

RESÍDUOS ELETRÔNICOS: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA NA CHINA E NO BRASIL

VITÓRIA MADEIRA BARRETO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

CARLOS EXPEDITO DE CASTRO MONTE

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

JACKELINE LUCAS SOUZA

Introdução

Os resíduos eletrônicos representam uma problemática ao produzir mais de 53 milhões de toneladas no mundo, com uma taxa de reciclagem de, apenas, 17,4%. Os dados indicam que a reciclagem não está acompanhando o consumo global, decorrente dos REEE. O Brasil fica atrás da China, que é a maior produtora de resíduos eletrônicos do mundo, gerando, aproximadamente, 10,129 milhões de toneladas (Statista, 2019). Todavia, a China se comprometeu a reciclar e reutilizar os resíduos eletrônicos, além de taxa efetiva, atualmente, de 40% (Instituto das Nações Unidas para Formação e Pesquisa, 2020).

Problema de Pesquisa e Objetivo

Em virtude da baixa porcentagem de reciclagem em relação à produção de eletrônicos, faz-se necessário um estudo acerca da gestão dos resíduos eletrônicos. Dentro deste contexto, a pesquisa se propõe a responder à seguinte problemática: Que tipo de estudos têm sido produzidos sobre os resíduos eletrônicos no Brasil e na China? Para tanto foi delineado como objetivo geral revisar bibliometricamente estudos sobre resíduos eletrônicos no Brasil e na China.

Fundamentação Teórica

Os estudos teóricos foram segmentados em: resíduos eletrônicos na China e resíduos eletrônicos no Brasil. Em ambos países foi tratada a questão da evolução histórica dos resíduos eletrônicos, no que tange à legislação correlata e ao destino dos resíduos eletrônicos. Os autores que mais se destacaram na proposta da pesquisa foram: Chen et al. (2018), com a replicação da Política de Fundo, criada desde 2012, na China, e Ferreira, Silva e Galdino (2010), no tratamento do destino aos resíduos eletrônicos, no Brasil.

Metodologia

A pesquisa é bibliométrica, estudando publicações em artigos e relatórios, a fim de quantificar, analisar e avaliar a produção científica, sobre resíduos eletrônicos. As bases de dados coletadas foram Google Acadêmico e ScienceDirect, com as palavras-chave 'gestão e-lixo' e 'resíduos eletroeletrônicos' (no Brasil) e 'e-waste management China' e 'electrical and electronic waste China' (na China), no período de 2010 a 2023, utilizando-se 2010 como ano inicial por conta da Lei nº 13.576/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Análise dos Resultados

Foram explorados cerca de 170 materiais, sendo eliminados itens que não envolviam o estudo de REEE, no Brasil ou na China, resultando em uma amostra de 45 artigos, 26 brasileiros e 19 chineses. Referente ao quantitativo de autores mais citados, no Brasil e na China, a China obteve destaque, sendo justificado pelo fato dos artigos chineses conterem mais informações bibliográficas, visto que a China apresentou 26,67% da bibliografia estudada e o Brasil 15,56%. Além disso, a maioria das universidades chinesas trabalham em conjunto, com universidades nacionais ou internacionais.

Conclusão

O objetivo geral proposto de revisar, bibliometricamente, pesquisas sobre resíduos eletrônicos no Brasil e na China, em uma amostra de 45 artigos, identificou-se que: os modelos mais utilizados, no Brasil e na China são de gestão de resíduos com base na legislação e de Política de Fundos, respectivamente. Além disto, os achados promoveram identificação de dados quantitativos em pesquisas brasileiras e qualitativos em pesquisas chinesas, e que o Brasil tem publicado com universidades estrangeiras, enquanto a China tem publicado, entre outras informações analisadas.

Referências Bibliográficas

CHEN, Mengjun et al. China E-waste management: Struggling for future success. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 139, p.48-49, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344918302982>. Acesso em: 1 ago. 2023. FERREIRA, Ana G. C. Bibliometria na avaliação de periódicos científicos. *Revista de Ciência da Informação*, v. 11, n. 3, 2010. Disponível em: https://www.brapci.inf.br/_repositorio/2010/06/pdf_3216262f4a_0011204.pdf. Acesso em: 13 ago. 2023.

Palavras Chave

Resíduos eletrônicos, Bibliometria, Gestão de resíduos

Agradecimento a órgão de fomento

Agradecimento ao Programa de Educação Tutorial (PET) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

RESÍDUOS ELETRÔNICOS: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA NA CHINA E NO BRASIL

1. INTRODUÇÃO

Os equipamentos eletroeletrônicos são aqueles que necessitam de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos para funcionar, sendo classificados em linha branca (eletrodomésticos de grande porte, como fogões e congeladores), linha azul (eletrodomésticos de pequeno porte, como batedeiras e furadeiras), linha verde (produtos de informática e telecomunicações, como computadores e celulares) e linha marrom (eletrônicos de áudio, televisores e câmeras). Estes produtos, ao alcançarem o fim de sua vida útil, tornam-se Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2012).

Os resíduos de equipamentos eletrônicos ou, simplesmente, resíduos eletrônicos são uma problemática emergente, visto que, em 2019, mais de 53 milhões de toneladas foram produzidas no mundo, com uma taxa de reciclagem de, apenas, 17,4%. Houve um aumento de 1,8 milhões de toneladas de 2014 para 2019, mas a geração total de lixo eletrônico aumentou em 9,2 milhões de toneladas. Os dados indicam que a reciclagem não está acompanhando o crescimento global dos REEE, provocados pelo consumo (Instituto das Nações Unidas para Formação e Pesquisa, 2020).

No mesmo período, foram descartadas, no Brasil, aproximadamente, 2,143 milhões de toneladas resíduos eletrônicos, tendo um valor menor que 3% correspondente à reciclagem. Apesar disto, o Brasil fica atrás da China, que é a maior produtora de resíduos eletrônicos do mundo, gerando, aproximadamente, 10,129 milhões de toneladas (Statista, 2019). Todavia, a China se comprometeu a reciclar e reutilizar os resíduos eletrônicos, uma vez que sua taxa de coleta e reciclagem efetiva é de 40% dos resíduos eletrônicos gerados (Instituto das Nações Unidas para Formação e Pesquisa, 2020).

Os 10 países que mais geram resíduos eletrônicos são, em ordem decrescente, China, Estados Unidos, Índia, Japão, Brasil, Rússia, Indonésia, Alemanha, Reino Unido e França. O somatório destes países representa, aproximadamente, 32,806 milhões de toneladas, ou seja, 60,75% da produção global de e-lixo (54 milhões de toneladas), onde a China responde por, aproximadamente, 30,88% (1º lugar dos 10 países) e o Brasil por 6,53% (5º lugar dos 10 países), os dois juntos (China e Brasil) representam 37,41%. Já em relação à geração global de resíduos eletrônicos, China representa, aproximadamente, 18,76%, enquanto o Brasil representa, aproximadamente, 3,97% (Statista, 2019).

Portanto, em virtude da baixa porcentagem de reciclagem em relação à produção de eletrônicos, faz-se necessário um estudo acerca da gestão dos resíduos eletrônicos, a fim de auxiliar no descarte adequado, reduzindo seus impactos ao ambiente e à humanidade. Dentro deste contexto, a pesquisa se propõe a responder à seguinte questão-problema: **Que tipo de estudos têm sido produzidos sobre os resíduos eletrônicos no Brasil e na China?** Para tanto foi delineado como objetivo geral revisar bibliometricamente estudos sobre resíduos eletrônicos no Brasil e na China. A fim de atingir a este objetivo geral, foram propostos como objetivos específicos: *i)* identificar modelos de gestão de resíduos eletrônicos na China e no Brasil; e *ii)* analisar as políticas de gestão do Brasil e da China.

Para atingir os objetivos propostos, foi realizada uma análise bibliométrica, buscando produções acadêmicas do Brasil e da China, de 2010 a 2023, no *Google Acadêmico* e na *ScienceDirect*. Além do levantamento bibliográfico, que também incluiu estudo da legislação, foi efetuada uma análise a partir dos dados obtidos.

Essa pesquisa se justifica pela necessidade de se efetuar o tratamento adequado dos REEE, para tanto, através da comparação de produções científicas, entre o Brasil e a China, pode-se desenvolver novas políticas de gestão para não apenas diminuir a poluição

desses resíduos, mas também a geração de renda a partir do destino adequado e do aproveitamento deles.

Este estudo é relevante ao esclarecer as questões relacionadas à agenda ambiental, buscando evidências estratégicas à redução de impactos ambientais por parte das entidades públicas, privadas e organizações do terceiro setor. A proposta destaca não, apenas, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 -, na questão da gestão de REEE no Brasil, mas compara o contraste da experiência brasileira com experiência chinesa. Desta forma, além de examinar a evolução da gestão de (REEE), o estudo oferece uma perspectiva internacional sobre o assunto, em relação a um país que ocupa destaque na produção e destinação dos resíduos eletrônicos, a China.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Resíduos eletrônicos na China

Em 2011, a China foi reconhecida como a segunda maior economia do mundo, com um Produto Interno Bruto (PIB) avaliado, em aproximadamente, US\$7,298 trilhões de dólares. Um dos setores mais importantes para a China é a indústria manufatureira que, em 2009, representava um terço da produção econômica do país, onde a produção de equipamentos eletroeletrônicos correspondia a 12% dessa indústria. Em 2009, as exportações chinesas de pequenos eletrodomésticos já representavam 60% do mercado global (Wang *et al.*, 2013).

Segundo Zeng *et al.* (2020), em 2020, a China já era considerada a maior geradora de REEE do mundo, com uma geração média de 14 milhões de toneladas de e-lixo, e com uma previsão de aumento que supera 28 milhões de toneladas até 2040. No período de 2012 a 2020, um total de 21,9 bilhões de yuans chineses (CNY) foram concedidos por meio de subsídios às empresas de reciclagem de e-lixo, e cerca de 600 milhões de equipamentos eletroeletrônicos, como computadores, televisores, geladeiras e outros foram encaminhados ao canal formal de reciclagem (Schneider; Zeng, 2022).

A maior parte das atividades de coleta é realizada em áreas urbanas devido os grandes volumes de REEE (Wang *et al.*, 2013), na China, onde tanto o setor formal, quanto o informal, participam da coleta de e-lixo. Durante muitos anos a reciclagem informal de REEE na China foi muito presente, o que gerava grave poluição ambiental. Isso ocorria por conta da falta de controle sobre como as atividades eram realizadas, bem como pela falta de conhecimento sobre as origens dos aparelhos e o destino dos materiais reciclados (Chen *et al.*, 2018).

A partir dos anos 2000, os impactos ambientais e sociais do setor informal de resíduos eletrônicos chamaram a atenção global, visto que estimativas apontavam que cerca de 33 milhões de toneladas de REEE foram transportadas ilegalmente para a Ásia em 2004 (Basel Convention Regional Centre in China, 2005). Em 2007, surgiu a Medida Administrativa sobre o Controle de Poluição Causada por Produtos de Informação Eletrônica, conhecida, popularmente, na China, como *Restriction of Hazardous Substances* (ROHS), que tinha por finalidade restringir o uso de produtos com certos materiais tóxicos, além de estipular a obrigatoriedade da reciclagem e promoção de produtos sustentáveis (Zhu *et al.*, 2012).

Em 2008, com o objetivo de reduzir a poluição causada pela reciclagem do setor informal, foi publicada a Medida Administrativa de Prevenção à Poluição de REEE (Zeng *et al.*, 2013). Já em 2009, foi implementado um sistema de coleta e tratamento para os resíduos provenientes de certos aparelhos, chamados de primeiro catálogo, como computadores, máquinas de lavar, geladeiras entre outros. No entanto, este sistema foi interrompido em 2011 por conta dos elevados gastos (Qi *et al.*, 2022). Ainda, em 2011, foi implementado o Regulamento de Administração para a Coleta e Tratamento de REEE,

estabelecendo uma responsabilidade entre as partes da cadeia do ciclo de vida dos eletrônicos, criando parcerias de reciclagem (Zhu *et al.*, 2012).

Em 2012, surge a Política do Fundo, funcionando da seguinte maneira: os aparelhos listados no primeiro catálogo são tributados assim que entram no mercado Chinês (por importação ou produção), e os fundos provenientes dessa tributação são direcionados ao desmonte. Por exemplo, um produtor/importador paga 10 CNY (equivalente a R\$6,78 em 2023) para cada computador que entra no mercado, e então o Ministério das Finanças da China aloca 85 CNY (equivalente a R\$57,65 em 2023) para cada computador desmontado por empresas licenciadas. Esta política promove a alocação de recursos governamentais (R\$57,65, neste caso) nas empresas que trabalham com reciclagem, 88% a maior do que o que é arrecadado das empresas que produzem os mesmos produtos (R\$6,78), conseqüentemente, gerando um déficit na gestão do governo chinês de, aproximadamente, 2,6 bilhões de CNY, em 2015 (Chen *et al.*, 2018).

Depois de 2015, o setor formal apresentou avanços, um deles foi em 2022, apontando que o número de empresas licenciadas para efetuar a reciclagem de REEE era de 109 em relação a 2012 que era de 36, representando um aumento 202,78% (World Economic Forum, 2018). O avanço da gestão do e-lixo na China pode ser visto pela evolução histórica representada na Figura 1.

Figura 1 – Evolução histórica da gestão do e-lixo na China



Fonte: adaptado de Zeng *et al.*, (2013).

De acordo com a Figura 1, nos últimos tempos, o setor formal experimentou um crescimento contínuo impulsionado pela supervisão do governo e o apoio financeiro fornecido por políticas como a Política do Fundo (Chen *et al.*, 2018), facilitando a criação de procedimentos de reciclagem de resíduos eletrônicos mais seguros e ecologicamente viáveis. Apesar desse crescimento oficial, quantidades significativas de resíduos eletrônicos, ainda, encontram seu caminho para dentro e através do âmbito informal (Chen *et al.*, 2018). Na tentativa de atenuar esta informalidade, tem sido realizado o tratamento dos REEE na China, a fim de mensurar esses impactos, mesmo após os avanços da gestão de e-lixo.

Segundo Li e Achal (2020), na China, a reciclagem de resíduos eletrônicos é algo de grande importância e desafios. Com o passar do tempo, a China adotou políticas e regulamentações para lidar com tal situação, incentivando a reciclagem adequada de resíduos eletrônicos. No entanto, muitas vezes, esses resíduos são coletados informalmente, causando sérios danos à saúde dos trabalhadores e ao meio ambiente, pela exposição às substâncias tóxicas.

O termo "informal" refere-se aos indivíduos e práticas que estão fora das estruturas institucionais e regulatórias oficiais. Esses recicladores informais não possuem registro, portanto, são ilegais. Geralmente, esses recicladores não possuem instalações adequadas para efetuar o processo de reciclagem, assim como se utilizam de processos não recomendados, o que pode resultar em danos à saúde humana e ao meio ambiente. A região com o setor informal de REEE mais proeminente é a Província de Guangdong, a

qual está geograficamente próxima a Hong Kong, tornando-se um destino logístico mais conveniente para o transporte ilegal desses resíduos (Wang *et al.*, 2013).

A reciclagem informal, ainda, representa uma parcela significativa no tratamento de REEE. Os custos dos processos formais de reciclagem de lixo eletrônico são significativamente mais elevados em comparação com as receitas provenientes do mercado de Equipamentos Eletroeletrônicos (EEE), especialmente em nações com regulamentos relativamente rigorosos. Este cenário econômico resulta em uma situação desfavorável, na qual a maioria dos materiais de resíduos eletrônicos acaba sendo enviada aos países com padrões ambientais governamentais notavelmente atrasados ou até inexistentes, onde as condições de trabalho são extremamente precárias. Nestes países, setores informais de coleta surgem de maneira mais acentuada e desempenham um papel crucial na desmontagem de componentes de materiais eletrônicos descartados ou na reutilização completa de itens, como ocorre na China (Li; Achal, 2020).

Dentro deste contexto, faz-se necessário avaliar, também, o processo de reciclagem de eletrônicos no Brasil, a fim de comparar estas ações na China, com as que têm ocorrido no Brasil.

2.2 Resíduos eletrônicos no Brasil

O art. 23, inciso VI da Constituição Federal de 1988, afirma que a união, os estados e os municípios devem buscar preservar o meio ambiente, visando o desenvolvimento sustentável (Brasil, 1988). Com base nisto, os REEE devem possuir um tratamento diferenciado, em virtude de sua grande possibilidade de reaproveitamento e por possuir componentes tóxicos (Ferreira; Silva; Galdino, 2010).

Entre os componentes tóxicos estão o Cádmiio (Cd), possuindo efeitos cancerígenos e neurotóxicos, o Cromo (Cr), que pode provocar reações alérgicas, sendo cáustico e genotóxico, e o Chumbo (Pb), com a capacidade de gerar danos ao sistema nervoso, endócrino, cardiovascular e rins, este último, por exemplo, em um monitor de computador pode possuir até três quilos e meio de chumbo (Natume; Sant'Anna, 2011).

No Brasil, no período entre 1950 e 1970, não existiam empresas que poderiam formar um complexo eletrônico, sendo um conjunto de segmentos e setores industriais com uma base técnica similar. No início da década de 70, com os incentivos tributários e fiscais, fornecidos às empresas que fossem para Zona Franca de Manaus, esperava-se uma expansão do consumo de eletroeletrônicos, com objetivo de tornar o Brasil um país exportador desses produtos. Todavia, o plano era atrair empresas multinacionais, o que acarretou a exclusão das empresas nacionais, gerando uma falta de competitividade, visto que a região também tinha problemas, como falta de infraestrutura e de mão de obra qualificada, além de problemas logísticos de distribuição, impedindo a exportação para grandes mercados (Batista, 2010).

Já na década de 80, o Brasil tomou medidas extremas referentes ao setor eletroeletrônico, como reservas de mercado no setor de telecomunicações e de microcomputadores, bem como impedimento das importações de muitos eletrônicos, e isto durou até a década de 90, quando ocorreu a liberalização comercial. Na ocasião, houve um crescimento das importações, com quebra de diversas empresas nacionais, resultando em um déficit no setor eletroeletrônico, o qual permanece até a contemporaneidade (Batista, 2010). Em 2001, surgiu a lei nº 10.176, de 11 de janeiro de 2001 (Lei que trata da capacitação e competitividade do setor de tecnologia da informação), que incentivava a pesquisa e o desenvolvimento na área de informática, através de redução de tributos (S. Jabbour; C. Jabbour, 2012).

Em 2002, surge uma das primeiras leis que tratam de REEE no Brasil, sendo a Lei nº 1.101, de 6 de agosto de 2002, do Governo do Estado de Rondônia. Nela os eletroeletrônicos que contêm pinhas ou baterias são considerados resíduos

potencialmente perigosos à saúde e determina que os mesmos não podem ser despejados em aterros sanitários destinados a resíduos domésticos. Em complemento, estabelece que cabe aos fabricantes e importadores desenvolver campanhas para esclarecer os riscos que os aparelhos podem causar à saúde, após o término de sua vida útil (arts. 1º, 3º e 5º da Lei nº 1.101/2002) (Rondônia, 2002).

No ano seguinte, surge no estado da Paraíba, a Lei nº 7.476, de 25 de novembro de 2003, a qual trata do descarte final dos produtos perigosos, como pilhas e baterias, que contêm metais pesados. Segundo essa lei, as pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes são resíduos perigosos, devendo ser separados em recipientes adequados para a destinação específica (arts. 1º e 2º da Lei nº 7.476/2003) (Paraíba, 2003). Em 2006, no estado do Mato Grosso do Sul, foi publicada a Lei nº 3.185, de 21 de fevereiro de 2006, dispondo sobre a destinação de pilhas, baterias e lâmpadas, sendo similar a Lei nº 7.476 da Paraíba (Mato Grosso do Sul, 2006).

Em 2008, no Distrito Federal (DF), foi sancionada a Lei nº 4.154, de 11 de junho de 2008, a qual trata sobre a proibição de descartar baterias, pilhas e lâmpadas fluorescentes, que contenham metais pesados, em lixo doméstico ou comercial. Foi definido que esses produtos devem ser separados em recipientes adequados para ser efetuada a destinação correta, onde é proibido descartar em depósitos públicos de resíduos sólidos ou em incineração. A partir dessa lei surgiu a obrigatoriedade do (DF) promover campanhas esclarecendo os riscos desses resíduos (art. 2º) (Distrito Federal, 2008).

Neste mesmo ano, o estado do Paraná publicou a Lei nº 15.851, de 10 de junho de 2008. Ela define que as empresas que produzem, distribuem ou comercializam equipamentos de informática, em prol do meio ambiente, devem criar e manter uma estrutura de recolhimento, reciclagem ou destruição dos resíduos de informática. Além disso, essa lei instituiu um controle a esses produtos, através de uma nota de entrada expedida pela empresa, sendo encaminhada à Secretaria de Estado do Meio Ambiente, onde também deve ser emitida uma nota de recolhimento do produto, para todo material que for recolhido pela fabricante ou distribuidora (arts. 1º e 2º) (Paraná, 2008).

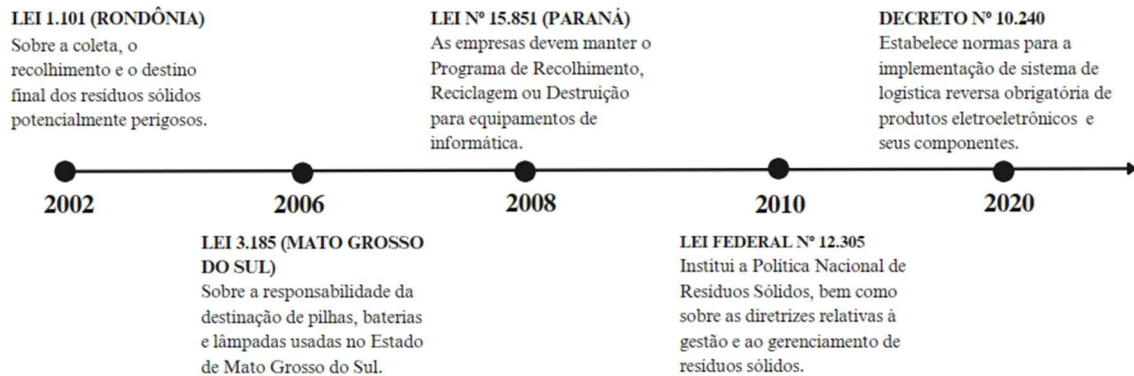
Em 2009, no estado de São Paulo, surge a Lei nº 13.576, de 6 de julho de 2009. Nela os resíduos eletroeletrônicos (oriundos de desuso de computadores, monitores e televisões, bem como pilhas e baterias, além de produtos magnetizados) devem receber uma destinação final adequada, a fim de não provocar danos ao meio ambiente e à sociedade e trata o destino como responsabilidade das empresas que produzem, comercializam ou importam eletroeletrônicos (arts. 1º, 2º e 3º) (São Paulo, 2009)

Ademais, em 2010, foi criada a Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que, de acordo com o art. 1º instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis, incluindo os resíduos eletroeletrônicos (inciso VI do art. 33) (Brasil, 2010). Cabe citar que é importante que o Governo Federal, de forma isolada ou em regime de cooperação com Estados e Municípios, estabeleça diretrizes a um destino adequado desses resíduos.

Em 2020, o Decreto nº 10.240, de 12 de Fevereiro de 2020, estabeleceu normas para a implementação de sistema de logística reversa obrigatória de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes, pois o descarte indevido desses resíduos, por conta dos metais pesados, impacta em danos ao meio ambiente através da contaminação de solos, lençóis freáticos, e de danos à saúde da população que vive no entorno dos aterros sanitários ou que vivem da separação dos resíduos destinados aos mesmos (Brasil, 2020). Desta forma, a Figura 2 demonstra a linha do tempo no Brasil.

Figura 2 – Evolução histórica da legislação sobre REEE no Brasil.

HISTÓRICO DO AVANÇO DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA (REEE)



Fonte: autoria própria (2023).

Dentro deste contexto, observa-se o processo de reciclagem de eletrônicos, buscando favorecer a não contaminação do meio ambiente e ao aproveitamento desses produtos inservíveis, transformando-os em novos insumos sob a ótica do ciclo de vida.

O principal órgão que trata das questões ambientais no Brasil é o Ministério do Meio Ambiente (MMA), focado em supervisionar e aplicar normas ambientais pelo país. Todavia, os REEEs, ainda, não recebem a devida atenção do poder público, pois apesar de hoje existirem associações e cooperativas específicas para tratamento desses resíduos, de modo geral, a maioria não se encontra apta para tal gerenciamento, o que se justifica pela falta de maquinário ou conhecimento específico (Xavier *et al.*, 2013)

Ocorre que, mediante isso, muitas vezes esses resíduos são descartados de forma falha, gerando consequências negativas tanto para o meio-ambiente como para os seres humanos. Para Gerbase e Oliveira (2012), a reciclagem é a alternativa ecologicamente correta a ser utilizada para amenizar o descarte inadequado do lixo eletrônico. O descarte incorreto desses resíduos não representa apenas o impacto negativo ao meio ambiente, mas também um grande desperdício, já que, quando reciclados, os lixos eletrônicos podem ser convertidos em matéria-prima para diferentes indústrias, evitando a extração de recursos limitados da natureza (Green Eletron, 2021).

Ferreira, Silva e Galdino (2010), analisaram o descarte do lixo eletrônico no Brasil, bem como os problemas gerados, as possíveis soluções referentes a reciclagem do e-lixo, além de formas economicamente viáveis e ecológicas de reciclar os resíduos eletrônicos. Foram utilizados dados sobre o descarte do e-lixo no Brasil e a localização das empresas recicladoras de e-lixo. Após este levantamento, foi realizada uma classificação em o que poderia ser utilizado (funcionais) e o que deveria ser descartado (descaracterizado). Os funcionais foram aproveitados em outros projetos e os descaracterizados foram destinados às empresas de reciclagem. Os resultados apontaram que, pelo menos, 80% do lixo eletrônico pode ser reaproveitado e que do material descaracterizado, foram obtidos componentes usados no Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) para reparos de outros aparelhos eletrônicos, que voltaram ao uso.

Dessa forma, torna-se essencial efetuar a coleta e reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos. Tal fato não visa apenas a conservação de recursos não renováveis por meio da reutilização, mas também evita o aumento contínuo do impacto ambiental negativo causado pela má gestão desses resíduos (Carvalho *et al.*, 2008).

3. METODOLOGIA

A pesquisa é uma bibliometria, que segundo Ferreira (2010), trata-se de um estudo de publicações em livros, artigos e relatórios, a fim de quantificar, analisar e avaliar a produção científica. A análise bibliométrica foi utilizada por conta de sua capacidade de

cobrir períodos de tempo extensos, permitindo a identificação e evidenciação de informações relevantes na temática em estudo (Nerur; Rasheed; Natanrajan, 2008).

Para efetuar a pesquisa, o primeiro passo foi definir quais bases de dados seriam usadas, as quais foram escolhidas o *Google Acadêmico* e a *ScienceDirect*. Após isso, foram definidas as palavras que mais poderiam gerar resultados com base nos objetivos da pesquisa, sendo as palavras-chave, para os artigos brasileiros “gestão e-lixo” e “resíduos eletroeletrônicos” e para os artigos que tratassem da China “*e-waste management China*” e “*electrical and electronic waste China*”. Por fim, foi definido um intervalo de tempo, de 2010 a 2023, utilizando-se 2010 como ano inicial por conta da Lei nº 13.576/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Com base nesses critérios da pesquisa, foram explorados cerca de 170 materiais - publicados em ambos os países - entre livros e artigos, sendo eliminados capítulos de livros e demais artigos que não envolviam o estudo de REEE, no Brasil ou na China, resultando em uma amostra de 45 artigos, onde 26 são brasileiros e 19 chineses. No programa *Microsoft Excel 2016*, foram inseridas sete informações: o número de autores, o ano de publicação, as palavras-chave, a procedência (instituição de ensino), os periódicos, a metodologia e a quantidade de citações. A análise de dados foi feita por meio de gráficos e pelo *site Infogram*, resultando em uma nuvem de palavras ou, pela expressão em inglês, *word cloud*.

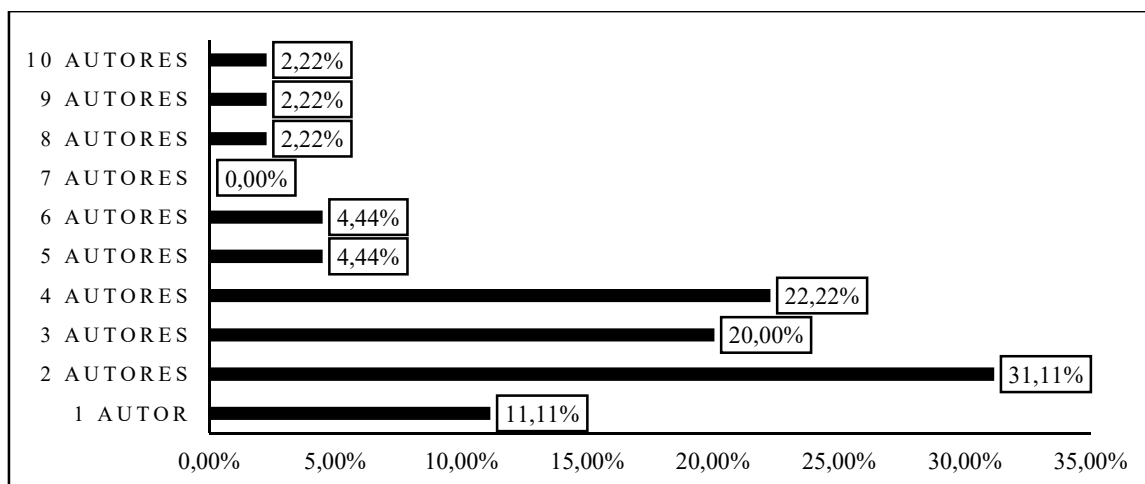
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os dados foram analisados em sete informações (número de autores, ano de publicação, palavras-chaves utilizadas, procedência, periódicos, metodologia e quantidade de citações), agrupados em seis subtópicos.

4.1 Número de autores

Na Figura 3 evidencia a quantidade de autores presentes na amostra, totalizando 159 autores, os quais não se repetem ao longo do período analisado e das publicações.

Figura 3 – Distribuição de artigos por quantidade de autores



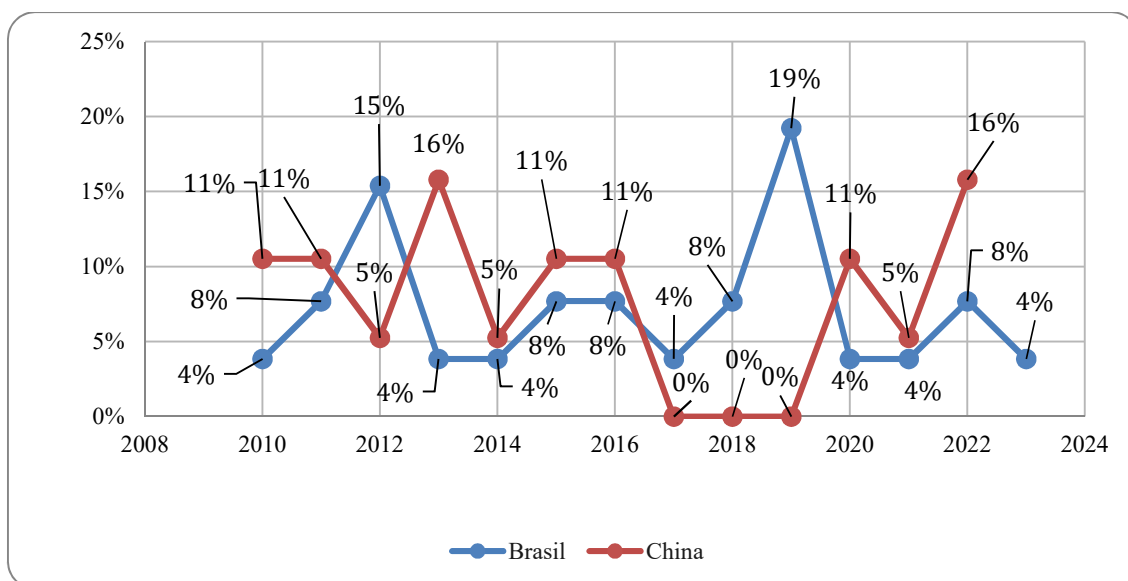
Fonte: autoria própria (2023).

Analisando a Figura 3, percebe-se que, apenas, um autor representa 11,11% da autoria e que a maior parte dos artigos analisados (31,11%) se compõe de dois autores, onde a China em uma única produção teve 10 autores (maior número representado).

4.2 Ano de publicação

A Figura 4 demonstra a distribuição de produção dos artigos sobre REEE de 2010 a 2023, no Brasil e na China.

Figura 4 – Distribuição dos artigos de 2010 a 2023



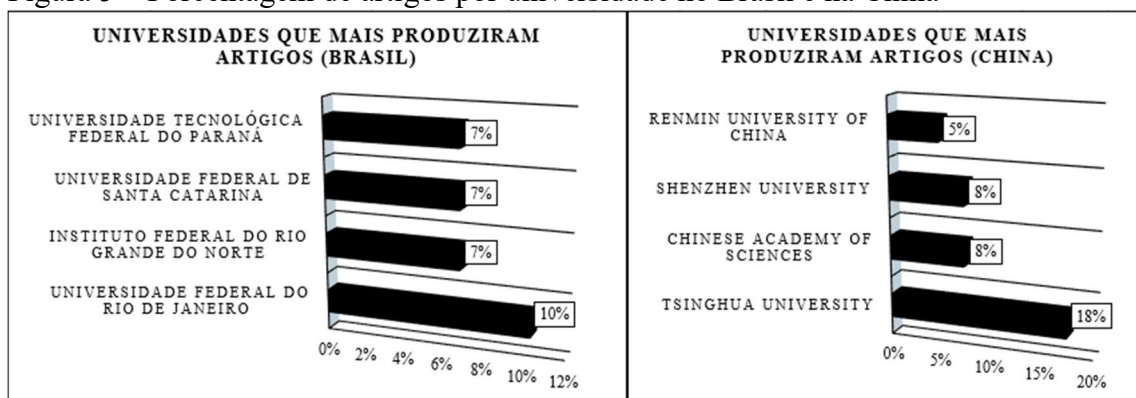
Fonte: autoria própria (2023).

O período de 2010 a 2012 representou 27% das publicações sobre REEE no Brasil, e em 2019 está a maior concentração de publicação (19%) no Brasil. Já na China, o período de 2010 a 2012 representou 27% das publicações sobre REEE, e em 2019 foi a maior concentração (16%). A falta de dados identificados, no período de 2017 a 2019, na China, impediu o comparativo entre os dois países neste período.

4.3 Procedência (instituição de ensino) e periódicos

A Figura 5 representa a distribuição de artigos pelas universidades que mais produziram no Brasil (esquerda da Figura 5) e na China (direita da Figura 5). Em cada país, objeto deste estudo, foram mapeadas quatro universidades que mais os representam, sendo: no Brasil a que mais o representa é a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com 10%, e a China é mais representada pela Tsinghua University, com 18%.

Figura 5 – Porcentagem de artigos por universidade no Brasil e na China

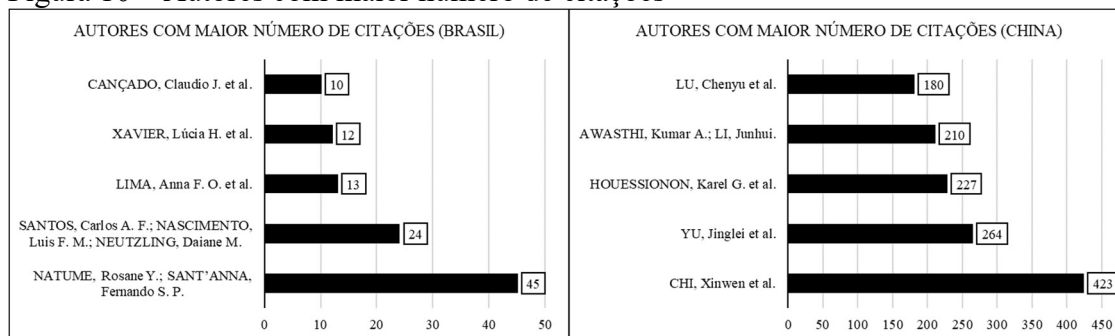


Fonte: autoria própria (2023).

Nos detalhes da análise, Tsinghua University (THU) e Shenzhen University (SZU) trabalharam em um artigo juntas. Apesar da Figura 5 apresentar, somente, as quatro universidades com maior produção em cada país, a quantidade de artigos brasileiros ficou em 29, enquanto que os referentes à China ficaram em 40.

Dados apontam que a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) representou com maior número de publicações de artigos (10%) referente aos REEE no Brasil,

Figura 10 – Autores com maior número de citações



Fonte: Autoria própria (2023).

O artigo mais citado no Brasil foi publicado por Natume e Sant'Anna (2011), com 45 citações, seguidos de Santos *et al.* (2014), com 24 citações. Em contrapartida, a China teve um comportamento bem diferente do Brasil, o artigo mais citado, publicado por Chi *et al.* (2011), teve 423 citações, seguido de Yu *et al.* (2010), 264 citações.

Das sete características analisadas nos 45 artigos da amostra deste estudo, levantam-se informações relevantes de que a China aponta como o país que publica mais que o Brasil, porém com dados, somente, qualitativos, enquanto que o Brasil se destaca em dados quantitativos; que a China se destaca em inter-relações com outras universidades estrangeiras; que a China começou a tratar a questão dos REEE, desde 2007, e o Brasil, somente, iniciou a regulamentação a partir de 2010; e que, do período analisado (2010 a 2022), a China apresentou inconstância nos dados, por ausência de publicação – de acordo com os parâmetros utilizados nesta pesquisa – no período de 2017 a 2019.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na pesquisa, chega-se à conclusão que a China buscou tratar dos REEE antes do Brasil, pois desde 2007 instituiu a ROHS, uma medida administrativa para lidar com a crescente preocupação sobre os REEE. No Brasil, somente, em 2010, surgiu uma Lei Federal (Lei nº 13.576/2010), tratando do e-lixo. A China também representa a maior geradora e destinadora correta dos resíduos eletrônicos.

A primeira análise realizada no processo de bibliometria diz respeito aos autores, ao observar os dados dos artigos publicados percebe-se que a maioria são escritos em duplas ou conjuntos, realizados por dois, três ou quatro autores, e que nenhum dos artigos observados tiveram autor em comum.

Ademais, ao observar a frequência de artigos por ano, nota-se que, por volta de 2020, comparando a China com o Brasil, a produção acadêmica chinesa tem aumentado sobre o assunto (REEE). Os artigos estudados mostraram uma integração entre as universidades chinesas para se tratar do problema, até mesmo fazendo artigos junto com universidades exteriores, como *Harvard*. Enquanto que no Brasil, a frequência de trabalhos em conjunto é consideravelmente inferior, não sendo encontrados publicações nacionais feitas em conjunto com universidades estrangeiras.

Nos periódicos maior destaque evidenciou-se para *Waste Management*, com maior número de publicações sobre os REEE, enquanto que nos periódicos brasileiros, não foi observado um que realmente se destaque dos demais, exceto a Revista Tecnologia e Sociedade, todos os demais tiveram, aproximadamente, a mesma quantidade de publicações. Ao se observar a forma como os artigos foram elaborados, com base nas palavras-chaves, notou-se que os 'sistemas de reciclagem', tanto no Brasil, quanto na China, são recorrentes quando se discute sobre REEE, além deste, o tema 'gestão' também se mostrou recorrente.

Quanto a metodologia utilizada nesses artigos verificou-se que a China publica mais artigos bibliográficos, com pouca pesquisa empírica (qualitativa), e o Brasil realizou diversas pesquisas de campo, trazendo uma metodologia mais quantitativa.

O quantitativo de autores mais citados no Brasil e na China ganha destaque para a China, isso pode ser justificado pelo fato dos artigos chineses conterem mais informações bibliográficas, como se observou na análise da metodologia.

O tratamento dos REEE é um assunto que demanda mais pesquisas no Brasil, visto que só recentemente, em 2010, sendo essencial a interação entre as universidades brasileiras, a fim de desenvolverem mais estudos como os pesquisadores chineses têm realizado. Além disto, recomenda-se utilizar outras bases de dados para ampliar as pesquisas sobre o assunto.

REFERÊNCIAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica. DF: Brasília, 2012. Disponível em: http://www.resol.com.br/textos/dwnl_1362058667.pdf. Acesso em: 30 ago. 2023.

AWASTHI, Kumar A.; LI, Junhui. Management of electrical and electronic waste: A comparative evaluation of China and India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 76, p. 434-447, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117302861>. Acesso em: 20 set. 2023.

BASEL CONVENTION REGIONAL CENTRE IN CHINA. Report on the Survey of the Import and the Environmentally Sound Management of Electronic Wastes in the Asia-Pacific Region. China, 2005. Disponível em: http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/centers/proj_activ/stp_project_s/01-02.pdf. Acesso em: 13 ago. 2023.

BATISTA, Jorge C. Os efeitos das políticas industriais para o setor de produtos eletrônicos do Brasil. *Revista de Economia Política*, v. 30, n. 1, p. 112-123, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31572010000100007>. Acesso em: 17 jul. 2023.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 20 ago. 2023.

BRASIL. Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020. Estabelece normas para a implementação de sistema de logística reversa. Brasília, DF, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10240.htm. Acesso em 3 ago. 2023

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 3 ago. 2023.

CANÇADO, Claudio J. *et al.* Gestão de resíduos sólidos de microcomputadores no município de Contagem/MG: uma análise dos atores envolvidos. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 1, p. 1-18, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4716/471647096001.pdf>. Acesso em: 20 set. 2023.

CARVALHO, Tereza C. M. B. *et al.* Projeto de Criação de Cadeia de Transformação de Lixo Eletrônico da Universidade de São Paulo. Prêmio Mário Covas, USP: São Paulo – SP. 2008. 15p. Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente do Centro Universitário de Anápolis, Anápolis, 2010. Disponível em: http://www.premiomariocovas.sp.gov.br/memoria/2008/inovacao_mencoeshonrosas/inovacao_lixoeletronico.pdf. Acesso em: 23 ago. 2023.

CHEN, Mengjun *et al.* China E-waste management: Struggling for future success. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 139, p.48-49, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344918302982>. Acesso em: 1 ago. 2023.

CHI, Xinwen *et al.* Informal electronic waste recycling: A sector review with special focus on China. *Waste management*, v. 31, p. 731-742, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X10005696>. Acesso em: 20 set. 2023.

DISTRITO FEDERAL. Lei nº 4.154, de 11 de junho de 2008. Dispõe sobre o descarte e a destinação final de lâmpadas fluorescentes, baterias de telefone celular, pilhas que contenham mercúrio metálico e demais artefatos que contenham metais pesados no Distrito Federal. DF: Brasília, 2008. Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/57848/Lei_4154_11_06_2008.pdf. Acesso em: 6 ago. 2023.

FERREIRA, Ana G. C. Bibliometria na avaliação de periódicos científicos. *Revista de Ciência da Informação*, v. 11, n. 3, 2010. Disponível em: https://www.brapci.inf.br/_repositorio/2010/06/pdf_3216262f4a_0011204.pdf. Acesso em: 13 ago. 2023.

FERREIRA, Dérick da C.; SILVA, Josivan B.; GALDINO, Jean C. S. Reciclagem de lixo eletrônico. *HOLOS*, v. 5, 2010. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/559>. Acesso em: 17 jul. 2023.

GERBASE, Annelise; OLIVEIRA, Camila. Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química. Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/KSRbFmmLnnrkxcrKY37QS9m/?lang=pt>. Acesso em: 13 de set. 2023.

GREEN ELETRON. Resíduos Eletrônicos no Brasil. Disponível em: https://greeneletron.org.br/download/RELATORIO_DE_DADOS.pdf. Acesso em:

HOUSSIONON, Karel G. *et al.* Environmental heavy metal contamination from Electronic Waste (e-waste) recycling activities worldwide: A systematic review from 2005 to 2017. *International journal of environmental research and public health*, v. 18, p. 3517, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/7/3517>. Acesso em: 20 set. 2023.

INSTITUTO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA FORMAÇÃO E PESQUISA. The Global E-waste Monitor 2020 – Quantities, flows, and the circular economy potential. 2020. Disponível em: <https://ewastemonitor.info/gem-2020/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

JABBOUR, Ana B. L. S.; JABBOUR, Charbel J. C. Lançando luzes sobre a gestão de operações do setor eletroeletrônico brasileiro. *Revista de Administração Pública (RAP)*, v.46, 2012. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rap/a/Vf7xHCKkcQPTRHBpsvJvvR/?lang=pt>. Acesso em: 17 jul. 2023.

LI, Weila; ACHAL, Varenyam. Environmental and health impacts due to e-waste disposal in China – A review. *Science of The Total Environment*, v.737, 2020.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720332654#s0075>. Acesso em: 15 set. 2023.

LIMA, Anna F. O. *et al.* Gestão de resíduos eletroeletrônicos e seus impactos na poluição ambiental. *Latin American Journal of Business Management*, v. 62015.

Disponível em: <https://www.lajbm.com.br/index.php/journal/article/view/256>. Acesso em: 20 set. 2023.

LU, Chenyu *et al.* An overview of e-waste management in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 17, p. 1-12, 2015. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10163-014-0256-8>. Acesso em: 20 set. 2023.

MATO GROSSO DO SUL. Lei nº 3.185, de 21 de fevereiro de 2006. Dispõe sobre a responsabilidade da destinação de pilhas, baterias e lâmpadas usadas no Estado de Mato Grosso do Sul e dá outras providências. Mato Grosso do Sul: Campo Grande, 2006.

Disponível em:

<http://aacpdappls.net.ms.gov.br/appls/legislacao/secoge/govato.nsf/448b683bce4ca84704256c0b00651e9d/39bca31f29eca3d60425711e004b1363?OpenDocument&Highlight=2,3.185>. Acesso em: 6 ago. 2023.

NATUME, Rosane Y.; SANT'ANNA, Fernando S. P. Resíduos Eletroeletrônicos: Um Desafio Para o Desenvolvimento Sustentável e a Nova Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos. *International Workshop on Advances in Cleaner Production*, v.3, 2011. Disponível em:

http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/5b/6/natume_ry%20-%20paper%20-%205b6.pdf. Acesso em: 17 jul. 2023.

NERUR, Sridhar P.; RASHEED, Abdul A.; NATARAJAN, Vivek. The intellectual structure of the strategic management field: an author cocitation analysis. *Strategic Management Journal*, v. 29, p. 319-336, 2008. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.659>. Acesso em: 4 set. 2023.

PARAÍBA. Lei nº 7.476, de 25 de novembro de 2003. Dispõe sobre o descarte final de produtos potencialmente perigosos do resíduo urbano que contenham metais pesados e dá outras providências. Paraíba: João Pessoa, 2003. Disponível em:

<http://www.informanet.com.br/Prodinfo/boletim/2003/Ce-Ma-Pb-Pi-Rn/lei7476-51-2003.htm>. Acesso em: 6 ago. 2023.

PARANÁ. Lei nº 15.851, de 10 de junho de 2008. Dispõe que as empresas produtoras, distribuidoras e que comercializam equipamentos de informática, instaladas no Estado do Paraná, ficam obrigadas a criar e manter o Programa de Recolhimento, Reciclagem ou Destruição de Equipamentos de Informática, sem causar poluição ambiental, conforme especifica. Paraná: Curitiba, 2008. Disponível em:

<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=143738>. Acesso em: 6 ago. 2023.

QI, Yu *et al.* Examining the Temporal and Spatial Models of China's Circular Economy Based upon Detailed Data of E-Plastic Recycling. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, 2022. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/1660-4601/19/5/2807>. Acesso em: 13 ago. 2023.

RONDÔNIA. Lei nº 1.101, de 6 de agosto de 2002. Dispõe sobre a coleta, o recolhimento e o destino final dos resíduos sólidos potencialmente perigosos que menciona e dá outras providências. Rondônia, 2002. Disponível em: <https://sapl.al.ro.leg.br/norma/3078#:~:text=DISP%C3%95E%20SOBRE%20A%20COLETA%2C%20O,MENCIONA%20E%20D%C3%81%20OUTRAS%20PROVID%C3%84NCIAS>. Acesso em: 6 ago. 2023.

SANTOS, Carlos A. F.; NASCIMENTO, Luis F. M.; NEUTZLING, Daiane M. A gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) e as consequências para a sustentabilidade: as práticas de descarte dos usuários organizacionais. *Revista Capital Científico – Eletrônica*, v. 12, 2014. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/capitalcientifico/article/view/2203>. Acesso em: 20 set. 2023.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 13.576, de 06 de julho de 2009. Institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico. São Paulo: Palácio dos Bandeirantes, 2009. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13576-06.07.2009.html>. Acesso em: 6 ago. 2023.

SCHNEIDER, Alice F.; ZENG, Xianlai. Investigations into the transition toward an established e-waste management system in China: Empirical evidence from Guangdong and Shaanxi. *Current Research in Environmental Sustainability*, v. 4, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666049022000731#bb0155>. Acesso em: 1 ago. 2023.

STATISTA. Leading countries based on generation of electronic waste worldwide in 2019. 2020. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/499952/ewaste-generation-worldwide-by-major-country/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

WANG, Feng *et al.* E-Waste in China: A Country Report. United Nations University, 2013. Disponível em: <https://collections.unu.edu/eserv/UNU:1624/ewaste-in-china.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2023.

WORLD ECONOMIC FORUM. Recovery of Key Metals in the Electronics Industry in the People's Republic of China: An Opportunity in Circularity. 2018. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/Environment_Team/39777_Recovery_Key_Metals_Electronics_Industry_China_Opportunity_Circularity_report_2018.pdf. Acesso em: 13 ago. 2023.

XAVIER, Lúcia *et al.* Sistema de Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Breve Análise da Gestão no Brasil e na Espanha. 4º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Porto Alegre, RS, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257871599_Sistema_de_Logistica_Reversa_de_Equipamentos_Eletronicos_Breve_Analise_da_Gestao_no_Brasil_e_na_Espanha. Acesso em: 15 de set. de 2023.

YU, Jinglei *et al.* Managing e-waste in China: Policies, pilot projects and alternative approaches. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 54, p. 991-999, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344910000479>. Acesso em: 20 set. 2023.

ZENG, Xianlai *et al.* Mapping anthropogenic mineral generation in China and its implications for a circular economy. *Nature Communications*, v. 11, 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-020-15246-4>. Acesso em: 1 ago. 2023.

ZENG, Xianlai *et al.* Perspective of electronic waste management in China based on a legislation comparison between China and the EU. *Journal of Cleaner Production*, v. 51, p. 80-87, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261200501X>. Acesso em: 1 ago. 2023.

ZHU, Shuguang *et al.* Estimating the impact of the home appliances trade-in policy on WEEE management in China. *International. Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, v. 30, 2012. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X12437568>. Acesso em: 13 ago. 2023.