



## LOGÍSTICA REVERSA E SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS: ANÁLISE DA LITERATURA

Julia Barbosa Chianello (UVA) [chianellojulia@gmail.com](mailto:chianellojulia@gmail.com)  
Fabricio da Costa Dias (UVA) [fcdias@yahoo.com](mailto:fcdias@yahoo.com)  
Flávia Targa Martins (UVA) [flavia.targa@uva.br](mailto:flavia.targa@uva.br)  
Marcone Freitas dos Reis (UNESA) [marconefreis11@gmail.com](mailto:marconefreis11@gmail.com)  
Rafaella Almeida Vieira (UVA) [rafaellaalmeodavieira@gmail.com](mailto:rafaellaalmeodavieira@gmail.com)

### Resumo

Com o avanço da globalização e o crescimento considerável de resíduos o descarte inapropriado de produtos eletrônicos geram um acúmulo de prejuízos ao meio ambiente e à saúde humana, visto que esse tipo de lixo eletrônico, possui substâncias tóxicas e nocivas a ambos. Devido a esse cenário, a Logística Reversa visa atender esta causa e caracteriza-se por ser um diferencial competitivo nas empresas, além de agrega valor à cadeia de suprimentos. O presente trabalho objetivou a realização de um estudo bibliométrico e apresentar métodos e aplicações da Logística Reversa utilizadas pelas organizações contemporâneas, onde foram coletados dados de artigos publicados na plataforma SCOPUS. Nessa pesquisa foi possível identificar que a China, Índia e Estados Unidos e a área de Engenharia com foco no uso modelos integrados de tomada de decisão para a logística reversa foram as que mais se destacaram na pesquisa. Por fim, espera-se com este trabalho demonstrar que a Logística Reversa é de grande importância para as operações corporativas, tornando possível o desagravamento dos impactos ambientais causados por eletrônicos e o ganho de eficiência e sustentabilidade das operações nas organizações.

**Palavras-Chaves:** Logística Reversa, Sustentabilidade, Bibliometria, Eletrônicos, Triple Bottom Line

### 1. Introdução

É de fundamental importância o papel que a logística exerce na sociedade atual, ela é responsável por coordenar e administrar recursos, que são utilizados para a movimentação de equipamentos e materiais dentro de uma empresa. Visa cuidar da distribuição de insumos e produtos de forma organizada. De acordo com Coelis (2018), a logística tem sido uma grande aliada para um bom gerenciamento empresarial, já que a qualidade de seus serviços, promove

consideráveis vantagens competitivas para as empresas. O autor, cita que para serem gerenciadas de maneira integrada, as atividades logísticas de movimentação e transferência de informações devem ser trabalhadas em um sistema coordenado. Para as empresas atuais que buscam por diferenciais competitivos, os valores ligados à responsabilidade socioambiental se tornaram um de seus enfoques.

Para Moura (1998), a logística surgiu no Brasil entre as décadas de 80 e 90, influenciada pela mudança no comportamento da empresa em relação a seus clientes. Até esse momento, as organizações apenas se importavam com a demanda dos clientes. Desse modo, o ritmo de mudança acelerou-se e o gerenciamento da cadeia de suprimento tornou-se importante (ARIEIRA; PAULIQUE; FERREIRA 2008).

Com a expansão do mercado e o avanço tecnológico, o conceito de logística ganhou várias vertentes, que envolvem aspectos externos às organizações, relacionados a fornecedores e clientes. Uma dessas vertentes é a Logística Reversa (LR), que, segundo Valle e Souza (2014) é um processo logístico destinado a retirar produtos novos ou usados de seu ponto inicial na cadeia de suprimento e redistribuí-los seguindo procedimentos de gerenciamento de materiais. Diante do atual mercado competitivo e a constante busca pela sustentabilidade, as empresas precisam inovar, e desse modo, surgem estratégias para gerenciar o processo reverso de seus produtos. E o descarte inadequado de eletrônicos, causam uma série de danos ao meio ambiente e à saúde humana, visto que esse tipo de lixo eletrônico, possui substâncias tóxicas e nocivas a ambos. Dado este cenário, a logística reversa se destaca como um novo campo de estudo da logística, que visa atender a justamente esta causa.

Segundo Ávila (2012), os fatores que definem a importância da logística reversa são: os custos logísticos totais, questões ambientais, comerciais e econômicas, e a busca da concorrência em fazer com que as empresas invistam na diferenciação dos serviços. Com isso, pretende-se, com este trabalho analisar como os princípios da logística reversa contribuem para o meio ambiente, como ela atua no descarte de eletrônicos e, seus benefícios, seja para os clientes ou para as próprias empresas, contribuindo para maiores e melhores resultados.

## **2. Descrição do problema**

A Revolução Digital proporcionou grandes mudanças no mundo em que vivemos, a partir dela foram feitos grandes avanços no campo da logística e da tecnologia. Desde então, a

sociedade está em crescente desenvolvimento, e segundo dados obtidos em Cidades Inteligentes (2018), o país considerado o maior produtor de e-lixo na América Latina, é o Brasil, e também é apontado como o segundo na América que mais produz lixo eletrônico. Além disso, é apontado por Floresti (2018, p. 1), que o Brasil é o “sétimo maior produtor do mundo, com 1,5 mil toneladas por ano”.

O consumo e descarte indiscriminado de equipamentos eletrônicos fazem com que esses itens se transformem em “lixo eletrônico” cada vez mais rápido. De acordo com dados da Organização Internacional do Trabalho (OIT), o mundo produz até 50 milhões de toneladas desse lixo por ano. De modo que, apenas 20% dele é formalmente reciclado (ONU, 2019). O que significa que o restante desses resíduos sólidos não tem um destino apropriado, o que coloca em risco a saúde da população e do meio ambiente. E o descarte inadequado de eletrônicos, causam uma série de danos ao meio ambiente e à saúde humana, visto que esse tipo de lixo eletrônico, possui substâncias tóxicas e nocivas a ambos. Dado este cenário, a logística reversa se destaca como um novo campo de estudo da logística.

Conclui-se que, a gestão do retorno de produtos descartados está se tornando decisiva, e como resultado de um ambiente estratégico e competitivo, as empresas estão sendo motivadas a inserir a logística reversa em sua cadeia de produção, seja por influência do lucro sobre produtos usados, preocupação com a imagem perante o mercado ou pelo compromisso com as leis ambientais (LEITE, 2003).

A logística reversa torna possível tanto o desagravo aos impactos ambientais causados por produtos elétricos e eletrônicos, quanto o ganho de eficiência e sustentabilidade das operações nas organizações. Esse estudo abordou o seguinte problema de pesquisa: De que forma é possível lidar com o “lixo eletrônico” para que ele não gere impactos no meio ambiente? Essa pesquisa tem por foco, realizar um estudo bibliográfico acerca dos principais métodos aplicados na indústria da logística reversa de eletrônicos.

### **3. Fundamentação teórica**

#### **3.1. Conceitos de logística reversa**

De acordo com Rogers e Tibben-Lembke (1998), logística reversa é o processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e custo efetivo do fluxo de matérias-

primas, estoques em processo, produtos acabados e as informações correspondentes do ponto de consumo para o ponto de origem, com o propósito de resgatar o valor.

Já Leite (2003) entende a LR como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, de imagem corporativa, entre outros. Segundo o mesmo autor, a LR pode ser subdividida em pós-consumo e pós-venda. A primeira caracteriza-se por iniciar somente após a finalização do ciclo de vida útil do bem, enquanto a segunda, é efetivada após o material ser definido com pouco ou nenhum uso, o qual, por diferentes motivos, retorna aos diferentes elos da cadeia direta.

### **3.2. Logística de pós-venda**

Leite (2009), relata que a logística reversa de pós-venda tem o propósito de planejar, operar e controlar o fluxo físico e as informações equivalentes aos produtos de pós-venda, sem utilização ou com pouca, que por razões diferentes necessitaram retornar pelos caminhos da cadeia reversa. A finalidade desse fluxo reverso é reconduzir valor ao bem que retornou, seja por qual razão tenha sido, como: motivos comerciais, falhas no processamento dos pedidos, garantia dada pelo fabricante, defeitos ou erros de funcionamento, danos no transporte ou validade.

Contudo, Fernandes (2010) cita que, os bens de pós-venda têm por característica a presença de pouco ou nenhum uso, diferenciando-se dos bens de pós-consumo, os quais podem ser usados até o fim de sua vida útil ou até não apresentarem mais condições ao dono. A quantidade de itens que passa pelos canais reversos de pós-venda muda de acordo com a categoria do produto e com alguns aspectos como o período de vida comercial, giro dos estoques, fluxo de comercialização estabelecido, obsolescência programada, sazonalidade e requisitos tecnológicos de remanufatura ou reforma.

### **3.3. Logística de pós-consumo**

Segundo Leite (2003), a logística reversa de pós-consumo denomina-se, como, a área que analisa e instrumentaliza o fluxo físico e as informações relativas aos itens descartados pela sociedade, que, por sua vez, retornam ao ciclo de produção através de canais de distribuição

reversos. O consumidor pode devolver o produto pessoalmente para a organização fabricante ou para seu o fornecedor, para que desse modo, a indústria possa fazer o retorno diretamente ao fornecedor.

### **3.4. Política Nacional de Resíduos Sólidos**

Antes visto como uma cadeia aberta (linear), que se encerrava no recebimento do produto pelo consumidor, e agora considerado como uma cadeia fechada (cíclica), isto é, a sua conclusão, ou recomeço, realiza-se com o reaproveitamento do resíduo gerado pela cadeia produtiva. Fato este que ocorre essencialmente em virtude das mudanças trazidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS.

Esta apresenta estratégias, como reaproveitamento, reciclagem, incentivo à rotulagem ambiental, diminuição dos resíduos sólidos gerados durante a produção, eliminação de lixões e aterros e, finalmente, a análise do ciclo de vida, que esquematiza o processo de produção do produto, que viabilizam um destino adequado através de sua interpretação (BRASIL, 2010).

## **4. Metodologia**

### **4.1. Tipo de pesquisa**

Esta pesquisa em relação aos seus fins tem natureza descritiva, por apresentar a descrição das características de estudo, conduzida sob a forma de uma investigação da literatura, possibilitando assim que seja feita uma análise detalhada e ampla da temática escolhida. E caracteriza-se também como pesquisa explicativa, pois tem como preocupação central identificar os fatores que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Ou seja, aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica o motivo das coisas. (VERGARA, 2016)

Ademais, quanto aos meios trata-se de uma pesquisa realizada por meios bibliográficos, com base em material vasto na literatura corrente. Documentos estes que foram pesquisados em bancos de dados como o repositório Institucional da UFRJ – Pantheon, SciELO - Scientific Electronic Library Online, Periódico Capes, e pesquisas em plataformas online como Google acadêmico, assim como a busca em livros na forma digitalizada. Sua principal vantagem reside no fato de permitir uma cobertura bem mais ampla de fenômenos do que aquela pesquisada diretamente. Já para a análise bibliométrica a coleta de dados baseou-se somente pela utilização da base SCOPUS, que caracteriza-se por ser uma base de dados mais refinada,

e após esse feito, para auxiliar na seleção dos artigos que de fato estão de acordo com o objetivo da pesquisa, foi adotada a metodologia PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-Análises) que tem por objetivo, auxiliar os autores a melhorarem o relato de revisões sistemáticas e meta-análises (GALVÃO; PANSANI; HARRAD, 2015). O universo estudado será o mercado de logística reversa, e a amostra selecionada será o setor de eletroeletrônicos.

Nesse contexto, pretende-se tratar os dados de forma qualitativa, ou seja, através de uma revisão da literatura para composição de uma análise acerca dos processos utilizados na prática sobre logística reversa de resíduos eletroeletrônicos e dos benefícios obtidos por meio desta.

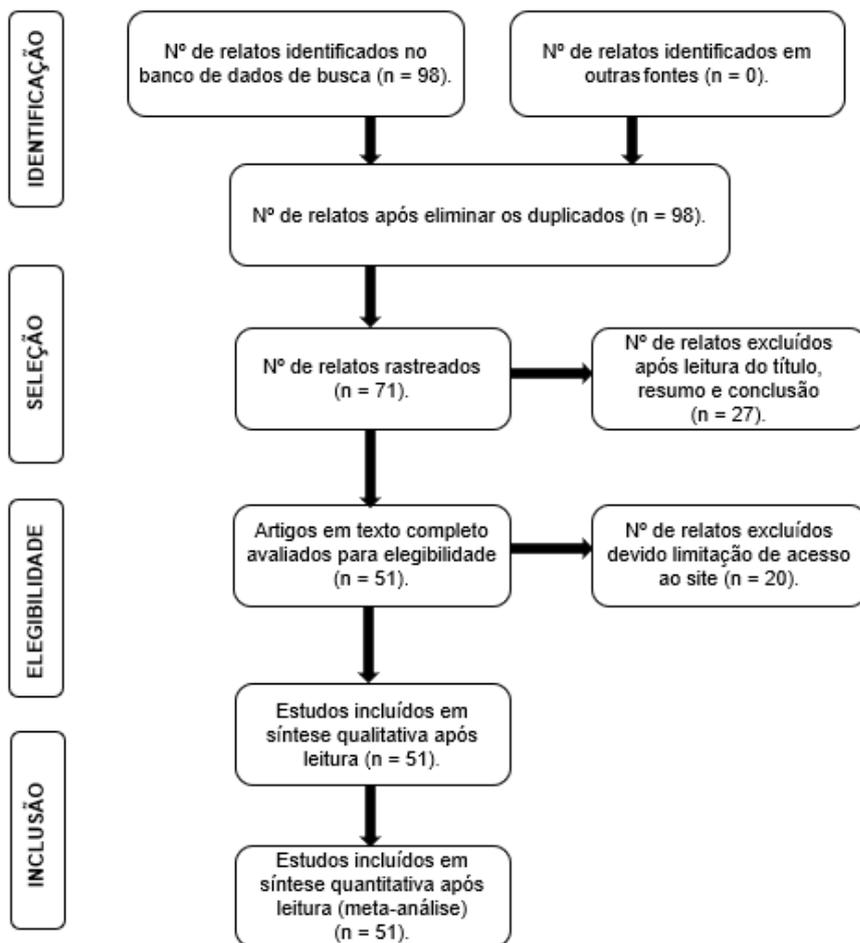
## **5. Resultados alcançados**

### **5.1. Análise bibliométrica**

Segundo Yoshida (2010), bibliometria é um método de contagem sobre conteúdos bibliográficos. É uma metodologia que se baseia no número de vezes em que os termos procurados aparecem nas publicações ou a quantidade de publicações contendo os termos rastreados. Desse modo, possibilita saber quanto o tema em questão é relevante. Utilizou-se as palavras-chaves “reverse logistics” (logística reversa), “electronic\*” (eletrônicos) e “sustainable” (sustentável) na base SCOPUS, e o recorte feito abordou o período de 2001 até 2020. Além disso, foram filtrados artigos em fase de publicação final e na língua Inglesa.

O primeiro filtro aplicado na seleção dos artigos foi pela leitura do título, resumo e conclusão dos artigos, onde foi possível identificar os artigos que estão alinhados à essa pesquisa, no qual foi verificado que dos 98 artigos, 27 deles não estavam alinhados a pesquisa, totalizando 51 artigos. E 20 artigos foram excluídos devido limitação de acesso ao site, logo restringindo acesso ao artigo. As mensagens encontradas foram “Solicite acesso ao seu bibliotecário para ler o texto completo deste artigo” e “O texto completo deste artigo está disponível apenas para assinantes individuais ou para usuários de instituições assinantes”. A seguir, na Figura 1, é apresentado o fluxo da aplicação da metodologia PRISMA.

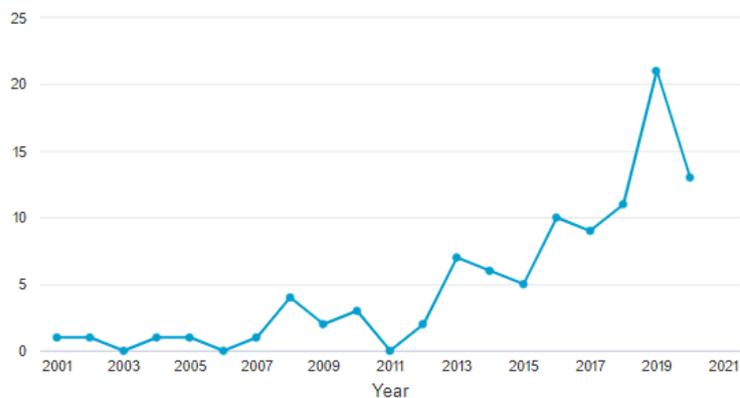
Figura 1 - Fluxo da aplicação da metodologia PRISMA para seleção de artigos



Fonte: Autores (2022)

A partir disso, foi realizada uma análise dos artigos, a fim de compreender quais foram as publicações realizadas por ano, por afiliação, por país, por autores e por área de estudo. As publicações por ano estão demonstradas no Gráfico 1, a seguir:

Gráfico 1 - Publicações dos artigos por ano

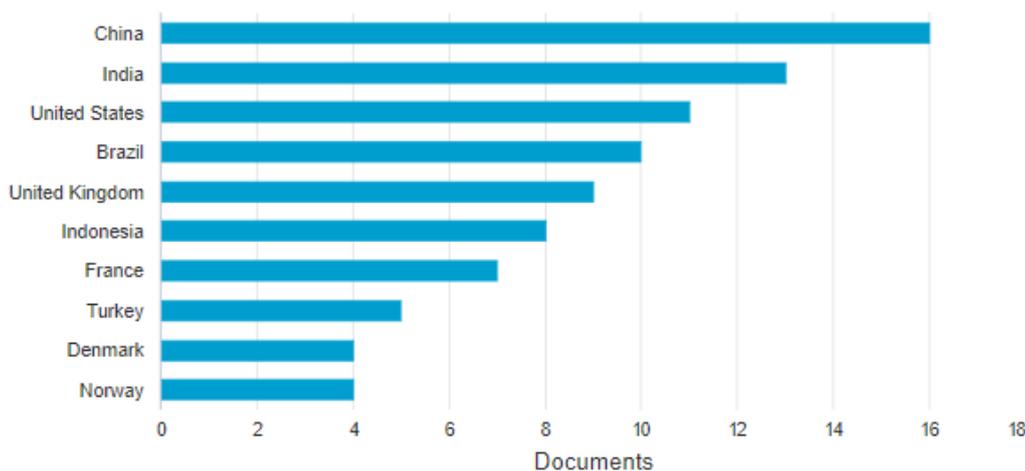


Fonte: Autores (2022)

O Gráfico 1, acima, demonstra a evolução dos periódicos, sendo possível observar que o ano de 2019 teve maior destaque devido ao número de publicações, representando 21,42% com 21 artigos, seguido dos anos de 2020 e 2018 que representam 13,26% (13 artigos) e 11,22% (11 artigos), respectivamente. Vale ressaltar, que um dos fatores que tornou o ano de 2019 mais relevante em relação ao número de artigos, foi a Revolução Digital, que no decorrer dos anos, obteve um avanço tão rápido, que os objetos, ferramentas e mecanismos utilizados, em pouco tempo são ultrapassados e se tornam obsoletos.

A quantidade de publicações por países também foi levantada, conforme mostra a Gráfico 2, a seguir:

Gráfico 2 - Publicações dos artigos por país

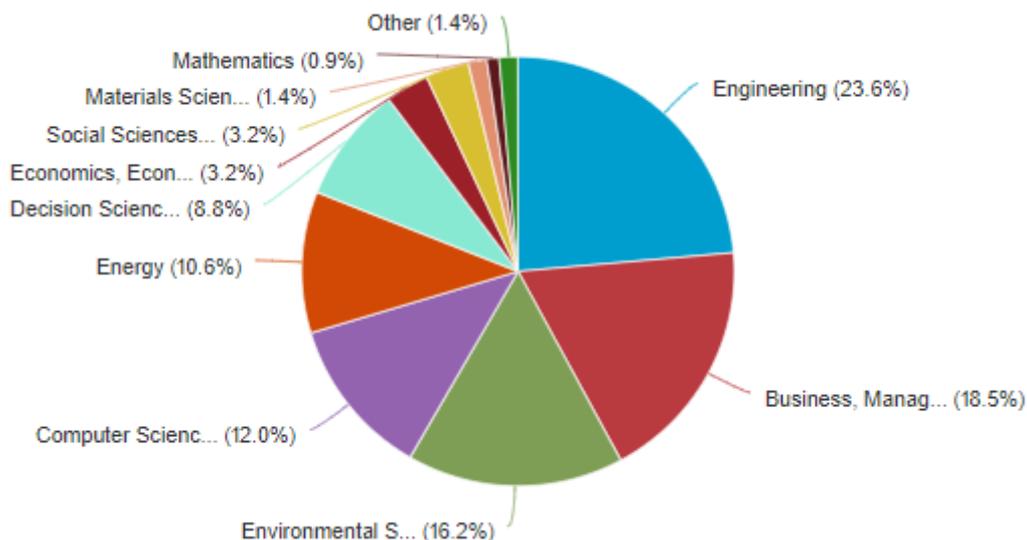


Fonte: Autores (2022)

No Gráfico 2 se destacam os 10 países que tiveram afiliações que mais contribuíram para publicações dos artigos. A China é o país que mais se destaca, já que possui o maior número de afiliações que contribuíram para as publicações, correspondendo a 16,32% dos artigos selecionados. Uma das razões que justifica a China no topo desse ranking, é o fato de ser um dos países com maior potencial gerador de Resíduos de Equipamentos Eletro Eletrônicos (REEE), devido ao seu ritmo crescente de industrialização. Em contrapartida, o setor formal chinês dispõe de algumas instituições líderes no ramo de eletrônicos que estão desenvolvendo suas próprias iniciativas de reciclagem, como a Motorola, LG, NOKIA, e Lenovo em parceria com a China Mobile (operadora de telecomunicações chinesa) para o recolhimento de celulares descartados e acessórios (CHI et. al., 2011).

A seguir, pode-se observar o Gráfico 3, onde as áreas de estudo encontradas nos artigos são destacadas.

Gráfico 3 - Áreas de estudo



Fonte: Autores (2022)

A Gráfico 3, demonstra as áreas de estudos dos artigos selecionados, e apesar de realizar o filtro inicial da área de estudo logística reversa para selecionar os artigos, foram encontradas outras áreas de estudo como Engenharia (Engineering), Negócios, Gestão e Contabilidade (Business, Management and Accounting), Ciência Ambiental (Environmental Science), Ciência da Computação (Computer Science) e Energia (Energy), conforme descrito na figura anterior. No entanto, percebe-se que a maior porcentagem da área de estudo é a Engenharia, correspondendo a 23,6%.

A área de Negócios, Gestão e Contabilidade possui grande destaque devido às oportunidades no mercado competitivo que, são dadas às empresas que decidem investir no campo da logística reversa.

Já a área de Ciência Ambiental possui esse destaque devido ao envolvimento da ONU com o meio ambiente, nos anos 2000, após a Cúpula do Milênio das Nações Unidas, na qual foram estabelecidos oito objetivos internacionais de desenvolvimento para o ano de 2015 (UN, 2015), intitulados Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODMs).

A seguir, pode-se observar no Quadro 1, as publicações que possuem o maior número de citações com base no site do Google Acadêmico:

Quadro 1 – Publicações com maior relevância

TÍTULO	CITAÇÃO
Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal	243
Fuzzy AHP-TOPSIS approaches to prioritizing solutions for reverse logistics barriers	162
Sustainable reverse logistics scorecards for the performance measurement of informal e-waste businesses	160
Reverse logistics and closed-loop supply chain of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)/E-waste: A comprehensive literature review	160
Analysis of electronic waste reverse logistics decisions using Strategic Options Development Analysis methodology: A Brazilian case	103
Sustainability assessment and prioritisation of e-waste management options in Brazil	98
Green innovation in recycling - A preliminary analysis of reversed logistics in Norway	95
System dynamics applied to closed loop supply chains of desktops and laptops in Brazil: A perspective for social inclusion of waste pickers	87
Reverse logistics innovation, institutional pressures and performance	76
Analyzing disposition decisions for sustainable reverse logistics: Triple Bottom Line approach	60

Fonte: (Autores, 2022)

O quadro 1 apresenta os 10 artigos que foram considerados os mais relevantes por terem sido os mais citados dentre todas as 51 publicações que compunham essa pesquisa.

A partir do quadro 2, a seguir, pode-se identificar os principais métodos e aplicações estudados nos artigos selecionados para esse estudo:

Quadro 2 – Métodos e aplicações estudados nos artigos

TÍTULO	MÉTODO	APLICAÇÃO
Role of remanufacturing in product development and related profit estimation.	Modelo matemático	Projeto para remanufatura como um processo integral no desenvolvimento de um novo produto
Reverse logistics network design of e-waste management under the triple bottom line approach	Modelo matemático	Diminuição de emissão de CO <sup>2</sup> , com foco no triple bottom line
Sustainable reverse logistics optimization with triple bottom line approach: An integration of disassembly line balancing	Modelo matemático	Rede de reciclagem com abordagem de triple bottom line e aplicada para celulares em fim de vida
Sustainable reverse logistics scorecards for the performance measurement of informal e-waste businesses	Indicador de desempenho	A abordagem BSC é usada para avaliar o negócio. o conceito QBL permite que este negócio seja avaliado com base em parâmetros ambientais e sociais
A circular approach to the e-waste valorization through urban mining in Rio de Janeiro, Brazil	Modelo integrado de tomada de decisão	Apresentar os possíveis fluxos relacionados à gestão de resíduos de ferro, desde a fase de geração até os processos de tratamento em diferentes níveis

Life cycle assessment of emerging technologies on value recovery from hard disk drives	A recuperação de valor de unidades de disco rígido (HDs) em fim de vida	Diminuição de emissão de CO <sup>2</sup>
Integrating offline logistics and online system to recycle e-bicycle battery in China	Sistema integrado de rede online	Sistema de reciclagem de baterias descartadas de bicicletas eletrônicas baseado em "Internet +"
Assessing materials from hoarded mobile phones: Hidden e-waste subject for reverse logistics	O método "Consumption and used"	Sistema sustentável para apoiar a cadeia de abastecimento mineral, foi empregado para avaliar a quantidade de lixo de telefones celulares gerado com base nos dados de assinantes móveis
Pricing decision for reverse logistics system under cross-competitive take-back mode based on game theory	Teoria dos jogos	Modelo para remanufatura para sistema de logística reversa baseado no jogo Stackelberg
Green Servitization for Flexible and Sustainable Supply Chain Operations: A Review of Reverse Logistics Services in Manufacturing	Servitização verde	Exploração dos motivadores e os desafios da implementação de serviços de logística reversa em profissionais da indústria de informática e eletrônica
Correlation of Reverse Logistics Performance to Solutions Using Structural Equation Modeling	Modelo matemático	Um modelo conceitual foi desenvolvido e o modelo examinado usando modelagem de equações estruturais (SEM). Tanto a análise fatorial exploratória (EFA) quanto a análise fatorial confirmatória (CFA) foram utilizadas neste estudo
Analyzing disposition decisions for sustainable reverse logistics: Triple Bottom Line approach	Modelo integrado de tomada de decisão	Aplicação do método VIKOR (Otimização Multicritério e Solução de Compromisso) e da abordagem TOPSIS (técnica para avaliar o desempenho de alternativas através de similaridade com a solução ideal)
A three-phase heuristic approach for reverse logistics network design incorporating carbon footprint	Modelo de programação linear inteira mista (MILP) e Rede RSC	Um projeto de rede de logística reversa (RLND) em um ambiente multiperíodo
Environmentally friendly disposition decisions for end-of-life electrical and electronic products: The case of computer remanufacture	Modelo de otimização	Planejamento integrado de produção e controle de estoque de uma remanufatura
Quattro Helix Model to Build Stakeholders Engagement in Sustainable Reverse Logistics: A Conceptual Framework for Developing Countries	Revisão de literatura	Modelo Quattro Helix para construir o engajamento das partes interessadas
Environmental management partner selection for reverse supply chain collaboration: A sustainable approach	Modelo integrado de tomada de decisão	Aplicação do método COPRAS ( <i>Complex Proportional Assessment</i> ) e BWM ( <i>Best Worst Method</i> )
Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal	Estudo de caso qualitativo	Elaboração de um modelo de negócios, com a proposta de integração de tecnologias web, logística reversa e manufatura aditiva (AM) como plataforma tecnológica de suporte ao modelo
Designing a sustainable dynamic collection service for WEEE: an economic and environmental analysis through simulation	Indicador de desempenho	Comparação de alternativas por meio de indicadores-chave de desempenho econômico e ambiental para avaliar o nível de sustentabilidade

Cloud-based sustainable management of electrical and electronic equipment from production to end-of-life	Estrutura de banco de dados e aplicativo web	Rastreamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) por meio de etiquetas de identificação por radiofrequência
An integrated decision making model for the selection of sustainable forward and reverse logistic providers	Modelo integrado de tomada de decisão	Aplicação do método AHP e da abordagem TOPSIS
Government and intermediary business engagement for controlling electronic waste in Indonesia: A sustainable reverse logistics theory through customer value chain analysis	Análise da cadeia de valor do cliente	Modelo de engajamento entre governo e empresas intermediárias, formais e informais, para uma finalidade sustentável
Customer Value Chain Analysis for Sustainable Reverse Logistics Implementation: Indonesian Mobile Phone Industry	Revisão da literatura	Produtos de telefonia móvel, com análise da cadeia de valor do cliente
Green innovation in recycling - A preliminary analysis of reversed logistics in Norway	Análise de dados	Análise da inovação empresarial à luz da estrutura organizacional do sistema de reciclagem
Using Sustainable Balanced Scorecard and Graph Theoretic Approach to Make Decision in Reverse Logistic	Modelo integrado de tomada de decisão	Abordagem gráfica-teórica como método para considerar as interdependências e manter a relação hierárquica entre atributos e subatributos
A goal programming model for sustainable reverse logistics operations planning and an application	Modelo matemático	Modelo de programação de metas linear inteiro misto resultante foi fornecida por uma implementação do AUGMECON-2 no software GAMS
Disposal and reuse of the information technology waste: a case study in a Brazilian university	Estudo de caso qualitativo	O estudo tem como foco uma abordagem WEEE mais abrangente que mostra percepções que podem ser usadas ou adaptadas para qualquer universidade ou mesmo empresa
Reverse logistics and closed-loop supply chain of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)/E-waste: A comprehensive literature review	Revisão da literatura	Identificar lacunas e barreiras na logística reversa com implicações importantes para pesquisas futuras
Exploring the pursuit of sustainability in reverse supply chains for electronics	Estudo de caso qualitativo	Fluxo de recursos entre empresas que atuam na reciclagem de eletrônicos usados
Fuzzy AHP-TOPSIS approaches to prioritizing solutions for reverse logistics barriers	Modelo integrado de tomada de decisão	Aplicação do método AHP para obter o peso das barreiras da logística reversa e a abordagem TOPSIS foi usada para obter o ranking das soluções
Toward sustainable reverse logistics implementation: A conceptual framework of the quatro bottom line approach	Seleção de categoria e avaliação de material	Alinhamento de teorias de logística reversa com conceito de Quatro Bottom Line
Enhancing Reuse and Resource Recovery of Electrical and Electronic Equipment with Reverse Logistics to Meet Carbon Reduction Targets	Revisão da literatura e entrevistas	Identificação de melhorias na disponibilidade e eficiência dos processos de logística reversa aumentariam o potencial de reutilização e recuperação eficiente de recursos

Varieties of business models for post-consumer recycling in China	Estudo de caso qualitativo	Pesquisa-ação para avaliar o desempenho de modelos de negócios emergentes para a reciclagem pós-consumo na China urbana nos últimos anos
Stakeholder engagement in quattro helix model for mobile phone reverse logistics in Indonesia: A conceptual framework	Revisão da literatura	Modelo Quattro helix como a estrutura apropriada para construir uma equipe robusta explorando as teorias das partes interessadas
System dynamics applied to closed loop supply chains of desktops and laptops in Brazil: A perspective for social inclusion of waste pickers	Metodologia de dinâmica de sistemas	Avaliação sustentável das cadeias de suprimentos no que se refere ao uso de matéria-prima em função de taxas de descarte, coleta, reciclagem e devolução de alguns materiais de desktops e laptops
Flexible modelling approach for evaluating reverse logistics adoption barriers using fuzzy AHP and IRP framework	Modelo integrado de tomada de decisão	Aplicação do método AHP e do IRP para avaliar, priorizar e comparar as barreiras de adoção de LR
Designing a sustainable recovery network for waste from electrical and electronic equipment using a genetic algorithm	Modelo matemático	Algoritmo genético multi-objetivo (MOGA)
An optimization model for sustainable solutions towards implementation of reverse logistics under collaborative framework	A abordagem do Laboratório de Avaliação e Tomada de Decisão (DEMATEL)	Identificação de causa e efeito entre estratégias, e posterior entrega de uma representação visual na forma de IRM (impact- relations map)
Sustainability assessment and prioritisation of e-waste management options in Brazil	Integração da Avaliação do Ciclo de Vida com avaliações qualitativas em uma abordagem multicritério	Abordagem de priorização de sistemas alternativos de gestão de REEE no Brasil de acordo com os desempenhos de sustentabilidade
Analysis of electronic waste reverse logistics decisions using Strategic Options Development Analysis methodology: A Brazilian case	Estruturação de Problemas e Análise de Desenvolvimento de Opções Estratégicas	Realização de workshops online com 8 representantes dos stakeholders envolvidos neste contexto de decisão
A Multi-criteria Decision-making Approach for Prioritizing Reverse Logistics Adoption Barriers under Fuzzy Environment: Case of Indian Electronics Industry	Modelo integrado de tomada de decisão	Aplicação do método AHP
Towards improved understanding of reverse logistics - Examining mediating role of return intention	Estudo de caso qualitativo	Estabelecimento do papel de mediação da intenção de pesquisa no comportamento de devolução de lixo eletrônico
A stochastic programming approach with improved multi-criteria scenario-based solution method for sustainable reverse logistics design of waste electrical and electronic equipment (WEEE)	Programação estocástica com método de solução baseado em cenário multicritério	Os impactos ambientais são avaliados em termos de custos de emissão de carbono
Rematronic: Project to recovery precious metals from electronic waste	Tecnologia de recuperação de metais preciosos	Reciclagem de lixo eletrônico, com foco na recuperação de metais preciosos de placas de circuito impresso (PCBs)

Positive Influence of Green Supply Chain Operations on Thai Electronic Firms' Financial Performance	Análise fatorial e Análise de Regressão Múltipla	A análise fatorial foi subsequentemente conduzida para identificar os principais fatores de influência. A análise de regressão múltipla foi realizada para derivar a correlação entre os fatores extraídos da prática GSCM e o desempenho financeiro das empresas
A hybrid fuzzy MCDM approach for sustainable third-party reverse logistics provider selection	Modelo integrado de tomada de decisão	Aplicação do método AHP e da abordagem TOPSIS
Reverse logistics innovation, institutional pressures and performance	Estudo de caso qualitativo	Entrevistas em profundidade com sete gerentes de negócios envolvidos nas atividades de LR
Simulation-based optimisation of a sustainable recovery network for Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE)	Metodologia baseada em simulação	Um modelo de simulação otimizada é desenvolvido para determinar os melhores locais de coleta de reciclagem
The reverse logistics as an environmental tool integrated to environmental management system for an effective management of solid industrial waste	Estudo de caso, abordagem qualitativa e descritiva	Demonstração das possibilidades de integração dos processos de logística reversa dentro do ambiente organizacional
A reverse logistics network design model for sustainable treatment of multi-sourced Waste of Electrical and Electronic Equipment (WEEE)	Modelo matemático	Programação computacional desenvolvida no Lingo 11.0
A PSO-based optimum consumer incentive policy for WEEE incorporating reliability of components	Modelo de otimização	Compreensão do comportamento de retorno do consumidor de bens em fim de vida em diferentes níveis de incentivo, otimização de enxame de partículas (PSO) e modelagem de confiabilidade
Construction of third-party reverse logistics about electronics enterprise based on circular economy	Modelo matemático	Programação computacional desenvolvida no Lingo 11.0

Fonte: Autores (2022)

## 6. Discussão dos resultados

Com a extração dos dados, obtidos durante a leitura dos artigos, foi possível notar o uso de modelos integrados de tomada de decisão e modelos matemáticos na maior parte deles, onde seus usos estão aplicados prioritariamente à gerenciamento, planejamento, melhoria da eficiência e desenvolvimento sustentável. Os métodos utilizados das tecnologias estudadas nos artigos e suas aplicações os que obtiveram destaque foram os seguintes: método VIKOR(x), TOPSIS, AHP, COPRAS, BWM e IRP, conforme mostra Quadro 3 a seguir:

Quadro 3 – Principais métodos com uso de logística reversa

MÉTODO	DESCRIÇÃO
VIKOR	Conhecido como “Otimização Multicritério e Solução de Compromisso”, foi desenvolvido como um método de decisão multicritério para ajudar a solucionar problemas de decisão. Ele estabelece um índice de ordenação multicritério baseado na medida de proximidade a uma solução ideal ou desejada (OPRICOVIC E TZENG, 2004 apud STIEGEMEIER, 2017). A escolha por este método justifica-se por sua capacidade em determinar uma solução ideal analisando, uma medida de aplicação de grupo (desempenho global) e uma medida de aplicação individual de contraposição em relação a uma configuração ideal (desempenho individual)
TOPSIS	É determinado pela escolha de uma solução que esteja tão próxima quanto possível da alternativa ideal positiva e o mais distante quanto possível da alternativa ideal negativa. A decisão ideal positiva é formada escolhendo-se os melhores resultados alcançados pelas alternativas durante a avaliação relacionada a cada critério de decisão, na qual a solução ideal negativa é definida de forma parecida, escolhendo-se os piores resultados (HWANG; YOON, 1981; KAHRAMAN, 2008 apud LIMA JUNIOR, 2013)
AHP	Analytic Hierarcky Process é um método compensatório apto para priorizar alternativas por meio da consideração de diversos critérios, voltado especificamente para cenários de natureza intuitiva, qualitativa ou racional. Compreende fatores intangíveis, mas requer ainda um controle racional e lógico por parte dos especialistas (SAATY, 1980; GOMES; MOREIRA, 1998; BHUTTA; HUQ, 2002; SAATY, 2008 apud LIMA JUNIOR, 2013)
COPRAS	Complex Proportional Assessment é uma técnica analítica e quantitativa de tomada de decisão definida para priorizar opções e ter a aptidão para contabilizar os pontos positivos e negativos. Além disso, as alternativas podem ser avaliadas de forma independente dentro do processo, isto é, trata-se de um ranking de julgamento que leva em consideração o desempenho das alternativas em relação a diferentes fatores e seus pesos equivalentes (SIREGAR et. al., 2019; YAZDANI et. al., 2017 apud TORRES, SILVA e SIMON, 2020)
BWM	Best-Worst Method é um novo método multicritério baseado no método Analytic Hierarchy Process (AHP) que realiza comparações em pares apenas com o melhor e o pior critério, reduzindo o número de comparações necessárias, reduzindo inconsistências (MOTA, GOMES e SANTOS, 2021)
IRP	Planejamento de Recursos Integrados é um processo no qual os planejadores trabalham em conjunto com outras partes interessadas para identificar e preparar opções de energia que atendam ao maior bem público possível. No processo, eles estabelecem escopo, investigam opções, preparam e avaliam planos integrados, selecionam planos preferenciais e estabelecem mecanismos para monitorar, avaliar e iterar planos conforme as condições mudam. Os planos de IRP usam horizontes de planejamento de longo prazo (20-30 anos) e incluem uma consideração cuidadosa do risco, integram custos, benefícios ambientais e outros externos (GREACEN et. al. 2013)

Fonte: Autores (2022)

Na sequência também é mostrado, via Quadro 4, os artigos publicados pelo Brasil sobre o tema, coletados via pesquisa da Scopus e filtrados pelo método PRISMA.

Quadro 4 - Exemplos de artigos publicados pelo Brasil

<b>Autores</b>	<b>Título</b>
Ottoni, M., Dias, P., Xavier, L.H.	A circular approach to the e-waste valorization through urban mining in Rio de Janeiro, Brazil
Nascimento, D.L.M., Alencastro, V., Quelhas, O.L.G., (...), Lona, L.R., Tortorella, G.	Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal
Alves, D.S., Farina, M.C.	Disposal and reuse of the information technology waste: a case study in a Brazilian university
Ghisolfi, V., Diniz Chaves, G.D.L., Ribeiro Siman, R., Xavier, L.H.	System dynamics applied to closed loop supply chains of desktops and laptops in Brazil: A perspective for social inclusion of waste pickers
de Souza, R.G., Clímaco, J.C.N., Sant'Anna, A.P., (...), do Valle, R.D.A.B., Quelhas, O.L.G.	Sustainability assessment and prioritisation of e-waste management options in Brazil
Guarnieri, P., e Silva, L.C., Levino, N.A.	Analysis of electronic waste reverse logistics decisions using Strategic Options Development Analysis methodology: A Brazilian case
Da Slva, P.C.F., De Novais, P.G.M., De Araújo, F.A., Kyrillos, S.L., Sacomano, J.B.	The challenge of the reverse logistics of the high tech after-sales equipment: A comprehensive study
Da Silva, J.R.A., Augusto, J., Bezana, T., (...), Braga, M., Peressinotto, V.	Rematronic: Project to recovery precious metals from electronic waste
Monaro, D.L.G., Miki, A.J., Coutinho, A.R.	Life Cycle Assessment (LCA) of microcomputer
De Aquino, M.B., De Jesus Balieiro, T., Gomes, A.A., De Faria, M.A.	The reverse logistics as an environmental tool integrated to environmental management system for an effective management of solid industrial waste

Fonte: Autores (2022)

A partir da análise do quadro 4, pode-se notar que no Brasil, a logística reversa de equipamentos eletrônicos ainda é pouco abordada, pois dos 51 artigos selecionados para esta pesquisa, apenas 10 são de autores brasileiros.

Levando em conta o expressivo crescimento do consumo de eletrônicos, como aparelhos celulares, e computadores, e a expansão proporcional da quantidade de REEE descartado ao final de sua vida útil, embora os riscos relacionados aos REEE apareçam como mais desafiadores em países em desenvolvimento, a maioria dos estudos publicados sobre LR tem seu foco em países desenvolvidos (LAU; WANG, 2009). No entanto, é justamente nos países de economias emergentes, caracterizados pelo menor controle social, que o mercado de equipamentos eletrônicos cresce mais rapidamente, tornando sua coleta ao final de sua vida útil e sua destinação correta, essenciais para mitigar seus potenciais impactos socioambientais.

## 8. Considerações finais

Este estudo teve como propósito realizar uma análise bibliométrica a fim de investigar a estratégia de logística reversa de equipamentos eletrônicos. Ainda foi possível identificar benefícios, oriundos da fundamentação teórica, e compreender os diversos tipos de métodos presentes nesse setor da indústria e os tipos de aplicações.

Na análise bibliométrica, foi notado como a logística reversa vem sendo considerada como uma estratégia de grande importância, que diante a era da mudança rápida e da crescente oferta de novas tecnologias, as organizações, para sobreviver no mercado, devem optar por um novo modelo de desenvolvimento sustentável. Foi possível identificar quais os países que mais publicaram sobre o tema e os seus autores.

Foi constatado que o maior número de publicações ocorreu em 2019, correspondendo a 21 publicações. Foi obtido, através da ferramenta do Google Acadêmico, o ranking de artigos com maior relevância através da quantidade de citações dos mesmos em outros trabalhos acadêmicos. Com a leitura dos artigos, foi possível analisar os principais métodos utilizados pelos autores, assim como sua aplicação para um determinado fim no setor de logística reversa de eletrônicos.

A partir da análise dos artigos foi possível identificar que o método mais utilizado é o modelo integrado de tomada de decisão aplicado em conjunto com o Triple Bottom Line, técnicas de gerenciamento, planejamento e sustentabilidade.

Desse modo, foi percebido que a logística reversa passou a utilizar a Pesquisa Operacional como método para a solução de seus problemas. Entre as vantagens da utilização da Pesquisa Operacional na determinação da melhor alocação de recursos limitados ou escassos está a capacidade de realizar simulações de eventos reais, antecipando o conhecimento dos possíveis resultados e suas probabilidades de acontecimento. Assim, os métodos possibilitam a avaliação de alternativas com a otimização das atividades e de recursos.

Este estudo representa uma proposta de legado para as organizações que pretenderem aplicar a logística reversa futuramente, e conseguiu cumprir seu objetivo de analisar como a logística reversa atua no setor de equipamentos eletrônicos, e relatar quais seus principais métodos e aplicações utilizados pelas organizações através de artigos publicados, no período de 2001 a 2020, na plataforma da SCOPUS.

## REFERÊNCIAS

ARIEIRA, J. O.; PAULIQUE, C. O.; FERREIRA, C. M. F. **Evolução da logística no Brasil**. Rev. Ciênc. Empres. UNIPAR, Umuarama, v. 9, n. 1 e 2, p. 91-108, jan./dez. 2008

ÁVILA; D.F. **Logística reversa: um diferencial competitivo para as organizações**. Rev. de Administração. v. 11, n. 19, 2013

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010)**. Brasília: Diário Oficial da União, 2010a. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 25 abr. 2021.

CHI, X. et. al. **Informal electronic waste recycling: a sector review with special focus on China**. Waste Management, Amsterdam, v. 31, n. 4, p. 731–742, Apr. 2011.

CIDADES INTELIGENTES. **Brasil é o segundo maior produtor de lixo eletrônico da América. Brasil, 2018**. Disponível em: <<https://ci.eco.br/brasil-e-o-segundo-maiorprodutor-de-lixo-eletronico-da-america.>> Acesso em 20 de março de 2021.

COELIS, E. L.; **Logística Empresarial**. 2017. Disponível em: <<http://www.ietec.com.br/imprensa/logistica-empresarial/>> . Acesso em: 25 abr. 2021.

FERNANDES, L. P.; **A logística reversa e o desenvolvimento sustentável**. 2010. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Administração de Empresas) – Faculdade de Administração e Ciências Contábeis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

FLORESTI, F.; **Quase todo lixo eletrônico do Brasil é descartado de maneira errada. Brasil, 2018**. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2018/05/quasetodo-lixo-eletronico-do-brasil-e-descartado-de-maneiraerrada.html>. Acesso em 30 de março de 2021.

GALVÃO, T., PANSANI, T., & HARRAD, D. (Junho de 2015). **Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA**. Epidemiologia e Serviços de Saúde, pp. 335-342.

GREACEN, C.; GREACEN, C.; VON HIPPEL, D.; BILL, D.; **An introduction to integrated resources planning**. International Rivers, October, 2013.

HWANG, C. L.; YOON, K. **Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications**. SpringerVerlag: Berlin (Alemanha), 1981.

LAU, K. H; WANG, Y. **Reverse logistics in the electronic industry of China: a case study**. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 14, n. 6, p. 447–465, 2009.

LEITE, P. R. **Logística reversa**. São Paulo: Pearson, 2003.

LEITE, P. R. **Logística reversa – A complexidade do retorno de produtos**. Revista Tecnológica – Dez/2009

LIMA, Junior. **Comparação entre os métodos Fuzzy TOPSIS e Fuzzy AHP no apoio à tomada de decisão para seleção de fornecedores.** Federal University of Technology - Paraná/Brazil (UTFPR), 2013.

MAGALHAES, M.R; CAMPOS, V.G; LIMA, V.S; CAMPOS, E.S; MARQUES, G.P; OLIVEIRA E.F. **Logística reversa: importância econômica, social e ambiental.** Braz. J. Anim. Environ. Res., Curitiba, v. 3, n. 4, p. 4325-4337, out./dez. 2020.

MOTA, V.R.R; GOMES, C.F.S; SANTOS, M. **Uso do best-worst method (bwm) para escolha de um local para almoxarifado central dos hospitais do rio de janeiro.** IX Simpósio de Engenharia de Produção. Set/2021.

MOURA, R. A. **Check sua logística interna.** São Paulo: Imam, 1998

NOVAES, Bruna Prado de; SILVA, Lanaira da. **Dos sistemas de disposições de resíduos sólidos na sociedade pós-consumo: uma análise da Lei 12.305/2010 e seus reflexos nas cooperativas de material reciclável no município de Maringá/PR.** Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas, Macapá, v. 1, n. 5, p.59- 70, 10 jul. 2013. Disponível em: <<http://periodicos.unifap.br/index.php/planeta/article/viewArticle/1051>>. Acesso em: 22 abr. 2021.

ONU - Organização das Nações Unidas. **ONU News.** (2019)

OPRICOVIC, S.; TZENG, G. (2004). “*Compromise solution by MCDM methods: a comparative analysis of VIKOR and TOPSIS*”. European Journal of Operational Research, n. 156, p. 445-455.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going backwards: reverse logistics trends and practices.** University of Nevada. Reno: CLM, 1998.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process.** 1 ed. McGraw Hill: New York, 1980.

SIREGAR, I.; RIZKYA, I.; SYAHPUTRI, K.; SARI, R. M.; ARIANI, F.; PINTORO, A. **Priority of Selection Suppliers with Fuzzy ANP COPRAS-G.** In Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, v. 1230, n. 1, p. 012055, 2019.

STIEGEMEIER, J. **Uso da abordagem multicritério para seleção de ferramenta de Gerenciamento Unificado de Ameaças** – Universidade de Caxias do Sul, 2017.

TORRES, B.V.B; SILVA, E.M; SIMON, A.T. **Explorando o método COPRAS no contexto de avaliação e seleção de fornecedores e mapeando oportunidades de pesquisas.** Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção – ConBRepro, dez/2020.

VALLE, Rogerio; SOUZA, Ricardo Gabbay de. **Logística Reversa: processo a processo.** São Paulo: Atlas, 2014.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração.** 16ª edição. São Paulo: Atlas, 2016.



YOSHIDA, N.D. **Análise bibliométrica: um estudo aplicado à previsão tecnológica.**  
Future Studies Research Journal ISSN 2175-5825 São Paulo, v. 2, n. 1, pp. 52 - 84, Jan./jun.  
2010