

Proposta de intervenção pedagógica na EPT: a problemática dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos

Proposal for a pedagogical intervention in EPT: the problem of waste electrical and electronic equipment

Propuesta de intervención pedagógica en EPT: el problema de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos

Recebido: 29/05/2022 | Revisado: 09/06/2022 | Aceito: 12/06/2022 | Publicado: 25/06/2022

Alessandra de Souza Gomes Clementino

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6601-8997>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Brasil
E-mail: alessandra.clementino@academico.ifpb.edu.br

Rodiney Marcelo Braga dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7308-6587>
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Brasil
E-mail: rodiney.santos@ifpb.edu.br

Resumo

O uso crescente de eletroeletrônicos associado a rápida obsolescência desses bens, gera, proporcionalmente, o acúmulo de resíduos, também denominados “lixo tecnológico”. Ao descartar esses produtos de maneira inadequada, além de desperdiçar a matéria-prima já escassa no planeta, também compromete a saúde ambiental. Partindo desse pressuposto, o objetivo deste trabalho consiste em apresentar uma proposta de intervenção pedagógica no cerne da problemática de destino final dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), a partir da Logística Reversa (LR), utilizando estratégias da Educação Ambiental (EA). Para isso, a abordagem da interdisciplinaridade e transversalidade, no ambiente da Educação Profissional e Tecnológica (EPT), desenha o percurso metodológico, com alcance os eixos estruturantes Ambiente, Saúde e Segurança, bem como Tecnológico, Informação e Comunicação. Utilizou-se como tipologia da pesquisa a abordagem qualitativa, objetivo exploratória e procedimentos de ordem bibliográfica. Contudo, as proposições aqui colocadas, podem refletir no processo de aprendizado que é complexo, contínuo e desafiador e na formação de profissionais que atendam as demandas da sociedade contemporânea.

Palavras-chave: Educação profissional e tecnológica; Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos; Logística reversa; Ensino.

Abstract

The growing use of electronics associated with the rapid obsolescence of these goods, generates, proportionally, the accumulation of waste, also called “technological waste”. By improperly disposing of these products, in addition to wasting raw material that is already scarce on the planet, it also compromises environmental health. Based on this assumption, the objective of this work is to present a proposal for a pedagogical intervention at the heart of the problem of the final destination of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), from Reverse Logistics (LR), using strategies of Environmental Education (EA). For this, the approach of interdisciplinarity and transversality, in the environment of Vocational and Technological Education (EPT), outlines the methodological path, reaching the structuring axes Environment, Health and Safety, as well as Technological, Information and Communication. The qualitative approach, exploratory objective and bibliographic procedures were used as research typology. However, the propositions presented here may reflect on the learning process, which is complex, continuous and challenging, and on the training of professionals who meet the demands of contemporary society.

Keywords: Professional and technological education; Waste electrical and electronic equipment; Reverse logistic; Teaching.

Resumen

El creciente uso de la electrónica asociado a la rápida obsolescencia de estos bienes, genera, proporcionalmente, la acumulación de residuos, también llamados “residuos tecnológicos”. Al desechar de manera inadecuada estos productos, además de desperdiciar materia prima que ya escasea en el planeta, también compromete la salud ambiental. A partir de este supuesto, el objetivo de este trabajo es presentar una propuesta de intervención pedagógica en el centro de la problemática del destino final de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), desde la Logística Inversa (LR), utilizando estrategias de Gestión Ambiental. Educación (EA). Para eso, el enfoque de

interdisciplinariedad y transversalidad, en el ámbito de la Educación Profesional y Tecnológica (EPT), perfila el camino metodológico, alcanzando los ejes estructurantes Medio Ambiente, Salud y Seguridad, así como Tecnología, Información y Comunicación. Se utilizó como tipología de investigación el enfoque cualitativo, objetivo exploratorio y procedimientos bibliográficos. Sin embargo, las proposiciones aquí presentadas pueden reflexionar sobre el proceso de aprendizaje, que es complejo, continuo y desafiante, y sobre la formación de profesionales que atiendan las demandas de la sociedad contemporánea.

Palabras clave: Educación profesional y tecnológica; Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos; Logística inversa; Enseñanza.

1. Introdução

Ao considerarmos o avanço tecnológico no cenário atual, a utilização global de equipamentos eletroeletrônicos facilitou o cotidiano das pessoas, os quais estão presentes na maioria dos lares e das empresas, que incluem desde utensílios básicos de cozinha até dispositivos de tecnologias de informação e comunicação, tais como *laptops* e telefones celulares, estes últimos, contando com 7,7 bilhões de usuários em todo o mundo (Forti, 2019). Em contraponto, a obsolescência dos bens duráveis e o consumismo sendo estimulado através da mídia, desencadeia a aquisição de novos equipamentos em substituição aos que são considerados “ultrapassados”.

O uso progressivo das tecnologias e o lançamento constantemente no mercado de produtos com diferentes atualizações e funcionalidades estimula esse aumento do consumo, especialmente os eletroeletrônicos. Como consequência disso, os resíduos provenientes desses equipamentos ao serem descartados em locais inadequados, provocam danos à saúde ambiental, em vista da quantidade e toxicidade dos seus componentes, os quais podem contaminar o solo e os cursos d’água, bem como apresentam riscos aos trabalhadores que atuam diretamente com os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), a exemplo das cooperativas de materiais recicláveis (Giese *et al.*, 2021).

Convém ressaltar que o descarte inadequado desses resíduos, além de representar impacto negativo ao meio ambiente, constitui desperdício de matéria-prima, uma vez que os REEE poderiam ser convertidos ou transformados para atender diferentes indústrias. Neste sentido, para tornar esse sistema regenerativo, a Logística Reversa (LR) surge como instrumento capaz de promover a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial ou favorecer a destinação final ambientalmente adequada, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social, conforme prevê o Art. 13, do Decreto nº 10.936 (Brasil, 2022).

Destarte, é necessário discutir essa temática em diferentes espaços sociais, no sentido de estimular a reflexão sobre o nosso padrão de consumo e como se beneficiar dos recursos naturais disponibilizados pela natureza de maneira racional, e não predatória. Para alcançar este propósito, é fundamental intervir pedagogicamente por meio da Educação Ambiental (EA), uma vez que esta possui seu papel transformador e emancipatório, reconhecida por abordar a ligação entre a natureza, os aspectos socioculturais, a produção, o trabalho e o consumo, conforme preceitua a Resolução nº 2, que estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (Brasil, 2012).

Ademais, é relevante o estudo do dispositivo legal nº 12.305/2010 que dispõe sobre os instrumentos e diretrizes para o correto manejo dos resíduos sólidos em todo o país (Brasil, 2010) e de outras leis correlatas, com o intuito de levantar discussões acerca do assunto, criando um espaço propício para reflexão, logo, garantindo o acesso à informação em linguagem adequada, de modo a contribuir para o desenvolvimento de uma consciência crítica e estimular uma mudança socioambiental.

Assim, mediante este trabalho, busca-se discutir essa realidade no contexto da Educação Profissional e Tecnológica (EPT), a fim de colaborar para o desenvolvimento de competências para os exercícios da cidadania, na perspectiva do desenvolvimento sustentável conforme descreve o Art. 7, da Resolução CNE/CP nº 1/2021 (Brasil, 2021). Para tanto, objetiva-se apresentar uma proposta de intervenção pedagógica no cerne da problemática de destino final dos REEE, a partir da LR, ambas inseridas através da EA; incumbida às instituições educativas a função de promovê-la de maneira integrada aos

programas educacionais que desenvolvem, conforme descreve a Lei nº 9.795/99 que dispõe sobre a EA e institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências (Brasil, 1999).

Para construção metodológica deste trabalho, utilizou-se como tipologia da pesquisa a abordagem qualitativa, objetivo exploratória e procedimentos de ordem bibliográfica. Neste sentido, a partir da Resolução CNE/CP nº 1/2021, buscou-se nos pressupostos da interdisciplinaridade e transversalidade repertório metodológico para a proposta de intervenção pedagógica. A primeira, fundamenta-se na ideia de interação entre as disciplinas ou áreas do conhecimento, em que os estudos e práticas de ensino, devem ser tratados de maneira contextualizada e interdisciplinar (Brasil, 2021) e a segunda é abordada amplamente no Parecer nº 7/2010:

orienta para a necessidade de se instituir, na prática educativa, uma **analogia entre aprender conhecimentos teoricamente sistematizados** (aprender sobre a realidade) e as **questões da vida real** (aprender na realidade e da realidade). Dentro de uma compreensão interdisciplinar do conhecimento, a transversalidade tem significado, sendo **uma proposta didática** que possibilita o tratamento dos conhecimentos escolares de forma integrada. Assim, nessa abordagem, a gestão do conhecimento parte do pressuposto de que **os sujeitos são agentes da arte de problematizar e interrogar**, e buscam procedimentos interdisciplinares capazes de acender a chama do **diálogo entre diferentes sujeitos, ciências, saberes e temas** (Brasil, 2010, p. 24, grifos nossos).

O presente artigo é constituído pela introdução, com a exposição da problemática e apresentação dos principais objetivos. Na sequência, a fundamentação é discorrida, explorando-se, brevemente, conceitos sobre os REEE e alguns dos dispositivos legais, como a Lei nº 12.305/2010 e o Decreto nº 10.936/2022. Em seguida, propõe-se através de uma intervenção pedagógica, no âmbito da EPT, abordar a problemática de destino final dos REEE a partir da LR, de acordo com os preceitos da EA.

2 Destaques teóricos: alguns esclarecimentos

2.1 A questão dos resíduos de equipamentos

De acordo com Xavier et al. (2020), os resíduos resultantes de equipamentos que demandam energia para o seu funcionamento (corrente elétrica, pilhas ou baterias) são definidos como REEE. Também, podem ser denominados de “lixo eletrônico” ou *e-lixo*, os produtos eletroeletrônicos que se encontram no final da sua vida útil (Bosquesi; Ferreira, 2018). No entanto, geralmente, só chegam a esse ponto, depois de esgotadas todas as possibilidades de reparo, utilização ou reuso (Giese et al., 2021).

Atualmente, para os REEE existe um sistema de classificação internacional, dividido em 06 (seis) categorias, conforme descritos na Figura 1. Cada categoria foi definida considerando-se as características e composição de seus materiais, além do perfil de vida útil, o valor econômico e a tecnologia empregada na reciclagem, que diferem entre as categorias (Baldé et al., 2015).

Figura 1. Classificação dos REEE.



Fonte: Baldé *et al.* (2015).

No Brasil, segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2012), os REEE podem ser divididos em 04 (quatro) categorias: Linha Branca (refrigeradores e congeladores, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar); Linha Marrom (monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras); Linha Azul (batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó, cafeteiras) e Linha Verde (computadores desktop e laptops, acessórios de informática, tablets e telefones celulares).

Acrescenta-se a proposta de Xavier (2020), que classifica os REEE em 08 (oito) categorias, quais sejam: eletrodomésticos; eletroeletrônicos; monitores; informática e telecomunicação; fios e cabos; equipamentos de iluminação; pilhas e baterias, além dos painéis fotovoltaicos, estes últimos, também deverão ser inseridos mediante o aumento do descarte desses produtos pós-consumo.

Com o uso dos eletroeletrônicos em larga escala, a geração dos REEE tem crescido gradativamente. Em exemplo disso, é que no ano de 2014, foi produzida uma quantidade global de 44,4 milhões de toneladas. Em 2019, foram gerados 53,6 milhões de toneladas em todo o mundo. Essa geração dos REEE deverá aumentar para 74,7 milhões de toneladas, em todo o planeta, até o ano de 2030 (Forti *et al.*, 2020). Inclusive, a pesquisa “Resíduos Eletrônicos no Brasil”, publicada em 2021 pela empresa *Green Eletron*¹, ilustra que o Brasil ocupa a quinta posição no *ranking* mundial de produção dos REEE.

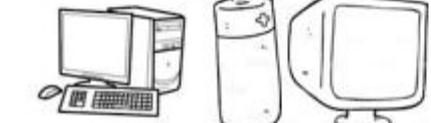
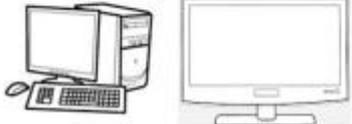
Um aspecto relevante corresponde ao fato de que muitos brasileiros não sabem definir o que são REEE. Assim, por falta de informações claras sobre o que fazer com esses produtos, eles acabam sendo guardados em casa para evitar o descarte na natureza, a exemplo de celulares, *smartphones*, pilhas e baterias (Green Eletron, 2021).

Acerca da composição heterogênea dos REEE, ao terem suas partes internas expostas, podem liberar metais pesados a exemplo de mercúrio, cádmio e chumbo, cuja capacidade de bioacumulação, faz com que substâncias ou compostos químicos sejam absorvidos por diferentes níveis tróficos ao longo da cadeia alimentar. Isso, produz efeitos tóxicos sobre a saúde das pessoas, de maneira aguda ou crônica (Moreira, Moreira, 2004).

A Figura 2, traz os principais elementos e seus respectivos danos causados à saúde humana.

¹ Gestora para LR de eletrônicos.

Figura 2. Metais pesados e os respectivos danos provocados à saúde humana.

METAIS	APLICAÇÃO EM ELETROELETRÔNICOS	PRINCIPAIS DANOS CAUSADOS À SAÚDE
Alumínio Al		Fatores ambiental da ocorrência da doença de Alzheimer.
Bário Ba		Provoca danos ao coração, fígado e baço. Edema cerebral e fraqueza muscular.
Cádmio Cd		Acumula-se nos rins, fígado, pulmões, pâncreas; pode gerar descalcificação óssea, lesão renal, enfisema pulmonar, além de efeitos teratogênicos (deformação fetal) e carcinogênicos (câncer).
Chumbo Pb		Acumula-se nos ossos, cabelos, unhas, cérebro, fígado e rins; em baixas concentrações causa dores de cabeça e anemia. Exerce ação tóxica no sangue, no sistema nervoso, no sistema renal e no fígado. Pode levar à morte.
Cobre Cu		Causa lesões no fígado.
Mercurio Hg		Causa danos cerebrais e ao fígado.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Da Silva, Martins e De Oliveira (2007); Durán e Moraga (2010); Favera (2008).

No que concerne ao descarte dos REEE, Rossini e Napolini (2017) apontam que pode ocorrer em razão da obsolescência programada, que consiste na diminuição do tempo de duração dos produtos eletroeletrônicos, manipulada pelos fabricantes, com o objetivo de aumentar exponencialmente o consumo. Antes, época em que os produtos tinham uma durabilidade maior em razão da sua qualidade, os fabricantes perceberam que a extensa vida útil de seus produtos interferia na lucratividade, portanto, cogitaram a possibilidade de encurtar esse tempo (Pereira *et al.*, 2017).

De acordo com Ferreira e Peiter (2020), atualmente é comum alguns produtos funcionarem bem apenas no período de garantia dos fabricantes, a exemplo de *smartphones*, que em curto espaço de tempo apresentam defeitos como superaquecimento ou esgotamento da bateria. Esse contexto explica a obsolescência planejada, a qual surgiu por volta de 1920, quando os fabricantes começaram a interferir no tempo de vida de seus produtos, com intuito de aumentar as vendas e lucros, segundo a teoria de Dannoritzer (2011) em seu documentário “Comprar, jogar fora, comprar”.

Outro fator que favorece o descarte dos REEE, corresponde a obsolescência de função, também denominada “obsolescência tecnológica” (Padilha, 2016), que consiste em tornar um produto ultrapassado ao introduzir outro com maior desempenho e eficiência. Para Leite (2017), as inovações de produtos lançados no mercado, substancialmente aperfeiçoados, cria um alto nível de obsolescência e reduz os ciclos de vida dos produtos, com forte tendência à descartabilidade. Diante do exposto, a seção seguinte aborda sobre a perspectiva da LR de pós-consumo (Leite, 2017).

2.2 A perspectiva da logística reversa de pós-consumo

Para Leite (2017), os bens classificados como duráveis, após seu primeiro uso tornam-se produtos de pós-consumo,

estes, quando ainda apresentam condições de utilização, podem ser destinados ao mercado de segunda mão, denominado “canal reverso de reuso”, sendo revendidos mais de uma vez e utilizados sem nenhum tipo de remanufatura, até atingir o final da sua vida útil.

Uma vez descartados, os bens de pós-consumo podem constituir o “canal reverso de remanufatura”, que consiste no processo industrial que transforma e reaproveita partes essenciais de um produto, reintegrando ao mercado um produto com as mesmas funções originais (Confederação Nacional da Indústria, CNI, 2018).

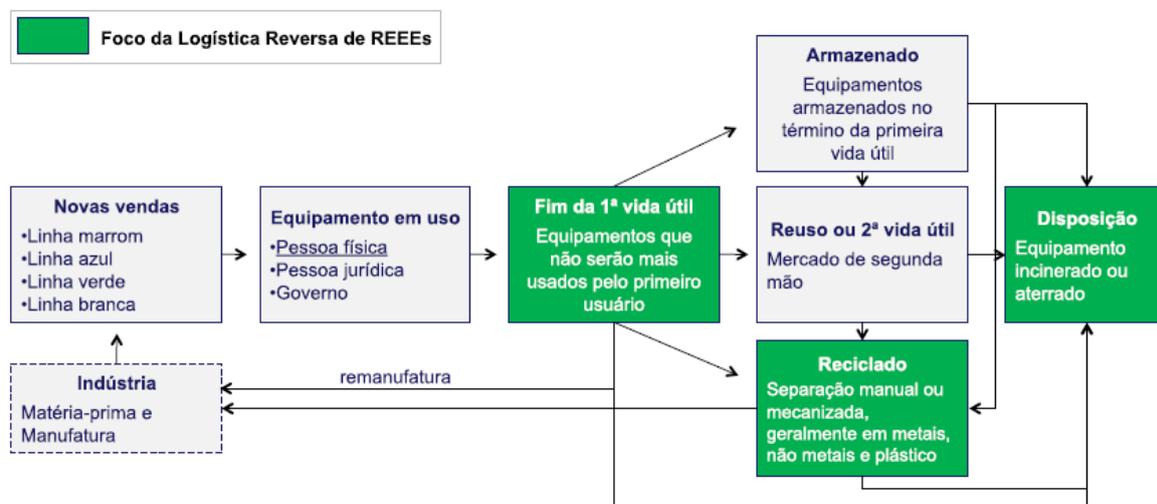
Também, há possibilidade desses bens constituírem o “canal reverso de reciclagem”, processo pelo qual os produtos descartados têm seus diferentes materiais extraídos industrialmente, originando matérias-primas secundárias ou recicladas, as quais serão reintegradas ao ciclo produtivo e, conseqüentemente incorporadas à fabricação de novos produtos (Leite, 2017).

Porém, para o retorno da matéria prima ao ciclo produtivo, é necessário o atendimento às exigências legais e procedimentos operacionais descritos no Programa Nacional de Logística Reversa (PNRS), que após ser regulamentada pelo Decreto nº 10.936/2022, apresenta um modelo para a gestão de resíduos e institui o PNRS (Brasil, 2022). Ademais, considerado um importante instrumento de desenvolvimento econômico e social, a LR pode, inclusive, integrar associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis, desde que estejam legalmente constituídas, cadastradas e habilitadas, além de poder firmar acordo legal com empresas ou entidades gestoras, conforme prevê a lei nacional.

Muito embora a PNRS disponha dos mecanismos legais que responsabiliza de maneira compartilhada os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes pelo recolhimento e destinação adequada de produtos eletroeletrônicos e seus componentes, conforme o Art. 33, parágrafo VI (Brasil, 2010), é necessário que as empresas adaptem seu projeto para favorecer a LR, modificando alguns componentes e materiais que de alguma maneira dificultam ou até inviabilizam a reciclagem (Leite, 2017).

No que concerne a LR do REEE, a Figura 3 ilustra o ciclo de vida dos produtos eletroeletrônicos ao longo de sua vida útil, passando pelas fases de concepção, definição, produção, operação e obsolescência. Assim, é necessário tornar o ciclo mais sustentável desde a sua concepção, selecionando materiais de baixo impacto, reduzindo a quantidade de materiais, otimizando as técnicas de produção e tempo de vida útil dos produtos (Xavier; Jucá; Menezes, 2018).

Figura 3. Ciclo de vida dos produtos eletroeletrônicos.



Fonte: (ABDI, 2012).

▪ **Concepção:** corresponde a extração e processamento da matéria-prima ou uso de produtos remanufaturados. Nessa fase, ocorre os gastos energéticos, as transformações industriais, a montagem e fabricação,

▪ **Definição:** corresponde a criação do *design*, planejamento do produto e quais materiais serão usados, além dos tratamentos adotados na fabricação de peças e produtos, fase inclusive, em que é possível viabilizar a reciclabilidade de determinado material.

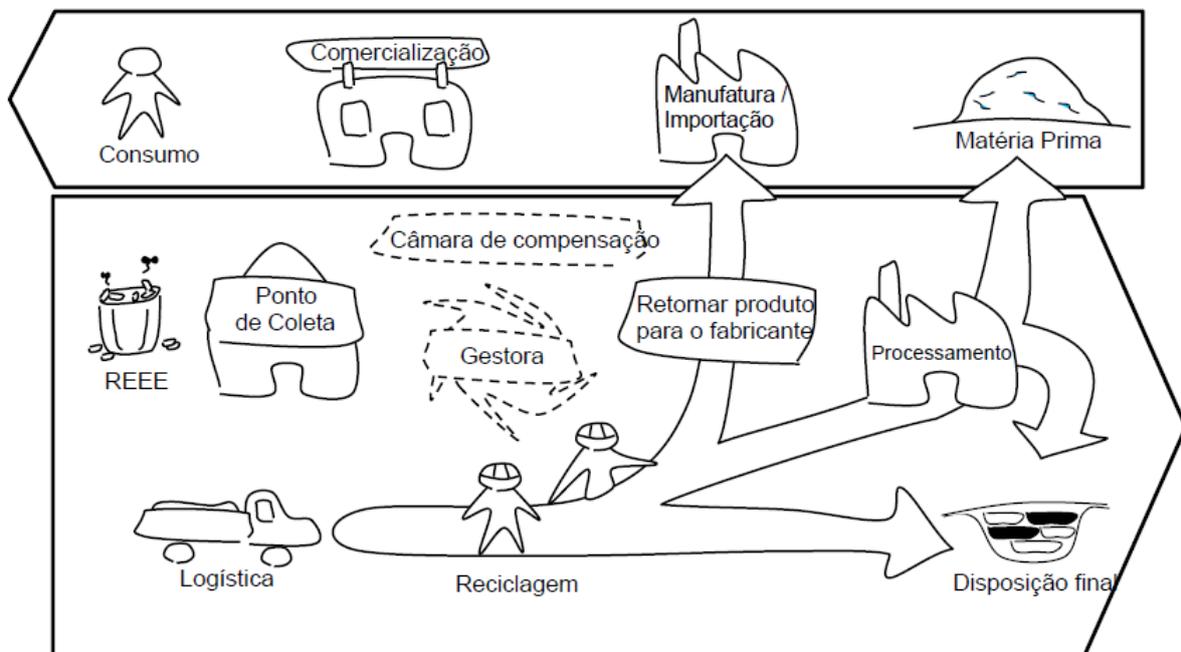
▪ **Produção:** nessa etapa, acontece a montagem das peças e seus componentes, dando origem ao produto final;

▪ **Operação:** consiste nos equipamentos de primeira vida útil que ainda estão em uso, bem como nos equipamentos ao final da vida útil, que podem ser armazenados, reutilizados ou reciclados e

▪ **Obsolescência:** equipamentos sem utilidade, após esgotadas todas as possibilidades de melhoria ou reaproveitamento, destinados a serem incinerados ou aterrados.

A Figura 4 apresenta o desenho da cadeia produtiva da LR, que corresponde a extração de matéria-prima, a manufatura/importação, a comercialização, o consumo, a coleta, a reciclagem e a disposição final (ABDI, 2012).

Figura 4. Cadeia produtiva da LR.



Fonte: ABDI (2012).

A **matéria-prima**, utilizada na fabricação de equipamentos eletroeletrônicos pode ser proveniente de diversas localidades. Exemplo disso, o cobre utilizado como condutor elétrico, embora encontrado no Brasil, nos estados do Pará, Goiás e Bahia (Agência Nacional de Mineração, ANM, 2019), a maior parte das reservas são encontradas em minas chilenas. Enquanto o silício, utilizado como semicondutor em circuitos eletrônicos, é extraído em diferentes regiões do planeta. Ocorre que algumas matérias-primas, que são utilizadas na fabricação de capacitores (presentes em telefones celulares, *laptops* e televisores) a exemplo do mineral tântalo (constituente do mineral Coltan), que tem sido apontado como um dos principais motivos de domínio e na República Democrática do Congo, com reservas expressivas do mineral (Lafuente, 2018).

De acordo com Brida (2019), a **manufatura e importação** são responsáveis por inserir os equipamentos eletroeletrônicos no mercado nacional. A manufatura funciona de maneira integrada, uma vez que as etapas de criação, concepção, fabricação e montagem, são realizadas por diferentes empresas, pois alguns componentes ou subcomponentes são produzidos por fabricantes diferentes, a exemplo dos que compõem a estrutura física dos eletroeletrônicos (ABDI, 2012).

A **comercialização**, segundo Padilha Junior (2017) constitui o desenvolvimento das atividades relacionadas com a transferência de bens e serviços, através de distribuidoras, pequenos e grandes varejistas, além do comércio eletrônico.

Considerando a inserção do consumidor nesse processo, o comércio representa um excelente potencial para ações de LR. Inclusive, ultimamente, o meio empresarial tem adotado iniciativas de coleta de materiais variados, a exemplo de embalagens de agrotóxicos, embalagens de óleos e lubrificantes e pneus obsoletos (Campos; Teixeira; Fernandes, 2020).

Após o **consumo**, os produtos podem ser descartados por apresentarem defeito ou quando substituídos por produtos mais novos, econômicos e/ou eficientes. Especialmente por ausência de condições adequadas de coleta e ausência de informações, o consumidor brasileiro não costuma destinar adequadamente seus REEE. É comum que pessoas e empresas depositem esse tipo de material junto ao resíduo comum. Em contraponto, buscando o reuso, parte desses bens acaba sendo guardado, doado ou vendido (ABDI, 2012).

Segundo o Decreto nº 10.240/2020, a **coleta** dos REEE, no âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, deve incluir o recebimento, o acondicionamento e o armazenamento temporário, em pontos fixos ou móveis, este último, esporadicamente, durante campanhas de coleta de materiais. Contudo, a coleta dos REEE deve observar a existência de espaço suficiente para o recebimento desse material, cujo volume pode variar em razão do tipo e outras variáveis. Em relação ao tratamento e manipulação, algumas precauções precisam ser tomadas para garantir a segurança do trabalhador, a exemplo do uso de equipamentos de proteção individual (EPI), além de seguir a regulamentação sobre crimes ambientais, que produz efeitos nocivos à saúde humana expressa na Lei nº 9.605/1998 (Brasil, 1998).

A **reciclagem** corresponde ao processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos (Brasil, 2010). Considerando os REEE, para a efetivação da reciclagem é fundamental a participação dos consumidores no sentido de cumprir algumas etapas que favorecem o sistema de LR, ou seja, antecipadamente ao descarte, remover as informações armazenadas em dispositivos eletrônicos, discos rígidos e cartões de memória (Brasil, 2020).

A **disposição final**, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), consiste em distribuir os rejeitos em aterros, de maneira ordenada e observando as normas operacionais, buscando evitar danos ou riscos à saúde pública. Difere, portanto, do termo “destinação final”, cujo significado corresponde a destinação de resíduos, incluindo-se a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético (Brasil, 2010). Esclarecidas as terminologias, convém mencionar que segundo ABDI (2012), mesmo empregando alta eficiência na recuperação e reciclagem de materiais, o processamento dos REEE sempre resulta em certa quantidade de rejeito, cuja composição do material inviabiliza seu reaproveitamento completo. Esses rejeitos não devem ser descartados em lixões a céu aberto, inclusive, quando dispostos em aterros sanitários, ao serem expostos à água da chuva, podem solubilizar os metais pesados constituintes, de modo que interfere na composição do percolato e contamina as águas (superficial e subterrânea) dos locais adjacentes aos aterros (Oliveira; Jucá, 2004).

3. Encaminhamentos metodológicos

3.1 A proposta de intervenção pedagógica

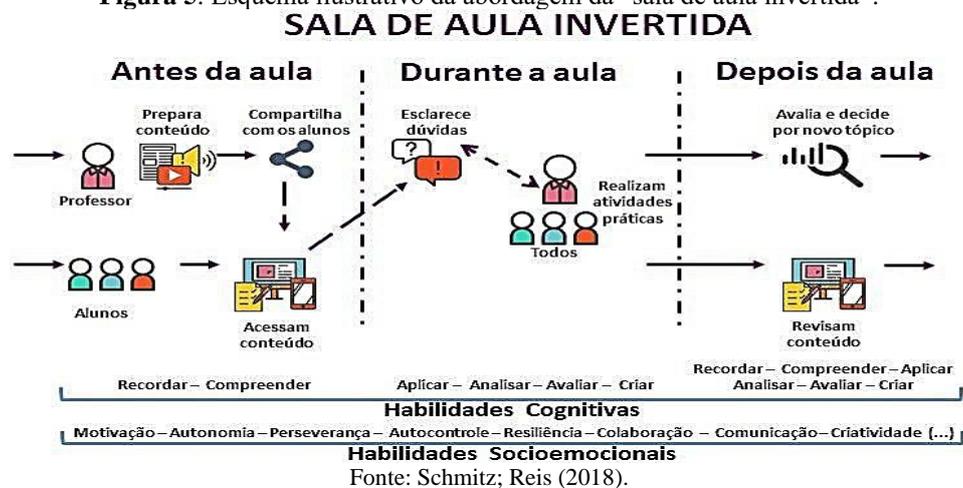
Analogamente, ao que se pretende na construção desta proposta, o estudo intitulado “Lixo eletrônico: uma experiência educacional frente a ambientes antrópicos”, da autoria de Santos *et al.* (2018), ilustra uma experiência exitosa aplicada no curso Técnico em Informática do Instituto Federal de Sergipe, Campus Itabaiana. Essa experiência evidenciou que as ações antrópicas podem ser minimizadas quando estimuladas a sensibilização e EA no ambiente educacional. Também, foi demonstrado que a comunidade participante, após receber informações acerca da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos, passou a demonstrar interesse em participar de programas de coleta seletiva.

Os autores supracitados apontam que abordar sobre a LR em sala de aula é de extrema relevância para que as ações perpassem para outros ambientes além da escola, ou seja, dentro da própria comunidade. Contudo, concluem que ao utilizar a

LR de pilhas e baterias como tema, incluindo na agenda da EA na escola, foi possível integrar atividades de forma interdisciplinar para a formação de sujeitos críticos e comprometidos com o meio ambiente, despertando outros olhares para a importância da reciclagem e do descarte consciente desses materiais.

Esta proposta busca contemplar cursos técnicos do eixo estruturante “Ambiente, Saúde e Segurança”, exemplificando, Técnico em Meio Ambiente e Técnico em Controle Ambiental, e do eixo estruturante “Tecnológico, Informação e Comunicação”, Técnico em Manutenção e Suporte de Informática. Como objetivos da aprendizagem, destacam-se: conhecer, compreender, aplicar, analisar, sintetizar e avaliar. Nesta proposta, sobre questões referentes à problemática dos REEE. Para tanto, propõe-se o uso da abordagem da “sala de aula invertida” (Figura 5).

Figura 5. Esquema ilustrativo da abordagem da “sala de aula invertida”.

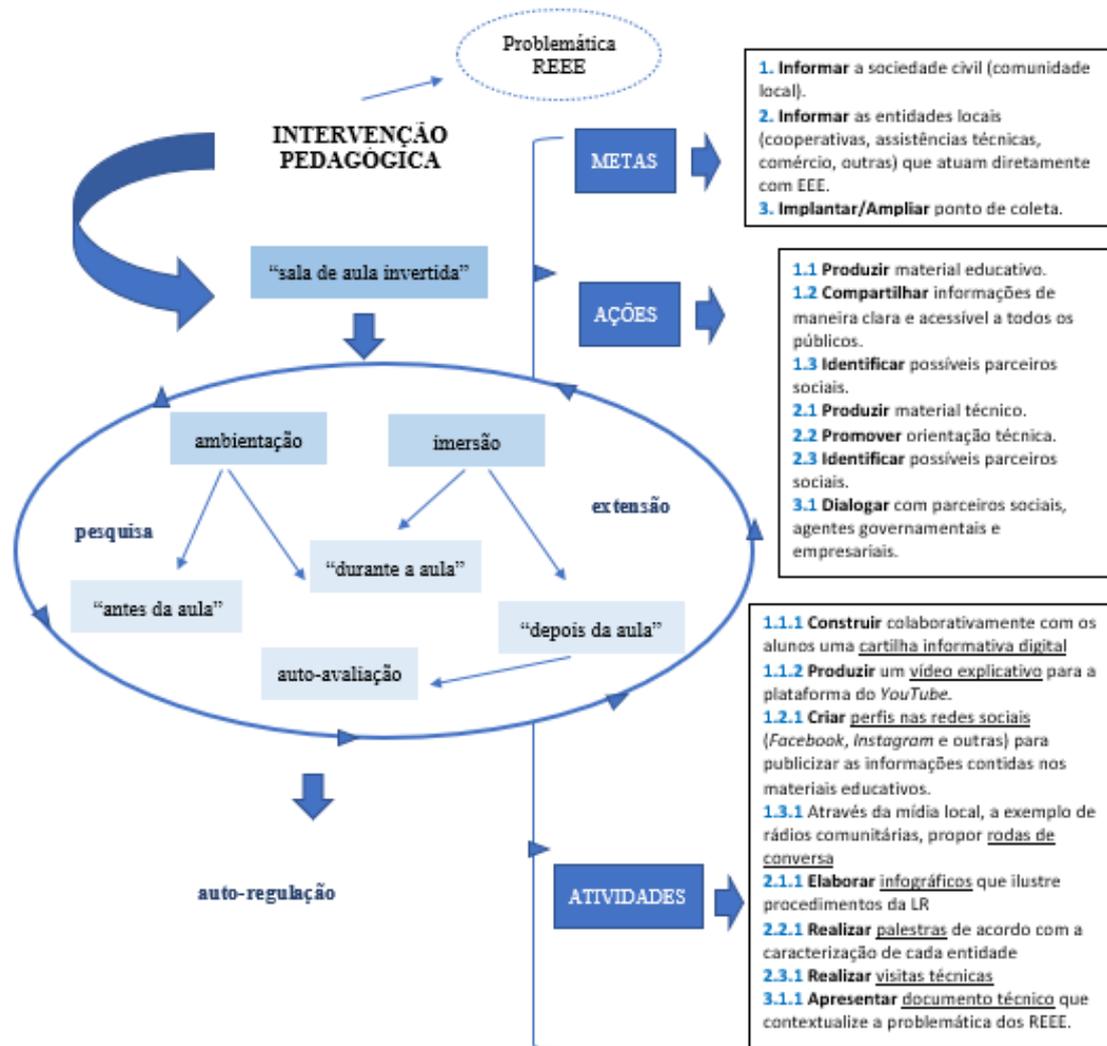


Bergmann e Sams (2016) foram os primeiros divulgadores de algumas técnicas da “aula invertida”, ao utilizarem o vídeo como material de estudo prévio, demonstraram a vantagem que permite ao aluno poder assisti-lo em seu próprio ritmo, repetindo quantas vezes for necessário, além de solicitar a colaboração dos pais ou colegas, quando achar necessário.

Nesse sentido, pauta-se em Bacich e Moran (2018) que consideram que parte do processo de aprendizagem é do aluno, sendo possível se concretizar antes de um encontro coletivo em sala de aula ou em atividades pós aula, que favorece a otimização de tempo da aprendizagem. Nesse contexto, o conhecimento básico fica a cargo do aluno, com mediação, inicial e durante, do professor.

A Figura 6 apresenta uma proposição de intervenção pedagógica para a problemática dos REEE.

Figura 6. Proposição de intervenção pedagógica para a problemática dos REEE.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Inicialmente, destaca-se na ação formativa o momento de **ambientação**. Nesta etapa, os estudantes deverão ser orientados a realizar, previamente, um estudo sobre os tópicos: REEE e LR. Para tanto, deve-se indicar fontes diversificadas (artigos, documentos, *podcasts*, infográficos, dispositivos legais, documentários, estatísticas e outros). Em sequência, as questões levantadas na sistematização do conhecimento (antes da aula) devem ser aprofundadas (durante a aula).

Destarte, os procedimentos do ambiente de “sala de aula invertida” são apontados como referência para a ampliação da proposta de intervenção pedagógica, ou seja, para o desenvolvimento da segunda etapa, de **imersão**, que tem como base a ação extensionista (depois da aula).

Conforme prevê a Lei nº 11.892/2008, a extensão é uma das finalidades da rede de EPT. Assim, além de desenvolver atividades articuladas com o mundo do trabalho, têm ênfase na produção de conhecimentos científicos e tecnológicos (Brasil, 2008). Desse modo, tem como pressuposto, a interação dialógica, que envolve a troca de saberes entre o ambiente educacional e a comunidade externa (FORPROEXT, 2012).

Quanto ao processo avaliativo, as duas primeiras etapas deverão compreender eventos de avaliação da aprendizagem a partir do protagonismo na “sala de aula invertida” desde a ambientação e atividades supervisionadas (imersão) até a etapa seguinte, de **auto-avaliação**. Assim, sugere-se a aplicação de um formulário aberto, por meio do *Google Forms*, que possibilite

a autorregulação² do participante, bem como servirá de referência para o (re)planejamento do mediador da proposta.

Para instrumentalizar este momento, são sugeridas algumas questões, a seguir:

1. Qual a sua concepção sobre desenvolvimento sustentável?
2. Durante seu processo formativo, no cerne da problemática dos REEE:
 - a) Qual(is) o(s) contexto(s) identificado(s)?
 - b) Quais as implicações socioambientais observadas?
 - c) Quais as atitudes individuais/coletivas são necessárias para o seu tratamento?
3. De que forma sua participação extensionista contribuiu para o enfrentamento da problemática dos REEE?

Em síntese, espera-se com esta proposta o favorecimento de práticas que estimule a participação dos discentes no sentido de formar profissionais que debatem a temática, contribuem para formação de opinião e tomada de decisão; na perspectiva da cidadania consciente e corresponsável pelas ações que interferem negativamente no meio ambiente, assim, contribuindo individualmente e coletivamente para o desenvolvimento sustentável.

3.2 Considerações

A problemática da geração de resíduos sólidos, com destaque para os REEE, traz a perspectiva da LR como ponto de partida para que as instituições governamentais, empresariais, científicas, educacionais, sociais e a sociedade civil assumam uma responsabilidade compartilhada. Neste estudo, a complexidade e os desafios sobre os REEE demonstram que o trabalho colaborativo entre os sistemas de ensino e a sociedade, atravessa e representa um resultado promissor no que concerne as práticas e relacionamentos mais sustentáveis.

Embora o papel do educador não permita interferir, diretamente, na aplicabilidade das leis, cabe, portanto, difundir as informações de maneira que todos possam ter acesso, através de diferentes maneiras e canais. Para tanto, as proposições aqui colocadas, podem refletir no processo de aprendizado que é complexo, contínuo e desafiador e na formação de profissionais que atendam as demandas da sociedade contemporânea. Contudo, novas contribuições surgirão, unindo-se às ideias defendidas por quem acredita que, ao formar agentes multiplicadores, estará contribuindo para uma gestão responsável, efetiva e sustentável dos resíduos sólidos e sistemas eficientes de LR.

Desse modo, para a realização de trabalhos futuros, destaca-se a partir da ação do planejamento, o uso de outras abordagens das metodologias de aprendizagem ativa, a exemplo da gamificação, que aborda os jogos como uma possibilidade de despertar o interesse do aluno através de atividades lúdicas e competitivas.

Referências

- ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2012). *Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica*. Brasília: Inventta Consultoria Ltda.
- ANM. Agência Nacional de Mineração. (2019). *Sumário Mineral 2017*. Brasília: ANM.
- Bacich, L., & Moran, J. (2018). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso Editora.
- Baldé, C. P., et al. (2015). *E-waste statistics: Guidelines on classifications, reporting and indicators*. Bonn, Germany, United Nations University, IAS - SCYCLE.
- Bergmann, J., & Sams, A. (2018). *A sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem*. Rio de Janeiro: LTC, 1 ed.
- Bosquesi, R. M., & Ferreira, R. L. (2018). Lixo eletrônico e seus impactos aos recursos hídricos. *Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade*, Grupo Uninter, v. 13 n. 7, 114-131. <https://www.cadernosuninter.com/index.php/meioAmbiente/article/view/960>
- Brasil. (2022). Decreto n. 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, DF: Diário Oficial da União. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10936.htm

² Uma conduta consciente, autorreflexiva e proativa (Zimmerman, 2013).

- Brasil. (2021). Ministério da Educação. Resolução CNE/CP nº 1, de 5 de janeiro de 2021. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Profissional e Tecnológica. Brasília DF: Diário Oficial da União. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-cne/cp-n-1-de-5-de-janeiro-de-2021-297767578>
- Brasil. (2020). Decreto n. 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, DF: Diário Oficial da União. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10240.htm
- Brasil. (2012). Ministério da Educação. Resolução n.2, de 15 de junho de 2012. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/rcp002_12.pdf
- Brasil. (2010). Ministério da Educação. Resolução n.7, de 14 de dezembro de 2010. Fixa Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental de 9 (nove) anos. http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/rceb007_10.pdf
- Brasil. (2010). Lei n.12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm
- Brasil. (2008). Lei n.11.892, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/111892.htm
- Brasil. (1999). Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999. Política Nacional de Educação Ambiental. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm
- Brasil. (1998). Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm
- Leite, P. R. (2017). *Logística Reversa. Sustentabilidade e Competitividade. Teoria Prática Estratégias*. 3 ed. São Paulo: Saraiva.
- Brida, I. C. (2019). Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Uma Análise do Sistema no Brasil. *Tecnologia e Ambiente*, Criciúma, SC, v. 25, p. 110 - 133, <http://dx.doi.org/10.18616/ta.v25i0.5409>
- Campos, J. F., Teixeira, B. A. N., & Fernandes, R. A. S. (2020). Logística Reversa no Brasil: Embalagem de Agrotóxicos, Óleos Lubrificantes e Pneus Inservíveis. *3º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade*. Rio Grande do Sul. <http://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2020/II-005.pdf>
- Dannoritzer, C. (2010). *The Bulb Light Conspiracy*. Documentary film, 75 min.
- Durán, V., & Moraga, P. (2010). *Guía de contenidos legales para la gestión de los residuos electrónicos*. Centro de Derecho Ambiental: Facultad de Derecho. Universidad de Chile. <http://www.residuos electronicos.net/wp-content/uploads/2010/11/Guia-Legal-20112.pdf>
- Favera, E. C. D. (2008). *Lixo Eletrônico e a Sociedade*. Curso de Ciência da Computação. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria.
- Ferreira, R. H. M., Peiter, F. G. (2020). Obsolescência Programada e o Mercado de Telefones Celulares: panorama de consumo e conscientização no município de Guarapuava-PR. In: *X Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção*. https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/10102020_011008_5f8138589abbf.pdf
- Francisco, J. G. G., & Moraes, D. A. F de. (2013). A autoavaliação como ferramenta de avaliação formativa no processo de ensino e aprendizagem. In: *XI Congresso Nacional de Educação*. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná. https://educere.bruc.com.br/CD2013/pdf/7225_4132.pdf
- Forproex, (2012). Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Instituições Públicas de Educação Superior Brasileiras. *Política Nacional de Extensão Universitária*. Manaus. <https://proex.ufsc.br/files/2016/04/Pol%C3%ADtica-Nacional-de-Extens%C3%A3o-Universit%C3%A1ria-e-book.pdf>
- Forti, V. (2019). O crescimento do lixo eletrônico e suas implicações globais. *Panorama Setorial da Internet*, ano 11, n. 4. <https://cetic.br/media/docs/publicacoes/6/20191217174403/panorama-setorial-xi-4-lixo-eletronico-atualizado.pdf>
- Forti, V., Baldé, C., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). *The Global E-waste Monitor 2020. Quantities, flows, and the circular economy potential*. United Nations University (UNU), Bonn/Geneva/Rotterdam. https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf
- Forti, V., Baldé, C.P., & Kuehr, R. (2018). *E-waste Statistics: Guidelines on Classifications, Reporting and Indicators*. 2 ed. United Nations University, ViE – SCYCLE, Bonn, Germany. http://collections.unu.edu/eserv/UNU%3A6477/RZ_EWaste_Guidelines_LoRes.pdf
- Giese, E. C., Xavier, L.H., Ottoni, M., & Araújo, R. A. (2021). *Cooperativas e a gestão de resíduos eletroeletrônicos*. Rio de Janeiro: CETEM / MCTI.
- Green Eletron. (2021) *Resíduos Eletrônicos no Brasil*. https://greeneletron.org.br/download/RELATORIO_DE_DADOS.pdf
- Lafuente, B. P. (2018). *La Crisis del Coltán, El olvido de una guerra*. Trabajo Fin de Grado (Relaciones Internacionales) - Universidad Pontificia de Comillas. Madrid. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/22231>
- Leite, P. R. (2017). *Logística Reversa. Sustentabilidade e Competitividade. Teoria Prática Estratégias*. 3 ed. São Paulo: Saraiva.
- Moreira, F. R., & Moreira, J. C. (2004). Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. *Revista Panamericana Salud Pública*, 15 (2), p. 119-129. <https://scielosp.org/pdf/rpsp/2004.v15n2/119-129/pt>
- Oliveira, F. J. S., & Jucá, J. F. T. (2004). Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 9 (3): 211-7, Rio de Janeiro. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522004000300007>

Padilha, J. B., Jr. (2017). *Gestão de Sistemas de Comercialização*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná.

Padilha, V. (2016). Desejar, comprar e descartar: da persuasão publicitária à obsolescência programada. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 68, n.4. DOI: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602016000400015>

Pereira, A. M., Nakanome, E. T. R., Lima, F. B., & Nakanome, A. F. M. (2017). Obsolescência programada e avanço tecnológico no mercado de celulares. In: *XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Joinville, SC. http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_246_426_34645.pdf

Perrenoud, P. (1999). A avaliação entre duas lógicas. In PERRENOUD, Philippe. *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens*. Porto Alegre: Artmed, pp. 9-23.

Rossini, V., & Naspolini, S. H. D. F. (2017). Obsolescência programada e meio ambiente: a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. *Revista de Direito e Sustentabilidade*, Brasília, v. 3, n. 1, pp. 51-71. <http://dx.doi.org/10.26668/IndexLawJournals/2525-9687/2017.v3i1.2044>

Santos, L. C. P., Bitencourt, D. V., & Santana, L. D. S. (2018). Lixo Eletrônico: Uma Experiência Educacional Frente a Ambientes Antrópicos. *Educação Ambiental em Ação*, v. xx, ed. 78. <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=3486>

Schmitz, E. X., & Reis, S. C. (2018). Sala de aula invertida: investigação sobre o grau de familiaridade conceitual teórico-prático dos docentes da universidade. *ETD-Educação Temática Digital*, v. 20, n. 1, pp. 153-175. <https://doi.org/10.20396/etd.v20i1.8648110>

Silva, B. D., Oliveira, F. C., & Martins, D. L. (2007). *Estudo dos Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil*. Santo André. http://wiki.nosdigitais.teia.org.br/images/9/98/Lixo_eletronico_no_brasil_2008.pdf

Xavier, L. H., et al. (2020). *Guia de desmontagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos*. Rio de Janeiro: CETEM. <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/2380>

Xavier, L. H; Jucá, J. F. T.; Menezes R. S. C. (2018). *Gestão de Resíduos Sólidos no Nordeste do Brasil*. Recife: UFPE. <https://editora.ufpe.br/books/catalog/view/261/270/790>

Zimmerman B. J. (2013). *From cognitive modeling to self-regulation: a social cognitive career path*. Educational Psychology.