

LIXO ELETRÔNICO: UMA REVISÃO DE ARTIGOS DISPONÍVEIS NA PLATAFORMA OASISBR

Electronic waste: a review of articles available on the OASISBR platform

Giovanni Miraveti Carriello^{1*}; Guilherme Manassés Pegoraro¹;
Lucas Repecka Alves²; Jorge Fernandes Filho¹

¹ Universidade Federal de São Carlos

² Faculdade de Tecnologia José Crespo Gonzales.

* *E-mail*: giovannimiraveti@gmail.com

Data do recebimento: 30/01/2022 - Data do aceite: 07/04/2022

RESUMO: O lixo eletrônico é uma das questões que a sociedade moderna precisa lidar, visto os problemas ambientais que ele acarreta ao meio ambiente. Tendo em mente essa perspectiva, o presente trabalho apresenta uma revisão bibliográfica no Portal Brasileiro de Publicações Científicas em Acesso Aberto (Portal Oasibr) do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, constatando que as pesquisas de estudo de caso sobre políticas de logística reversa em empresas, em detrimento da lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, são mais comuns dentro do universo analisado. Todavia, o tema também é visto em outras áreas, tais como a de Educação e Ensino, o qual se mostra necessário para a conscientização do descarte correto do lixo eletrônico, o que é essencial para solucionar este problema que sociedade moderna enfrenta. Ao que se trata da reciclagem, as placas de circuito impresso são as que mais são pesquisadas, devido a uma maior presença de metais de interesse econômico.

Palavras-chave: Resíduo Eletrônico. Sustentabilidade. Portal Brasileiro de Publicações Científicas em Acesso Aberto.

ABSTRACT: Electronic waste is one of the issues that modern society needs to deal with, due to the environmental problems they cause. In view of this, this study presents a bibliographic review on the Brazilian Open Access Publications and Scientific Data Portal (Oasibr) of the Brazilian Institute of

Information in Science and Technology, noting that case study researches on company reverse logistics policies are more common within the analyzed universe because of Law No. 12,305 of August 2, 2010. However, the theme is also seen in other areas such as, Education and Teaching, which are necessary for the awareness of the correct disposal of electronic waste, essential to solve this problem of modern society. When it comes to recycling, printed circuit boards are the ones that are most researched, due to the presence of metals of economic interest.

Keywords: Solid Residue. Sustainability. Brazilian Open Access Scientific Publications Portal.

Introdução

Conforme Mendonça e Nascimento (2015), o lixo eletrônico é o tipo de lixo que mais cresceu nos últimos anos, fazendo-se necessário pesquisar medidas e formas para seu tratamento, pois trazem impactos ao meio ambiente. Cuidar do meio ambiente é algo, conforme Mansano e Souza (2010), essencial para se garantir o Estado de Direito Ambiental, que é um direito pós-modernista que só foi possível alcançar devido aos avanços tecnológicos e científicos característicos do mundo pós-moderno, embora a ideia de um Estado de Direito Ambiental não seja consensual na literatura. Trabalhos, como os de Pacheco (2015) e de Mansano e Souza (2010), afirmam que ideia de um Estado de Direito Ambiental é utópico. Entretanto, Pacheco (2015) e Mansano e Souza (2010), embora tenham ideias distintas quanto ao papel e eficácia do Estado, concordam que é necessário pesquisar formas de reduzir impactos no meio ambiente.

Para Mangiolaro e Silveira (2019) a preocupação com o desenvolvimento sustentável é necessária na sociedade atual, que possui, entre as suas características, o consumismo. Essa preocupação não é só em nível nacional, mas também em âmbito global, visto que a Organização das Nações Unidas (ONU) tem

como meta que todas as nações do planeta consigam atingir o consumo sustentável até 2030. Contudo, nesse ponto, conforme Mangiolaro e Silveira (2019), o lixo eletrônico é uma das maiores dificuldades atualmente que a sociedade precisa lidar.

No Brasil, existe a lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a qual tem como objetivo gerenciar os resíduos sólidos no Brasil. A lei aponta que resíduo sólido pode ser considerado como:

[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, p. 184).

Macedo e Capano (2017) relatam que, devido a influência da lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 sobre a gestão de lixo eletrônico, ela é, às vezes, referenciada com a Lei do Lixo Eletrônico. Por isso, ao longo do presente artigo, usa-se o termo lixo eletrônico.

Dados os pontos supracitados, o presente trabalho se propôs a realizar uma revisão bibliográfica dos artigos publicados em periódicos sobre lixo eletrônico disponíveis na plataforma Portal Brasileiro de Publicações Científicas em Acesso Aberto, denominada também como Portal Oasisbr. O mesmo é gerido pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, o qual, conforme Santos e Souza (2017) é, atualmente, um dos importantes agentes para a divulgação da ciência em acesso aberto e atua também como apoio a pesquisadores brasileiros. Ao final do trabalho espera-se, com essa revisão bibliográfica, mostrar quais são as perspectivas sobre as pesquisas que envolvem lixo eletrônico.

Coleta de dados

Para a presente pesquisa, foi utilizada plataforma Oasisbr, através do seu buscador avançado, o qual que pode ser acessado pelo link <https://oasisbr.ibict.br/vufind/Search/Advanced>. Foi utilizada uma metodologia baseada naquela descrita por Alves, Carriello, Pegoraro e Filho (2021), os quais utilizaram o buscador booleano da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) para realizar a seleção dos trabalhos, sendo que no código havia termos relacionados ao assunto que estava se coletando os dados, tanto no plural quanto no singular. No caso do presente trabalho, os termos e os ope-

radores booleanos utilizados, para melhor visualização devido ao seu tamanho, estão dispostos no Quadro I. O levantamento foi feito na primeira quinzena de dezembro de 2021, abrangendo todo período disponível no site e em todos campos de busca, mas se limitando apenas aos trabalhos categorizados como artigos no próprio portal.

Os artigos foram analisados, descartando para fins de análise, aqueles que, em seu conteúdo, não discorressem ou pesquisassem sobre lixo eletrônico, por serem considerados fora do escopo da presente pesquisa. Descartou-se, também, aqueles trabalhos que não eram de fato artigos, mas porventura apareceram no resultado das buscas (tal como trabalhos de conclusão de curso e resumos em anais de eventos). Posteriormente, os artigos foram separados em 5 categorias, criadas pelos autores: Educação e Ensino, Gestão, Legislação, Meio Ambiente e Reciclagem e Reutilização.

Conforme Carlomagno e Rocha (2016), ao se criar categorias:

- a) é preciso existir regras claras sobre os limites e definição de cada categoria;
- b) as categorias devem ser mutuamente exclusivas (o que está em uma categoria, não pode estar em outra);
- c) as categorias devem ser homogêneas (não ter coisas muito diferentes entre si, no mesmo grupo);
- d) é preciso que as categorias esgotem o conteúdo possível (não sobrem conteúdos [...] que não se encaixem em alguma categoria);
- e) é preciso que a classificação

Quadro I - Termos e operadores utilizados para o levantamento de trabalhos pelo portal Oasisbr

Termos e operadores booleanos
<p>“Lixo Eletrônico” OR “Resíduo Eletrônico” OR “Lixo eletroeletrônico” OR “resíduo eletroeletrônico” OR “resíduo de equipamento eletrônico” OR “resíduo de equipamento eletroeletrônico” OR “Lixos Eletrônicos” OR “Resíduos Eletrônicos” OR “Lixos eletroeletrônicos” OR “resíduos eletroeletrônicos” OR “resíduo de equipamentos eletrônicos” OR “resíduo de equipamentos eletroeletrônicos” OR “resíduos de equipamentos eletrônicos” OR “resíduos de equipamentos eletroeletrônicos” OR “resíduos de equipamento eletrônico” OR “resíduos de equipamento eletroeletrônico”</p>

seja objetiva, possibilitando a replicação do estudo (CARLOMAGNO; ROCHA, 2016, p. 184).

Na Quadro II, se encontram as categorias, tal como o critério que o artigo deve cumprir para ser encaixado em tal.

Conforme Gatti, Carvalho e Afonso (2018), o assunto de lixo eletrônico é interdici-

ciplinar. Sendo assim, não é de se estranhar que um mesmo artigo possa, em certos momentos, tangenciar mais de uma das categorias presentes no Quadro II. Neste caso, o artigo foi analisado na íntegra e enquadrado na categoria em que ele se encaixou predominantemente. O trabalho de Nascimento e Oliveira (2010), por exemplo, que aponta a

Quadro II - Categorias criadas para análise dos artigos, tal como suas características

Categoria	Critério
Educação e Ensino	Artigos que tratam sobre educação ou ensino, análise de materiais didáticos, propostas pedagógicas de ensino e percepções de alunos; de todos os níveis de formação.
Gestão	Pesquisas que trazem ou discutem proposta de ações de gerências de lixo eletrônico. Também são incluídos aqui estudos que visam a entender o comportamento do consumidor de produtos eletrônicos.
Legislação	Trabalhos que discutem a legislação sobre lixo eletrônico. Difere-se da categoria de gestão pois, nessa categoria, encontram-se discussões no âmbito legislativo e não de gerência. Colocam-se aqui, também, artigos de âmbito relações internacionais sobre o lixo eletrônico.
Meio Ambiente	Estudos que trazem ou discutem a relação do lixo eletrônico com o meio ambiente, focando no meio ambiente, e não nas características do lixo eletrônico.
Reciclagem e Reutilização	Artigos que trazem ou discutem a reciclagem do lixo eletrônico, tal como sua composição, propriedades e características químicas e físicas.

Tabela I - Tabela de dupla entrada conforme a categorização do artigo e o seu ano de publicação.

Ano	Categoria						Total
	Educação e Ensino	Gestão	Legislação	Meio Ambiente	Reciclagem		
2010	1	1	1	1	2	6	
2011	0	3	0	0	0	3	
2012	0	2	0	0	0	2	
2013	0	1	1	0	0	2	
2014	1	2	0	0	1	4	
2015	0	3	2	2	3	10	
2016	2	7	0	0	0	9	
2017	1	2	1	0	0	4	
2018	0	4	0	1	1	6	
2019	0	3	1	1	1	6	
2020	0	1	0	0	2	3	
Total	5	29	6	5	10	55	

questão da reciclagem e legislação, mas foca principalmente na questão ambiental, está sendo colocado nessa categoria.

Resultados e Discussão

Na base da pesquisa há 55 artigos, os quais estão dispostos, conforme o seu conteúdo, do Quadro I, assim como o ano de publicação. Os dados estão dispostos na Tabela 1.

Artigos de Educação e Ensino

Dos 5 artigos que foram classificados na categoria de Educação e Ensino, um é sobre análise de livros didáticos (MARTINS; LEITE; MARTINS; SILVA; ARAÚJO, 2015); três tratam sobre ações e propostas pedagógicas de ensino (CARDOSO; ABREU; STRIEDER, 2016; MULLER; RIBEIRO; LACERDA; LOPES; QUEIRÓS, 2016; GÓMES, 2017; SANTADA; VALENTE; FREITAS, 2020); um sobre compreensões de alunos (PICONEZ; NAKASHIMA; SOUZA, 2010).

Piconez, Nakashima e Souza (2010) investigaram o consumo de tecnologias de estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental. Conforme os autores, os dados não trouxeram detalhamento sobre a compreensão ecológica dos alunos, mas obteve alguns indicativos sobre as ideias prévias que os alunos possuem sobre o lixo eletrônico, tal como quais substâncias são liberadas quando descartadas, e quais destas contaminam o meio ambiente.

Lacerda, Lopes e Queirós (2016), Cardoso, Abreu e Strieder (2016) e Santana, Valente e Freitas (2020) ressaltaram a importância da abordagem do ensino de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), abordagem que, conforme todos esses autores, objetiva que os alunos tenham uma compreensão ampla da temática que está sendo desenvolvida na sala de aula sob os três eixos que nomeiam a sigla CTS.

O trabalho de Lacerda, Lopes e Queirós (2016) foi executado em um curso de Licenciatura em Química, da Universidade Estadual de Goiás, sendo dividido em quatro momentos. O primeiro investigou a compreensão dos futuros professores sobre lixo, lixo eletrônico e coleta seletiva. O segundo envolveu a utilização de vídeos com a temática sobre consumismo e eletrônicos, com o intuito de causar nos alunos a reflexão relacionada à sociedade e ao consumo de eletrônicos. No terceiro momento, houve apresentações de seminários produzidos pelos alunos de Licenciatura em Química sobre um tipo de aparelho, o qual deveria focar na história, contexto social, econômico e ambiental. O quarto momento constituiu na elaboração, pelos alunos, de uma proposta para a solução dos problemas causados pelo lixo eletrônico dos aparelhos trabalhados no seminário. Todavia, em seu trabalho, Lacerda, Lopes e Queirós (2016) discutem apenas as compreensões relacionadas ao primeiro momento, constatando que, a abordagem CTS, para o tema proposta pelos autores, se faz necessária dentro dos cursos de formação de professores, para que eles possam levar tais abordagens para as escolas, causando mudanças sociais.

A proposta pedagógica de Cardoso, Abreu e Strieder (2016) ocorreu para o Ensino Médio, com enfoque em pilhas e baterias, dentro da disciplina de Química. Como metodologia, os autores utilizaram debates, aulas expositivas, aulas práticas e vídeos. Destaca-se que os autores realizaram um debate sobre a lei 12.305/2010, sobre Descarte de Resíduos Sólidos. Os autores concluem que a proposta foi, de forma geral, benéfica para o ensino e aprendizagem dos alunos, mas ressaltam uma limitação quanto à organização didático-pedagógica, que foi estruturada nos conhecimentos científicos dos conteúdos sobre pilhas.

É interessante notar que o trabalho de Martins, Leite, Martins, Silva e Araújo (2015), publicado um ano antes do trabalho de Cardoso, Abreu e Strieder (2016), traz uma análise sobre a temática de pilhas e baterias nos livros de Plano Nacional do Livro Didático de 2015, e constatou que todos os livros mencionam esta temática. No entanto, apenas um dos livros apresentou uma abordagem completa sobre a temática de descartes de pilhas, o que, para os autores, é um indício de que os livros didáticos ainda são elaborados com resistência ao ensino com interdisciplinaridade. De toda forma, tanto o trabalho de Cardoso, Abreu e Strieder (2016) quanto de Martins, Leite, Martins, Silva e Araújo (2015) ressaltam as potencialidades da temática de descarte de pilhas para o Ensino Médio.

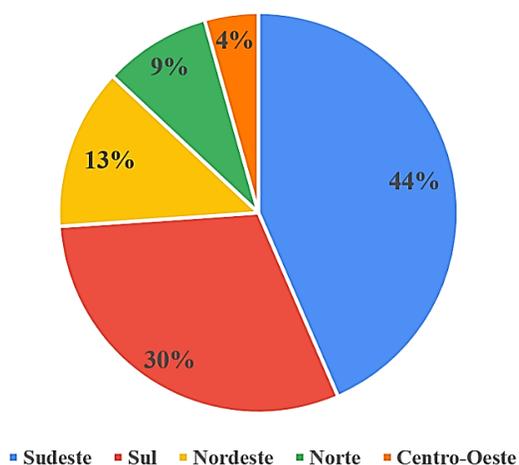
O trabalho de Muller, Ribeiro e Gómez (2017) se desenvolveu em duas etapas, todas executadas no Campus Medianeira, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, em um projeto que foi denominado “Lixo Eletrônico: Viabilidade Prática Pedagógica”. A primeira etapa constituiu em recolher resíduos eletroeletrônicos da comunidade do Campus, selecionando aqueles componentes que, na visão dos autores, seriam úteis para serem armazenados e utilizados posteriormente. Os que não se enquadravam foram enviados para descarte apropriado. A segunda etapa constituiu em intervenções em escolas públicas com oficinas e palestras. Nestas oficinas, os alunos da escola pública desenvolviam objetos, tal como brinquedos e chaveiros, utilizando os materiais encontrados na etapa 1. Nas palestras, os alunos da escola eram apresentados à problemática do lixo eletrônico, com o intuito de promover uma consciência ecológica a esse respeito.

Artigos de Gestão

Percebe-se que 29 (53%) de todos os artigos foram classificados como gestão, o

que pode ser indício de que a área de gestão seja a que mais se preocupa com a questão do lixo eletrônico. Destes 29, vinte e quatro tratam de estudos de caso, sendo que apenas o trabalho de Marques e Silva (2014) não foi realizado em cidades brasileiras, mas sim na Universidade de Yaşar, na Turquia. Na figura 1, há um gráfico indicando a região do Brasil em que os 23 artigos de estudo de caso foram realizados.

Figura 1 - Gráfico dos 23 artigos que relataram um estudo de caso de gestão realizado em cidades brasileiras, separados por região



Uma explicação ao observado na Figura 1 pode ser obtida com o trabalho trazido por Campos, Boas e Souza (2019), que diz que, no Portal Oasisbr, mais de 75% dos periódicos anexados são das regiões Sudeste e Sul no Brasil, o que pode ser devido ao alto contingente populacional da Região Sudeste no Brasil. Além disso, Veríssimo (2018) diz que a Região Sudeste possui uma alta participação na produção de bens manufaturados no Brasil, embora nos últimos anos várias indústrias estejam saindo desta região para as demais do Brasil.

Com os apontamentos de Campos, Boas e Souza (2019) e Veríssimo (2018), pode-

-se entender que, devido às necessidades da Região Sudeste, caracterizadas pela sua industrialização e elevada presença de periódicos acadêmicos dessa região na plataforma Portal Oasisbr, artigos sobre gestão, envolvendo lixo eletrônico, sejam também mais demandados.

Em geral, os artigos de estudos de caso relatam sobre gestão de lixo eletrônico por empresas, como por exemplo os trabalhos desenvolvidos por Caçado, Santos, Carvalho e Zaracias (2012) e Mazon, Azevedo, Oliva e Silveira (2012). Destaca-se que os trabalhos aplicam a logística reversa para o cumprimento da Política nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

Dos trabalhos que não são estudos de caso, mas ainda foram classificados nesta categoria, tem-se Natume, Oréfice, Trentini e Oliveira (2011), que relatam a realização de um estudo sobre quais são as políticas de gestão de resíduos em universidades federais; Pontes e Giordano (2015), que realizaram uma pesquisa de opinião com colaboradores atuantes em uma empresa educacional do ramo da Tecnologia de Informação sobre o conhecimento de questões que envolvem práticas verdes e de sustentabilidade; Silva, Gonçalves e Bachmann (2016) executaram um pesquisa com consumidores de celulares; Oliveira, Marins e Júnior (2016), que realizaram uma revisão teórica sobre a logística reversa e Junior, Ferreira, Seleglim e Carpinetti (2018), elaborando um trabalho teórico de modelagem pelo método *fuzzy*-QFD para apoiar a gestão de resíduos sólidos.

Artigos de Legislação

De todos os seis artigos, apenas Mendonça e Nascimento (2015) e Mangiolaro e Silveira (2019) não citaram, ao longo do seu texto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Em geral, os seis artigos podem ser divididos entre aqueles que discutiram as

questões sociais e ambientais do lixo eletrônico com a legislação (CARVALHO, 2013; MANSANO; SOUZA, 2010; MENDONÇA; NASCIMENTO, 2015; MANGIOLARO; SILVEIRA, 2019), estudos de caso (LIMA; MAIA, 2015) e de políticas educacionais (MACEDO; CAPANO, 2017).

Os trabalhos de Carvalho (2013), Mansano e Souza (2010), Mendonça e Nascimento (2015) e Mangiolaro e Silveira (2019) convergem ao dizer que as questões sociais do direito ambiental devem ser tratadas em um âmbito legislativo, assim como um papel que o Estado tem em assegurar isso.

Em âmbitos internacionais, tem-se os trabalhos de Mendonça e Nascimento (2015) e de Mangiolaro e Silveira (2019). Mendonça e Nascimento (2015) problematizam a discussão do direito ambiental com o fato que vários países do hemisfério norte enviam, de forma ilegal, o lixo eletrônico por eles próprios produzidos para países do hemisfério sul, tratando-os como depósito. Mangiolaro e Silveira (2019) discutem sobre o décimo segundo objetivo da agenda de 2030 da Organizações das Nações Unidas (ONU), que fala sobre produção e consumo sustentável, argumentando e expondo as dificuldades relacionadas a esse ponto quando se trata do lixo eletrônico.

Lima e Maia (2015) realizaram um estudo de caso sobre os planos de seis empresas do setor tecnológico atuantes no Brasil e as suas estratégias para com a Política Ambiental, comparando com a legislação nacional. Macedo e Capano (2017) discutem uma política pública educacional de educação ambiental, em todos os níveis de ensino, sobre o lixo eletrônico. Os autores ainda ressaltam que isso é de responsabilidade do Estado Brasileiro, sendo explicitado, inclusive, na Constituição Federal e, por isso, dizem que tal ponto deve ser tratado com urgência.

Artigos de Meio Ambiente

Dos cinco artigos classificados nesta categoria, três tratam sobre impactos de elementos metálicos do lixo eletrônico no meio ambiente (DAMASCENO; REIS; REIS; BELLATO; FIDÊNCIO, 2015; DIAS; OLIVEIRA, VEIT, 2018; GOUVEIA; BUZZO; GROSSI; SOUZA; MUTO, 2019) e dois sobre reflexões acerca das implicações e problemas ambientais e sociais causados pelo lixo eletrônico no meio ambiente (NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2010; BOSLE; MINGHETTI; SOMENSI, 2015).

Damasceno et al., (2015) analisaram como os elementos cobre (Cu), chumbo (Pb), zinco (Zn), níquel (Ni) e estanho (Sn) de placas de circuitos impressos de lixo eletrônico, descartados no meio ambiente de forma incorreta, se tornam biodisponíveis em ensaios envolvendo esterco e vegetais, constando que, entre os metais analisados, o Pb é o elemento que apresentou maior biodisponibilidade. No mesmo sentido, o trabalho de Dias, Oliveira e Veit (2018) analisou a emissão de Pb no meio ambiente de tubos de raios catódicos de monitores antigos, em um estudo de simulação de lixiviação natural, chegando a uma conclusão similar à de Damasceno et al., (2015), que a emissão de Pb do lixo eletrônico descartado, incorretamente, apresenta perigos ambientais. Por sua vez, Gouveia et al., (2019) estudaram o mercúrio (Hg) suspenso no ar a que colaboradores de cooperativas de materiais recicláveis são expostos, constatando que, nas condições trabalhadas, os parâmetros estavam dentro dos aceitáveis, mas ressaltando que isso depende da ocorrência da entrada de lâmpadas fluorescentes nas cooperativas.

Nascimento e Oliveira (2010) e Bosle, Minghetti e Somensi (2015) discutem, ao longo de seus trabalhos, o fenômeno de que muitos aparelhos se tornam obsoletos

rapidamente, devido ao avanço rápido de tecnologia, fazendo com que o lixo eletrônico seja produzido muito rapidamente e que o descarte incorreto se torne um potencial perigo ao meio ambiente. Nascimento e Oliveira (2010) ainda dizem que há um fenômeno na indústria chamado de obsolescência programada, fenômeno em que os eletrônicos são produzidos para se tornarem obsoletos, propositalmente, após um tempo.

Bosle, Minghetti e Somensi (2015) ressaltam que as escolas têm de desenvolver a conscientização sobre lixo eletrônico e dizem também que a mídia poderia ajudar neste papel. Ambas ações ajudariam a minimizar a longo prazo o problema do lixo eletrônico.

Artigos de Reciclagem e Reutilização

Dos dez trabalhos classificados como reciclagem, cinco versam sobre reciclagem de placas de circuito impresso (SANT'ANA; MOURA; VEIT, 2013; VEIT; JUCHNESKI; SCHERER, 2014; HAMERSKI; BERNARDES; VEIT, 2018; SCHNEIDER; HAMERSKI; VEIT; KRUMMENAUER; CENCI; CHAVES; HARTMANN; DIAS; ROBINSON; VARGAS, 2019; SCHNEIDER.; GRASSI; AMICO; CHAVES; MAZZUCA; ROBINSON, 2020), um sobre baterias (SCHNEIDER; KINDLEIN JUNIOR; SOUZA; MALFATTI, 2010), um de celulares (CINTRA; CIDADE, 2020), um de monitores de tubos de raios catódicos (VEIT; OLIVEIRA; RICHTER, 2015) e dois com enfoque geral (FERREIRA; SILVA; GALDINO, 2010; CÂNDIDO; JÚNIOR; PALOMBINI, 2015).

Nota-se que 50% dos trabalhos são sobre placas de circuitos impressos, sendo que, conforme Veit et al., (2014), elas são cerca de 30% do lixo eletrônico brasileiro. Conforme Schneider et al., (2020), as placas de circuito impresso são as partes mais valiosas do lixo eletrônico pois, em sua composição, possuem materiais de alto valor econômico.

Sant'ana, Moura e Veit (2013) caracterizam as placas de circuito impresso de celulares, constatando que o teor encontrado de metais utilizados na eletrônica é superior ao dos minérios que esses elementos são comumente extraídos da natureza, podendo ser uma eficaz fonte para esses materiais. Para separação das placas, Veit, Juchneski e Scherer (2014) propuseram a separação mecânica após a trituração, o que se mostrou eficaz. Hamerski, Bernades e Veit (2018) estudaram sobre as concentrações operacionais para um separador eletrostático para a reciclagem dessas placas. Schneider, Hamerski, Veit, Krummenauer, Cenci, Chaves, Hartmann, Dias, Robinson e Vargas (2019) estudaram a perda de massa de placas de circuitos impressos em determinados processos de reciclagem e Schneider et al., (2020) propuseram um processo de reaproveitamento do resíduo de placas de circuito impressos, que tiveram seus metais extraídos para a produção de compósitos de polipropileno, estes que apresentaram propriedades superiores ao polipropileno puro, com exceção da deformação de ruptura.

Schneider et al., (2010) propuseram uma metodologia para a seleção de baterias de níquel-hidreto metálico descartadas, visto que muitas vezes elas são descartadas quando ainda estão dentro da sua vida útil. Veit, Oliveira e Richter (2015) desenvolveram um método para remover o chumbo de vidros de monitores de tubo de raios catódicos e Cintra e Cidade (2020) utilizaram celulares para a produção de joias.

Ferreira, Silva e Galdino (2010), após uma revisão da literatura, constataram que cerca de 80% do lixo eletrônico no Brasil é reciclável. Cândido, Júnior e Palombini (2015) analisaram que o lixo eletrônico do Brasil

possui teor de cobre superior ao de minérios que comumente esse elemento é extraído da natureza, sendo uma viável forma sustentável da obtenção desse metal.

Considerações Finais

No presente trabalho verificou-se que, dentro do universo analisado, as pesquisas de lixo eletrônico são mais focadas em questões de gestão dos lixos eletrônicos, com ênfase em estudos de casos da logística reversa e motivadas pela lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Pesquisas de cunho mais focado na legislação mostraram dificuldades do Estado em garantir políticas para resolver o problema do lixo eletrônico no meio ambiental. Dentre os pontos, nota-se que políticas educacionais são necessárias. Nas pesquisas educacionais, se constatou que uma abordagem focada nas ciências, na tecnologia e na sociedade são, potencialmente, auxiliadoras para o processo de ensino e aprendizagem do tema de lixo eletrônico, visto que é de caráter interdisciplinar. Entre os tópicos abordados, o ensino sobre pilhas e baterias teve um destaque nos artigos aqui analisados. Visto isso, são necessárias pesquisas com outras abordagens de lixos eletrônicos, em outros conteúdos das disciplinas escolares.

Os metais liberados pelo lixo eletrônico, descartados inapropriadamente, se apresentaram como o principal problema ambiental. A reciclagem do lixo eletrônico mostrou ser focada na recuperação de metais com valor econômico, visto que são uma fonte alternativa aos minérios, conforme as pesquisas indicam.

REFERENCIAS

- ALVES, L. R.; CARRIELLO, G. M.; PEGORARO, G. M.; FILHO, J. F. Aplicações de hidrogéis como biomateriais: uma revisão de dissertações e teses brasileiras desde 2017. **Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas**, v. 22, n. 2, p. 53-79, 2021.
- BOSLE, J.; MINGHETTI, L. R.; SOMENSI, M. L. Interferências do lixo eletrônico no ambiente e na qualidade de vida: problemas e soluções. **Revista GepesVida**, v. 1, n. 2, 2015.
- BRASIL. **Decreto Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 ago de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 12 jan. 2022.
- CAMPOS, F. F.; BOAS, R. F. V.; SOUSA, J. A. G. Representatividade da produção científica brasileira por região: fontes coletadas pelo Portal oasisbr. **Ciência da Informação**, v. 48, n. 3, p. 509-511 2019.
- CANÇADO, C. J.; SANTOS, O. M. CARVALHO, A. I. S. F.; ZACARIAS, R. F. Gestão de resíduos sólidos de microcomputadores no município de Contagem/MG: uma análise dos atores envolvidos. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 1, n. 1, p. 1-18, 2012.
- CÂNDIDO, L. H. A.; JÚNIOR, W. K.; PALOMBINI, F. Indicators for the feasibility of WEEE processing plants in brazil: a relationship between virgin mineral copper ore and the recycling of consumer electronic products. **Design & Tecnologia**, v. 5, n. 9, p. 59-65, 2015.
- CARDOSO, Z. Z.; ABREU, R. O. D.; STRIEDER, R. B. Lixo Eletrônico: uma proposta CTS para o ensino médio. **Indagatio Didactica**, v. 8, n. 1, p. 1610-1626, 2016.
- CARLOMAGNO, M. C.; ROCHA, L. C. Como criar e classificar categorias para fazer análise de conteúdo: uma questão metodológica. **Revista Eletrônica de Ciência Política**, v. 7, n. 1, 2016.
- CARVALHO, C. R. S. A sociedade de risco e o descarte de computadores. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 8, p. 264-275, 2013.
- CINTRA, L. S. K.; CIDADE, M. K. Reutilização e reciclagem: desenvolvimento de joia com componentes oriundos de resíduos eletroeletrônicos. **MIX Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 27-36, 2020.
- DAMASCENO, O. I. C.; REIS, C.; REIS, E. L.; BELLATO, C. R.; FIDÊNCIO, P. H. Assessment of bioavailability of heavy metals after vermicomposting in the presence of electronic waste. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1786-1795, 2015.
- DIAS, P.; OLIVEIRA, E. ; VEIT, H. Lead hazard evaluation for cathode ray tube monitors in Brazil. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 35, n. 1, p. 43-49, 2018.
- FERREIRA, D. C.; SILVA, J. B.; GALDINO, J. C. S. Reciclagem de lixo eletrônico. **HOLOS**, v. 5, p. 105-113, 2010.
- GATTI, I. M. C.; CARVALHO, F. O.; AFONSO, A. F. Química e Arte Contemporânea: uma abordagem interdisciplinar do tema lixo eletrônico. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 4, n. 2 (esp), p. 95-117, 2018.
- GOUVEIA, N.; BUZZO, M. L.; GROSSI, M. G. L.; SOUZA, G. F.; MUTO, E. Y. Exposição ocupacional ao mercúrio em cooperativas de triagem de materiais recicláveis da região metropolitana de São Paulo, SP, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, p. 1517-1526, 2019.
- HAMERSKI, F.; BERNARDES, D. P.; VEIT, H. M. Operational conditions of an electrostatic separator

for concentrate copper from electronic waste. **REM-International Engineering Journal**, v. 71, p. 431-436, 2018.

JUNIOR, F. R. L. FERREIRA, L. F. F.; SELEGHIM, A. P. D.; CARPINETTI, L. C. R. Um modelo fuzzy-qlf para priorização de ações de gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 2, p. 713-742, 2018.

LACERDA, N. O. S.; LOPES, E. A. M.; QUEIRÓS, W. P. Lixo eletrônico como tema CTS: estudo exploratório sobre compreensão dos estudantes. **Indagatio Didactica**, v. 8, n. 1, p. 1279-1295, 2016.

LIMA, M. C. M.; MAIA, F. J. F. A logística reversa como instrumento de efetividade do princípio poluidor-pagador na redução dos impactos ambientais. **Scientia Iuris**, v. 19, n. 2, p. 101-126, 2015.

MACEDO, M. F. S.; CAPANO, E. F. Política educacional de descarte de lixo eletrônico como medida de combate ao crime ambiental. **Revista Jurídica Cesumar-Mestrado**, v. 17, n. 2, p. 431-464, 2017.

MANGIOLARO, M. M.; SILVEIRA, D. B. Sociedade de consumo e obsolescência programada: impasses à conquista do Objetivo nº 12 de desenvolvimento sustentável da Agenda 2030. **Revista Jurídica Cesumar-Mestrado**, v. 19, n. 1, p. 249-273, 2019.

MANSANO, J.; SOUZA, P. R. P. Externalidades do desenvolvimento tecnológico e suas consequências face à sociedade de risco. **Revista Argumentum-Argumentum Journal of Law**, v. 11, p. 209-226, 2010.

MARQUES, C. G.; SILVA, V. G. EWASTEU Programme: proposals to minimise the problem of e-waste. **Saúde & Tecnologia**, p. 41-45, 2014.

MARTINS, A. N. A.; LEITE, C. P.; MARTINS, J. J. A.; SILVA, G. N. DA; ARAÚJO, G. T. Descarte de pilhas e baterias - A problemática da abordagem nos livros didáticos de química do PNL D 2015 para o conteúdo de eletroquímica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 5, p. 31 - 35, 2015.

MAZON, M. T.; AZEVEDO, A. M. M.; OLIVA, R. N.; SILVEIRA, M. A. Regulações ambientais de resíduos no setor de equipamentos eletromédicos: da cadeia produtiva ao consumidor final. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 1, n. 1, p. 160-176, 2012.

MENDONÇA, F. G.; NASCIMENTO, V. R. Injustiças ambientais do mundo (pós) moderno: a regulamentação jurídica internacional sobre o descarte de resíduos eletrônicos do norte para o sul. **Revista Acadêmica da Faculdade de Direito do Recife**, v. 87, n. 2, 2015.

MULLER, K. J. S.; RIBEIRO, W. C.; GÓMEZ, M. R. F. Lixo eletrônico: viabilidade prática pedagógica. **Revista Científica Inovação e Tecnologia**, v. 8, p. 10, 2017.

NASCIMENTO, A. N.; OLIVEIRA, G. A. G. Aspectos tecnológicos e ambientais: o desafio do lixo eletrônico. **Revista Cerrados**, v. 8, n. 01, p. 239-260, 2010.

NATUME, R. Y.; ORÉFICE, E. H.; TRENTINI, A. B.; OLIVEIRA, T. V. Gerenciamento de resíduos de informática nas Universidades Federais do Brasil. *In: XI Colóquio Internacional sobre Gestão Universitária na América do Sul. II Congresso Internacional IGLU*. Florianópolis, Brasil, 2011.

OLIVEIRA, U. R.; MARINS, F. A. S.; JÚNIOR, J. M. Logística reversa e identificação de produtos: revisão teórica para indústria eletroeletrônica. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 2, p. 633-677, 2016.

PACHECO, C. G. As desventuras de um Estado de Direito Ambiental. **Revista de Informação Legislativa**, v. 52, n. 205, p. 297-317, 2015.

PICONEZ, S. C. B.; NAKASHIMA, R. H. R.; SOUZA, R. L. L. Consumo das tecnologias pelos estudantes do Ensino Fundamental: potencialidade das técnicas qualitativas de pesquisa. **Olhar de Professor**, v. 13, n. 2, p. 279-295, 2010.

- PONTES, F. N.; GIORDANO, F. Práticas de TI verde em uma empresa educacional para fomentar a responsabilidade socioambiental. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, p. 118-126, 2015.
- SANT'ANA, H. B. S.; MOURA, F. J.; VEIT, H. M. Caracterização físico-química de placas de circuito impresso de aparelhos de telefone celular. **Tecnologia em metalurgia, materiais e mineração**, v. 10, n. 3, p. 231-238, 2013.
- SANTOS, K. G.; SOUZA, L. G. S. A importância do IBICT para a divulgação científica brasileira. **Bibliotecas Universitárias: pesquisas, experiências e perspectivas**, v. 3, n. 2, p. 3-18, 2017.
- SCHNEIDER, E. L.; GRASSI, G. D.; AMICO, S. C.; CHAVES, R. D. A.; MAZZUCA, D. C.; ROBINSON, L. C. Reaproveitamento de resíduo de placas de circuito impresso como cargas em compósitos de polipropileno. **Matéria**, v. 25, 2020.
- SCHNEIDER, E. L.; HAMERSKI, F.; VEIT, H. M.; KRUMMENAUER, A.; CENCI, M. P.; CHAVES, R. A.; HARTMANN, W. L.; DIAS, M. M.; ROBINSON, L. C.; VARGAS, A. Evaluation of mass loss in different stages of printed circuit boards recycling employed in temperature controllers. **Materials Research**, v. 22, 2019.
- SCHNEIDER, E. L.; KINDLEIN JUNIOR, W.; SOUZA, S. S.; MALFATTI, C. F. Uma contribuição ao ecodesign: metodologia para avaliação e seleção de células de baterias de NiMH, visando o seu reuso. **Design & Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 51-59, 2010.
- SILVA, L. S. V.; GONÇALVES, A.; BACHMANN, A. Logística reversa do lixo tecnológico: um estudo sobre o comportamento dos consumidores de aparelhos móveis. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 11, n. 3, p. 133, 2016.
- VEIT, H. M.; JUCHNESKI, N. C. F.; SCHERER, J. Use of gravity separation in metals concentration from printed circuit board scraps. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 67, p. 73-79, 2014.
- VEIT, H. M.; OLIVEIRA, E.; RICHTER, G. Thermal processes for lead removal from the funnel glass of CRT monitors. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 68, p. 287-294, 2015.
- VERÍSSIMO, M. P. Indicadores industriais dos estados do Sudeste brasileiro: uma análise sobre desindustrialização a partir de modelos ARDL. **Revista Econômica**, n. 1, p.135-152, 2019.