



Resíduos eletroeletrônicos: um problema logístico, ambiental ou educacional?

Cristina Almeida Nascimento Oliveira

Mestranda em Ensino para a Educação Básica, IF Goiano, Brasil
cristina.paracatu@gmail.com

Raiane Sousa Araújo

Mestranda em Ensino para a Educação Básica, IF Goiano, Brasil
raiansps@gmail.com

Brenda Garcia

Mestranda em Ensino para a Educação Básica, IF Goiano, Brasil
garciabrenda1974@gmail.com

André Luis da Silva Castro

Professor Doutor, IF Goiano, Brasil
andre.castro@ifgoiano.edu.br

Recebido: 2 de outubro de 2023

Aceito: 8 de dezembro de 2023

Publicado online: 14 de agosto de 2024

RESUMO

Diante da expansão global do consumo de eletroeletrônicos, aliada à obsolescência de dispositivos, o descarte de resíduos eletroeletrônicos (REEE) torna-se um problema urgente. Assim, este trabalho buscou descrever a inter-relação entre REEE, logística reversa e educação ambiental escolar, visando ampliar as possibilidades de gerenciamento sustentável de REEE. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica, buscando artigos científicos e instrumentos legais e normativos. Os resultados apontam que o crescimento rápido e o descarte inadequado de REEE causam problemas socioambientais de grande envergadura. Além disso, o sistema de logística reversa enfrenta desafios na coleta de REEE no Brasil, devido à falta de conhecimento e conscientização da população. A educação ambiental escolar surge como uma importante aliada na formação de indivíduos mais conscientes e responsáveis, oferecendo soluções para problemas de ordem socioambiental. Os resultados dessa pesquisa têm uma contribuição significativa ao enfatizar a importância da integração da educação ambiental escolar com a gestão de lixo eletrônico como uma abordagem eficaz para promover o engajamento e a participação dos cidadãos na logística reversa. Quanto às contribuições sociais e ambientais, este estudo destaca a importância da educação ambiental escolar na formação cidadã e salienta as implicações positivas para o meio ambiente resultantes de uma gestão responsável de lixo eletrônico, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a redução dos impactos negativos do descarte inadequado desses resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: E-lixo. Logística Reversa. Educação Ambiental.

1 INTRODUÇÃO

O atual avanço tecnológico acelerado resultou em uma crescente dependência da sociedade em relação aos dispositivos eletrônicos, desencadeando uma verdadeira avalanche de resíduos eletroeletrônicos (REEE). Este tipo de resíduo é o que mais tem crescido globalmente, com uma taxa de aumento de aproximadamente 4% ao ano, registrando um crescimento notável de 21% em apenas cinco anos (FORTI *et al.*, 2020; GREEN ELETRON, 2021). Esse fenômeno transcende a mera gestão de resíduos, tornando-se um dilema ético e ecológico de extrema importância.

A obsolescência programada aliada ao consumismo amplifica o problema. Além disso, outro fator que o potencializa é a inovação tecnológica, que ocorre tanto pela criação de novos dispositivos quanto pela substituição de equipamentos com funções similares. Muitas vezes, dispositivos ainda em pleno funcionamento são substituídos por outros que apresentam apenas pequenas melhorias, contribuindo para o acúmulo de resíduos eletroeletrônicos.

Todavia, estudos têm mostrado que o descarte inadequado desses resíduos tem consequências devastadoras tanto para o meio ambiente como para a saúde pública, incluindo a contaminação do solo e dos lençóis freáticos com substâncias tóxicas, como mercúrio e chumbo (BRASIL, 2000; WHO, 2021; FERREIRA; ANJOS, 2001).

Neste contexto, a logística reversa desponta como uma abordagem mais sustentável e circular na gestão desses materiais. Trata-se de um dos instrumentos estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, que compreende um conjunto de ações e procedimentos voltados para a coleta de resíduos, devolvendo-os às empresas para reutilização ou destinando-os de forma adequada, contribuindo assim para o desenvolvimento econômico e social (BRASIL, 2010).

Com sua ênfase na coleta e na devolução de resíduos às empresas para reutilização ou reciclagem e disposição final adequada, essa estratégia serve como modelo operacional para mitigar os impactos adversos dos REEE. No entanto, a eficácia da logística reversa só é potencializada significativamente quando complementada por uma cultura de responsabilidade e consciência ecológica, sendo necessário articulá-la com seus principais atores (SANT'ANNA; MACHADO; BRITO, 2015). Deste modo, os REEE devem ser vistos não somente como de responsabilidade das empresas produtoras, mas também com responsabilidades governamentais e de cidadania.

Uma mentalidade voltada à sustentabilidade pode ser fomentada desde os estágios iniciais da educação através da incorporação do ensino ambiental nas escolas. Este ensino, entretanto, não deve se restringir a meras informações factuais sobre o estado do meio ambiente, mas buscar “promover a formação da cidadania, na expectativa do exercício de um movimento coletivo conjunto, gerador de mobilização” (GUIMARÃES, 2004, p. 33).

Nessa perspectiva, a educação ambiental pode capacitar crianças e jovens com o conhecimento e as habilidades necessárias para tomar decisões sustentáveis, preparando-os para se tornarem cidadãos globais engajados e aptos a participar de debates informados. Além disso, proporciona-lhes a capacidade de propor soluções e implementar ações ponderadas que beneficiem não apenas a sociedade humana, mas todo o ecossistema do qual fazem parte.

Nesse sentido, o objetivo desta pesquisa é descrever a inter-relação entre resíduos eletroeletrônicos, logística reversa e educação ambiental escolar. Para alcançar esse objetivo, foram elencados três tópicos: i) as complexidades relacionadas aos resíduos eletroeletrônicos, ii) a legislação pertinente a esses resíduos e iii) o papel da educação ambiental e das escolas para a formação cidadã.

Frente ao aumento do consumo de produtos e ao crescimento de REEE, a pesquisa assume uma importância significativa, uma vez que aborda uma temática contemporânea e essencial para a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos. Seus desdobramentos podem ter um impacto na esfera acadêmica, levando a sugestões e diretrizes para práticas escolares em instituições de ensino, gerando benefícios positivos para a sociedade e o setor industrial.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada para a condução deste estudo foi a revisão bibliográfica narrativa, de abordagem qualitativa e caráter descritivo. Esta abordagem visa analisar de forma crítica e abrangente a literatura relacionada aos temas de resíduos eletroeletrônicos, logística reversa e educação ambiental escolar.

Para a pesquisa de artigos, foram consultadas as bases de dados Scielo, Periódicos CAPES e Google Acadêmico, utilizando os descritores 'resíduos eletroeletrônicos', 'lixo eletrônico', 'logística reversa', 'gestão de resíduos', 'responsabilidade compartilhada' e 'educação ambiental'. O objetivo foi incluir estudos científicos e acadêmicos pertinentes à pesquisa em questão.

Adicionalmente, foi realizada a consulta a livros e relatórios de instituições especializadas em gestão de resíduos. Instrumentos Legais e Normativos, como leis, decretos e

resoluções, também foram analisados para compreender a regulamentação e diretrizes que moldam o contexto brasileiro.

Foram excluídos trabalhos que não estavam diretamente relacionados aos temas de interesse, garantindo a inclusão daqueles que contribuíram de forma significativa para a compreensão global da pesquisa. Considerou-se trabalhos publicados nas línguas portuguesa e inglesa.

Posteriormente, os estudos selecionados foram submetidos a uma análise crítica e minuciosa. Os principais conceitos, descobertas e conclusões relevantes foram identificados e sintetizados, visando proporcionar a compreensão da inter-relação entre REEE, logística reversa e educação ambiental escolar. Essa metodologia permitiu uma análise fundamentada, contribuindo para a contextualização e aprofundamento dos conceitos discutidos nesta pesquisa.

3 DISCUSSÃO TEÓRICA

3.1 A problemática dos resíduos eletroeletrônicos

De acordo com a Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos - ABREE, equipamentos eletrônicos são definidos como "aqueles produtos cujo funcionamento requer o uso de corrente elétrica ou campos eletromagnéticos" (ABREE, 2022, p. 10). Quando esses dispositivos se tornam resíduos, são denominados lixo eletrônico, e-lixo, resíduos de equipamentos eletroeletrônicos ou simplesmente resíduos eletroeletrônicos (GREEN ELETRON, 2021).

Conforme informações da ABREE (2022), esses equipamentos são categorizados em quatro grupos distintos: linha branca, linha marrom, linha azul e linha verde. A categoria de linha branca inclui geladeiras, aparelhos de ar-condicionado, lavadoras de roupas e louças. Por outro lado, a linha marrom abrange monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, bem como aparelhos de DVD, equipamentos de áudio e filmadoras. Itens como batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo e aspiradores de pó fazem parte da linha azul. Por fim, na linha verde, estão computadores, acessórios de informática, tablets e telefones celulares.

A necessidade legítima desses dispositivos que facilitam a vida moderna não pode ser ignorada. No entanto, o consumismo desenfreado, alimentado por estratégias de marketing e a cultura da novidade, amplifica os impactos negativos desses ciclos. Conforme destacado por Carvalho (2016), o avanço tecnológico tem possibilitado o constante lançamento de novos produtos, acelerando a obsolescência e tornando os objetos descartáveis com pouco tempo de uso. Isso, por sua vez, tem contribuído para o aumento desordenado da produção de resíduos em grande escala, que transcende as fronteiras locais e regionais, gerando um desafio de proporção global.

Assim, da extração de recursos minerais à fabricação e, posteriormente, ao descarte, cada etapa do ciclo de vida de um dispositivo eletrônico vem com sua própria pegada ecológica e social, pois toda vez que um produto é criado, ele inevitavelmente resultará em um problema a ser solucionado, uma vez que gera resíduos durante sua fabricação e descarte (NUNES;

BASTOS, 2018). Em um sistema de produção que prioriza o ciclo acelerado de obsolescência, os recursos naturais são extraídos em ritmo alarmante, contribuindo para a depleção ambiental e aumentando o potencial para conflitos geopolíticos.

O descarte irresponsável e má gestão dos REEE afetam o meio ambiente e têm sérias implicações para a saúde humana, devido à toxicidade presente nesses detritos (FREITAS; OLIVEIRA, 2021). De acordo com a pesquisa de Ferreira e Anjos (2001), resíduos contendo metais pesados, tais como chumbo, cádmio e mercúrio, apresentam efeitos prejudiciais com capacidade de se incorporarem à cadeia biológica, acumulando-se ao longo do tempo e podendo desencadear inúmeros problemas, como saturnismo, distúrbios no sistema nervoso, infecções, problemas cardiovasculares e câncer (WHO, 2021).

Os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos contêm metais pesados com potencial para contaminar o solo e os lençóis freáticos. Nesse contexto, a Organização Mundial da Saúde destaca com preocupação o crescente descarte inadequado de REEE, especialmente devido aos riscos que essa contaminação representa para populações mais vulneráveis (WHO, 2021).

Além disso, é estimado que milhões de pessoas pelo mundo, incluindo crianças, estejam envolvidas em atividades perigosas relacionadas ao processamento de resíduos, inclusive expostas a substâncias tóxicas presentes nos resíduos eletroeletrônicos (WHO, 2021). Essa exposição coloca as pessoas, em especial as crianças, em risco de uma série de problemas de saúde, desde intoxicação por metais pesados até dificuldades no desenvolvimento.

Em 2019 foram geradas globalmente cerca de 53,6 milhões de toneladas de REEE, um aumento de 21% nos últimos cinco anos, com projeções apontando crescimento para 74,7 milhões de toneladas até 2030. Entretanto, quantidade significativa desse lixo eletrônico não é adequadamente gerida, pois estima-se que apenas 17,4% foram coletados e reciclados de forma apropriada (FORTI *et al.*, 2020; WHO, 2021).

Isso significa que a grande maioria dos resíduos — 82,6% — não tem seu destino conhecido. É provável que esses REEE tenham sido descartados, vendidos ou reciclados de maneira imprópria. Essa situação resulta em um desperdício global anual de aproximadamente \$57 bilhões de dólares (USD) em valor de matérias-primas que foram descartadas de maneira inadequada e/ou ineficiente (ABREE, 2022; FORTI *et al.*, 2020)

Dessa maneira, as repercussões ecológicas da recuperação, descarte ou disposição inadequada dos REEE alcançam os estratos sociais e culturais. Segundo dados do E-Waste, relatório global das Nações Unidas, em 2019 a reciclagem inadequada de geladeiras e aparelhos de ar-condicionado resultou na emissão estimada de 98 milhões de toneladas de equivalentes de dióxido de carbono (CO₂) no meio ambiente, por exemplo (FORTI *et al.*, 2020).

No entanto, o manuseio adequado desses resíduos pode ter benefícios consideráveis, como a economia de até 15 milhões de toneladas de equivalentes de CO₂ em 2019 (FORTI *et al.*, 2020). Nesse sentido, Nunes e Bastos (2018) destacam a importância de incorporar a reutilização e reciclagem de resíduos em todo o processo de produção, pois isso reduz o uso de recursos naturais e contribui na geração de novos postos de emprego.

De acordo com o relatório “Resíduos eletroeletrônicos no Brasil - 2021”, divulgado por Green Eletron (2022), o Brasil se destaca como o quinto maior produtor mundial de resíduos eletroeletrônicos. Essa posição chama a atenção para a necessidade urgente de intervenções

eficazes. O mesmo relatório indica que apenas 3% desses resíduos são efetivamente reaproveitados ou reciclados no país. Essa baixa taxa de reaproveitamento não contribui para a sustentabilidade socioambiental, pois não gera emprego e renda e ainda desperdiça oportunidade significativa de engajamento em práticas mais circulares e responsáveis.

De acordo com Sant'Anna, Machado e Brito (2015), há iniciativas de coleta e reciclagem de REEE no Brasil, lideradas por empresas, ONGs e universidades, as quais são meritórias. Porém, são ações isoladas e sem colaboração contínua de outros atores da cadeia reversa, enfrentando dificuldades para alcançar sucesso. Isso sugere que uma abordagem mais integrada e colaborativa, envolvendo todos os atores, é necessária para obter sucesso na gestão sustentável de REEE no país.

3.2 Regulamentações e responsabilidade compartilhada no Brasil

No contexto dos desafios socioambientais, como a gestão de resíduos, as políticas públicas têm um papel fundamental. Nesse sentido, de acordo com Silva e Capanema (2019), países estão adotando medidas em suas políticas governamentais no intuito de diminuir a produção de resíduos, encorajando a economia circular por meio da reutilização, reciclagem e, quando isso não é possível, a transformação do lixo em energia. Para essas autoras, embora os países desenvolvidos enfrentem obstáculos na administração de resíduos, os países em desenvolvimento, como o Brasil, enfrentam desafios mais significativos nesse aspecto.

As iniciativas regulatórias e políticas relacionadas à gestão de REEE no Brasil têm evoluído ao longo do tempo, contribuindo de diversas maneiras para lidar com essa questão, conforme detalhado no Quadro 1.

Quadro 1- Principais Instrumentos Legais e Normativos para Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil

Instrumentos Legais e Normativos	Considerações
Resolução CONAMA Nº 257/1999	Foi um dos primeiros marcos regulatórios que abordaram a questão dos resíduos eletroeletrônicos no Brasil. A resolução chama a atenção para a necessidade de tratamento e disposição final adequados desses resíduos que têm em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos. (BRASIL, 1999)
Resolução CONAMA Nº 401/2008 Resolução CONAMA Nº 424/2010	Estas resoluções atualizam e complementam a anterior, com um foco particular na logística reversa, ou seja, na responsabilidade dos fabricantes e distribuidores em gerir o ciclo de vida dos produtos, incluindo sua disposição final. (BRASIL, 2008, 2010a)
Política Nacional de Resíduos Sólidos - (2010)	Este marco legal trouxe o conceito de responsabilidade compartilhada, significando que fabricantes, comerciantes e consumidores são igualmente responsáveis pelo destino dos resíduos gerados. A PNRS também lançou o Plano Nacional de Resíduos Sólidos como um de seus principais instrumentos. (BRASIL, 2010b)
Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (2015)	O Brasil assumiu compromissos dentro desta agenda global, incluindo o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12 que aborda produção e consumo sustentáveis, e indica metas específicas para a gestão responsável de resíduos. (ONU, 2015)

<p>Decreto Federal Nº 10.240/2020</p>	<p>Formalizou o Acordo Setorial para a Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos, complementar à PNRS, estabelece metas para fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes em relação à instalação de Pontos de Entrega Voluntária, à abrangência geográfica, e à coleta e destinação adequada de aparelhos eletroeletrônicos sem utilidade para os consumidores. (BRASIL, 2020)</p>
<p>Decreto Federal Nº 10.936/2022</p>	<p>Este decreto recente visa impulsionar a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil. Ele criou o Programa Nacional de Logística Reversa que tem como objetivos otimizar a implementação e a operacionalização da infraestrutura física e logística, proporcionar ganhos de escala e possibilitar a sinergia entre os sistemas. (BRASIL, 2022)</p>

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Numa sociedade cada vez mais impulsionada para o uso de dispositivos eletrônicos, a questão da gestão de resíduos se destaca como um desafio multidimensional que vai além da simples disposição de objetos descartados. Nesse sentido, cada um dos marcos regulatórios e políticos contribui para a gestão de REEE, seja promovendo a logística reversa, enfatizando a responsabilidade compartilhada ou estabelecendo metas concretas para a coleta e reciclagem.

A logística reversa é, de fato, uma importante ferramenta da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) do Brasil, instituída pela Lei nº 12.305/2010. Ela se refere ao conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para que possam ser reaproveitados, reciclados ou descartados de forma adequada no ambiente (BRASIL, 2010). A PNRS estabelece a logística reversa como uma das estratégias para enfrentar os desafios ambientais e sociais relacionados aos resíduos sólidos no país, principalmente aqueles que apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental

Carvalho (2016) aponta que a logística reversa reverbera no tratamento dos REEE e oferece benefícios ambientais, incluindo economia de energia, preservação de recursos naturais e redução de resíduos em aterros, ao mesmo tempo em que minimiza processos químicos prejudiciais. Além disso, o autor ressalta que traz benefícios sociais, especialmente para catadores de recicláveis, e proporciona às empresas retornos financeiros significativos através da obtenção de matéria-prima a custos mais baixos.

Todavia, essa eficácia só se concretiza mediante a participação de todos, incluindo o poder público, o setor empresarial e a sociedade em geral, na implementação do sistema de logística reversa. Nesse processo, é extremamente necessário que os consumidores devolvam os resíduos de maneira adequada. Porém, de acordo com pesquisa conduzida por Sant'anna, Machado e Brito, “experiências nacionais e internacionais de logística reversa revelam que a desarticulação dos atores da cadeia reversa é um problema a ser superado em quase todos os países” (2015, p. 101).

A fim de promover essa articulação entre os atores da cadeia e eficiência do sistema de logística reversa no país, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) introduziu o conceito de responsabilidade compartilhada. Esse conceito visa garantir que todos os participantes assumam sua parcela de responsabilidade na gestão sustentável de resíduos e produtos

descartados, contribuindo para a redução de impactos ambientais adversos e incentivando a economia circular (BRASIL, 2010).

No que diz respeito a metas concretas para coleta e reciclagem, o Acordo Setorial para a Logística Reversa de Produtos, formalizado pelo Decreto nº 10.240/2020, é um exemplo importante das medidas governamentais para lidar com resíduos eletrônicos de forma responsável e sustentável. Ele estabelece que, de 2021 até 2025, as empresas devem implementar mais de 5 mil Pontos de Entrega Voluntária nas 400 maiores cidades do país. Além disso, prevê uma coleta gradual ao longo desses cinco anos, culminando em 2025 com o equivalente a 17% do peso dos produtos lançados no mercado em 2018. (GREEN ELETRON, 2021; BRASIL, 2020).

Segundo a ABREE (2022), o acordo determinava, para 2021, que as empresas eram responsáveis por recolher 1% da quantidade em peso dos produtos que haviam colocado no mercado no ano-base de 2018, devendo manter essa proporção nas diferentes linhas de produtos. Assim, no referido ano, a meta de recolhimento estabelecida era de 10.924 toneladas de resíduos provenientes de equipamentos eletroeletrônicos e eletrodomésticos. Contudo, essa organização conseguiu recuperar 1.245 toneladas desses resíduos de equipamentos eletroeletrônicos utilizados em domicílios. Portanto, nesse ano a ABREE cumpriu 11,4% da meta estabelecida (ABRELPE, 2022).

Como observado por Sant'Anna, Machado e Brito (2015), a concretização de metas está longe de ser uma tarefa simples. Esses autores ressaltam que a articulação da cadeia reversa de eletroeletrônicos deve ser um processo gradual, devido à falta de experiência e colaboração entre o Estado brasileiro, o mercado e a sociedade.

A ABREE (2022) reconhece que, apesar dos seus esforços para a coleta de materiais eletroeletrônicos, a meta estabelecida pelo Decreto nº 10.240/2020 não foi alcançada. A organização destaca que atingir as metas só será viável por meio da conscientização do consumidor na hora de descartar esses materiais e da implementação de novas medidas de incentivo, pois isso ajudaria a reduzir as chances de que o sistema seja ineficaz e não cumpra seu propósito de forma eficiente.

Corroborando, Rodrigues e Menti (2017) já haviam alertado que, apesar dos avanços nas políticas de gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil, ainda existe um desafio significativo em relação à conscientização pública. Conforme os autores, muitas pessoas não têm pleno conhecimento das práticas adequadas de descarte, o que resulta em cenários onde resíduos são abandonados em lugares impróprios. Portanto, demonstra que, embora o governo venha implementando medidas, a falta de conscientização continua a ser um obstáculo para um gerenciamento eficaz de resíduos sólidos no país.

3.3 Educação ambiental e a formação do cidadão consciente

No contexto da gestão responsável de resíduos eletroeletrônicos, é imperativo compreender a importância do cidadão. Este pode contribuir para redução da produção desses resíduos e melhoria da eficiência na sua gestão. Entretanto, uma pesquisa realizada pela Green Eletron (2022) revela que muitos cidadãos no Brasil não estão cientes dos riscos ambientais e de saúde associados ao descarte inadequado dos REEE. Um dos resultados dessa pesquisa

mostra, por exemplo, que 75% dos entrevistados não estão cientes de que todos os eletroeletrônicos podem ser reciclados se descartados de maneira adequada.

Esta falta de conhecimento sobre o que constitui lixo eletrônico e como descartá-lo corretamente contribui para práticas inadequadas de descarte, relegando ao cidadão, neste caso, o status de poluidor. Nesse contexto, Gobira, Castilho e Vasconcelos (2015) constatarem que políticas como a PNRS enfrentam desafios na implementação devido à falta de conhecimento, compreensão e adesão às diretrizes e recomendações por parte de todas as partes envolvidas, incluindo a sociedade civil. Essa lacuna entre a formulação das políticas e sua execução efetiva destaca a necessidade de um enfoque mais abrangente que vá além da regulamentação, evidenciando possibilidades para envolvimento da população para a resolução de problemas.

Jacobi (1998) identifica a postura de desresponsabilização da população em relação às questões ambientais como resultado da falta de informação, conscientização ambiental e envolvimento comunitário. Por sua vez, Reigota (1998) enfatiza a importância do princípio da conscientização para sensibilizar as pessoas em relação aos problemas ambientais globais e realça a relevância do conhecimento para compreender essas questões e as responsabilidades individuais.

A educação ambiental, nesse contexto, pode desempenhar um papel relevante. Porém, ela não deve se limitar apenas à transmissão de conhecimento, mas também concentrar-se no desenvolvimento de atitudes responsáveis em relação à sustentabilidade. Conforme Bandeira, Ximenes e El-Deir (2016) e Cavalcante (2016) destacam, a educação ambiental capacita os indivíduos com as informações, habilidades e disposições necessárias para provocar mudanças de comportamento.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais, a educação ambiental pode desencadear impactos sociais significativos ao promover atitudes e valores de cidadania (BRASIL, 1997). Para tal, Reigota (2009) assevera que a educação ambiental deve transcender o mero ensino sobre o meio ambiente, pois ela deve ser uma forma de educação política que empodera os cidadãos a demandarem e contribuírem para uma sociedade justa que abranja tanto o âmbito nacional quanto global, promovendo a autogestão e relações éticas com a comunidade e a natureza.

Por conseguinte, a educação ambiental transcende o paradigma naturalista, que a percebe como o cuidado utópico dos ecossistemas e da vida selvagem, como algo distante da vida cotidiana. Ela incorpora questões ambientais na vida cotidiana e social, desde escolhas individuais até questões políticas, convidando à reflexão sobre a estrutura da vida, suas origens, impactos e o papel dos cidadãos. Assim, a educação ambiental se torna fundamentalmente uma forma abrangente de educação (DOURADO; BELIZÁRIO; PAULINO, 2015).

Carvalho (2004) destaca que essa educação ambiental crítica promove a formação do indivíduo como parte integrante da sociedade e da história, enfatizando a responsabilidade comum pelo ambiente e pela sociedade, sem divisões rígidas. Essa abordagem visa revelar a realidade em sua totalidade, abrangendo aspectos ambientais, sociais e políticos, bem como procura integrar o processo educativo na realidade com o objetivo de promover a transformação da sociedade (GUIMARÃES, 2004). Nesse âmbito, a educação ambiental desempenha uma função basilar na formação de cidadãos conscientes, capacitando-os a

compreender as complexidades do mundo contemporâneo e a contribuir ativamente para a sustentabilidade do planeta.

3.3.1 O papel da escola

A PNRS, além de estabelecer diretrizes à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, reconhece a educação ambiental como um de seus instrumentos. Essa lei está integrada à Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA e opera em consonância com a Política Nacional de Educação Ambiental - PNEA (BRASIL, 2010). Estas políticas reconhecem a capacidade das instituições de ensino de desempenhar função de destaque na formação cidadã e comunitária.

Por isso mesmo, a PNMA defende que a educação ambiental deve ser integrada em todos os níveis de ensino, visando capacitar o cidadão para a participação ativa na proteção do meio ambiente (BRASIL, 1981). Paralelamente, a PNEA assegura que é um direito de todos e deve ser incorporada em todos os níveis e modalidades de educação, tanto formal quanto não formal (BRASIL, 1999).

Dourado, Belizário e Paulino destacam que “se a sociedade deve direcionar-se para práticas mais sustentáveis, a escola como espaço social destinado a educar, deve ser uma instância de formação dessa reorientação” (2015, p. 40). Nessa mesma linha de pensamento, Besen (2012) ressalta o papel significativo das escolas na promoção do desenvolvimento sustentável ao estimular a cidadania ativa, abordando questões como consumo sustentável e uma gestão adequada de resíduos, abrangendo a redução, reutilização e reciclagem.

Assim, conforme afirmado por Reigota (2009), desde a creche até a pós-graduação, a escola é um ambiente propício para a educação ambiental. Dentro dessa perspectiva por ele apresentada, o ensino ambiental não deve se restringir a faixas etárias específicas, mas concebido como um processo contínuo ao longo da vida, devendo ser adaptado para atender às distintas faixas etárias, tanto em relação ao conteúdo quanto à metodologia.

Em termos políticos, Moran (2007) enfatiza a importância de transformar as escolas em espaços de cooperação, inclusão e conscientização. Isso pode ser alcançado ao envolver a comunidade local, conectando o que é ensinado na sala de aula com situações da vida real e oferecendo oportunidades para que as famílias e a comunidade aprendam. Essa abordagem, como observado por Besen, beneficia tanto a escola quanto a comunidade ao seu redor, uma vez que “as pequenas ações voltadas para a sustentabilidade começam em casa, na e scola e no bairro” (2012, p. 43).

Para tanto, Reigota (2009) destaca que, mesmo quando a educação ambiental nas escolas se concentra no cotidiano dos alunos, ela não deve ignorar assuntos aparentemente distantes. Haja vista que o objetivo é desenvolver a identidade e a participação não apenas como cidadãos brasileiros, mas como cidadãos globais conscientes de seu papel no contexto planetário.

Assim, a escola pode desempenhar um papel fundamental na promoção da educação ambiental, capacitando os alunos a serem cidadãos informados e engajados. Ao criar um ambiente de aprendizado que incentiva a reflexão crítica, a responsabilidade e a ética, a escola contribui para a formação de indivíduos preparados para a emancipação e para a mudança

positiva na sociedade (DOURADO; BELIZÁRIO; PAULINO, 2015). Dessa forma, a transformação da sociedade começa pela transformação dos locais de aprendizado e convívio, sendo que a escola desempenha um papel-chave nesse processo.

3.3.2 REEE, legislação e educação ambiental escolar

A gestão de REEE é um desafio complexo e requer uma abordagem holística. Dentro dessa conjuntura, as regulamentações e a educação ambiental desempenham funções interligadas e complementares na busca por uma gestão mais eficaz e alinhada com os princípios de responsabilidade e sustentabilidade relacionados a esses resíduos. Assim, a sinergia entre esses elementos torna-se fundamental no enfrentamento dos problemas socioambientais associados aos REEE.

Nessa perspectiva, pesquisas em ambientes escolares têm se mostrado promissoras em demonstrar a relevância dessas instituições ao abordar a problemática. Os resultados da prática educativa de Freitas e Oliveira (2021) destacam a necessidade de campanhas de conscientização sobre os REEE e o fortalecimento do conhecimento acerca da legislação para sua correta aplicação. A intervenção educacional descrita por Morozesk e Coelho (2016) demonstra que por meio da educação ambiental os estudantes compreendem a importância do descarte ecologicamente correto do REEE, capacitando-se a adotar práticas sustentáveis e a influenciar suas famílias nessas ações.

O trabalho de Marques, Drehmer-Marques e Persich (2018) sinaliza que atividades relacionadas ao lixo eletrônico têm o potencial de sensibilizar os estudantes, promovendo ações de cidadania, atitudes colaborativas e a promoção dos princípios dos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar). A intervenção de Santos *et al.* (2021) aponta que a utilização da logística reversa como estratégia educacional capacita cidadãos críticos que podem influenciar positivamente a sociedade, estendendo o impacto dessas ações para além do ambiente escolar, alcançando a própria comunidade.

Esses trabalhos realizados em escolas demonstram a educação ambiental como ferramenta essencial na conscientização sobre os REEE e na promoção da logística reversa. Desta forma, tais iniciativas configuram exemplos com resultados notáveis ao contribuir para compreensão mais profunda das questões relacionadas aos REEE e incentivar práticas responsáveis de aquisição, descarte e reciclagem.

4 CONCLUSÃO

Diante do desafio global pela crescente expansão do mercado de eletroeletrônicos, aliada à obsolescência veloz de dispositivos e ao descarte inadequado e a consequente necessidade de uma gestão responsável dos REEE, este trabalho buscou descrever a inter-relação entre resíduos eletroeletrônicos, logística reversa e educação ambiental escolar.

A rápida produção e disposição imprópria dos REEE causam a exaustão de recursos naturais, degradação ambiental e ameaçam a saúde, sobretudo em comunidades vulneráveis. Além disso, a falta de valorização e reutilização desses resíduos resulta na perda de oportunidades para a criação de empregos e geração de renda. Nesse cenário, no âmbito

brasileiro medidas regulatórias e políticas vêm sendo implementadas para promover a gestão responsável desses resíduos, com destaque para a responsabilidade compartilhada e o sistema de logística reversa. Entretanto, relatórios e pesquisas têm destacado a ineficácia na coleta de REEE, frequentemente atribuída à falta de conscientização da população.

É evidente que o cidadão desempenha um papel primordial em todas as fases do ciclo de vida desses produtos, desde a decisão de aquisição, passando pela escolha de opções mais sustentáveis, utilização eficiente para prolongar a vida útil, até o descarte responsável. Em resumo, o cidadão tem oportunidades em todas essas etapas para agir de forma mais responsável e participativa. Ademais, dotado do conhecimento adequado, o cidadão pode influenciar outros atores da cadeia, como empresas e governos, a adotarem e cumprirem ações eficazes na gestão dos resíduos.

Assim, a eficácia das políticas depende, em grande parte, do envolvimento ativo dos cidadãos, embora muitos ainda não estejam conscientes dos riscos ambientais e de saúde associados aos REEE, o que resulta em práticas inadequadas de descarte. Os resultados da pesquisa ressaltam a importância da mudança de comportamento por parte dos cidadãos, os quais podem contribuir de forma mais eficaz, para a logística reversa, se estiverem devidamente informados e conscientes de suas responsabilidades. Esse conhecimento é necessário para garantir a utilização apropriada, por exemplo, dos pontos de coleta, conforme preconizado pelos instrumentos legais e normativos brasileiros.

A educação ambiental se apresenta como uma ferramenta valorosa para preencher essa lacuna de conhecimento, capacitando as pessoas com informações, habilidades e atitudes indispensáveis para promover a transformação de comportamento e a adoção de práticas mais responsáveis na gestão dos resíduos. A educação ambiental escolar, em particular, emerge como um pilar para o alcance do desenvolvimento sustentável, sendo imperativo que sua presença seja fortalecida tanto na educação básica quanto no ensino superior. Este estudo evidencia sua importância na formação de cidadãos mais conscientes e engajados em relação aos desafios socioambientais, especialmente aqueles causados pelo descarte inadequado dos REEE.

Vale ressaltar, no entanto, que ele possui limitações tendo seu foco predominante em contextos educacionais formais, deixando de explorar outros ambientes de aprendizagem, como o doméstico, o comunitário e o corporativo. Além disso, embora tenha destacado o mérito da educação ambiental e do papel das escolas na formação de cidadãos, não aprofundou os detalhes da implementação de programas educacionais voltados à temática dos resíduos eletroeletrônicos.

Portanto, propõe-se que futuras pesquisas explorem como outros cenários de educação não-formal podem contribuir para a formação de cidadãos mais conscientes em relação aos problemas socioambientais locais e globais. Outrossim, estudos subsequentes podem se concentrar na avaliação da eficácia de programas específicos de educação ambiental nas escolas e em estratégias para otimizar seu impacto na conscientização e no engajamento dos estudantes em relação à gestão dos resíduos eletroeletrônicos.

REFERÊNCIAS

ABREE - Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos. **Relatório Anual de Desempenho do Sistema de Logística Reversa (SLR) de Eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico.** Mar. 2022. Disponível em: <https://abree.org.br/relatorio-anual>. Acesso em: 20 set. 2023.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil:** 2022. Dez. 2022. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 05 set. 2023.

BANDEIRA, D. de A.; XIMENES, T. C. F.; EL-DEIR, S. G. Percepção de alunos do ensino médio sobre geração de resíduos em uma escola de recife-PE. In: EL-DEIR, S. G.; AGUIAR, W. J. de; PINHEIRO, S. M. G. **Educação ambiental na gestão de resíduos sólidos.** Recife: EDUFRPE, 2016. p. 25-32.

BESEN, G. R. Resíduos sólidos: políticas públicas, educação e gestão. In: DOURADO, J.; BELIZÁRIO, F. **Reflexão e práticas em educação ambiental: discutindo o consumo e a geração de resíduos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto DE 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília: Presidência da República, 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 20 ago. 2023.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: meio ambiente, saúde.** Ministério da Educação e do Desporto: Secretaria de Educação Fundamental. Brasília, 1997.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999.** Institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília: Presidência da República, 1999. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 20 ago. 2023.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 257, de 30 de junho de 1999.** Estabelece que pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, tenham os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequados. Diário Oficial da União nº 139, de 22/07/1999, págs. 28-29. 1999. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>. Acesso em: 28 ago. 2023.

BRASIL. **Cidades sustentáveis:** subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000.

BRASIL. 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, e dá outras providências. Diário Oficial da União nº 215, 5 nov. 2008, Seção 1, p. 108-109. 2008. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>. Acesso em: 28 ago. 2023.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 424, DE 22 de abril de 2010.** Revoga o parágrafo único do art. 16 da Resolução nº 401/2008. Diário Oficial da União nº 76, de 23/04/2010, pág. 113. 2010a. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>. Acesso em: 28 ago. 2023.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Presidência da República, 2010b. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 20 ago. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020.** Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Brasília: Presidência da República, 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10240.htm. Acesso em: 28 ago. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022.** Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Presidência da República, 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10936.htm#art91. Acesso em: 28 ago. 2023

CARVALHO, I. C. de M. Educação ambiental crítica: nomes e endereçamentos da educação. In: LAYRARGUES, P. P. (Coord.). **Identidades da Educação Ambiental brasileira**. Brasília: MMA, 2004

CARVALHO, M. R. B. **Logística reversa e coleta seletiva do lixo**: a educação ambiental como ferramenta auxiliar no processo de reciclagem do lixo eletrônico. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos. Belém, p. 119, 2016. Disponível em: <https://ppgpe.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/Dissertacao2016-PPGEP-MP-MarioRicardoBentodeCarvalho.pdf> . Acesso em: 20 set. 2023.

CAVALCANTE, M. B. Percepção ambiental sobre os resíduos sólidos: relato de experiência na educação básica. In: EL-DEIR, S. G.; AGUIAR, W. J. de; PINHEIRO, S. M. G. **Educação ambiental na gestão de resíduos sólidos**. Recife: EDUFRRPE, 2016. p. 8-17.

COSTA, G. F. V. da; LUIZ, G. V.; SILVA, M. R. N. Proposição e validação de uma escala de avaliação do comportamento de descarte de lixo eletroeletrônico. **Revista ADMPG**, v. 11, p. 1–13, 2021. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/admpg/article/view/19702>. Acesso em: 01 set. 2023.

DOURADO, J.; BELIZÁRIO, F.; PAULINO, A. **Escolas sustentáveis**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

FERREIRA, J. A.; ANJOS, L. A. dos. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 689–696, mai-jun, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/zL8TvrTtCdmftbsmWjckGcm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 ago. 2023.

FORTI, V, BALDÉ CP, KUEHR R, BEL G. **The Global E-waste Monitor 2020**: quantities, flows and the circular economy potential. Bonn, Geneva and Vienna: United Nations University, International Telecommunication Union and International Solid Waste Association; 2020. Disponível em: https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM_2020_def.pdf . Acesso em: 01 set. 2023.

FREITAS, R. R. de; OLIVEIRA, V. Z. de. Educação Ambiental e o descarte de resíduos eletroeletrônicos no sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 16, n. 4, p. 134–152, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/11872>. Acesso em: 01 set. 2023.

GOBIRA, A. S.; CASTILHO, R. A. de A.; VASCONCELOS, F. C. W. Contribuições da Educação Ambiental na Política Nacional de Resíduos Sólidos. **REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 34, n. 1, p. 57–71, 2017. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/6567>. Acesso em: 20 set. 2023.

GREEN ELETRON - Gestora para Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos. **Resíduos eletrônicos no Brasil 2021**. 2021. Disponível em: http://greeneletron.org.br/download/RELATORIO_DE_DADOS.pdf . Acesso em: 01 set. 2023.

GUIMARÃES, M. Educação Ambiental Crítica. In: LAYRARGUES, P. P. (Coord.). **Identidades da Educação Ambiental brasileira**. Brasília: MMA, 2004.

JACOBI, P. Educação ambiental e cidadania. CASCINO, F.; OLIVEIRA, J. F. de; JACOBI, P. In: **Educação, meio ambiente e cidadania**: Reflexões e experiências. São Paulo: SMA, 1998. p. 6-9.

MARQUES, J. F. Z.; DREHMER-MARQUES, K. C.; PERSICH, G. D. O. EDUCAÇÃO AMBIENTAL ALIADA AO ENSINO DE QUÍMICA: DESCARTES DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS. **Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental**, v. 23, n. 2, p. 307–321, 2018. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/8442>. Acesso em: 11 out. 2023.

MORAN, J. M. **A educação que desejamos**: Novos desafios e como chegar lá. Campinas, SP: Papirus, 2007.

MOROZESK, M.; COELHO, G. R. Lixo Eletrônico “Uso e Descarte”: uma proposta de intervenção em uma Escola Pública de Vitória-ES. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 2, p. 317–338, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4377>. Acesso em: 11 out. 2023.

NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Agenda 2030**: Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12 - Consumo e produção responsáveis. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em 15 ago. 2023.

NUNES, A.C. T.; BASTOS, V. P. Políticas públicas de sustentabilidade urbana no gerenciamento de resíduos sólidos. **O Social em Questão**, v. 21, n. 40, p. 253-265, 2018. Disponível em: http://osocialemquestao.ser.puc-rio.br/media/OSQ_40_art_11_Nunes_Bastos.pdf. Acesso em: 15 set. 2023.

REIGOTA, M. Desafios à educação ambiental escolar. CASCINO, F.; OLIVEIRA, J. F. de; JACOBI, P. In: **Educação, meio ambiente e cidadania**: Reflexões e experiências. São Paulo: SMA, 1998. p. 30-35.

REIGOTA, M. **O que é educação ambiental?** São Paulo: Editora Brasiliense, 2009.

RODRIGUES, C. R. P.; MENTI, M. de M. Resíduos Sólidos: Gerenciamento e Políticas Públicas Federais. **Cadernos do Programa de Pós-Graduação em Direito – PPGDir/UFRGS**, v. 11, n. 3, 2017. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ppgdir/article/view/66487>. Acesso em: 20 set. 2023.

SANT'ANNA, L. T.; MACHADO, R. T. M.; BRITO, M. J. de. A logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil e no mundo: o desafio da desarticulação dos atores. **Sustainability in Debate**, v. 6, n. 2, p. 88-105, 2015. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/download/15726/14043/26764>. Acesso em: 20 ago. 2023.

SANTOS, A. dos; MESQUITA, A. do N. S.; CARACIOLO, M. C. de M.; COSTA, V. S. de O. Logística reversa como instrumento de sustentabilidade ambiental em uma escola pública. **Educação**, v. 46, n. 1, p. 1-19, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reeducacao/article/view/42622>. Acesso em: 11 out. 2023.

SILVA, V. P. M.; CAPANEMA, L. X. L. Políticas públicas na gestão de resíduos sólidos: experiências comparadas e desafios para o Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 50, p. 153-200, set. 2019. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/19062>. Acesso em: 06 ago. 2023.

WHO - World Health Organization. **Children and digital dumpsites**: e-waste exposure and child health. Geneva: World Health Organization, 2021. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240024557>. Acesso em: 25 ago. 2023.