, revisões bibliográficas e análises documentais. Esse aspecto revela uma lacuna na literatura em relação à realização de pesquisas quantitativas que possam mensurar, com maior precisão, os impactos efetivos das ações de educação ambiental sobre a mudança de comportamento da população. Essa limitação é sugestiva da necessidade de investigações futuras que utilizem instrumentos estatísticos, indicadores de participação social e avaliações comparativas antes e depois das intervenções educativas, a fim de verificar a eficácia das estratégias relacionadas à gestão dos resíduos sólidos.

Ademais, a análise crítica dos estudos possibilitou identificar que, embora exista convergência em relação à importância da coleta seletiva, da educação ambiental e da Política Nacional de Resíduos Sólidos, há divergências quanto ao peso atribuído a cada fator na superação do problema. Enquanto autores como Jacobi e Besen enfatizam a participação social e a organização das cooperativas de catadores como elementos centrais, estudos de caráter mais técnico destacam a necessidade de infraestrutura, financiamento e planejamento municipal. Essa diferença de enfoque demonstra que a

problemática dos resíduos sólidos não pode ser explicada por uma única causa, exigindo a articulação entre dimensões educativas, políticas, econômicas e tecnológicas.

No que se refere à Política Nacional de Resíduos Sólidos, os estudos analisados reconhecem seu avanço normativo, especialmente ao estabelecer a responsabilidade compartilhada, a logística reversa e a prioridade para a não geração, redução, reutilização e reciclagem. Entretanto, a literatura também evidencia limitações importantes em sua implementação. Entre elas, destacam-se a baixa capacidade técnica e financeira de muitos municípios, a descontinuidade das ações após mudanças de gestão, a fragilidade da fiscalização e a ausência de indicadores locais capazes de monitorar a efetividade das metas propostas. Assim, a PNRS aparece como instrumento necessário, mas insuficiente quando não acompanhada de planejamento permanente, recursos públicos e participação social efetiva.

Outro ponto crítico refere-se ao avanço limitado da coleta seletiva no Brasil. A literatura indica que a existência de leis e programas municipais não garante, por si só, a adesão da população nem a eficiência do sistema. A coleta seletiva não avança de forma homogênea porque depende de fatores interdependentes, como regularidade da coleta, disponibilidade de pontos de entrega voluntária, campanhas educativas contínuas, valorização dos catadores, infraestrutura para triagem dos materiais e mercado consumidor para os recicláveis. Quando qualquer uma dessas etapas falha, a cadeia da reciclagem perde eficiência, o que explica a permanência de elevados índices de descarte inadequado mesmo em municípios que possuem algum tipo de programa ambiental.

Ainda se observam diferenças regionais relevantes. Regiões com maior concentração urbana, maior disponibilidade de recursos técnicos e presença de cooperativas estruturadas tendem a apresentar melhores condições para implantação de programas de coleta seletiva e reciclagem. Por outro lado, municípios de pequeno e médio porte, especialmente em regiões com menor infraestrutura ambiental, enfrentam maiores dificuldades para universalizar a coleta, eliminar lixões, implantar aterros adequados e manter ações permanentes de educação ambiental. Essa desigualdade regional demonstra que as políticas nacionais precisam ser adaptadas às realidades locais, considerando capacidade financeira, contexto socioeconômico, cultura ambiental da população e disponibilidade de apoio técnico.

No campo do Ensino de Química, a principal lacuna identificada diz respeito à distância existente entre a defesa teórica da contextualização e sua efetiva aplicação em sala de aula. Muitos estudos reconhecem que os resíduos sólidos são um tema potente

para trabalhar conteúdos como, por exemplo, polímeros, reações de decomposição, metais pesados, propriedades dos materiais e impactos ambientais. Contudo, ainda são menos frequentes pesquisas que avaliem, sistematicamente, os resultados de sequências didáticas, experimentos, projetos de coleta seletiva ou intervenções pedagógicas sobre a aprendizagem dos estudantes. Desse modo, permanece a necessidade de estudos que investiguem não apenas a relevância do tema, mas também quais metodologias produzem melhores resultados na formação científica e ambiental dos alunos.

Observou-se ainda que a maior parte das publicações utilizadas foi produzida entre os anos de 2020 e 2025. Esse resultado demonstra a preocupação crescente da comunidade científica com questões relacionadas à sustentabilidade, economia circular, gestão integrada dos resíduos sólidos e mudanças climáticas. Ao mesmo tempo, a revisão preservou referências consideradas clássicas, como os trabalhos de Leff (2001), Jacobi (2003), Dias (1992) e Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993), cujas contribuições permanecem relevantes para a compreensão histórica e conceitual da temática.

A análise cronológica das publicações evidencia uma ampliação significativa das pesquisas voltadas para a educação ambiental e para o ensino de Química associado às questões socioambientais. Enquanto estudos mais antigos concentravam-se na caracterização dos resíduos e em aspectos técnicos do gerenciamento, as pesquisas recentes passaram a enfatizar práticas pedagógicas, alfabetização científica, desenvolvimento sustentável, consumo consciente e formação cidadã. Essa mudança demonstra que a problemática dos resíduos sólidos deixou de ser compreendida exclusivamente como um desafio operacional, passando a ser analisada também sob perspectivas educacionais, sociais e culturais.

Outro aspecto observado refere-se à natureza metodológica das pesquisas encontradas. Predominaram estudos qualitativos, revisões bibliográficas, estudos de caso e pesquisas de campo desenvolvidas em escolas e comunidades. Essa predominância demonstra que a produção científica busca compreender não apenas os processos físicos e químicos relacionados aos resíduos sólidos, mas também os fatores sociais, educacionais e comportamentais que influenciam a gestão ambiental.

Tabela 3 – Principais enfoques identificados na literatura analisada

Categoria temática	Principais aspectos abordados
Resíduos sólidos	Conceitos, classificação, geração e gerenciamento

Categoria temática	Principais aspectos abordados
urbanos	
Composição química	Degradação da matéria orgânica, microplásticos, metais pesados e chorume
Impactos ambientais	Contaminação do solo, água e atmosfera; emissão de gases de efeito estufa
Educação ambiental	Formação da consciência ambiental, cidadania e sustentabilidade
Ensino de Química	Contextualização dos conteúdos científicos e metodologias ativas
Coleta seletiva	Separação dos resíduos, reciclagem, compostagem e Política dos 3R's

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

A organização dos estudos em categorias temáticas possibilitou identificar elevado grau de convergência entre os autores. Embora as pesquisas apresentem diferentes objetos de estudo e metodologias, todas reconhecem que o aumento da geração de resíduos sólidos urbanos constitui um dos principais desafios ambientais da atualidade. De forma semelhante, os estudos ressaltam que a gestão adequada dos resíduos depende da integração entre políticas públicas, infraestrutura, educação ambiental e participação ativa da sociedade.

No que se refere especificamente ao ensino de Química, verificou-se consenso quanto à importância da contextualização dos conteúdos científicos por meio de problemas ambientais reais. Os autores destacam que a abordagem dos resíduos sólidos favorece a aprendizagem significativa de conceitos relacionados às transformações químicas, propriedades dos materiais, ciclos biogeoquímicos, reciclagem e sustentabilidade. Dessa maneira, o ensino deixa de apresentar conteúdos de forma fragmentada, aproximando-os da realidade vivenciada pelos estudantes.

Outro resultado importante identificado nesta etapa foi a crescente valorização da educação ambiental como instrumento de transformação social. Os estudos analisados indicam que ações educativas contínuas promovem mudanças de comportamento,

fortalecem práticas sustentáveis e estimulam a participação da comunidade na gestão dos resíduos sólidos. Nesse contexto, a escola é reconhecida como espaço privilegiado para a construção de conhecimentos científicos e para o desenvolvimento de valores relacionados à responsabilidade socioambiental.

Assim, a caracterização das publicações analisadas demonstra que a literatura disponível apresenta elevado grau de consistência científica e contempla diferentes dimensões da problemática dos resíduos sólidos urbanos. Essa diversidade de abordagens fornece suporte teórico para a discussão desenvolvida nas seções seguintes, nas quais serão analisados os principais resultados referentes aos impactos ambientais, aos processos químicos envolvidos na decomposição dos resíduos e às contribuições da educação ambiental e do ensino de Química para a promoção de práticas sustentáveis.

4.2 Resíduos Sólidos Urbanos como Desafio Ambiental

Os resultados obtidos por meio da revisão bibliográfica evidenciam que a problemática dos resíduos sólidos urbanos extrapola a dimensão ambiental, constituindo-se também como um desafio social, econômico e educacional. A análise dos estudos selecionados permitiu identificar convergência entre os autores quanto à relação existente entre o crescimento populacional, o aumento dos padrões de consumo e a intensificação da geração de resíduos, fatores que pressionam os sistemas municipais de gerenciamento e comprometem a sustentabilidade ambiental.

Nesse sentido, Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993), referência clássica na área de gerenciamento de resíduos sólidos, afirmam que a expansão urbana associada ao consumo crescente aumenta significativamente a complexidade dos sistemas de coleta, transporte, tratamento e disposição final. Essa perspectiva permanece atual e é corroborada pelos dados apresentados pela ABRELPE (2023), que demonstram que o Brasil produz mais de 80 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos por ano, mantendo elevados índices de destinação inadequada.

Ao comparar essas informações com os dados apresentados pela ABREMA (2025), observa-se que, apesar do avanço da cobertura da coleta convencional, ainda existe um percentual expressivo de resíduos destinados de maneira inadequada. Esses resultados reforçam a discussão proposta por Gouveia (2012), segundo a qual a existência de legislação ambiental não garante, por si só, melhorias na gestão dos resíduos sólidos. Para o autor, a efetividade das políticas públicas depende da integração entre planejamento governamental, investimentos em infraestrutura, fiscalização e participação

da população.

Essa interpretação também é compartilhada por Andrade e Galo (2024), que destacam que os desafios enfrentados pelos municípios brasileiros decorrem não apenas da limitação financeira, mas também da ausência de políticas públicas integradas que promovam a economia circular e fortaleçam a responsabilidade compartilhada prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos. Dessa forma, os resultados encontrados nesta revisão indicam que a gestão dos resíduos sólidos deve ser compreendida como uma responsabilidade coletiva envolvendo poder público, setor produtivo e sociedade civil.

Um aspecto que merece reflexão é o fato de que, mesmo após mais de uma década da promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, muitos municípios brasileiros ainda apresentam dificuldades para implementar a coleta seletiva e na destinação ambientalmente adequada dos resíduos. Esse cenário é sugestivo de que a existência da legislação, embora seja totalmente necessária, não é suficiente para promover mudanças estruturais quando não vem acompanhada de investimentos contínuos, fiscalização efetiva, planejamento técnico e participação social ativa. Diante disso, é possível compreender que a persistência dos problemas após a PNRS revela uma distância entre o avanço normativo e sua concretização nas práticas municipais de gestão ambiental.

Essa problemática se sobressai quando se considera a realidade dos municípios de pequeno porte. Muitos dos estudos que foram analisados apresentam experiências exitosas desenvolvidas em grandes centros urbanos, onde há maior disponibilidade de recursos financeiros, infraestrutura técnica, cooperativas organizadas e equipes especializadas em gestão ambiental. Entretanto, municípios menores se deparam com limitações de orçamento e técnicas expressivamente distintas, o que dificulta a replicação dessas iniciativas e evidencia a necessidade de políticas públicas adaptadas às realidades locais, sobretudo, em regiões com menor capacidade institucional e maior dependência de apoio estadual ou federal.

Outro aspecto recorrente na literatura refere-se à composição dos resíduos sólidos urbanos. Arantes (2024) demonstra que aproximadamente metade dos resíduos produzidos no Brasil corresponde à fração orgânica, seguida por materiais recicláveis como papel, plástico, vidro e metais. Esses dados são compatíveis com as informações divulgadas pela ABRELPE (2023), evidenciando elevado potencial para compostagem e reciclagem.

Entretanto, a análise crítica dos estudos revela uma contradição importante: embora exista elevado potencial de reaproveitamento dos resíduos, grande parte desse

material ainda é destinada a aterros ou lixões. Essa realidade demonstra que o problema brasileiro não está apenas relacionado à quantidade de resíduos produzidos, mas principalmente à deficiência na segregação dos materiais na fonte geradora e à baixa eficiência dos programas de coleta seletiva.

Segundo Jacobi e Besen (2011), essa situação decorre da limitada participação da população nos programas municipais de coleta seletiva, consequência direta da deficiência das ações permanentes de educação ambiental. Os autores defendem que a coleta seletiva somente alcança resultados satisfatórios quando acompanhada por processos educativos contínuos capazes de modificar hábitos de consumo e descarte.

Essa interpretação converge com Paula (2024), que destaca a educação ambiental como elemento essencial para promover mudanças comportamentais relacionadas à separação correta dos resíduos. Para a autora, a escola constitui um dos principais espaços para o desenvolvimento de práticas sustentáveis, possibilitando que o conhecimento científico seja transformado em atitudes concretas voltadas à preservação ambiental.

A literatura demonstra, portanto, que a superação dos problemas relacionados aos resíduos sólidos não depende exclusivamente de investimentos tecnológicos ou estruturais. A formação de cidadãos ambientalmente conscientes aparece como condição indispensável para o funcionamento eficiente dos sistemas de gerenciamento, pois a separação correta dos materiais, a adesão à coleta seletiva e a redução do consumo exigem mudanças de comportamento sustentadas por processos educativos contínuos.

Além disso, observou-se consenso entre os autores quanto ao papel estratégico da educação ambiental na implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Enquanto a legislação estabelece instrumentos técnicos para o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos, pesquisadores como Leff (2001) e Jacobi (2003) ressaltam que a transformação da realidade depende da construção de uma nova racionalidade ambiental, baseada na participação social, na responsabilidade coletiva e na formação crítica dos indivíduos.

Sob essa perspectiva, os resultados analisados permitem afirmar que a escola desempenha papel fundamental na consolidação dessa nova cultura ambiental. Conforme destacam Santos e Mortimer (2020), o ensino de Química possibilita contextualizar conteúdos científicos por meio de problemas ambientais reais, favorecendo a alfabetização científica e estimulando o desenvolvimento de competências voltadas para a cidadania e a sustentabilidade.

Assim, a discussão dos estudos evidencia que os resíduos sólidos urbanos devem

ser compreendidos como uma problemática interdisciplinar, cuja solução exige a integração entre conhecimentos científicos, políticas públicas, educação ambiental e participação da sociedade. A convergência observada entre os diferentes autores indica que a articulação entre educação ambiental e ensino de Química pode contribuir para reduzir os impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado, desde que esteja associada a ações permanentes, contextualizadas e socialmente participativas.

4.3 Aspectos Químicos Envolvidos nos Resíduos Sólidos Urbanos

A análise dos estudos selecionados evidenciou que a compreensão da composição química dos resíduos sólidos urbanos constitui um dos principais elementos para o desenvolvimento de estratégias de gerenciamento ambientalmente adequadas. Os autores analisados convergem ao afirmar que as propriedades físico-químicas dos resíduos determinam seu comportamento no ambiente, influenciando os processos de decomposição, a geração de substâncias poluentes e as possibilidades de reaproveitamento por meio da reciclagem ou da compostagem.

Nesse contexto, Manahan (2020) destaca que os resíduos sólidos urbanos são constituídos por uma mistura heterogênea de substâncias orgânicas e inorgânicas, cuja composição varia conforme fatores econômicos, culturais, sociais e tecnológicos. Essa heterogeneidade aumenta a complexidade dos processos de gerenciamento, exigindo conhecimento científico para definir métodos adequados de segregação, tratamento e disposição final. Essa interpretação é corroborada por ABRELPE (2023), que demonstra que a composição dos resíduos brasileiros apresenta predominância de matéria orgânica, seguida por materiais recicláveis como papel, plástico, vidro e metais.

Ao comparar esses resultados com os dados apresentados por Arantes (2024), observa-se elevada concordância quanto à distribuição dos resíduos sólidos produzidos no Brasil. Ambos os estudos apontam que aproximadamente metade dos resíduos urbanos corresponde à fração orgânica, enquanto cerca de um terço é formado por materiais recicláveis. Essa composição evidencia um elevado potencial para reaproveitamento dos resíduos, principalmente por meio da compostagem e da reciclagem, reduzindo significativamente a quantidade de materiais destinados aos aterros sanitários.

Entretanto, a literatura também demonstra que o aproveitamento desse potencial ainda é limitado. Conforme discutido por Jacobi e Besen (2011), a deficiência dos sistemas de coleta seletiva e a baixa participação da população dificultam a separação adequada dos resíduos, comprometendo os processos posteriores de reciclagem. Dessa

forma, percebe-se que a composição química dos resíduos, embora favoreça seu reaproveitamento, depende diretamente da eficiência das etapas iniciais do gerenciamento.

Sob a perspectiva da Química Ambiental, os resultados analisados evidenciam que os resíduos orgânicos apresentam comportamento químico distinto dos resíduos inorgânicos. Atkins, Jones e Laverman (2018) explicam que a matéria orgânica é constituída predominantemente por carboidratos, proteínas e lipídios, compostos ricos em carbono que servem como substrato para a atividade microbiológica. Durante a decomposição desses materiais ocorrem diversas reações bioquímicas responsáveis pela transformação das moléculas orgânicas em compostos mais simples.

Quando a decomposição ocorre em ambientes com disponibilidade de oxigênio, predominam reações aeróbias que produzem dióxido de carbono, água e sais minerais. Entretanto, conforme discutem Manahan (2020) e IPCC (2021), nos lixões e aterros inadequadamente manejados predominam condições anaeróbias, favorecendo a produção de metano (CH_4). Os autores destacam que esse gás apresenta elevado potencial de aquecimento global, sendo significativamente mais impactante que o dióxido de carbono em termos de retenção de calor na atmosfera.

A análise comparativa desses estudos permite compreender que a emissão de metano representa uma das principais consequências químicas do descarte inadequado dos resíduos sólidos urbanos. Esse resultado reforça as discussões apresentadas por Gouveia (2012), segundo o qual os impactos ambientais da disposição irregular dos resíduos extrapolam os limites locais, contribuindo diretamente para o agravamento das mudanças climáticas globais.

Outro aspecto amplamente discutido na literatura refere-se à formação do chorume. Segundo Kjeldsen et al. (2002), esse líquido resulta da degradação da matéria orgânica associada à infiltração da água através da massa de resíduos. Sua composição química apresenta elevada complexidade, contendo matéria orgânica dissolvida, compostos nitrogenados, sais minerais, metais potencialmente tóxicos e diversos íons inorgânicos.

Galavote et al. (2023) complementam essa discussão ao afirmar que a elevada carga poluidora do chorume representa um dos principais riscos ambientais associados aos aterros e lixões. Quando inexitem sistemas adequados de impermeabilização, ocorre infiltração desse efluente no solo, favorecendo a contaminação dos lençóis freáticos e dos corpos hídricos superficiais. Assim, os resultados encontrados nesta revisão demonstram

consenso entre os autores quanto à necessidade de sistemas eficientes de tratamento do chorume como estratégia fundamental para minimizar os impactos ambientais.

Apesar da ampla produção científica a respeito dos processos químicos envolvidos na decomposição dos resíduos, é possível verificar que esse conhecimento ainda é pouco difundido entre a população. O distanciamento percebido entre conhecimento científico e práticas cotidianas contribui para a manutenção de comportamentos inadequados de descarte, reforçando a necessidade de estratégias educacionais que aproximem os conceitos da Química Ambiental da realidade dos cidadãos. Nesse sentido, a escola e o ensino de Química assumem papel fundamental a medida que traduzem fenômenos como formação de chorume, emissão de metano, contaminação por metais e persistência dos plásticos em conteúdos acessíveis, contextualizados e capazes de orientar decisões ambientalmente responsáveis.

Tabela 4 – Principais processos químicos identificados na literatura

Processo químico	Produto formado	Impacto ambiental
Decomposição aeróbia	CO ₂ , água e sais minerais	Menor impacto ambiental
Decomposição anaeróbia	Metano (CH ₄) e dióxido de carbono	Intensificação do efeito estufa
Formação de chorume	Compostos orgânicos, amônia, metais e íons	Contaminação do solo e da água
Corrosão de metais	Íons metálicos	Contaminação ambiental
Fragmentação de plásticos	Microplásticos	Poluição dos ecossistemas

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Os resíduos inorgânicos também receberam ampla atenção nos estudos analisados. Pereira (2023) destaca que os plásticos utilizados na fabricação de embalagens são constituídos principalmente por polímeros sintéticos derivados do petróleo, como polietileno, polipropileno e politereftalato de etileno (PET). Esses materiais apresentam elevada estabilidade química, característica que dificulta sua degradação natural e favorece sua permanência no ambiente por décadas ou até séculos.

Essa interpretação é compatível com os estudos de Geyer, Jambeck e Law (2017), que alertam para o crescente problema da fragmentação dos resíduos plásticos em

microplásticos. Segundo esses autores, a degradação física provocada pela radiação solar, pelas variações de temperatura e pela ação mecânica gera partículas microscópicas que podem ser transportadas pelos ecossistemas aquáticos e terrestres, sendo posteriormente incorporadas à cadeia alimentar. Os resultados analisados demonstram que esse fenômeno representa um dos principais desafios ambientais da atualidade, especialmente devido às incertezas ainda existentes sobre seus efeitos de longo prazo na saúde humana.

No caso dos metais presentes nos resíduos sólidos urbanos, os estudos indicam que esses materiais apresentam elevado potencial de reciclagem, reduzindo significativamente o consumo energético quando comparados à produção primária. Entretanto, Ahmad et al. (2021) ressaltam que o descarte inadequado favorece processos de corrosão e lixiviação, liberando íons metálicos para o ambiente. Entre os elementos mais preocupantes destacam-se chumbo, mercúrio e cádmio, reconhecidos por sua elevada toxicidade e capacidade de bioacumulação.

Alloway (2021) complementa essa discussão ao afirmar que a presença desses metais no solo pode alterar suas propriedades químicas, comprometendo sua fertilidade e aumentando o risco de contaminação dos organismos vivos. Os processos de bioacumulação e biomagnificação descritos pelo autor demonstram que pequenas concentrações desses elementos podem tornar-se altamente perigosas ao longo das cadeias alimentares, ampliando seus riscos para os ecossistemas e para a saúde humana.

Outro resultado importante observado refere-se ao potencial educativo proporcionado pelo estudo da composição química dos resíduos sólidos. Santos e Mortimer (2020) argumentam que a abordagem de problemas ambientais reais favorece a contextualização dos conteúdos de Química, permitindo aos estudantes compreenderem conceitos relacionados às reações químicas, propriedades da matéria, ciclos biogeoquímicos, transformações químicas e conservação dos materiais. Essa perspectiva aproxima o conhecimento científico das situações vivenciadas pela sociedade, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa.

Da mesma forma, Paula (2024) ressalta que o estudo da composição química dos resíduos pode estimular a formação da consciência ambiental ao demonstrar, por meio de fundamentos científicos, as consequências do descarte inadequado dos diferentes materiais. Essa abordagem fortalece a alfabetização científica dos estudantes, permitindo que decisões relacionadas ao consumo, à reciclagem e ao gerenciamento dos resíduos sejam fundamentadas em conhecimentos científicos.

Desse modo, os aspectos químicos constituem elemento central para compreender

a problemática dos resíduos sólidos urbanos. Os processos de decomposição, formação de gases, geração de chorume, persistência dos polímeros sintéticos e mobilização de metais pesados ajudam a explicar os impactos ambientais observados e evidenciam a importância de tratar esses conteúdos de forma contextualizada no ensino de Química. Mais do que apresentar conceitos isolados, essa abordagem permite relacionar fenômenos científicos a escolhas cotidianas de consumo, descarte e participação ambiental.

4.4 Educação Ambiental e o Ensino de Química na Formação para a Sustentabilidade

A análise dos estudos selecionados evidenciou que a educação ambiental constitui um dos principais instrumentos para enfrentar os problemas relacionados aos resíduos sólidos urbanos. Os autores analisados apresentam consenso ao afirmar que a simples implementação de políticas públicas e de tecnologias para o gerenciamento dos resíduos não é suficiente para minimizar os impactos ambientais, sendo indispensável promover mudanças comportamentais que estimulem hábitos de consumo responsável, descarte adequado e participação ativa da sociedade na preservação do meio ambiente. Nesse contexto, a escola assume papel estratégico, por possibilitar a formação de cidadãos críticos e conscientes de sua responsabilidade socioambiental.

Os resultados da revisão bibliográfica demonstram que a educação ambiental evoluiu significativamente nas últimas décadas. Enquanto as primeiras iniciativas estavam voltadas principalmente para a preservação dos recursos naturais, os estudos mais recentes ampliaram essa perspectiva, incorporando aspectos econômicos, sociais, culturais e científicos da sustentabilidade. Essa mudança é evidenciada por Leff (2001), que defende uma racionalidade ambiental baseada na construção de novos valores sociais, capazes de transformar a relação entre sociedade e natureza por meio da reflexão crítica e da participação coletiva.

Essa concepção é reforçada por Jacobi (2003), ao afirmar que a educação ambiental deve ultrapassar a transmissão de informações sobre problemas ecológicos, promovendo processos educativos que desenvolvam autonomia, responsabilidade social e participação cidadã. Para o autor, a formação ambiental precisa incentivar o indivíduo a compreender os problemas existentes em sua realidade e participar ativamente da construção de soluções coletivas.

Ao analisar os estudos mais recentes, verifica-se que essa perspectiva permanece atual. Silva Júnior e Silva (2020) argumentam que a educação ambiental favorece a construção de conhecimentos científicos aliados ao desenvolvimento de atitudes e valores

voltados à sustentabilidade. Os autores destacam que práticas educativas permanentes contribuem para modificar comportamentos relacionados ao consumo, ao desperdício e ao descarte inadequado dos resíduos sólidos, fortalecendo o compromisso dos estudantes com a preservação ambiental.

Essa discussão torna-se ainda mais relevante quando associada aos princípios estabelecidos pela Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9.795/1999), que determina que a educação ambiental deve estar presente de forma articulada em todos os níveis e modalidades de ensino. Da mesma forma, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reforça a necessidade de desenvolver competências relacionadas à sustentabilidade, ao pensamento crítico e à responsabilidade socioambiental. Os resultados encontrados nesta revisão demonstram que os estudos analisados estão alinhados às diretrizes legais, reconhecendo a escola como espaço privilegiado para a formação da consciência ambiental.

No contexto específico do ensino de Química, os resultados revelam que essa disciplina apresenta elevado potencial para integrar conhecimentos científicos às questões ambientais. Diferentemente de abordagens centradas apenas na memorização de fórmulas e conceitos, os autores defendem que a contextualização dos conteúdos possibilita aos estudantes compreenderem a aplicação da Química na resolução de problemas presentes em seu cotidiano.

Nesse sentido, Santos e Mortimer (2020) afirmam que o ensino de Química deve contribuir para a formação da cidadania, permitindo que os estudantes utilizem os conhecimentos científicos na interpretação dos fenômenos naturais e na tomada de decisões socialmente responsáveis. Segundo os autores, conteúdos relacionados às propriedades da matéria, transformações químicas, poluição, reciclagem e tratamento dos resíduos tornam-se significativamente mais relevantes quando vinculados às situações concretas vivenciadas pelos alunos.

Os resultados desta revisão corroboram essa perspectiva, evidenciando que os resíduos sólidos urbanos representam uma temática capaz de integrar diferentes conteúdos da Química. A composição química dos materiais, os processos de decomposição da matéria orgânica, a formação do chorume, a emissão de gases de efeito estufa, a reciclagem dos polímeros e o reaproveitamento dos metais constituem exemplos de conteúdos científicos que podem ser trabalhados de forma contextualizada, favorecendo uma aprendizagem mais significativa.

Oliveira, Genovese e Araújo (2023) também defendem que a contextualização dos

conteúdos científicos fortalece a alfabetização científica dos estudantes. Segundo esses autores, quando o ensino parte de problemas ambientais reais, os alunos desenvolvem maior capacidade de interpretação, argumentação e tomada de decisões fundamentadas em conhecimentos científicos. Dessa forma, a aprendizagem deixa de ser exclusivamente conceitual e passa a contribuir para a formação de indivíduos capazes de atuar de maneira responsável diante dos desafios ambientais contemporâneos.

Essa interpretação é compatível com Paula (2024), que destaca a importância da educação ambiental como instrumento de conscientização sobre coleta seletiva, reciclagem e consumo consciente. A autora demonstra que projetos educativos desenvolvidos no ambiente escolar produzem resultados positivos tanto na mudança de comportamento dos estudantes quanto na disseminação das práticas sustentáveis para suas famílias e comunidades.

Outro aspecto identificado durante a análise dos estudos refere-se à utilização de metodologias ativas no ensino de Química. Diversos autores apontam que atividades experimentais, oficinas, projetos interdisciplinares, estudos de caso, visitas técnicas e campanhas educativas promovem maior envolvimento dos estudantes, favorecendo a construção do conhecimento científico por meio da participação ativa.

Ainda, se observa que muitos professores enfrentam dificuldades para trabalhar temáticas ambientais de forma integrada ao ensino de Química, o que pode ser devido a carga horária reduzida, escassez de recursos didáticos, ausência de laboratórios adequados ou da priorização de conteúdos voltados para exames externos. Esse contexto mostra que a educação ambiental, mesmo sendo reconhecida como fundamental, nem sempre se concretiza de maneira contínua e aprofundada nas práticas escolares. Torna-se, portanto, necessária a ampliação de ações de formação continuada voltadas à contextualização ambiental dos conteúdos químicos, de modo que os docentes possam desenvolver propostas pedagógicas interdisciplinares, críticas e articuladas à realidade dos estudantes.

Segundo Oliveira et al. (2023), metodologias participativas permitem que os estudantes deixem de assumir uma postura passiva diante do processo de ensino-aprendizagem, tornando-se protagonistas da construção do conhecimento. Os autores destacam que atividades relacionadas à separação de resíduos, implantação de coleta seletiva, compostagem e reciclagem favorecem a compreensão prática dos conceitos químicos trabalhados em sala de aula.

Essa percepção também é compartilhada por Cruz et al. (2021), que

desenvolveram ações de educação ambiental em escolas públicas do município de Picos, no estado do Piauí. Os resultados apresentados pelos autores demonstraram aumento significativo do conhecimento dos estudantes sobre coleta seletiva e descarte adequado dos resíduos, além de maior participação nas atividades ambientais promovidas pela escola. Esses achados reforçam a importância das intervenções educativas para promover mudanças efetivas de comportamento.

Tabela 5 – Contribuições do ensino de Química para a Educação Ambiental

Conteúdo de Química	Aplicação na temática ambiental	Competências desenvolvidas
Transformações químicas	Decomposição dos resíduos	Compreensão dos processos ambientais
Polímeros	Reciclagem dos plásticos	Consumo consciente
Química Orgânica	Compostagem e biodegradação	Sustentabilidade
Química Ambiental	Poluição do solo, água e atmosfera	Pensamento crítico
Metais	Reciclagem e contaminação ambiental	Responsabilidade socioambiental

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Outro resultado relevante identificado na literatura refere-se ao desenvolvimento da alfabetização científica. Os estudos analisados demonstram que a educação ambiental favorece não apenas a aquisição de conhecimentos conceituais, mas também o desenvolvimento de competências relacionadas à interpretação de informações científicas, resolução de problemas e tomada de decisões fundamentadas em evidências.

Segundo Santos e Mortimer (2020), a alfabetização científica representa uma condição indispensável para o exercício da cidadania, pois permite que os indivíduos compreendam as implicações sociais, econômicas e ambientais decorrentes do desenvolvimento científico e tecnológico. Nesse sentido, o ensino de Química assume papel essencial na formação de cidadãos capazes de participar das discussões relacionadas à sustentabilidade e à gestão dos resíduos sólidos urbanos.

Além disso, observou-se consenso entre os autores quanto à importância da

interdisciplinaridade. Os resíduos sólidos urbanos constituem uma temática que envolve conhecimentos da Química, Biologia, Geografia, Ciências Sociais, Economia e Saúde Pública. Dessa forma, os estudos defendem que o trabalho pedagógico deve integrar diferentes áreas do conhecimento, possibilitando uma compreensão ampla da problemática ambiental.

A análise dos resultados também evidencia que a educação ambiental desenvolvida nas escolas produz efeitos que ultrapassam os limites da sala de aula. Os estudantes tornam-se multiplicadores das informações adquiridas, influenciando familiares e comunidades na adoção de práticas relacionadas à coleta seletiva, redução do consumo e reaproveitamento dos materiais. Essa característica amplia o alcance das ações educativas e fortalece o papel social da instituição escolar.

Por fim, os estudos analisados demonstram que a integração entre educação ambiental e ensino de Química não deve ser entendida apenas como recurso didático complementar, mas como estratégia formativa capaz de articular conhecimento científico, responsabilidade social e intervenção na realidade. A escola, nesse contexto, representa um espaço privilegiado para transformar informações ambientais em práticas sustentáveis, desde que disponha de condições pedagógicas, materiais e institucionais para desenvolver ações contínuas e críticas.

4.5 Coleta Seletiva e a Política dos 3R's como Estratégias para a Gestão Sustentável dos Resíduos Sólidos

A análise dos estudos selecionados demonstrou que a coleta seletiva e a Política dos 3R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar) constituem os principais instrumentos para a promoção da gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos. Os autores consultados apresentam consenso ao afirmar que essas estratégias contribuem para a redução dos impactos ambientais, promovem o aproveitamento dos materiais recicláveis e fortalecem a participação da sociedade na preservação do meio ambiente. Entretanto, a literatura também evidencia que sua efetividade depende da integração entre políticas públicas, infraestrutura adequada e processos contínuos de educação ambiental.

Segundo a Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a coleta seletiva representa um dos principais mecanismos para assegurar a destinação ambientalmente adequada dos resíduos, permitindo a recuperação de materiais recicláveis e reduzindo significativamente a quantidade de rejeitos encaminhados aos aterros sanitários. A legislação estabelece ainda o princípio da

responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, atribuindo deveres ao poder público, às empresas e aos consumidores. Contudo, os resultados da presente revisão demonstram que a implementação desses princípios ainda ocorre de forma desigual entre os municípios brasileiros.

Ao discutir a evolução da gestão dos resíduos sólidos no Brasil, Jacobi e Besen (2011) afirmam que a coleta seletiva deve ser compreendida não apenas como um procedimento operacional, mas também como um importante instrumento de transformação social. Para os autores, programas de coleta seletiva bem estruturados contribuem para fortalecer a participação da população, ampliar a reciclagem e promover a inclusão social dos catadores de materiais recicláveis. Essa interpretação amplia a compreensão da coleta seletiva, demonstrando que seus benefícios ultrapassam os aspectos ambientais e alcançam dimensões econômicas e sociais.

Os resultados encontrados nesta revisão corroboram essa perspectiva. Estudos recentes publicados por Galavote et al. (2023) evidenciam que municípios que investem na ampliação da coleta seletiva apresentam redução nos custos relacionados ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Segundo os autores, a separação correta dos materiais recicláveis diminui o volume de resíduos encaminhados aos aterros sanitários, reduzindo despesas com transporte, disposição final e manutenção dessas estruturas. Além disso, o aumento da reciclagem possibilita maior aproveitamento econômico dos materiais recuperados.

Entretanto, apesar das vantagens identificadas na literatura, verificou-se que a cobertura da coleta seletiva ainda permanece limitada em grande parte dos municípios brasileiros. Conforme dados apresentados pela ABRELPE (2023), embora a coleta convencional esteja presente na maioria das cidades, muitos municípios ainda não possuem programas permanentes de separação dos resíduos recicláveis ou apresentam cobertura restrita apenas às áreas centrais. Essa situação demonstra que a expansão da coleta seletiva continua sendo um dos principais desafios para a consolidação da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A análise comparativa entre os estudos evidencia que essa limitação não decorre exclusivamente da ausência de infraestrutura. Andrade e Galo (2024) argumentam que diversos municípios enfrentam dificuldades relacionadas ao planejamento administrativo, à insuficiência de investimentos e à descontinuidade das políticas públicas ambientais. Os autores ressaltam que mudanças na gestão municipal frequentemente comprometem a continuidade dos programas de coleta seletiva, reduzindo sua eficiência e dificultando a

participação da população.

Outro fator apontado pela literatura refere-se ao baixo nível de conscientização ambiental da sociedade. Paula (2024) destaca que muitos cidadãos ainda desconhecem a forma correta de separar os resíduos ou não compreendem os benefícios ambientais decorrentes da reciclagem. Segundo a autora, esse cenário evidencia a necessidade de fortalecer ações permanentes de educação ambiental, principalmente no ambiente escolar, onde é possível desenvolver hábitos sustentáveis desde as primeiras etapas da formação dos estudantes.

Essa interpretação converge com Silva Júnior e Silva (2020), que defendem a educação ambiental como elemento indispensável para modificar padrões de consumo e descarte. Os autores afirmam que mudanças efetivas de comportamento somente ocorrem quando os indivíduos compreendem cientificamente os impactos ambientais provocados pelos resíduos sólidos e reconhecem sua responsabilidade na preservação dos recursos naturais.

No âmbito educacional, os estudos analisados demonstram que a escola possui papel estratégico na implementação da coleta seletiva. Cruz et al. (2021), ao desenvolverem atividades de educação ambiental em escolas públicas do município de Picos (PI), verificaram que projetos voltados à separação dos resíduos, reciclagem e reutilização dos materiais promoveram maior participação dos estudantes nas ações ambientais da escola e estimularam mudanças de comportamento observadas também no ambiente familiar. Esses resultados demonstram que o conhecimento adquirido pelos estudantes tende a ser disseminado para a comunidade, ampliando os impactos positivos das ações educativas.

Além da coleta seletiva, a literatura analisada atribui grande importância à Política dos 3R's como fundamento da gestão sustentável dos resíduos sólidos. Conforme estabelecido por Dias (1992), reduzir, reutilizar e reciclar representam etapas complementares de um mesmo processo, no qual a prioridade deve ser sempre a redução da geração de resíduos. Para o autor, a reciclagem, embora importante, não substitui a necessidade de rever os padrões de consumo responsáveis pelo aumento contínuo da produção de resíduos.

Essa perspectiva também é defendida por Leff (2001), que associa a redução do consumo à construção de uma nova racionalidade ambiental. Segundo o autor, o desenvolvimento sustentável exige mudanças profundas nos modelos econômicos e culturais da sociedade, substituindo práticas de consumo excessivo por comportamentos

pautados na responsabilidade socioambiental. Dessa forma, a Política dos 3R's deixa de representar apenas uma estratégia técnica de gerenciamento de resíduos e passa a constituir um instrumento de transformação social.

No que se refere ao segundo princípio, a reutilização, os estudos analisados demonstram que essa prática prolonga o ciclo de vida dos produtos, reduzindo a necessidade de extração de matérias-primas e diminuindo a quantidade de resíduos descartados. Manahan (2020) destaca que diversos materiais podem ser reutilizados antes de serem destinados à reciclagem, contribuindo para a economia de energia e de recursos naturais. Essa estratégia apresenta relevância especial em instituições de ensino, onde atividades pedagógicas frequentemente utilizam materiais reaproveitados como recurso didático.

A reciclagem, terceiro princípio da Política dos 3R's, também ocupa posição de destaque na literatura. Segundo Atkins, Jones e Laverman (2018), os processos de reciclagem envolvem transformações físicas e químicas que permitem reinserir diversos materiais no ciclo produtivo, reduzindo o consumo de matérias-primas virgens e minimizando os impactos ambientais associados à exploração dos recursos naturais. Os autores ressaltam que metais, vidro, papel e determinados tipos de plástico apresentam elevado potencial de reciclagem quando corretamente separados na fonte geradora.

Contudo, os estudos também demonstram que a eficiência da reciclagem depende diretamente da qualidade da coleta seletiva. Jacobi e Besen (2011) argumentam que resíduos contaminados por matéria orgânica apresentam menor valor econômico e maiores dificuldades de reaproveitamento industrial. Assim, a separação correta dos materiais realizada pelos consumidores representa etapa fundamental para garantir o sucesso dos processos de reciclagem.

Tabela 6 – Contribuições da Política dos 3R's para a gestão dos resíduos sólidos urbanos

Princípio Objetivo		Benefícios ambientais	Benefícios sociais
Reduzir	Diminuir a geração	Menor exploração de recursos naturais e redução	Incentiva o consumo

Princípio	Objetivo	Benefícios ambientais	Benefícios sociais
	de resíduos	da poluição	consciente
Reutilizar	Prolongar a vida útil dos materiais	Redução da quantidade de resíduos descartados	Economia de recursos financeiros
Reciclar	Transformar resíduos em novos produtos	Redução da extração de matérias-primas e do consumo de energia	Geração de emprego e renda para cooperativas

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Outro aspecto relevante identificado durante a análise refere-se ao papel desempenhado pelas cooperativas de catadores de materiais recicláveis. Jacobi e Besen (2011) afirmam que essas organizações representam um dos principais pilares da cadeia da reciclagem no Brasil, sendo responsáveis por grande parte da recuperação dos materiais recicláveis. Além da contribuição ambiental, os autores destacam que as cooperativas promovem inclusão social, geração de renda e valorização do trabalho dos catadores, fortalecendo os princípios da sustentabilidade em suas dimensões ambiental, econômica e social.

Sob a perspectiva do ensino de Química, os resultados analisados demonstram que a abordagem da coleta seletiva e da Política dos 3R's favorece a contextualização dos conteúdos científicos. Santos e Mortimer (2020) argumentam que temas relacionados à reciclagem, propriedades dos materiais, transformações químicas e reaproveitamento de resíduos aproximam os conceitos científicos da realidade dos estudantes, tornando o processo de aprendizagem mais significativo. Essa contextualização contribui para o desenvolvimento da alfabetização científica e da capacidade de tomada de decisões fundamentadas em evidências.

A literatura também evidencia que atividades práticas relacionadas à coleta seletiva constituem importantes estratégias metodológicas para o ensino de Química. Projetos de separação dos resíduos produzidos na escola, implantação de ecopontos, oficinas de reciclagem e campanhas educativas permitem que os estudantes compreendam, na prática, os processos químicos envolvidos na reciclagem e no reaproveitamento dos materiais. Essa integração entre teoria e prática fortalece a aprendizagem e amplia o compromisso dos estudantes com a preservação ambiental.

Por fim, a análise dos resultados permite concluir que a coleta seletiva e a Política

dos 3R's representam instrumentos fundamentais para a gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos. Entretanto, sua efetividade depende da articulação entre políticas públicas eficientes, infraestrutura adequada, fortalecimento das cooperativas de reciclagem e ações permanentes de educação ambiental. No ensino de Química, essa discussão ganha relevância por possibilitar que os estudantes compreendam cientificamente os processos envolvidos no gerenciamento dos resíduos e reconheçam sua participação nas práticas de redução, reutilização e reciclagem.

4.6 Discussão Integrada dos Resultados

A análise integrada dos estudos selecionados permitiu compreender que a problemática dos resíduos sólidos urbanos deve ser interpretada sob uma perspectiva interdisciplinar, envolvendo aspectos ambientais, químicos, sociais, econômicos e educacionais. Os resultados obtidos ao longo desta revisão bibliográfica demonstram que existe ampla convergência entre os autores quanto à necessidade de fortalecer políticas públicas, promover a educação ambiental e ampliar a participação da sociedade como estratégias fundamentais para reduzir os impactos decorrentes da geração crescente de resíduos sólidos.

Ao analisar conjuntamente as categorias discutidas nos tópicos anteriores, observa-se que o aumento da produção de resíduos está diretamente relacionado às transformações ocorridas na sociedade contemporânea, especialmente ao crescimento populacional, ao processo de urbanização e à intensificação do consumo. Conforme discutem Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993), o desenvolvimento urbano modifica significativamente a dinâmica da geração de resíduos, exigindo sistemas cada vez mais complexos de coleta, transporte, tratamento e disposição final. Essa interpretação permanece atual e encontra respaldo nos dados divulgados pela ABRELPE (2023) e pela ABREMA (2025), que evidenciam o crescimento contínuo da geração de resíduos sólidos no Brasil.

Entretanto, os resultados analisados demonstram que o problema não está relacionado exclusivamente ao aumento quantitativo dos resíduos produzidos. Conforme argumentam Gouveia (2012) e Andrade e Galo (2024), as principais dificuldades concentram-se na gestão desses materiais, especialmente na limitada capacidade dos municípios em implementar sistemas eficientes de coleta seletiva, reciclagem e destinação final ambientalmente adequada. Dessa forma, a literatura evidencia que o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos permanece como um dos maiores desafios para a sustentabilidade das cidades brasileiras.

Outro aspecto que merece destaque refere-se aos impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado dos resíduos. A análise comparativa dos estudos demonstrou consenso entre os autores quanto às consequências da disposição irregular dos resíduos sobre os diferentes compartimentos ambientais. Os processos de decomposição da matéria orgânica, discutidos por Manahan (2020), Atkins, Jones e Laverman (2018) e Kjeldsen et al. (2002), evidenciam que a produção de chorume e de gases como o metano representa importante fonte de contaminação do solo, dos recursos hídricos e da atmosfera.

Nesse contexto, observa-se que os conhecimentos da Química Ambiental tornam-se indispensáveis para compreender os mecanismos envolvidos na degradação dos resíduos e na formação de substâncias potencialmente poluentes. Processos aparentemente simples, como a decomposição da matéria orgânica ou a corrosão de metais, envolvem transformações químicas complexas que produzem compostos capazes de comprometer o equilíbrio ambiental durante longos períodos.

Os estudos analisados também revelam que os materiais inorgânicos, especialmente os plásticos, representam desafios ambientais de grande magnitude. Conforme demonstram Geyer, Jambeck e Law (2017), a elevada estabilidade química desses polímeros favorece sua permanência no ambiente por longos períodos, resultando na formação de microplásticos que podem ser incorporados aos ecossistemas terrestres e aquáticos. Esse resultado amplia a compreensão sobre os impactos ambientais dos resíduos sólidos, demonstrando que seus efeitos não se limitam ao local de descarte, mas podem atingir diferentes componentes ambientais e organismos vivos.

Além dos aspectos químicos, a revisão bibliográfica permitiu identificar forte convergência entre os autores quanto ao papel estratégico da educação ambiental. Leff (2001) argumenta que os problemas ambientais não podem ser solucionados exclusivamente por meio de tecnologias ou legislações, sendo necessária uma transformação cultural baseada na construção de novos valores sociais. Essa perspectiva é compartilhada por Jacobi (2003), que compreende a educação ambiental como processo permanente de formação cidadã, voltado para o desenvolvimento da responsabilidade coletiva diante das questões ambientais.

Os resultados encontrados nesta pesquisa confirmam essa interpretação. Estudos desenvolvidos por Silva Júnior e Silva (2020), Oliveira, Genovese e Araújo (2023), Paula (2024) e Cruz et al. (2021) demonstram que ações educativas contínuas promovem mudanças significativas no comportamento dos estudantes, ampliando sua compreensão

acerca da coleta seletiva, da reciclagem e do consumo consciente. Dessa forma, a educação ambiental revela-se um instrumento essencial para transformar conhecimentos científicos em práticas sustentáveis.

No âmbito do ensino de Química, a análise integrada evidencia que a contextualização dos conteúdos científicos favorece significativamente o processo de aprendizagem. Santos e Mortimer (2020) defendem que o ensino de Química deve contribuir para a formação da cidadania, aproximando os conceitos científicos das situações vivenciadas pelos estudantes. Essa perspectiva foi amplamente confirmada pelos estudos analisados, que apontam os resíduos sólidos urbanos como uma temática capaz de integrar conteúdos relacionados à composição da matéria, transformações químicas, polímeros, metais, reações de decomposição e sustentabilidade.

Outro ponto de convergência identificado refere-se às metodologias de ensino. Os estudos mostram que atividades práticas, projetos interdisciplinares, experimentação, oficinas de reciclagem, implantação da coleta seletiva e ações de intervenção na comunidade escolar apresentam resultados mais expressivos quando comparados às metodologias exclusivamente expositivas. Segundo Oliveira et al. (2023), essas estratégias favorecem o protagonismo dos estudantes e fortalecem a aprendizagem significativa, aproximando o conhecimento científico da realidade social.

A análise dos resultados também permitiu verificar que a Política Nacional de Resíduos Sólidos constitui importante marco legal para a gestão ambiental no Brasil. Entretanto, conforme discutem Jacobi e Besen (2011) e Andrade e Galo (2024), sua efetividade ainda enfrenta obstáculos relacionados à insuficiência de investimentos, à descontinuidade das políticas públicas e à baixa participação da sociedade. Assim, os resultados desta revisão indicam que a legislação representa condição necessária, mas não suficiente, para garantir mudanças efetivas na gestão dos resíduos sólidos urbanos.

Nesse cenário, destaca-se a relevância da Política dos 3R's como estratégia capaz de reduzir a pressão sobre os recursos naturais. Dias (1992) ressalta que reduzir, reutilizar e reciclar constituem práticas complementares que contribuem para minimizar os impactos ambientais decorrentes do consumo excessivo. Entretanto, os estudos analisados demonstram que a aplicação desses princípios depende diretamente da conscientização da população e da existência de programas permanentes de educação ambiental.

Outro resultado importante refere-se ao papel desempenhado pelas cooperativas de catadores de materiais recicláveis. A literatura evidencia que essas organizações

exercem função essencial na recuperação dos materiais recicláveis, contribuindo simultaneamente para a inclusão social, geração de renda e fortalecimento da economia circular. Dessa forma, verifica-se que a gestão sustentável dos resíduos sólidos envolve não apenas benefícios ambientais, mas também importantes contribuições sociais e econômicas.

De maneira geral, a comparação entre os diferentes estudos revela elevado grau de convergência em relação aos principais desafios e às estratégias de enfrentamento da problemática dos resíduos sólidos urbanos. As divergências identificadas concentram-se principalmente na intensidade dos impactos observados em diferentes regiões e nas estratégias de implementação das políticas públicas, não comprometendo, entretanto, o consenso quanto à necessidade de integrar educação ambiental, conhecimento científico e gestão eficiente dos resíduos.

Os resultados obtidos nesta revisão também permitem responder ao problema de pesquisa inicialmente proposto. Ficou evidenciado que os resíduos sólidos urbanos provocam impactos ambientais decorrentes de processos químicos relacionados à decomposição da matéria orgânica, à formação de chorume, à emissão de gases de efeito estufa e à persistência de materiais sintéticos no ambiente. Ao mesmo tempo, verificou-se que a educação ambiental, desenvolvida de forma integrada ao ensino de Química, constitui importante estratégia para ampliar a compreensão desses fenômenos e estimular mudanças de comportamento voltadas para a sustentabilidade.

Assim, a discussão integrada evidencia que a articulação entre Química, educação ambiental e gestão dos resíduos sólidos urbanos representa um caminho relevante para a formação de cidadãos críticos, conscientes e comprometidos com a preservação ambiental. A literatura analisada demonstra que a construção desse conhecimento depende da atuação conjunta da escola, da comunidade, do poder público e da sociedade, indicando que os desafios ambientais contemporâneos exigem ações interdisciplinares, participativas e cientificamente fundamentadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar os impactos ambientais decorrentes dos resíduos sólidos urbanos, enfatizando os processos químicos envolvidos em sua decomposição e discutindo as contribuições da educação ambiental e do ensino de Química para a formação de uma consciência crítica voltada à sustentabilidade. A partir da revisão bibliográfica realizada, foi possível compreender que a problemática dos

resíduos sólidos urbanos representa um dos maiores desafios ambientais da atualidade, exigindo ações integradas que envolvam políticas públicas, avanços científicos, educação e participação da sociedade.

Os resultados obtidos ao longo da pesquisa demonstraram que o crescimento da geração de resíduos sólidos urbanos está diretamente relacionado ao aumento da população, ao processo de urbanização e, principalmente, às mudanças nos padrões de consumo da sociedade contemporânea. Verificou-se que o descarte inadequado desses resíduos provoca diversos impactos ambientais, entre eles a contaminação do solo e dos recursos hídricos, a emissão de gases de efeito estufa, a formação de chorume, a proliferação de vetores de doenças, a degradação dos ecossistemas e o comprometimento da qualidade de vida da população.

A análise da literatura permitiu compreender que esses impactos estão intimamente associados aos processos químicos que ocorrem durante a decomposição dos resíduos. Os estudos evidenciaram que a degradação da matéria orgânica favorece a produção de gases como o metano e o dióxido de carbono, além da formação do chorume, líquido altamente poluente capaz de contaminar solos e águas subterrâneas quando não recebe tratamento adequado. Também foi possível constatar que materiais como plásticos e metais apresentam elevada persistência no ambiente, tornando-se importantes fontes de poluição devido à lenta degradação e ao potencial de liberação de substâncias tóxicas.

Outro aspecto relevante observado durante a pesquisa refere-se à importância da coleta seletiva e da Política dos 3R's como estratégias fundamentais para minimizar os impactos ambientais decorrentes da geração de resíduos sólidos urbanos. A literatura analisada demonstra que a redução da geração de resíduos, a reutilização de materiais e a reciclagem representam alternativas ambientalmente sustentáveis, capazes de diminuir a exploração dos recursos naturais, reduzir o consumo de energia e ampliar a vida útil dos aterros sanitários. Entretanto, verificou-se que a efetividade dessas estratégias depende diretamente da participação da população, da existência de infraestrutura adequada e da continuidade das políticas públicas voltadas à gestão dos resíduos.

Nesse contexto, a educação ambiental destacou-se como um dos principais instrumentos para promover mudanças de comportamento e estimular práticas sustentáveis. Os estudos analisados demonstraram que ações educativas permanentes contribuem para desenvolver valores, atitudes e competências voltadas à preservação ambiental, incentivando hábitos relacionados ao consumo consciente, à separação correta dos resíduos e à valorização da reciclagem. Assim, ficou evidente que a formação

ambiental deve ocorrer de forma contínua e integrada às diferentes áreas do conhecimento, possibilitando aos estudantes compreenderem a complexidade dos problemas ambientais contemporâneos.

No âmbito educacional, verificou-se que o ensino de Química possui grande potencial para abordar a temática dos resíduos sólidos urbanos de maneira contextualizada e interdisciplinar. A aproximação entre os conteúdos científicos e as situações vivenciadas no cotidiano dos estudantes favorece uma aprendizagem mais significativa, permitindo compreender os processos químicos relacionados à decomposição da matéria, à reciclagem dos materiais, à poluição ambiental e à conservação dos recursos naturais. Dessa forma, a disciplina deixa de ser percebida apenas como um conjunto de conceitos abstratos, tornando-se uma importante ferramenta para a formação da cidadania e para o desenvolvimento da responsabilidade socioambiental.

Os resultados também evidenciaram que a escola exerce papel fundamental na construção de uma cultura de sustentabilidade. Ao desenvolver projetos voltados para a coleta seletiva, reciclagem, compostagem e educação ambiental, a instituição de ensino contribui não apenas para a aprendizagem dos estudantes, mas também para a transformação da comunidade em que está inserida. Nesse sentido, o ambiente escolar torna-se um espaço privilegiado para a construção de conhecimentos científicos, valores éticos e práticas sustentáveis capazes de produzir impactos positivos dentro e fora da sala de aula.

Diante dos resultados encontrados, considera-se que os objetivos propostos para esta pesquisa foram plenamente alcançados. Foi possível identificar os principais impactos ambientais provocados pelos resíduos sólidos urbanos, compreender os processos químicos envolvidos em sua decomposição, analisar a relevância da coleta seletiva e da Política dos 3R's e discutir as contribuições da educação ambiental e do ensino de Química para a formação de cidadãos conscientes e comprometidos com a sustentabilidade. Da mesma forma, o problema de pesquisa foi respondido, uma vez que a revisão bibliográfica evidenciou que a compreensão científica dos processos químicos associados aos resíduos sólidos, quando integrada às práticas de educação ambiental, favorece a adoção de atitudes responsáveis e contribui para a redução dos impactos ambientais.

Apesar das importantes contribuições apresentadas pela literatura, observou-se que ainda existem desafios significativos para a consolidação de uma gestão eficiente dos

resíduos sólidos urbanos no Brasil. A baixa cobertura da coleta seletiva em diversos municípios, a limitada participação da população, a insuficiência de investimentos em infraestrutura e a necessidade de ampliar programas permanentes de educação ambiental demonstram que o enfrentamento dessa problemática exige esforços conjuntos entre governo, instituições de ensino, setor produtivo e sociedade civil.

Como limitações metodológicas desta pesquisa, destaca-se, inicialmente, o número restrito de bases de dados utilizadas no levantamento bibliográfico, concentrado no Google Acadêmico, SciELO e em periódicos científicos relacionados às áreas de Ensino de Ciências, Educação Ambiental e Química, o que pode ter limitado a identificação de outras produções relevantes disponíveis em diferentes bases nacionais e internacionais. Além disso, o recorte temático adotado priorizou estudos relacionados aos resíduos sólidos urbanos, impactos ambientais, processos químicos, educação ambiental, coleta seletiva, Política dos 3R's e ensino de Química, não contemplando outras abordagens que poderiam ampliar a compreensão da problemática. Outro aspecto refere-se à predominância de estudos de natureza qualitativa, revisões bibliográficas e análises documentais entre as produções selecionadas, o que limita a possibilidade de estabelecer generalizações quantitativas sobre os efeitos das práticas de educação ambiental e do ensino de Química. Soma-se a isso o fato de a pesquisa não ter envolvido coleta de dados empíricos em campo, impossibilitando verificar diretamente a percepção de estudantes, professores ou da comunidade acerca da temática investigada. Dessa forma, os resultados devem ser compreendidos dentro dos limites do corpus bibliográfico selecionado e das características metodológicas adotadas, podendo pesquisas futuras ampliar a investigação por meio da utilização de maior número de bases de dados, estudos quantitativos e pesquisas de campo.

Por fim, espera-se que este trabalho contribua para ampliar as discussões sobre os resíduos sólidos urbanos e incentive o desenvolvimento de práticas educativas comprometidas com a sustentabilidade. A formação de cidadãos conscientes, críticos e ambientalmente responsáveis depende da integração entre conhecimento científico, educação e participação social. Nesse cenário, o ensino de Química assume papel estratégico ao possibilitar que os estudantes compreendam os processos químicos envolvidos nos problemas ambientais e desenvolvam competências que lhes permitam atuar de maneira ética, responsável e participativa na construção de uma sociedade mais sustentável.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:2020: resíduos sólidos – classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2023**. São Paulo: ABRELPE, 2023. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 4 fev. 2026.

ABREMA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2025**. São Paulo: ABREMA, 2025. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 1 fev. 2026.

AHMAD, Waqar; ALHARTHY, Rima D.; ZUBAIR, Muhammad; AHMED, Mahmood; HAMEED, Abdul; RAFIQUE, Sajjad. Toxic and heavy metals contamination assessment in soil and water to evaluate human health risk. **Scientific Reports**, v. 11, 17006, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94616-4>.

ALLOWAY, Brian J. **Heavy metals in soils**. 4. ed. Dordrecht: Springer, 2021.

ANDRADE, Luiza Raquel Carvalho de; GALO, Nadya Regina. Gerenciamento circular de resíduos sólidos urbanos no Brasil: uma análise dos documentos governamentais e relatórios. **REUNIR: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 29-45, 2024. DOI: <https://doi.org/10.18696/reunir.v14i3.1580>.

ARANTES, José Tadeu. Estudo aponta caminhos para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Agência FAPESP**, São Paulo, 15 fev. 2024. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br>. Acesso em: 4 fev. 2026.

ATKINS, Peter; JONES, Loretta; LAVERMAN, Leroy. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 abr. 1999. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 4 fev. 2026.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 2 fev. 2026.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 4 fev. 2026.

BRASIL. **Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022**. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 14 abr. 2022. Disponível

em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2022/decreto-11043-13-abril-2022-792514-publicacaooriginal-164977-pe.html>. Acesso em: 4 fev. 2026.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 401, de 4 de novembro de 2008**. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 nov. 2008. Disponível em: <https://www legisweb.com.br/legislacao/?id=108777>. Acesso em: 4 fev. 2026.

CRUZ, Pâmella Laysa Moura et al. Educação ambiental e conscientização sobre coleta seletiva em escolas públicas da cidade de Picos-PI. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 8, p. 79896-79909, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n8-280>.

DIAS, Genebaldo Freire. **Educação ambiental: princípios e práticas**. 4. ed. São Paulo: Gaia, 1992.

GALAVOTE, Tânia et al. Avaliação do efeito do fortalecimento da coleta seletiva nos custos de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 15, e20220108, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.015.e20220108>.

GEYER, Roland; JAMBECK, Jenna R.; LAW, Kara Lavender. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, v. 3, n. 7, e1700782, 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GONÇALVES, A. C. et al. Análise das condições de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no estado do Pará. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 67941-67954, 2020.

GOUVEIA, Nelson. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

JACOBI, Pedro Roberto. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 118, p. 189-205, mar. 2003.

JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

KJELDSSEN, Peter et al. Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 32, n. 4, p. 297-336, 2002.

LEFF, Enrique. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade e poder**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

MANAHAN, Stanley E. **Química ambiental**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2020.

OLIVEIRA, G. N.; GENOVESE, C. L. C. R.; ARAÚJO, M. P. M. Educação ambiental e sustentabilidade: uma leitura crítica da influência da mídia. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 345-364, 2023.

PAULA, Igor Arthemis Pinho de. Educação Ambiental: reciclagem e coleta seletiva de resíduos sólidos como forma de conscientização da comunidade escolar. **REBENA – Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, v. 9, p. 519-532, 2024. Disponível em: <https://rebena.emnuvens.com.br/revista/article/view/291>. Acesso em: 4 fev. 2026.

PEREIRA, E. A. Educação ambiental e coleta seletiva: um caso em uma escola de Minas Gerais. **Educação Ambiental (Brasil)**, v. 4, n. 1, p. 15-21, 2023.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. **Educação química e cidadania**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2020.

SILVA JÚNIOR, A. R.; SILVA, M. L. Riscos e educação ambiental na bacia hidrográfica do Tucunduba. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Rio Grande, v. 37, n. 3, 2020.

SILVA, Wellington Beneti da; BARBOSA, Eva Faustino da Fonseca de Moura; FÉLIX, Rejane Alves. Resíduos sólidos e meio ambiente urbano: coleta, reciclagem e educação ambiental em Campo Grande/MS. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 29, n. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.18817/26755122.29.1.2025.4192>.

THOMPSON, Richard C.; OLSEN, Ylva; MITCHELL, Richard P.; DAVIS, Anthony; ROWLAND, Steven J.; JOHN, Anthony W. G.; MCGONIGLE, Daniel; RUSSELL, Andrea E. Lost at sea: where is all the plastic? **Science**, v. 304, n. 5672, p. 838, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1094559>.

TCHOBANOGLIOUS, George; THEISEN, Hilary; VIGIL, Samuel A. **Integrated solid waste management: engineering principles and management issues**. New York: McGraw-Hill, 1993.