

---

# Transição da economia linear para a economia circular de equipamentos eletro-eletrônicos

## Transition from Linear Economy to Circular Economy of Electrical and Electronic Equipment

THALISSON DE SOUSA MARTINS 

FABRÍCIO OLIVEIRA LEITÃO 

PATRÍCIA GUARNIERI 

### RESUMO

Com as fontes de recursos cada vez mais escassas e a produção exponencial de equipamentos eletro-eletrônicos (EEE), torna-se cada vez mais importante a transição de uma economia linear (EL) para uma economia circular (EC). O objetivo deste artigo foi analisar as práticas que estão sendo adotadas pelas empresas que produzem EEE com base na framework ReSOLVE sob a perspectiva da transição para a EC. Esta pesquisa se classifica como aplicada, descritiva e com abordagem qualitativa. Os procedimentos técnicos utilizados foram uma revisão integrativa da literatura (RIL) e uma análise documental. Foram identificadas 14 práticas de EC na RIL e 11 na análise documental, mostrando que possivelmente está havendo uma transição da EL para a EC. **Palavras-chave:** Ações ReSOLVE; Impactos ambientais; Práticas sustentáveis; Obsolescência programada.

### ABSTRACT

Considering the increasing scarcity of resources and the exponential production of electrical and electronic equipment (EEE), the transition from a linear economy (LE) to a circular economy (CE) becomes critical. The objective of this article was to analyze

the practices adopted by companies producing EEE based on the ReSOLVE framework from the perspective of the transition to CE. This research is applied, descriptive and has a qualitative approach. The technical procedures used were an integrative literature review (ILR) and a documental analysis. As main results, we identified 14 practices related to a circular economy based on the ILR and 11 from the documental analysis. It shows a possibility of the transition from linear to a circular economy in the EEE productive chain.

**Keywords:** ReSOLVE actions; Environmental impacts; Sustainable practices; Planned obsolescence.

## 1. INTRODUÇÃO

O mundo tem acompanhado o esgotamento dos recursos naturais, mostrando que a produção através do modelo linear já não é sustentável, passando a ser necessária a mudança para um modelo circular de produção, com intuito de reduzir os impactos ambientais.

Segundo Michelini, Moraes, Costa & Ometto (2017), a EC é restaurativa, com foco na eliminação do conceito do fim de vida do produto por meio da utilização de energia limpa, erradicação de produtos químicos, design econômico, ambiental e social, na melhoria na qualidade dos materiais e modelos de negócios. Korhonen, Honkasalo & Seppälä (2018) complementam dizendo que a EC pode ser adotada juntamente com o avanço tecnológico, com capacidade de atrair investimentos públicos e privados, visando o desenvolvimento sustentável e a redução de poluentes na atmosfera.

Diante do fato de os recursos naturais serem limitados, o modelo econômico baseado na extração, transformação, consumo e descarte, preconizado pela EL, aliado à obsolescência programada utilizada para manter a demanda estável, traz efeitos adversos irreversíveis, indo na direção contrária do que é preconizado pela EC.

Percebe-se que o consumo desenfreado e novas demandas por produtos força as empresas a pensarem no avanço de suas tecnologias para dar conta de responder a demanda, que acaba impactando diretamente o meio ambiente. Segundo a Organização das Nações Unidas, em 2019 foram produzidas 53,6 milhões de toneladas de lixo eletrônico, sendo uma parte considerável não reciclada, causando diversos impactos ambientais (Forti, 2019).

Destarte, o objetivo deste artigo foi analisar as práticas que estão sendo adotadas pelas empresas que produzem EEE com base na framework ReSOLVE sob a perspectiva da transição para a EC. Para atender esse objetivo, foi realizada uma RIL e uma análise documental. Na RIL foi utilizado o protocolo proposto por Mendes, Silveira & Galvão (2008), com buscas nas bases de dados da Emerald Insight, Sage, ScienceDirect e SciELO, sem recorte temporal até agosto de 2021. O critério de seleção para análise documental foram as organizações melhores ranqueadas com base em 3 critérios, apresentados na seção 3.

Foram identificados trabalhos relevantes que mostram a transição da EL para a EC, mas com foco na logística reversa de resíduos de EEE. A presente pesquisa amplia esta visão, dando foco nas práticas do processo de fabricação do produto e nas estratégias das empresas de curto, médio e longo prazo, e o que tem sido feito para mitigar os impactos ambientais, preenchendo, portanto, esta lacuna de pesquisa.

A principal contribuição desse artigo é a sistematização da literatura concernente às práticas sustentáveis de empresas de EEE sob a perspectiva da transição da EC, complementada pela análise das práticas das principais empresas baseada na framework ReSOLVE. Este artigo pode ser útil para pesquisadores e gestores interessados nesse assunto.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

O referencial teórico é apresentado em dois tópicos, mostrados a seguir.

### ***2.1. Economia Circular (EC)***

A Ellen Macarthur Foundation (EMF) (2015) já alertava que o nível de vida exigido pela sociedade não garantiria o desenvolvimento das gerações futuras sem a mudança do modelo linear de produção, notadamente pelo aumento da demanda e pelo crescimento populacional, tornando os recursos escassos, elevando os níveis de fabricação.

A EC é capaz de mudar a relação do homem com a natureza, a fim de prevenir a escassez dos recursos econômicos e naturais,

fechando círculos de energia renováveis (Kalmykova, Sadagopan & Rosado, 2018) e loops de recursos naturais, garantido, por meio de inovações, o aumento da funcionalidade e qualidade do bem e/ou serviço, assegurando o desenvolvimento sustentável (Prieto Sandoval, Jaca & Ormazabal, 2018).

A Figura 1 mostra que a EC é dividida em ciclos biológicos e técnicos, formando um ciclo fechado, que minimiza perdas e mitiga volatilidades externas.

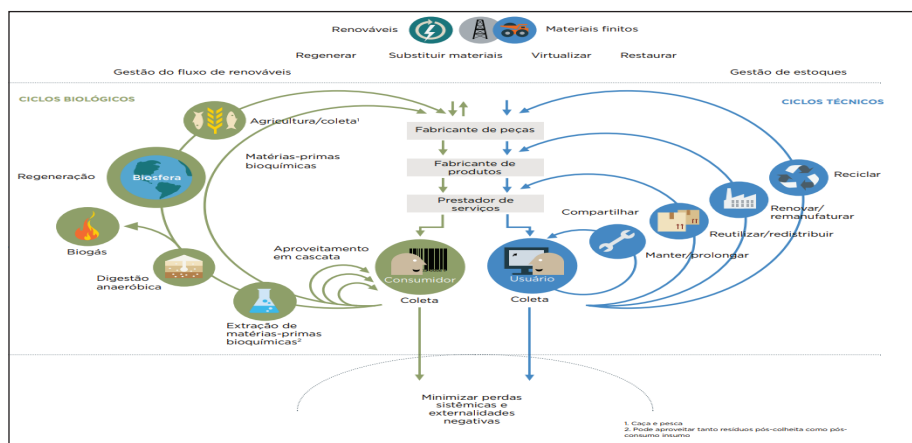


Figura 1: Diagrama sistêmico da Economia Circular

Fonte: EMF (2015)

A EC fornece uma estrutura de resiliência, tornando-se um mecanismo de reforço mútuo econômico, social e ambiental, além do fomento para desenvolvimento de inovações e baixa emissão de carbono e está ganhando cada vez mais relevância no processo de substituição do modelo linear, reduzindo a dependência de materiais finitos e fontes de energias não renováveis (EMF, 2015). Transformar o atual modelo econômico pela EC é uma tarefa que exige mudança nos padrões de produção e consumo (Rizos, Tuokko & Behrens, 2017) e exige grandes esforços, tanto no setor privado como no público.

Para a EMF (2015), o objetivo principal da EC é manter os componentes no seu maior nível de utilização e valor, distinguindo os materiais tecnológicos e biológicos, para melhor aproveitamento. A

EC fornece uma estrutura de resiliência, tornando-se um mecanismo de reforço mútuo econômico, social e ambiental, além do fomento para desenvolvimento de inovações e baixa emissão de carbono e está ganhando cada vez mais relevância no processo de substituição do modelo linear, reduzindo a dependência de materiais finitos e fontes de energias não renováveis (EMF, 2015).

Adicionalmente, Sariatli (2017) afirma que o processo de expansão da EC torna-se uma vantagem competitiva perante ao mercado estabelecido pela EL, atraindo novos capitais de investimento e propiciando a expansão de pesquisa e desenvolvimento e materiais capazes de fornecerem maior durabilidade e sustentabilidade aos produtos.

Stahel (2016) & Kalmykova et al. (2018) dizem que o foco da EC tem que ser no desempenho dos produtos, que promove a reutilização, remanufatura e métodos para prolongamento de sua vida útil, ou transformando bens inutilizados em novos produtos, ou substituindo novas aquisições pelo arrendamento (leasing), compartilhamento ou aluguel.

A redução dos resíduos também é um tema da EC, e já era objeto de estudo de Braungart, McDonough & Bollinger (2007), onde mostravam que os sistemas de produção deveriam gerar uma espécie de metabolismo, capaz de permitir que os recursos voltassem para a cadeia de produção.

A EMF (2015) apresentou a framework ReSOLVE como um conjunto de seis ações para ajudar a identificar ações alinhadas à EC, sendo elas: regenerar (regenerate), compartilhar (share), otimizar (optimise), ciclar (loop), virtualizar (virtualize) e trocar (Exchange), conforme apresentado no Quadro 1:

**Quadro 1:** *Ações da Framework ReSOLVE proposta pela EMF*

<b>Ações da ReSOLVE</b>	<b>Descrição</b>
Regenerar	Recuperar recursos já extraídos da natureza, buscando restaura-los, utilizando materiais renováveis, devolvendo parte desses recursos para o meio ambiente.
Compartilhar	Prolongar a vida útil dos bens por meio do compartilhamento entre as pessoas, como carros e imóveis, e no mercado secundário, como na venda de produtos usados.
Otimizar	Melhorar o desempenho e recursos, visando obter produtos cada vez mais eficientes, aumentando sua vida útil e usabilidade, diminuindo a quantidade de resíduos gerados.
Ciclar	Manter os recursos o máximo de tempo dentro da cadeia de produção, utilizando mecanismos de remanufatura e reciclagem para preservar os já extraídos e atenuar a extração de novos recursos da natureza.
Virtualizar	Desmaterializar o produto, transformando um bem físico em um bem virtual, armazenado em servidores ou dispositivos, e na realização de atividades que antes eram feitas de modo físico, passando para o virtual.
Trocar	Substituir novos produtos com tecnologias mais avançadas e sustentáveis que estão estritamente ligadas a EC e que tragam menos impactos ambientais.

Fonte: EMF (2015)

Essas ações deram suporte para esta pesquisa, e serviram para ajudar no levantamento das práticas utilizadas pelas empresas e no levantamento da RIL.

## **2.2 Equipamentos Eletro-Eletrônicos (EEE)**

Diversos EEE, como celulares, lâmpadas, televisores e eletrodomésticos em geral, acabam tornando-se obsoleto devido a impossibilidade de reparabilidade, seja por falta de peça de reposição ou diagrama elétrico (Latouche, 2012).

Sandborn (2013) definiram obsolescência como uma deficiência no sistema de fabricação de peças ou fornecimento de matérias-primas por um longo período, comprometendo o prolongamento da vida útil. O que antes era tratado como uma deficiência no sistema de fabricação, hoje parece ser prática deliberada das empresas para transformar vender novos produtos (Bauman, 2008).

Para Andrade & Lima (2018), o consumo desenfreado, estimulado pela mídia, vem estimulando impactos ambientais gigantescos, causando poluição tóxica dos resíduos que esses bens provocam quando descartados. Essa demanda é proveniente da necessidade de substituir produtos ultrapassados, estimulado por práticas de marketing das empresas que visam oferecer novos produtos com design inovadores e aumentar os lucros organizacionais, sendo manipulados para a aquisição, acarretando em trocas prematuras de mercadorias (Bauman, 2008).

Segundo a Organização das Nações Unidas - ONU, o Brasil é o 5º maior produtor de lixo eletrônico da América Latina, e 7º do mundo (Forti, Baldé, Kuehr & Bel, 2020). Essa posição demonstra a dificuldade enfrentada pelo Brasil nas práticas das empresas em melhor gerenciar seus resíduos, sendo criado em 02 de agosto de 2010 a lei nº 12.305, a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, dispendo objetivos e instrumentos para destinação de resíduos sólidos, dentre eles os provenientes dos EEE. Segundo Latouche (2012), essa lei traz como vantagens a obrigação da reparação, reutilização e reciclagem de bens, trazendo novos modelos de negócios capazes de processar esses materiais, reinserindo boa parte deles na cadeia de produção. Em 2019 foi assinado o acordo setorial para a implementação da logística reversa de resíduos de EEE, que estabeleceu a operacionalização e responsabilidades dos atores envolvidos (Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos – SINIR, 2021).

Segundo Malbarez & González (2011) a obsolescência de EEE pode ser objetiva/funcional e planejada/não funcional. A primeira

é determinada pela vida útil dos componentes em relação às suas funções, onde a constante atualização tecnológica do produto acaba deixando o seu antecessor inativo. A segunda é a obsolescência provocada por medidas externas à vida útil dos componentes, seja por pressão social (marketing) ou por comodidade de um novo aparelho para satisfazer a vontade pessoal. Esses aspectos demonstram o poder de persuasão para antecipar a troca prematura de um bem.

Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2013), os EEE são classificados em quatro linhas diferentes: verde, marrom, branca e azul, conforme a Figura 2.

Linha Verde	Linha Marrom	Linha Branca	Linha Azul
<ul style="list-style-type: none"><li>• Desktops</li><li>• Notebooks</li><li>• Impressoras</li><li>• Aparelhos celulares</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Televisor tubo/monitor</li><li>• Televisor plasma/LCD/monitor</li><li>• DVD/VHS</li><li>• Produtos de Áudio</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Geladeiras</li><li>• Refrigeradores e congeladores</li><li>• Fogões</li><li>• Lava-roupas</li><li>• Ar-condicionado</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Batedeiras</li><li>• Liquidificadores</li><li>• Ferros Elétricos</li><li>• Furadeiras</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Vida útil curta (~2-5 anos)</li><li>• Equipamentos de pequeno porte (~0,09 Kg - 30 Kg)</li><li>• Grande diversidade de componentes</li><li>• Composto principalmente de metais e plástico</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vida útil média (~5-13 anos)</li><li>• Equipamentos de médio porte (~1 Kg - 35 Kg)</li><li>• Composto principalmente de plástico e vidro</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vida útil longa (~10-15 anos)</li><li>• Equipamentos de grande porte (~30 Kg - 70 Kg)</li><li>• Menor diversidade de componentes</li><li>• Composto principalmente de metais</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vida útil longa (~10-12 anos)</li><li>• Equipamentos de pequeno porte (~0,5 Kg - 5 Kg)</li><li>• Composto principalmente de plástico</li></ul>

Figura 2: Quatro Linhas dos EEE

Fonte: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2013)

Segundo a Figura 2, os EEE da linha verde têm ciclos de vida extremamente curtos. Além do ciclo de vida, a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (2021) mostra o quanto a produção de EEE tem aumentado ao longo dos anos, notadamente nos de 2017, 2018, 2019 e 2020, o que agrava ainda mais os problemas ambientais que podem ser causados pela produção excessiva e pelo descarte.

Diante a importância do setor de produção de EEE e dos prejuízos ambientais que pode causar, foi escolhido como objeto de estudo desta pesquisa.

### 3. MÉTODO

Quanto à abordagem, esta pesquisa se classificou como qualitativa, conforme propõem Vieira & Rivera (2012). Quanto à natureza,



trata-se de uma pesquisa aplicada. Quanto aos objetivos, é uma pesquisa descritiva. Quanto ao recorte temporal é caracterizada como transversal. Quanto aos procedimentos técnicos foi utilizada a revisão integrativa de literatura (RIL) e a análise documental.

Existem vários tipos de revisão da literatura, a revisão tradicional (não utiliza critérios explícitos e sistemáticos para a escolha e análise dos artigos); a revisão sistemática da literatura - RSL (utiliza critérios sistemáticos, explícitos e replicáveis e foca em artigos empíricos) e a revisão integrativa da literatura -RIL, esta como a RSL se baseia em critérios explícitos, sistemáticos e replicáveis, porém integra artigos empíricos e teóricos/conceituais (Cerqueira-Streit, Endo, Guarnieri & Batista, 2021).

A RIL permite uma reflexão crítica sobre o material coletado, e ajuda a melhor compreender o problema investigado. Neste estudo foi utilizado o protocolo proposto por Mendes et al. (2008), composto por 6 etapas, apresentados no Quadro 2.

**Quadro 2:** *Etapas da RIL*

<b>Etapas do Protocolo</b>	<b>Desenvolvimento</b>
Elaboração do problema de pesquisa	Quais práticas estão sendo adotadas pelas empresas que produzem EEE e se essas estão alinhadas ao que é preconizado pela EC e evoluindo para um processo de transição, sob a ótica da framework ReSOLVE.
Estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão	<p>a) As palavras-chaves utilizadas nas buscas foram: <i>“electrical and eletronic equipment”</i>, <i>“circular economy”</i>, <i>“collect”</i>, <i>“extend”</i>, <i>“optimize”</i>, <i>“planned obsolescence”</i>, <i>“recycle”</i>, <i>“redistribute”</i>, <i>“regenerate”</i>, <i>“remanufacture”</i>, <i>“renew”</i>, <i>“reuse”</i>, <i>“share”</i>, <i>“to extract”</i>, <i>“to restore”</i> e <i>“virtualize”</i>;</p> <p>b) Operador booleano: <i>“AND”</i>;</p> <p>c) Bases para acesso à literatura: <i>Emerald Insight</i>, <i>Sage</i>, <i>ScienceDirect</i> e <i>SciElo</i>;</p> <p>d) Sem recorte temporal, com todos os artigos publicados nas bases de dados supracitadas até agosto de 2021;</p> <p>e) Seleção das buscas no texto completo.</p>

<b>Etapas do Protocolo</b>	<b>Desenvolvimento</b>
Definições dos filtros utilizados para extração das informações selecionadas	a) Leitura do título e resumo para identificar a aderência do artigo ao tema de pesquisa; b) Levantamento do <i>CiteScore</i> , JCR e SJR. Foram selecionados apenas artigos publicados em periódicos classificados com <i>CiteScore</i> igual ou superior a 9.2, JCR igual ou superior a 3.916 e SJR igual ou superior a 130, visando obter trabalhos com maior qualidade. c) Não foram considerados artigos de anais de congressos, teses, dissertações, textos jornalísticos ou outras fontes de dados.
Resultados das buscas	a) Foram encontrados 372 artigos com as buscas das palavras-chaves. b) Depois da leitura do título e resumo e a verificação da qualidade dos artigos mediante consulta do <i>CiteScore</i> , JCR e SJR, restaram 34 artigos. c) Posteriormente foi lida a introdução e conclusão dos 34 artigos, onde foram descartados 24 que não tinha aderência ao tema, restando 10 artigos, que foram lidos na íntegra e fizeram parte da análise dos dados.
Interpretação dos resultados	Identificação das práticas apuradas nos artigos selecionados, relacionando-os com as ações da framework ReSOLVE.
Apresentação da RIL	Com base na análise de conteúdo (Bardin, 1977), os resultados foram categorizados e foram utilizados quadros para apresentar os resultados de pesquisa.

Fonte: Elaboração própria.

Outro procedimento técnico adotado para dar maior robustez à pesquisa foi a análise documental, onde foram consultados relatórios disponíveis nos sites oficiais das empresas escolhidas, conforme apresentado no Quadro 3.

*Quadro 3: Sites utilizados para levantamento das informações da análise documental*

EMPRESA	SITE
Acer	<a href="https://www.acer-group.com/userfiles/Acer_CR_Report_2020.pdf">https://www.acer-group.com/userfiles/Acer_CR_Report_2020.pdf</a>
Apple	<a href="https://www.apple.com/br/environment/pdf/Apple_Environmental_Progress_Report_2021.pdf">https://www.apple.com/br/environment/pdf/Apple_Environmental_Progress_Report_2021.pdf</a> <a href="https://www.apple.com/br/environment/">https://www.apple.com/br/environment/</a>
Dell	<a href="https://corporate.delltechnologies.com/pt-br/social-impact/advancing-sustainability/sustainable-products-and-services/materials-use/bio-based-resources.htm">https://corporate.delltechnologies.com/pt-br/social-impact/advancing-sustainability/sustainable-products-and-services/materials-use/bio-based-resources.htm</a> <a href="https://corporate.delltechnologies.com/pt-br/social-impact/advancing-sustainability/sustainable-products-and-services/materials-use/waste-as-a-resource.htm">https://corporate.delltechnologies.com/pt-br/social-impact/advancing-sustainability/sustainable-products-and-services/materials-use/waste-as-a-resource.htm</a> <a href="https://corporate.delltechnologies.com/pt-br/social-impact/reporting/fy21-progress-made-real-report.htm#pdf-overlay=//corporate.delltechnologies.com/asset/pt-br/solutions/business-solutions/briefs-summaries/delltechnologies-fy21-progress-made-real-report.pdf">https://corporate.delltechnologies.com/pt-br/social-impact/reporting/fy21-progress-made-real-report.htm#pdf-overlay=//corporate.delltechnologies.com/asset/pt-br/solutions/business-solutions/briefs-summaries/delltechnologies-fy21-progress-made-real-report.pdf</a>
HP	<a href="https://h20195.www2.hp.com/v2/GetDocument.aspx?docname=c07539064#page=94">https://h20195.www2.hp.com/v2/GetDocument.aspx?docname=c07539064#page=94</a>
Lenovo	<a href="https://investor.lenovo.com/en/sustainability/reports/FY-2021-lenovo-sustainability-report.pdf">https://investor.lenovo.com/en/sustainability/reports/FY-2021-lenovo-sustainability-report.pdf</a>
LG	<a href="https://www.lg.com/global/pdf/Sustainability-Report/2020-2021%20Sustainability%20Report_EN.pdf">https://www.lg.com/global/pdf/Sustainability-Report/2020-2021%20Sustainability%20Report_EN.pdf</a>
Oppo	<a href="https://www.oppo.com/content/dam/oppo/common/mkt/footer/2020%20OPPO%20Sustainability%20Report%20-%20EN.pdf">https://www.oppo.com/content/dam/oppo/common/mkt/footer/2020%20OPPO%20Sustainability%20Report%20-%20EN.pdf</a>
Samsung	<a href="https://www.samsung.com/br/sustainability/environment/climate-action/">https://www.samsung.com/br/sustainability/environment/climate-action/</a> <a href="https://www.samsung-ecopackage.com/">https://www.samsung-ecopackage.com/</a> <a href="https://images.samsung.com/is/content/samsung/assets/global/our-values/resource/Sustainability_report_2020_en_new.pdf">https://images.samsung.com/is/content/samsung/assets/global/our-values/resource/Sustainability_report_2020_en_new.pdf</a>

EMPRESA	SITE
Sony	<a href="https://www.sony.com/pt-ao/electronics/eco/embalagem?cpint=SG_OUT_OF_FLOW_SEC-TOUT-OOFM-SONYECO-EN_GL-2021-05-M19-SEEMORE-TOUT01-IMAGE-LINK">https://www.sony.com/pt-ao/electronics/eco/embalagem?cpint=SG_OUT_OF_FLOW_SEC-TOUT-OOFM-SONYECO-EN_GL-2021-05-M19-SEEMORE-TOUT01-IMAGE-LINK</a> <a href="https://www.sony.com/pt-ao/electronics/eco/material-de-mistura-original?cpint=SG_OUT_OF_FLOW_SEC-TOUT-OOFM-SONYECO-EN_GL-2021-06-M16-LEARN-MORE-TOUT03-IMAGELINK">https://www.sony.com/pt-ao/electronics/eco/material-de-mistura-original?cpint=SG_OUT_OF_FLOW_SEC-TOUT-OOFM-SONYECO-EN_GL-2021-06-M16-LEARN-MORE-TOUT03-IMAGELINK</a> <a href="https://www.sony.com/pt-ao/electronics/sorplas-recycled-plastic">https://www.sony.com/pt-ao/electronics/sorplas-recycled-plastic</a> <a href="https://www.sony.com/en/SonyInfo/csr/library/reports/SustainabilityReport2020_E.pdf#page=5">https://www.sony.com/en/SonyInfo/csr/library/reports/SustainabilityReport2020_E.pdf#page=5</a>
TCL	<a href="https://www.tcl.com/us/en/sustainability/electronics-recycling/how2recycle">https://www.tcl.com/us/en/sustainability/electronics-recycling/how2recycle</a> <a href="https://doc.irasia.com/listco/hk/tclelectronics/annual/2020/esr.pdf">https://doc.irasia.com/listco/hk/tclelectronics/annual/2020/esr.pdf</a>
Xiaomi	<a href="https://i01.appmifile.com/webfile/globalimg/0320/TO-B/pdf-file/Xiaomi_Sustainability_2020.pdf">https://i01.appmifile.com/webfile/globalimg/0320/TO-B/pdf-file/Xiaomi_Sustainability_2020.pdf</a>

Fonte: Elaboração própria.

O critério de escolha foi o das empresas melhores ranqueadas nos seguintes itens:

- a) Empresas que mais venderam EEE no Brasil no ano de 2021: segundo Estrella (2021), foi o notebook, impulsionado pela demanda do trabalho em home office.
- b) Empresas que mais venderam EEE com menor vida útil no Brasil em 2021: segundo Forti (2019), os EEE com menor vida útil são os celulares, com tempo médio de 3 anos.
- c) Empresas que mais venderam EEE e que estão mais presentes nas residências no Brasil 2021: segundo Forti (2019), o aparelho eletrônico mais presente por domicílio no Brasil é o televisor.

Com base nos critérios (a, b e c), foram selecionados os seguintes EEE: celular, notebook e televisores.

Destarte, foram escolhidas 11 empresas melhores ranqueadas nos itens a, b e c, no 2º trimestre de 2021 (dados mais recentes encontrados), sendo elas: Acer, Apple, Dell, HP, Lenovo, LG, Oppo,

Samsung, Sony, TCL e Xiaomi. A empresa Vivo entrou no rol das empresas a serem pesquisadas, porém, após a consulta documental, não foi encontrada nenhuma informação aderente ao objetivo desta pesquisa, sendo descartada da análise.

A análise documental foi realizada seguindo o protocolo proposto por Bardin (1977) seguindo as seguintes etapas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados. Na fase de pré-análise, foram levantados os relatórios públicos disponibilizados nos sites das 11 organizações para verificar possíveis práticas que visam reduzir os impactos ambientais dos EEE e que vão ao encontro do que é proposto pela EC, sendo realizado uma leitura flutuante nos arquivos relacionado à sustentabilidade. Na próxima etapa, foi realizada a exploração dos materiais, realizada através da categorização dos dados localizados na pré-análise, que foi estruturada com suporte dos conceitos apresentados nas ações da framework ReSOLVE (regenerar; compartilhar; otimizar; ciclar; virtualizar; e trocar. No tratamento dos resultados foram identificadas relações entre as ações praticadas pelas empresas e a EC. Com essas informações, foram criados quadros para a apresentação dos resultados encontrados.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os resultados e discussões do artigo serão apresentados em capítulos separados. O primeiro trará os resultados e discussões da RIL, e o segundo da análise documental.

##### ***4.1 Resultados e Discussões da RIL***

O Quadro 4 traz informações gerais das análises dos 10 artigos selecionados.

**Quadro 4:** Informações Gerais Sobre os Artigos Selecionados na RIL

<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>Periódico/CiteScore - JCR - SJR</b>	<b>Título</b>	<b>Objetivo (traduzido)</b>
Khor & Uldin	2013	<i>Resources, Conservation and Recycling</i> / 14.7 - 10.204 - 130	<i>Reverse logistics in Malaysia: Investigating the effect of green product design and resource commitment</i>	Explorar os efeitos do <i>design</i> de produto verde e do comprometimento de recursos na disposição de produtos de logística reversa.
Bakker, Wang, Huisman & Del Hollander	2014	<i>Journal of Cleaner Production</i> / 13.1 - 9.297 - 200	<i>Products that go round: exploring product life extension through design</i>	Mostrar como o <i>design</i> do produto pode abordar de forma proativa a extensão da vida útil do produto por meio da renovação, remanufatura e reciclagem.
Wang, Wang, Gao & Váncza	2014	<i>Cirp Annals</i> / 9.2 - 3.916 - 155	<i>A cloud-based approach for WEEE remanufacturing</i>	Propor uma plataforma de remanufatura orientada a serviços em nuvem.
Mashhadi, Esmajilian, Cade, Wiens & Behdad	2016	<i>Journal of Cleaner Production</i> / 13.1 - 9.297 - 200	<i>Mining consumer experiences of repairing electronics: Product design insights and business lessons learned</i>	Analisar as experiências de reparo dos consumidores para propor novos produtos que auxiliem os consumidores a reparar e compreender os impactos dessas experiências nas futuras decisões de compras.
Franklin-Johnson, Figge & Canning	2016	<i>Journal of Cleaner Production</i> / 13.1 - 9.297 - 200	<i>Resource duration as a managerial indicator for Circular Economy performance</i>	Propor um indicador de longevidade que mede a retenção de materiais com base na quantidade de tempo que um recurso é mantido em uso.
Dalhammar	2016	<i>Journal of Cleaner Production</i> / 13.1 - 9.297 - 200	<i>Industry attitudes towards ecodesign standards for improved resource efficiency</i>	Levantar padrões potenciais de consumo com representantes de indústrias para o desenvolvimento de produtos mais sustentáveis.

Khan, Mit-tal, Wes & Wuest	2018	<i>Journal of Cleaner Production</i> / 13.1 - 9.297 - 200	<i>Review on upgradability – A product lifetime extension strategy in the context of product service systems</i>	Levantar o estado da arte sobre a capacidade de atualização de produtos e seu potencial como estratégia de extensão da vida útil dos produtos.
Van Der Laan & Aurisichio.	2020	<i>Journal of Cleaner Production</i> / 13.1 - 9.297 - 200	<i>A framework to use product-service systems as plans to produce closed-loop resource flows</i>	Levantar o potencial de PSS com foco na fase de uso e obsolescência e estruturar os elementos PSS e suas contribuições para circuitos fechados em subfunções e em uma nova estrutura.
Escursell, Llorach & Roncero.	2020	<i>Journal of Cleaner Production</i> / 13.1 - 9.297 - 200	<i>Sustainability in e-commerce packaging: A review</i>	Identificar lacunas de pesquisa em embalagens de <i>e-commerce</i> e propor novas linhas de pesquisa destinadas a reduzir seus impactos ambientais.
Makov & Fitzpatrick	2021	<i>Journal of Cleaner Production</i> / 13.1 - 9.297 - 200	<i>Is repairability enough? big data insights into smartphone obsolescence and consumer interest in repair</i>	Analisar a relação entre a obsolescência e o interesse do consumidor no reparo dos produtos por meio de uma abordagem de <i>big date</i> .

Fonte: Elaboração própria.

O quadro 4 mostra maior número de publicações no ano 2016. Interessante ressaltar que não foram encontrados trabalhos antes do ano de 2013, mostrando que o debate sobre este tema é relativamente recente. Os trabalhos foram realizados em 3 continentes diferentes: América (Estados Unidos), Ásia (China, Israel e Malásia) e Europa (Alemanha, Espanha, França, Irlanda, Holanda, Hungria, Reino Unido, Suécia e Suíça).

Quanto à abordagem das pesquisas, 4 são qualitativas, 3 mistas e 3 quantitativas. Quanto aos procedimentos técnicos, foram 3 pesquisas documentais, 3 RSL, 2 estudos de caso, 1 survey e 1 avaliação do ciclo de vida (ACV) do produto.

Feita esta análise preliminar, avançamos na análise e discussão dos artigos.

Khor & Udin (2013) levantaram o efeito do design de produto verde, que visa auxiliar no processo de desmontagem, aumentando a recuperação de valor, sendo este uma das práticas mais utilizadas nas empresas que participaram do seu estudo. Ainda destacam que a implementação do design de produtos verdes aumenta a capacidade de recuperação de EEE, facilitando no processo de desmontagem e recuperação de valor.

Bakker et al. (2014) mostraram que é possível aumentar a vida útil dos EEE quando há um bom design de produto, e relatam que para produtos com pouca rotatividade, o design de reciclagem é mais eficiente, pois são produtos com maior durabilidade, entretanto, em mercados com alta volatilidade, como é o caso de produtos tecnológicos, o design modular é o mais adequado, proporcionando maior facilidade no processo de reciclagem e remanufatura.

Bakker et al. (2014) alertam para o problema de coleta dos produtos obsoletos, sendo crucial para todo processo. Para isso, Wang et al. (2014) propôs o desenvolvimento de um sistema em nuvem orientada para serviços para auxiliar no processo de coleta e remanufatura para atualizar o status do produto; em seguida, o coordenador de nuvem avalia a melhor ação – seja recondição, reciclagem, remanufatura – e o usuário seleciona a melhor ação de acordo com as opções geradas pelo coordenador. O fato de a maioria dos consumidores não conhecerem sobre o processo de



remanufatura acaba sendo um gargalo para o ciclo de vida do produto, prejudicando a destinação e o manuseio correto do produto (Wang et al., 2014).

Mashhadi et al. (2016) avaliaram as experiências do consumidor no processo de reparo de EEE e descobriram que há maior incidência de defeitos/problemas em comparação com outras tecnologias, e que a maioria desses problemas são causados por queda e contato com água, o que acarreta no aumento de sua obsolescência.

Segundo Mashhadi et al. (2016), produtos com maior nível de reparabilidade e menor custo de reparação podem aumentar a vida útil dos EEE, principalmente em peças de fácil manuseio, como a bateria, por exemplo. Relatam que é fundamental possuir cadeias de suprimentos alinhadas para fornecer componentes para reparabilidade, fator crucial para a manutenção e conservação do produto por maior período de tempo (Mashhadi et al. 2016).

Franklin-Jonhson et al. (2016) mostram a importância das estratégias ligadas a criação de um indicador de vida útil, encorajando os responsáveis organizacionais no intuito de aumentar os níveis de devolução e recondicionamento de EEE, principalmente de aparelhos celulares, que possuem grande quantidade de materiais preciosos na sua composição. Existem três elementos-chave para aumentar a longevidade dos produtos: maior tempo de uso, maior reciclagem e maior renovação do produto, ressaltando que para esses três funcionarem efetivamente é necessário um bom sistema de logística reversa capaz de fazer com que esses produtos cheguem no destino correto (Franklin-Jonhson et al., 2016).

Dalhammar (2016) mostra que a prática de ecodesign e eficiência energética aplicadas em indústrias que desenvolvem EEE enfrentam desafios porque os sistemas de coleta atribuem responsabilidades para diversos atores da cadeia e que essas práticas não são eficientes quando os consumidores trocam o produto em perfeito funcionamento. Adicionalmente, Dalhammar (2016) diz que a solução seria o uso do Radio Frequency Identification (RFID), que traria melhorias no processo de montagem e desmontagem, otimizando o recondicionamento e a reciclagem dos produtos.

Khan et al. (2018) mostraram a relação entre o uso do Product-Service System (PSS) e a extensão da vida útil do produto. Para eles, o preço do produto aumenta a demanda e permite aumentar os benefícios de produtos remanufaturados, ajudando na implementação de uma logística reversa mais eficiente, e que a capacidade de atualização em PSS aumenta a vida útil do produto (Khan et al., 2018). Adicionalmente, Van Der Laan & Aurisicchio (2020) dizem que o PSS auxilia no processo de recuperação, coleta e recebimento de recursos que não seriam mais utilizados, com base em contratos de responsabilidades, empurrando materiais para uma nova fase de uso, sem a necessidade de processamentos.

Sobre as embalagens dos produtos, Escursell et al. (2020) ressaltam que a prática de ecodesign aumenta a possibilidade de reciclagem, reutilização ou construção através de materiais biodegradáveis. Esses autores relatam que o redimensionamento das embalagens secundárias através da impressão 3D seria fundamental para menor quantidade de material utilizada, diminuindo a poluição e aumentando a eficiência energética no transporte de cargas.

Makok & Fitzpatrick (2021) dizem que o uso do Big Data ajudaria no reparo dos EEE e mostraram que o desempenho dos EEE se mantém estáveis até 2 anos de uso, independente da dificuldade de reparo. Makok & Fitzpatrick (2021) dizem que a saída seria o desempenho mais estável dos EEE, visto que o aumento da capacidade de reparo pode não ser suficiente para diminuir os impactos da obsolescência programada.

O Quadro 5 resume os resultados da RIL, relacionando as práticas de EC adotadas em cada trabalho com as ações da framework ReSOLVE.

Foram identificadas 2 práticas de regeneração, 6 de otimização, 5 de ciclagem, e 1 de compartilhamento, totalizando 14 práticas de EC identificadas na RIL. Interessante ressaltar que as práticas de design, reciclagem, e remanufatura são as mais utilizadas, citadas em 4 artigos. A ação mais utilizada foi a de otimização, seguida pela de ciclagem. Não foram encontradas ações da framework ReSOLVE relacionadas a virtualização e troca.

Quadro 5: Práticas de EC identificadas na RIL

Práticas de EC	Artigos	Ações ReSOLVE
1- Design/ecodesing	Khor & Udin (2013); Bakker et al. (2014); Mashhadi et al. (2016); Van Der Laan & Aurisicchio (2020)	<b>Regenerar</b>
2- Embalagem sustentável	Escursell et al. (2020)	
3- Extensão de vida útil	Bakker et al. (2014); Makov & Fitzpatrick (2021)	<b>Otimizar</b>
4- Serviço em nuvem	Wang et al. (2014)	
5- Indicador de longevidade	Franklin-Johnson et al. (2016)	
6- Eficiência energética	Dalhammar (2016)	
7- RFID	Dalhammar (2016)	
8- PSS	Van Der Laan & Aurisicchio (2020)	<b>Ciclar</b>
9- Reciclagem	Bakker et al. (2014); Wang et al. (2014); Franklin-Johnson et al. (2016); Dalhammar (2016)	
10- Remanufatura	Bakker et al. (2014); Wang et al. (2014); Khan et al. (2018); Van Der Laan & Aurisicchio (2020)	
11- Reutilização	Bakker et al. (2014); Dalhammar (2016)	
12- Reparabilidade	Mashhadi et al. (2016)	
13- Recondicionamento	Franklin-Johnson et al. (2016)	<b>Compartilhar</b>
14- Capacidade de atualização	Khan et al. (2018); Makov & Fitzpatrick (2021)	

Fonte: Elaboração própria.

A seguir serão apresentados os resultados da análise documental.

## **4.2 Resultados e Discussões da Análise Documental**

Os resultados estão apresentados separadamente, seguindo as ações da framework ReSOLVE.

### **4.2.1 Regenerar**

As ações de regenerar visam restaurar os ecossistemas, utilizando materiais e energias renováveis e devolvendo recursos recuperados à biosfera (EMF, 2015). Foram encontradas ações de regeneração nas empresas Acer, Apple, Dell, Hp, LG, Oppo, Samsung e Sony, apresentadas a seguir.

A Acer utiliza energia renovável em suas instalações, gerando e devolvendo cerca de 3 milhões de kWh de eletricidade em 2019, sendo que 60% da energia utilizada nas suas operações são de fontes renováveis. A LG tem o objetivo de abarcar 100% nas suas unidades o uso de energia renovável até o ano de 2050. Já a Oppo expandiu a utilização de energia renovável a partir do ano de 2018, e reduziu 20 milhões kw/h no ano de 2020 em comparação ao ano de 2019. A Samsung opera com 100% de energia sustentável nas operações nos Estados Unidos, Europa e China. Já a Sony diz que até o ano de 2040 utilizará 100% de energia sustentável na composição dos novos produtos, visando diminuir os impactos ambientais causados no processo de produção dos EEE.

A Apple implementou a prática de design, do início ao fim da sua vida útil do produto, sendo possível identificar e analisar novos tipos de materiais menos nocivos ao meio ambiente e a saúde humana. Para definir as melhores práticas no desenvolvimento de práticas de ecodesign, são utilizados dados sobre os impactos dos EEE já em comercialização, verificando quais podem causar algum tipo de dano à saúde humana e/ou ambiental, passando essas informações ao setor de design para verificação e aperfeiçoamento, e aferindo se estão de acordo com os requisitos pré-estabelecidos pela empresa.

A Dell reutiliza plásticos descartados nos oceanos como matéria-prima na construção de bandejas moldadas, compostas por 50% de plástico de alta densidade reciclado e 50% de plástico

retirados do oceano. Adicionalmente, 75% de todas as instalações terão energia obtidas a partir de fontes renováveis, alcançando 100% até o ano de 2040.

A HP produz 51% de seus EEE com uso de energia renovável, e já reduziu cerca de 33% de emissão de GEE desde o ano de 2015, com meta de até 2025 utilizar 100% de energia renovável em sua operação global, além de reciclar 771 toneladas de plásticos retirados dos oceanos e a realizar reflorestamento de 200 mil áreas de florestas. Além disso, desde o ano de 2016, todos os papéis utilizados para embalagens dos EEE produzidos pela HP são obtidos a partir de florestas renováveis, contribuindo para recuperação do ecossistema.

#### *4.2.2 Compartilhar*

A prática de compartilhar está alinhada com ações que se propõem a fomentar o compartilhamento de ativos, utilização de produtos do mercado secundário e prolongamento da vida útil por meio de designs, atualizações, entre outros (EMF, 2015). Foram encontradas ações de compartilhamento nas empresas Acer, Apple, Lenovo, Samsung e Xiaomi, apresentadas a seguir.

A Acer dispõe de um software capaz de fornecer serviço de verificações e atualizações, garantindo que os usuários consigam deixar os dispositivos atualizados, aumentando o tempo de vida útil do aparelho. Já a Apple mantém atualizações mais recentes de software e de segurança para EEE atuais e antigos, projetando futuros aplicativos que poderão ser utilizados em produtos que já estão em circulação.

A Lenovo oferece produtos reconicionados dos seus data centers para comercialização no mercado de segunda mão, mantendo a qualidade e confiabilidade dos EEE, na qual são verificados e testados antes de ir para o mercado de usados.

A Samsung realiza atualizações constantes de software em seus dispositivos em conjunto com uma série de testes de qualidade para garantir estabilidade e durabilidade dos produtos, cobrindo produtos e sistema, do início até o fim da vida útil do dispositivo, conservando os recursos já empregados.

A prática da Xiaomi é doar para instituições carentes, ONG'S ou para recicladores locais, dispositivos que não são mais utilizados, prolongando sua vida útil.

#### 4.2.3 Otimizar

As práticas de otimização buscam aumentar o desempenho e a vida útil dos produtos, e maximizar a utilização de matérias-primas no processo de produção (EMF, 2015). Foram encontradas ações de otimização nas empresas Acer, Apple, Dell, Hp, Lenovo, LG, Samsung, Sony, TCL e Xiaomi.

A Acer utiliza a ACV para definir os pontos críticos e adota um modelo de eficiência energética para melhorar a eficiência e qualidade de seus produtos, desde a aquisição de matérias-primas até o uso do produto. Adicionalmente, utiliza o design de embalagens para obter o tamanho ideal de suas caixas, reduzindo o uso de fibra de madeira virgem, garantido caixas de papelão com 90% de material reciclado, e sacos plástico feitos com 100% de pet reciclado. A Xiaomi reduziu em 40% os materiais utilizados nas embalagens de seus produtos, e 60% de plásticos, e melhorou sua taxa de reparabilidade em 80%.

A Apple aprimorou a eficiência energética dos seus EEE reduzindo em 70% a quantidade de energia consumida, e utiliza o design para aumentar a longevidade dos EEE, utilizando alumínio reciclado e eliminando o Berílio na composição das placas eletrônicas, reduzindo em 72% a emissão GEE no processo de fabricação desde 2015. Também diminuiu a utilização de plásticos, retirando os carregadores dos novos EEE, reduzindo 861 mil toneladas de minérios. Tem a meta de eliminar os plásticos das embalagens até 2025, e atualmente são utilizados cerca de 65% menos de plásticos nas embalagens em comparação ao ano de 2015, e a partir do ano de 2020 as embalagens dos EEE foram entregues com embalagens feitas com 90% de fibras naturais.

A Dell melhorou em 8,1% a eficiência energética dos seus EEE em 2020, e tem a meta de chegar a 80% até 2030, contribuindo para que os EEE aumentem sua durabilidade.

Em 2020 a HP conseguiu otimizar a composição das embalagens dos seus produtos em 19% com a utilização de fibras naturais. Visando 75% de circularidade nos seus produtos até 2030, a HP

utiliza está prolongando a vida útil do seu sistema de reparação, desenvolvendo constantes atualizações, com desperdício zero na fabricação de novos EEE.

A Lenovo utiliza a ACV do produto para levantar situações críticas dos seus produtos, a taxa de reparação e a satisfação de seus clientes, mapeando os pontos que precisam ser aprimorados, realizando testes visando o não surgimento de defeitos para prolongar o tempo de vida útil. Usa a modularidade no design para deixar seus dispositivos sustentáveis para as peças poderem ser substituídas sem que seja necessário a troca de todo produto.

A LG está reduzindo em 50% a emissão de carbono durante a produção de seus EEE com uso de energia renovável, soluções Business-to-business, sistemas de gerenciamento de energia na cadeia de produção e aquisição de créditos de carbono. A prática de Eco-index foi desenvolvida para produzir EEE ecologicamente sustentáveis, permitindo o gerenciamento de desempenho e o levantamento de pontos críticos que geram mais impactos ambientais.

A Samsung desenvolve pesquisas para economizar energia e reduzir GEE, ao mesmo tempo que tem foco no aumento da vida útil do produto, e estima uma redução de até 42% no consumo de energia nos produtos em comparação aos que eram produzidos em 2008.

Sem a utilização de tintas, a Sony gera menor impacto nas embalagens, conservando seu aspecto orgânico. Também reduziu 90% da utilização de plástico em seus produtos, utilizando verniz ao invés de plásticos nas embalagens externas.

A TCL utiliza injeção de pó durante a fabricação da resina original das estruturas plásticas dos EEE para não ser necessária a utilização de tintas e vernizes para acabamento dos produtos, diminuindo e otimizando a quantidade de material utilizado. Todos os produtos de TV e celular da TCL são 100% livres de chumbo, mercúrio, cádmio cromo, entre outros, reduzindo o impacto no processo de descarte desses produtos.

#### *4.2.4 Ciclar*

As práticas de ciclar foca em ações de remanufatura e reciclagem de EEE em fase final do ciclo de vida (EMF, 2015). Foram encontradas ações de ciclar nas empresas Acer, Apple, Dell, Hp, Lenovo, LG, Oppo, Samsung, Sony e TCL.



A Acer recicla reaproveitando plásticos e recuperando metais pesados contidos nos EEE. As baterias passam por um processo de extração e fabricação, dando origem a um novo produto, representando, em 2020, cerca de 2,2 toneladas de baterias recicladas. Também utiliza plástico pós-consumo que são utilizados para produzir novos produtos a partir das técnicas de design, totalizando mais de 8,8 milhões de EEE com plástico reciclado, representando 24,08% dos produtos ofertados e 24,0% sua receita em 2020.

A Apple utiliza alumínio reciclado no processo de fabricação de EEE, através do design dos componentes eletrônicos e cabos. Está produzindo produtos de fácil reciclagem, e auxilia a coleta mediante oferta de pontos de reciclagem em 99% de suas lojas, o que trouxe redução em 2020 de 39 mil toneladas de lixo eletrônico e desenvolveram tecnologia para desmontar peças que permitam a recuperação de materiais raros.

Para manter o ciclo fechado, a Dell avalia se a tecnologia embarcada nos EEE devolvidos para reciclagem ainda pode ser utilizada, passando a compor outros EEE, viabilizado pelo design circular incorporado na fabricação do produto. Pretende até 2030 que 100% de suas embalagens sejam de materiais reciclados, e 50% dos materiais reciclados serão utilizados na composição de novos EEE. Até as embalagens que revestem os produtos durante o transporte são feitas de papel moldado e papelão reciclado, reduzindo a utilização de água e energia em relação aos métodos tradicionais.

A HP eliminou o plástico virgem da composição das embalagens, substituindo por plásticos reciclados e otimizando sua estrutura, além da substituição das espumas plásticas por papéis moldados, facilitando o processo de reciclagem do produto.

Desde 2005 a Lenovo já reciclou cerca de 290 mil toneladas de EEE. Sobre as embalagens, a Lenovo aumentou em 10% o número de materiais reciclados na sua composição, além da transição das embalagens da série ThinkPad para 100% de materiais reciclados biodegradáveis (fibra de bambu), e as caixas de remessa com 70% de fibra pós-consumo, além de usar tinta à base de água, que emite menos GEE.

A LG tem meta de reciclar 95% de todos os resíduos gerados da sua produção até o ano de 2030. Na fabricação de novos produtos,



11.149 toneladas de materiais foram recicladas. Sobre suas embalagens utilizadas durante o manuseio e transporte dos produtos, suas caixas têm 50% de material reciclado e 80% no papel utilizado na embalagem. A melhoria de design das embalagens permitiu reduzir a quantidade de material empregado em 8,6%, e seu volume em 2,8%.

A Oppo chegou a reciclar 30.000 dispositivos por mês através da técnica do ecodesign no processo de desenvolvimento do produto. Criou um programa para incentivar a comercialização de telefones com capacidade de uso no mercado de usados, representado 10% a 15% do total recebido. Os que estão em boas condições são vendidos depois de remanufaturados, cerca de 70%. Os que possuem aproveitamento baixo são desmontados e integralizados no processo de produção de novos produtos, totalizando 22 toneladas.

A Samsung quer reciclar 95% dos materiais, retirando os componentes eletrônicos dos EEE em fim de vida útil para executar o plano de ciclo fechado. Pretende até 2030 usar cerca de 500.000 toneladas de plásticos reciclados na composição de novos produtos, chegando a cerca de 7.500.000 toneladas de lixo eletrônico coletados em todo o mundo. Cerca de 4,03 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos já foram recicladas desde que a medida foi implementada. Está reciclando através do Eco Package, no qual as embalagens possuem demarcação com diversos pontilhados para recorte, formando objetos decorativos para a casa ou brinquedos para animais de estimação.

A TCL utiliza símbolos em suas caixas indicando o que pode ser reciclado da sua embalagem e em qual local é aceito, e promove sistemas de drive thru para o descarte dos dispositivos nos EUA. Também removeu o plástico filme dos componentes, otimizou seu design e está utilizando tintas à base de soja, sendo entre 60% e 80% mais sustentável.

A Sony está utilizando 99% de plástico reciclado na produção de novos EEE, reduzindo em 80% a emissão de carbono na produção de novos televisores.

#### *4.2.5 Virtualizar*

As ações de virtualização estão relacionadas à desmaterialização de algo que era realizado de maneira física para a digital (EMF, 2015). Foram encontradas ações de virtualização apenas na Apple.

A Apple está desenvolvendo robôs inteligentes no processo de desmontagem dos EEE, capaz de reconhecer a base de dados de lixo eletrônico que possa vir a servir de insumos. Essa prática substitui ações antes realizadas pelos colaboradores, que gastava também mais materiais físicos, por um robô.

#### 4.2.6 Trocar

As ações de troca buscam a substituição de materiais não renováveis por renováveis, utilizando tecnologias que permitem a produção sustentável com menor utilização de materiais, ou a substituição de modais de transporte por outros menos poluentes (EMF, 2015). Foram encontradas ações de troca nas empresas Acer, Apple, Dell, Lenovo, Oppo, Samsung e Sony, apresentadas a seguir.

A Acer aumentou a sua malha ferroviária em 0,2% globalmente, trazendo como efeito a diminuição da emissão de carbono durante o processo de distribuição dos produtos.

A Apple realizou a substituição dos plásticos que envolvem os produtos e a estrutura interna de proteção dos EEE por produtos alternativos compostos de fibras naturais e sacolas plásticas por sacolas de papéis nas lojas de varejos.

A Dell foi uma das pioneiras na utilização de embalagens feitas com bambu, sendo facilmente recicladas após o uso, reduzindo o uso de poliestireno e a utilização da fibra de carbono, coletada no setor aeroespacial, que normalmente não são reutilizadas.

A Lenovo utiliza mecanismos de inovação e design para trocar produtos tecnicamente substituíveis que causem menor impactos ambientais. Buscando diminuir a emissão de GEE, foi implementado a solda de baixa temperatura, permitindo uma redução de 4.740 toneladas de gases por ano, embarcados em 22,7 milhões de EEE.

A Oppo retirou do processo de fabricação componentes nocivos à saúde e ao meio ambiente, como: arsênio, berílio, antimônio óxido, retardadores de chama clorados, retardadores de chama bromados, entre outros, tornando o produto mais renovável, tendo em vista a facilidade de reciclagem. Utiliza 45% de material reciclado nas embalagens, como bagaços da cana de açúcar, bambu, entre outros. As tintas utilizadas são feitas a partir de material à base de óleo de soja, reduzindo a emissão de GEE.

Em relação as embalagens para acomodação e transporte do produto, a Samsung implementou medidas que substituem os plásticos de uso único por papel e bioplástico, parecido com o que a A Sony tem feito para reduzir o uso de plásticos em suas embalagens, trocando por materiais feitos de papéis.

#### 4.2.7 Resumos das Práticas de EC Utilizadas pelas Empresas

O Quadro 6 resume os resultados da análise documental, relacionando as práticas de EC adotadas pelas empresas com as ações da framework ReSOLVE.

**Quadro 6:** Práticas de EC identificadas na análise documental

Práticas de EC	Empresas que adotam esta prática	Ações ReSOLVE
1- Reciclagem	Acer, Apple, Dell, HP, Lenovo, LG, Oppo, Samsung, Sony e TCL	<b>Cicular</b>
2- Reutilização	Dell e Oppo	
3- Recondicionamento	Lenovo	
4- Embalagem sustentável	Acer, Apple, Dell, HP, Lenovo, Samsung, Sony e Xiaomi	<b>Otimizar</b>
5- Otimização de recursos	Acer, Apple, HP, Lenovo, LG, Sony e TCL	
6- Eficiência energética	Acer, Apple, Dell, LG, Samsung e Xiaomi	
7- ACV	Acer, Lenovo e Samsung	
8- Reparabilidade	HP	<b>Regenerar</b>
9- <i>Design/ecodesign</i>	Acer, Apple, Dell, HP, LG, Oppo, Samsung e Sony	
10- Capacidade de atualização	Acer, Apple e Samsung	<b>Compartilhar</b>
11- Aprendizado de máquinas	Apple	Virtualizar

Fonte: Elaboração própria.

Foram identificadas 3 práticas de ciclagem, 5 de otimização, 1 de regeneração, 1 de compartilhamento, e 1 de virtualização, totalizando 11 práticas de EC. As práticas de reciclagem, design, embalagem sustentável e otimização de recursos foram as práticas mais presentes nas empresas. Não foram encontradas ações de troca.

A prática mais utilizada pelas organizações foi a otimização e ciclagem, demonstrando a importância que as organizações estão dando para manter os recursos em ciclos fechados. Todas as empresas utilizam práticas de otimização e de ciclagem, mostrando os esforços em obter produtos que possam manter o máximo de tempo possível na cadeia de produção. Essas ações fomentam outras práticas da framework ReSOLVE, como melhorias no design, expandindo a aplicação da EC.

As organizações que mais adotam práticas de EC foram: Apple (6); Acer e Samsung (5); Dell, Lenovo e Sony (4); HP, LG e Oppo (3), e TCL e Xiaomi (2).

Interessante ressaltar que para a Apple, a principal oportunidade de estabelecer uma cadeia de suprimentos circular está no processo de reutilização e reciclagem dos materiais, com foco em desenvolver novos métodos de desmontagem e recuperação, reduzindo o desperdício de material. Para tanto, o desafio é enfrentar barreiras regulatórias e conseguir uma rede de fornecedores aptos a cumprir novas certificações e escala de identificação de fatores que possa aumentar a vida útil dos produtos, seja por design ou por reciclagem.

A Dell diz que a principal oportunidade é em relação à mitigação dos impactos climáticos, expandindo essa ideia para toda a cadeia de valor para gerar uma responsabilidade ambiental corporativa, e tem como principal desafio a busca do equilíbrio nas emissões de gases de efeito estufa durante o processo de fabricação dos produtos.

A HP vê como oportunidade o desenvolvimento de novas tecnologias, como manufatura utilizando impressão 3D, que impulsiona sistemas cada vez mais independentes e resistentes a volatilidades externas. Entretanto, a integração entre os diversos setores da economia: empresas, governos, ONGs, acadêmicos entre outros, são os principais desafios citados por esta empresa, notadamente pela dificuldade de integração entre os agentes.

As principais oportunidades da Lenovo são ligadas a ACV do produto, permitindo mapear e minimizar os riscos e maximizar a reutilização e reciclagem. Está preocupada com a utilização de materiais pós-consumo, onde há necessidade de desenvolver produtos com novos designs e tipos de catalisadores para obter a mesma qualidade e durabilidade.

Uma das principais oportunidades para a LG é o desenvolvimento de eficiência energética e a utilização de energia renovável em seu processo de produção, tendo como desafio estabelecer relações sustentáveis com fornecedores.

A Oppo vê oportunidades na automatização da cadeia de produção, na qual já conta com uma taxa de 70%, gerando redução na utilização de recursos e economia de energia, e contribuindo para neutralizar o carbono na sua produção.

A Sony diz que as mudanças climáticas são oportunidades para o desenvolvimento de produtos mais sustentáveis, capitaneados pela conscientização cada vez maior dos consumidores, e a Samsung tem focado cada vez mais no mercado de créditos de carbono, condições climáticas e mudança de comportamento do consumidor, mostrando ser uma tendência das empresas deste setor.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo desse artigo foi analisar as práticas que estão sendo adotadas pelas empresas que produzem EEE com base na framework ReSOLVE sob a perspectiva da transição para a EC.

Com base em uma RIL e uma análise documental, com foco nas principais empresas produtoras de EEE, foram identificadas 14 práticas de EC na RIL e 11 na análise documental, mostrando que está havendo uma transição da EL para a EC no que tange à produção de EEE. Essa transição traz como benefícios a redução da obsolescência programada dos EEE através da melhoria do seu desempenho, aumentando seu tempo de vida útil e reduzindo a emissão de GEE. Adicionalmente, a adoção de práticas de EC pelas empresas consideradas nesse estudo contribui para o meio ambiente porque os novos EEE estão sendo produzidos com menos recursos, e muitas vezes sendo substituídos por outros que emitem menos GEE.

As práticas levantadas neste artigo mostram que as empresas consideradas na análise documental estão alinhadas ao que é preconizado pela EC, e que essas, além de contribuir para um planeta mais sustentável, notadamente quando o foco é o uso de energia renovável, podem aproveitar as oportunidades de negócios que EC proporciona.

Este trabalho apresenta algumas limitações, primeiramente quanto ao protocolo escolhido para a RIL, bem como os critérios escolhidos para seleção e análise dos artigos. Os resultados se limitam às bases e palavras-chave escolhidas, sendo que outros protocolos e critérios podem resultar em achados diversos. A escolha da framework ReSOLVE como base de análise também pode ser citada como uma limitação, visto que outras perspectivas, modelos, frameworks ou metodologias para análise da EC podem gerar outros resultados. Também se limita à análise do segmento de EEE, o que não permite que os resultados sejam generalizados a outros segmentos.

Sugere-se que novos estudos sejam realizados sobre o tema com outros agentes da cadeia de produção de EEE e o quanto eles estão empenhados em fazer a transição para a EC. Também se sugere que futuros estudos considerem as legislações atualmente vigentes nos países para levantar quais tem sido as leis que estão regulamentando este tema que tem ajudado para essa transição. Também se sugere que outros estudos considerem outras perspectivas de análise da EC e outros segmentos para fins de comparação.

Este trabalho mostrou que as empresas pesquisadas parecem estar preocupadas em reduzir os impactos ambientais, caminhando para uma produção mais sustentável, e que além das práticas que estão sendo adotadas atualmente, querem investir ainda mais na EC, mostrando que o modelo de EL está sendo deixado de lado. Por outro lado, é importante ressaltar que essas empresas poderiam fazer mais pelo meio ambiente, principalmente se estão buscando a transição da EL para uma EC. Se essas empresas realmente querem contribuir com o meio ambiente, se espera que elas diminuam vertiginosamente os impactos causados pela produção de seus EEE e ainda sirvam como exemplo para outras empresas, inclusive de outros setores, adotando sistematicamente ações preconizada pela framework ReSOLVE.

Além de sistematizar a literatura concernente às práticas sustentáveis de empresas de EEE sob a perspectiva da transição da EC, esse artigo analisa práticas das principais empresas fabricantes de EEE baseada na framework ReSOLVE, podendo ser útil para pesquisadores interessados nesse assunto, bem como para gestores de empresa produtoras e revendedoras de EEE a fim de adotar estratégias alinhadas com a EC.

## 6. REFERÊNCIAS

- Andrade, S. L. & Lima, G. E. A logística reversa e o enfrentamento do fenômeno da obsolescência programada. *Revista de Direito da Cidade*, v. 10, n. 2, p. 1237-1256.
- Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2013). *Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica*. Brasília. Recuperado em 18 jul. 2021, de: <[http://www.resol.com.br/textos/dwnl\\_1362058667.pdf](http://www.resol.com.br/textos/dwnl_1362058667.pdf)>.
- Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (2021). *Avaliação Conjuntural do Setor Eletroeletrônico - 1º Trimestre/2021*. São Paulo. Recuperado em 27 jul. 2021, de: <<http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>>.
- Cerqueira-Streit, J. A., Endo, G. Y., Guarnieri, P., & Batista, L. (2021). Sustainable Supply Chain Management in the Route for a Circular Economy: *An Integrative Literature Review*. *Logistics*, 5(4), 81.
- Bakker, C., Wang, F., Huisman, J., & Del Hollander, M. (2014). Products that go round: exploring product life extension through design. *Journal of cleaner Production*, v. 69, p. 10-16.
- Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Bauman, Z. (2008). *Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadoria*. Editora Schwarcz-Companhia das Letras.
- Braungart, M., McDonough, W., & Bollinger, A. (2007). Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions—a strategy for eco-effective product and system design. *Journal of Cleaner Production*, v. 15, n. 13-14, p. 1337-1348.
- Dalhammar, C. (2016). Industry attitudes towards ecodesign standards for improved resource efficiency. *Journal of Cleaner Production*, v. 123, p. 155-166.
- Ellen Macarthur Foundation. (2015). *Delivering the circular economy: A toolkit for policymakers*. Recuperado em 21 out. 2021, de: <<https://emf.thirdlight.com/link/kewgovk138d6-k5kszv/@/preview/1?o>>.
- Escursell, S., Llorach, P., & Roncero, M. B. (2020). Sustainability in e-commerce packaging: A review. *Journal of cleaner production*, v. 280, p. 124314.
- Estrella, C. (2021). Os 25 Produtos Mais Vendidos na Internet em 2021. Recuperado em 29 jul. 2021, de: <<https://www.hostinger.com.br/tutoriais/produtos-mais-vendidos-na-internet>>.



- Forti, V. (2019). O crescimento do lixo eletrônico e suas implicações globais. *Panorama Setorial da Internet*, v. 11, p. 1-20.
- Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. The Global E-waste Monitor 2020. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam, 2020. Recuperado em 22 set. 2021, de: <<https://www.itu.int/myitu/-/media/Publications/2020-Publications/EN---Global-E-waste-Monitor-2020.pdf>>.
- Franklin-Johnson, E., Figge, F., & Canning, L. (2016). Resource duration as a managerial indicator for Circular Economy performance. *Journal of Cleaner Production*, v. 133, p. 589-598.
- Kalmykova, Y., Sadagopan, M., & Rosado, L. (2018). Circular economy—From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, conservation and recycling*, v. 135, p. 190-201.
- Khan, M., Mittal, S., Wes, S., & Wuest, T. (2018). Review on upgradability—A product lifetime extension strategy in the context of product service systems. *Journal of cleaner production*, v. 204, p. 1154-1168.
- Khor, K. S., & Udin, Z. M. (2013). Reverse logistics in Malaysia: Investigating the effect of green product design and resource commitment. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 81, p. 71-80, 2013.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppala, J. (2018). Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological economics*, v. 143, p. 37-46.
- Latouche, S. (2012). *O pequeno tratado do decrescimento sereno*. Lisboa: Edições, v. 70.
- Makov, T., & Fitzpatrick, C. (2021). Is repairability enough? big data insights into smartphone obsolescence and consumer interest in repair. *Journal of Cleaner Production*, v. 313, p. 127561.
- Malbarex, M. C. R., & Gonzáles, Z. R. (2011). La responsabilidad social empresarial y la obsolescencia programada. *Saber, ciencia y libertad*, v. 6, n. 1, p. 127-138.
- Mashhadi, A. R., Esmajlian, B., Cade, W., Wiens, K., & Behdad, S. (2016). Mining consumer experiences of repairing electronics: Product design insights and business lessons learned. *Journal of Cleaner Production*, v. 137, p. 716-727.
- Mendes, K. D. S., Silveira, R. C. C. P., & Galvão, C. M. (2008). Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto & contexto-enfermagem*, v. 17, p. 758-764.
- Michelini, G., Moraes, R., Costa, J., & Ometto, A. (2017). From linear to circular economy: PSS conducting the transition. *Procedia CIRP*, v. 64, n. 2017, p. 2-6.
- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2018). Towards a consensus on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*. v. 179, p. 605-615.
- Rizos, V., Tuokko, K., & Behrens, A. (2017). *The Circular Economy: A review of definitions, processes and impacts*. Centre for European Policy Studies.
- Sandborn, P. Design for obsolescence risk management. (2013). *Procedia CIRP*, v. 11, p. 15-22, 2013.



Sariatli, F. (2017). Linear economy versus circular economy: A comparative and analyzer study for optimization of economy for sustainability. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, v. 6, n. 1, p. 31-34.

Stahel, W. R. (2016). The circular economy. *Nature*, v. 531, n. 7595, p. 435-438.

Van Der Laan, A. Z., & Aurisicchio, M. (2020). A framework to use product-service systems as plans to produce closed-loop resource flows. *Journal of Cleaner Production*, v. 252, p. 119733.

Vieira, A. M., & Rivera, D. P. B. (2012). A Hermenêutica no Campo Organizacional: duas possibilidades interpretativistas de pesquisa. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, v. 14, n. 44, 261-273.

Wang, L., Wang, X. V., Gao, L., & Váncza, J. (2014). A cloud-based approach for WEEE re-manufacturing. *CIRP annals*, v. 63, n. 1, p. 409-412.

Recebido em: 4-2-2022

Aprovado em: 30-5-2023

Avaliado pelo sistema double blind review.

Disponível em <http://mjs.metodista.br/index.php/roc>