

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO E DESIGN – FAUeD
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO/PPGAU – UFU**

Ariel Machado Sánchez

**TRATAMENTO DE REEE EM UBERLÂNDIA/MG: Identificação de atores e
oportunidades de conexão em rede por meio do design estratégico**

**UBERLÂNDIA - MG
2022**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO E DESIGN – FAUeD
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO/PPGAU – UFU

Ariel Machado Sánchez

TRATAMENTO DE REEE EM UBERLÂNDIA/MG: Identificação de atores e oportunidades de conexão em rede por meio do design estratégico

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, (PPGAU) da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Linha de Pesquisa: Linha de pesquisa 2 intitulada: Produção do espaço: processos urbanos projeto e tecnologia.

Matrícula: 12022ARQ004

Orientadora: Profa. Dra. Viviane G. A. Nunes

**UBERLÂNDIA - MG
2022**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S275
2022 Sánchez, Ariel Machado, 1983-
TRATAMENTO DE REEE EM UBERLÂNDIA/MG [recurso eletrônico] : Identificação de atores e oportunidades de conexão em rede por meio do design estratégico / Ariel Machado Sánchez. - 2022.

Orientadora: Viviane dos Guimarães Alvim Nunes.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.494>
Inclui bibliografia.

1. Arquitetura. I. Nunes, Viviane dos Guimarães Alvim, 1971-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

CDU: 72

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

| | | | | | |
|------------------------------------|--|-----------------|-----|-----------------------|-----|
| Programa de Pós-Graduação em: | Arquitetura e Urbanismo | | | | |
| Defesa de: | Dissertação de Mestrado Acadêmico PPGAU | | | | |
| Data: | vinte e sete de setembro de 2022 | Hora de início: | 11h | Hora de encerramento: | 13h |
| Matrícula do Discente: | 12022ARQ004 | | | | |
| Nome do Discente: | Ariel Machado Sánchez | | | | |
| Título do Trabalho: | TRATAMENTO DE REEE EM UBERLÂNDIA/MG: Identificação de atores e oportunidades de conexão em rede por meio do design | | | | |
| Área de concentração: | Projeto, Espaço e Cultura | | | | |
| Linha de pesquisa: | Produção do espaço: processos urbanos, projeto e tecnologia. | | | | |
| Projeto de Pesquisa de vinculação: | Design Estratégico para a Sustentabilidade: projetar redes inter-organizacionais colaborativas para fomentar a economia circular e a inovação social transformativa. | | | | |

Reuniu-se em web conferência pela plataforma Mconf-RNP, em conformidade com a PORTARIA nº 36, de 19 de março de 2020 da COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - CAPES, pela Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, assim composta: Professores Doutores: Cláudio Pereira de Sampaio – UEL DESIGN, Samuel Borges Barbosa – PPGAU.UFV.UFU e Viviane dos Guimarães Alvim Nunes - PPGAU.FAUed.UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Viviane dos Guimarães Alvim Nunes, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Viviane dos Guimarães Alvim Nunes**, Professor(a) do Magistério Superior, em 27/09/2022, às 13:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Claudio Pereira de Sampaio**, Usuário Externo, em 28/09/2022, às 07:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ariel Machado Sánchez**, Usuário Externo, em 28/09/2022, às 07:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Samuel Borges Barbosa**, Professor(a) do Magistério Superior, em 29/09/2022, às 10:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 3913005 e o código CRC BCD66C38.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade de ter recebido todas as condições necessárias para concluir mais etapa de aprendizado na minha jornada.

Agradeço à minha família, que me apoiou, e abdicou de meu tempo para com ela, para que pudesse lograr êxito nesta etapa.

Agradeço à Professora PhD. Viviane G. A. Nunes, pela sua dedicação, por compartilhar seus conhecimentos e experiências, e toda sua dedicação durante todo o meu período de estudos. Uma orientação que transcendeu os aspectos acadêmicos, e por diversas vezes me inspirou confiança, ânimo, e coragem para perseverar na busca pela melhoria em minhas atividades acadêmicas.

Fica também meu agradecimento aos Professores PhD. Cláudio Sampaio e Dr. Samuel Barbosa, pelas contribuições realizadas em meu processo de qualificação, e pela disponibilidade em compartilhar de suas experiências e conhecimentos, de forma clara, objetivo e com uma humildade admirável de ambos Professores.

E por agradeço a todos os(as) colegas e demais Professores(as) pela disposição, pelo apoio, pelas atividades que ocorreram ao longo desta jornada, que muitas delas só foram possíveis de serem concluídas em função do apoio recebido por parte de todos(as) eles(as)!

RESUMO

Nos últimos anos, o consumo de produtos eletroeletrônicos cresce a nível global e, por consequência, crescem os resíduos pós-consumo. Atualmente, o Brasil é o segundo maior gerador de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) das Américas, e o sétimo no mundo. Diante deste cenário, é fundamental que existam iniciativas (públicas e/ou privadas) para gerenciar os REEE pois, quando são descartados incorretamente, geram diversos danos sociais, ambientais e econômicos. Como o município de Uberlândia-MG ainda não possui programas ou ações que reúnem stakeholders diversos para atuar de forma conjunta e encaminhar o correto tratamento deste resíduo, o objetivo da pesquisa foi realizar o mapeamento de potenciais atores que poderão compor uma futura rede colaborativa para tratamento do REEE. Para direcionar este mapeamento, foram elencados como objetivos específicos: identificar as respectivas áreas de atuação dos atores potenciais, com base no ciclo técnico do Diagrama da Economia Circular (EMF); levantar legislações (federal, estadual e municipal) vigentes relacionadas ao tratamento de resíduos recicláveis; identificar práticas da Economia Circular que podem auxiliar no tratamento do REEE; e analisar um modelo de rede conceitual colaborativa que poderia servir como referência de rede local futura. A metodologia de pesquisa é caracterizada como qualitativa e exploratória, realizada por meio de análises documentais (revisões bibliográficas, e dados cadastrais) sobre as temáticas: economia circular; design estratégico, e design para sustentabilidade; redes colaborativas e contexto do resíduo eletroeletrônico: nos cenários nacional, estadual (MG) e municipal (Uberlândia). Ao final da pesquisa foram obtidas informações sobre o volume de atores que compõem o atual ecossistema local de tratamento do REEE, e como as legislações ainda se mostram incipientes no que tange a regulamentações claras, objetivas e específicas sobre como o poder público deve intervir para que este ambiente sustentável de tratamento de resíduos recicláveis seja estruturado. Foram também identificadas quais as práticas circulares são amplamente divulgadas e factíveis de serem implementadas no cenário local. Como resultados, pode-se verificar que o tratamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos é um campo que apresenta complexidade de gerenciamento e, ao mesmo tempo, uma série de oportunidades, especialmente considerando o contexto local. Nesse cenário, o design estratégico se configura como uma ferramenta capaz de viabilizar a conexão entre os atores de uma rede potencial, a partir da visualização de cenários futuros, que incluem ainda a identificação de barreiras a serem superadas, auxiliando na identificação de ações que promovam, gradualmente, o desenvolvimento econômico sustentável local.

Palavras-chave: Design estratégico para a sustentabilidade; Economia Circular; Redes Colaborativas; Governança Colaborativa; Resíduos Eletroeletrônicos.

ABSTRACT

In recent years, the consumption of electronic products has grown globally and, consequently, post-consumer waste. Currently, Brazil is the second largest generator of electronic waste (WEEE) in the Americas, and the seventh in the world. Given this scenario, it is essential that there are initiatives (public and/or private) to manage WEEE, because when they are incorrectly disposed of, they generate various social, environmental and economic damages. As locally (Uberlândia-MG) there are still no programs or actions that bring together different stakeholders to act together and forward the correct treatment of this waste, it was defined as the objective of the research, to carry out the mapping of potential actors that may compose a future collaborative network for the treatment of WEEE. To guide this mapping, the following specific objectives were listed: identify the respective areas of action of potential actors, based on the technical cycle of the Circular Economy Diagram (EMF); survey legislation (federal, state and municipal) in force related to the treatment of recyclable waste; identify Circular Economy practices that can help in the treatment of WEEE; and analyze a collaborative conceptual network model that could serve as a future local network reference. The research methodology is characterized as qualitative and exploratory, carried out through document analysis (bibliographic reviews, and registration data) on the themes: circular economy; strategic design, and design for sustainability; collaborative networks and context of electronic waste: in the national, state (MG) and municipal (Uberlândia) scenarios. At the end of the research, information was obtained on the volume of actors that make up the current local WEEE treatment ecosystem, and how legislations are still incipient regarding clear, objective and specific regulations on how the public power should intervene. so that this sustainable environment for the treatment of recyclable waste is structured. It was also identified which circular practices are widely disseminated, and which are feasible to be implemented in the local scenario. As a result, it can be seen that the treatment of electronic waste is a field that presents management complexity and, at the same time, a series of opportunities, especially considering the local scenario. In this scenario, strategic design is configured as a tool capable of enabling the connection between the actors of a potential network, from the visualization of future scenarios, which also include the identification of barriers to be overcome, helping to identify actions that promote Gradually, local sustainable economic development.

Keywords: strategic design for sustainability; circular economy; collaborative networks; collaborative governance; electronic waste.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Pesquisa de termos: notebook, computador, Google Meet e Zoom | 13 |
| Figura 2 - 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU | 14 |
| Figura 3 - Consumo de EEE e Geração de e-lixo..... | 15 |
| Figura 4 - Mapa de geração de e-lixo per capital no Brasil em 2019..... | 16 |
| Figura 5 - Reflexos econômicos, ambientais e sociais do REEE | 18 |
| Figura 6 - Elementos do problema do lixo eletrônico..... | 19 |
| Figura 7 - Diagrama visual da justificativa da pesquisa | 22 |
| Figura 8 - Processo de mapeamento dos atores locais do ecossistema de tratamento do REEE..... | 24 |
| Figura 9 - Características da Economia Circular | 29 |
| Figura 10 - Quatro fontes de criação de valor da Economia Circular | 31 |
| Figura 11 - Princípios e estratégias da Economia Circular (PwC, 2019) | 33 |
| Figura 12 - Estratégias circulares da cadeia produtiva, segundo Potting et al. (2017) | 35 |
| Figura 13 - Estratégias circulares segundo Konietzko, Bocken e Hultink..... | 36 |
| Figura 14 - Estratégias de Life Cycle Design e fases do ciclo de vida do produto ... | 39 |
| Figura 15 - Ciclos tecnológicos e biológicos..... | 40 |
| Figura 16 - Processo logística tradicional vs Processo logística reversa | 42 |
| Figura 17 - Processo da Logística Reversa..... | 43 |
| Figura 18 - Fatores do Ecodesign | 45 |
| Figura 19 - Quatros Ordens do Design, segundo Buchanan..... | 50 |
| Figura 20 - Matriz de Poder x Interesses..... | 60 |
| Figura 21 - Estado do Sistema | 64 |
| Figura 22 - Diagrama de redes centralizada, descentralizada e distribuída de Paul Baran (1964) | 65 |
| Figura 23 - Modelo Conceitual ICoN | 67 |
| Figura 24 - Diagrama do Sistema da Economia Circular..... | 74 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ONU (Organização das Nações Unidas) | 15 |
| Quadro 2 - Definições das estratégias circulares, segundo PwC (2019) | 34 |
| Quadro 3 - Os 12 Pontos de alavancagem de Donella Meadows | 62 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Problemas e Impactos do descarte incorreto do e-lixo | 17 |
| Tabela 2 - Estrutura da dissertação com indicação da bibliografia | 25 |
| Tabela 3 - 12 Categorias e perguntas de fronteira da Heurística Crítica de Sistemas (HCS) | 59 |
| Tabela 4 - Legislação sobre o tratamento de resíduos nas Esferas Federal, Estadual e Municipal | 71 |
| Tabela 5 - Correlação entre as atividades do Ciclo Técnico da Economia Circular (EMF) e os atores em Uberlândia-MG | 75 |
| Tabela 6 - Quantidade de atores identificados em Uberlândia - MG | 76 |
| Tabela 7 - Empresas atuantes no tratamento do REEE (computadores e periféricos) em Uberlândia-MG | 76 |
| Tabela 8 - Enquadramento das empresas no Brasil | 77 |
| Tabela 9 - Empresas prestadoras de serviço de manutenção e reparo de computadores e equipamentos periféricos em Uberlândia-MG, por Porte e CNAE .. | 77 |
| Tabela 10 - Empresas recuperadoras e coletadores de resíduos e materiais (alumínio, metálicos, não-metálicos, plástico) em Uberlândia-MG, por Porte e CNAE | 78 |
| Tabela 11 - Associações e Cooperativas de catadores de reciclados em Uberlândia-MG | 78 |
| Tabela 12 - Número de empresas fabricantes de equipamentos de informática em Uberlândia-MG, por Porte e CNAE | 79 |
| Tabela 13 - Número de empresas comerciantes de equipamentos e suprimentos de informática em Uberlândia-MG, por Porte e CNAE | 79 |
| Tabela 14 - Número de empresas comerciantes atacadistas de resíduos em Uberlândia-MG | 80 |
| Tabela 15 – Grupo de atores x Funções x Poder e Interesse..... | 81 |
| Tabela 16 - Papéis dos potenciais atores em uma rede de tratamento de REEE | 82 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1. Panorama do REEE no Brasil e no mundo | 15 |
| 1.2. Reciclagem de REEE no Brasil e o impacto ambiental..... | 16 |
| 1.3. Problema da Pesquisa..... | 19 |
| 1.4. Justificativa | 21 |
| 1.5. Objetivos..... | 23 |
| 1.5.1. Objetivo geral..... | 23 |
| 1.5.2. Objetivos específicos | 23 |
| 1.6. Metodologia | 23 |
| 1.6.1. Método de Pesquisa | 23 |
| 1.6.2. Temáticas de estudo..... | 25 |
| 1.6.3. Estrutura da dissertação | 26 |
| 2. ECONOMIA CIRCULAR: princípios, estratégias e práticas | 28 |
| 2.1. Princípios e características | 28 |
| 2.2. Estratégias circulares..... | 32 |
| 2.2.1. PricewaterhouseCoopers – PwC (2019)..... | 32 |
| 2.2.2. Potting, Hekkert, Worrell e Hanemaaijer (2017)..... | 34 |
| 2.2.3. Konietzko, Bocken e Hultink (2020)..... | 36 |
| 2.2.4. Manzini e Vezzoli (2002)..... | 38 |
| 2.3. Práticas Circulares..... | 39 |
| 2.3.1. Cradle to Cradle - C2C | 39 |
| 2.3.2. Logística reversa..... | 41 |
| 2.3.3. Ecodesign | 44 |
| 2.4. Considerações sobre o capítulo..... | 45 |
| 3. DESIGN, ESTRATÉGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: construindo percursos | 47 |
| 3.1. Design estratégico | 47 |
| 3.2. Design para a Sustentabilidade | 48 |
| 3.3. As Quatro Ordens do Design segundo Buchanan | 49 |
| 3.4. Desenvolvimento sustentável | 51 |
| 3.5. Considerações sobre o capítulo..... | 53 |
| 4. REDES COLABORATIVAS | 54 |
| 4.1. Breve introdução ao pensamento sistêmico | 55 |
| 4.1.1. Sistemas complexos | 56 |
| 4.1.2. Pensamento Crítico de Sistemas e Teoria crítica de sistemas | 57 |
| 4.1.3. Heurística crítica de sistemas | 58 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4.2. | Matriz do poder e interesses dos atores | 60 |
| 4.3. | Governança Colaborativa nas Redes Colaborativas | 61 |
| 4.3.1. | Pontos de alavancagem para uma rede | 62 |
| 4.4. | Modelos de Redes: centralizada, descentralizada e distribuída | 64 |
| 4.4.1. | Estudo de caso: modelo de rede inter-organizacional colaborativa | 66 |
| 4.5. | Considerações sobre o capítulo..... | 69 |
| 5. | RESÍDUO ELETROELETRÔNICO: contexto, limites e oportunidades..... | 71 |
| 5.1. | Legislação sobre resíduos: esferas Federal, Estadual e Municipal | 71 |
| 5.2. | Panorama do REEE em Uberlândia: contexto atual | 73 |
| 5.2.1. | Mapeamento de Atores Locais | 74 |
| 5.2.2. | Análise dos perfis dos atores locais..... | 81 |
| 6. | CONCLUSÃO | 85 |
| 6.1. | Pesquisas futuras | 86 |
| 7. | REFERÊNCIAS | 88 |

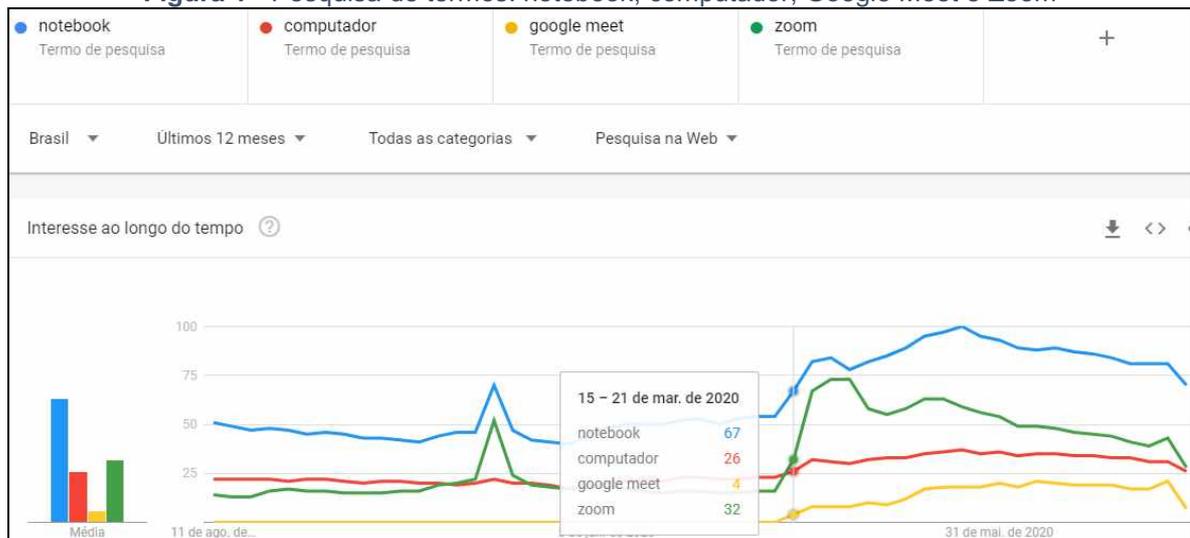
1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o setor de eletroeletrônicos tem crescido de forma constante. Em função da pandemia da COVID-19 (declarada pela OMS em março de 2020), o processo de digitalização se acelerou ainda mais em diversos setores da economia, gerando um aumento na demanda por dispositivos eletroeletrônicos.

No entanto, a busca crescente por produtos eletroeletrônicos esbarra na chamada lei de oferta e demanda, cujo desequilíbrio provoca reflexo imediato no custo do produto/serviço em questão. Observa-se que o crescimento na demanda por produtos eletroeletrônicos não foi acompanhado pelo aumento da oferta, o que resultou em aumento dos preços destes produtos. Dessa forma, embora necessários para o trabalho, estudos e lazer, especialmente no contexto remoto decorrente da pandemia, esses itens se tornaram inacessíveis a grande parte de população brasileira.

De acordo com a jornalista Baptista (2021), os problemas na produção somaram-se à alta procura pelos produtos no ano de 2020. Nesta mesma matéria, Rodrigo Pereira (analista de mercado da IDC Brasil) em entrevista com Baptista (2021), afirma que houve aumento na busca por notebooks, devido ao *home office* e *home schooling* (crianças sem aulas, em casa) impostos pelo *lockdown*, decorrente da pandemia da COVID-19. Para Baptista (2021) a combinação da alta demanda com a baixa oferta explica a inflação de preços no setor.

Este cenário se confirma em pesquisa realizada pela consultoria GFK, que registra o aumento de 71% nas vendas de TVs pela internet no mês de março de 2020 em relação ao mesmo período de 2019, e um aumento de cerca de 85% nas vendas de notebooks (TOZETTO, 2020). Os dados apontados na pesquisa indicam também o aumento da busca pelos termos “notebook” e “computador”, e de plataformas de reuniões virtuais tais como “Google Meet” e “Zoom” na base de dados do Google no intervalo de 15 a 21/03/2020, conforme a figura 1. Estes dois últimos termos referem-se à tecnologia de videoconferência, que estão dentre as mais populares.

Figura 1 - Pesquisa de termos: notebook, computador, Google Meet e Zoom

Fonte: Google Trends (2020). Disponível em <<https://bit.ly/3klldMm>>.

Uma pesquisa realizada em abril de 2020, pelo jornalista Rodrigo Ghedinem em parceria com a plataforma de comparação de preços, Zoom, constatou que, como efeito da pandemia, os eletroeletrônicos tornaram-se 30,7% mais caros no Brasil (GHEDIN, 2020). Mais grave, contudo, é que a demanda crescente de eletroeletrônicos não foi acompanhada por políticas públicas de destinação correta do volume dos resíduos eletroeletrônicos, também conhecidos como e-lixo, em detrimento da obsolescência destes produtos, e tampouco de um posicionamento da maioria das indústrias do setor sobre a adoção de práticas de logística reversa.

Segundo a Agência Brasil (2021), o lixo eletroeletrônico é designado pelo nome técnico: Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletroeletrônicos (REEE), abrange não somente computadores e celulares, mas qualquer tipo de eletrodoméstico, como micro-ondas, geladeiras e máquinas de lavar. Portanto, é fundamental que as indústrias de uma forma geral, adotem práticas relacionadas à Economia Circular (EC) em suas estruturas de produção, superando aos poucos o modelo de produção baseado na Economia Linear.

De acordo com a Ellen MacArthur Foundation (EMF, 2013, p.15), a Economia Linear é um modelo limitado, baseado no “extrair, produzir, consumir e descartar”, ou seja, extrair a matéria-prima, aplicar energia para processá-la e transformá-la em produto, vender ao consumidor, que tende a descartá-lo após o uso ou quando não atender mais às suas necessidades.

Já a Economia Circular apresenta um grande potencial para geração de novos modelos de negócios sustentáveis. Segundo a EMF (2017, p.2), esse novo modelo

econômico busca, em última instância, dissociar o desenvolvimento econômico global do consumo de recursos finitos. Além disso, a EC responde a desafios relacionados a recursos para empresas e países e poderia gerar crescimento, criar empregos e reduzir os impactos ambientais.

Um ponto importante sobre as práticas circulares e vantagens deste modelo econômico é que projetar e produzir produtos ecointeligentes, responsáveis ambientalmente e benéficos para a sociedade e a natureza, não é apenas a questão ética, mas também de competitividade e desempenho, com base em novo padrão de qualidade (NERY e FREIRE, 2017, p.6)

A partir da pesquisa realizada pela Confederação Nacional das Indústrias (CNI, 2019) com 170 indústrias, foi possível detectar que, embora 76% destas organizações tenham desenvolvido iniciativas/práticas de economia circular. Quando questionadas sobre o significado de Economia Circular, apenas 30% responderam já terem ouvido falar sobre o assunto, enquanto 70% foram apresentadas ao tema pela primeira vez. Isso demonstra que ainda há um vasto campo a ser explorado junto ao setor industrial, cuja atuação impacta diretamente no desenvolvimento sustentável proposto pela Agenda 2030 da ONU.

A título de esclarecimento, a proposta do desenvolvimento sustentável foi amplamente divulgada com a publicação da Agenda 2030 ONU (2015), a qual apresenta os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (figura 2).

Figura 2 - 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU



Fonte: Agenda 2030 (2015). Disponível em <<http://www.agenda2030.org.br/ods/17/>>.

Dentre os 17 objetivos apresentados na Agenda 2030 (2015), podemos citar os objetivos 8, 11, 12 e 13, que têm conexão com a temática relacionada à destinação correta do e-lixo, proposta nesse trabalho, conforme o quadro 1.

Quadro 1 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ONU (Organização das Nações Unidas)

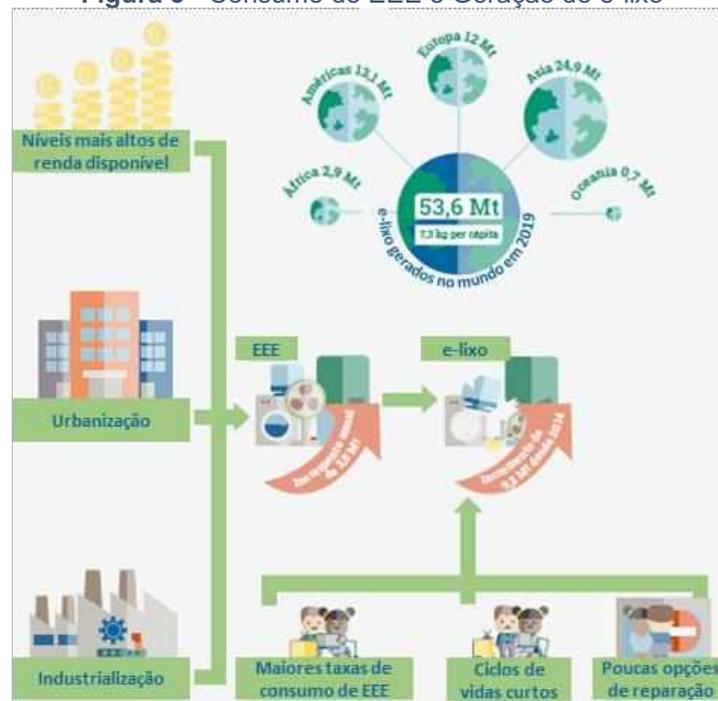
| | |
|---|---|
|  | Objetivo 8: Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos |
|  | Objetivo 11: Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (incluía a gestão de resíduos) |
|  | Objetivo 12: Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis (reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso) |
|  | Objetivo 13: Ação Contra a Mudança Global do Clima (tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos). |

Fonte: Agenda 2030 (2015). Disponível em <<http://www.agenda2030.org.br/ods/17/>>.

1.1. Panorama do REEE no Brasil e no mundo

Em todo o mundo, o lixo eletroeletrônico (em inglês, *e-waste* ou em português, *e-lixo*), apresenta um crescimento acelerado em decorrência do crescente consumo de equipamentos de tecnologia da informação e comunicação (TIC) e outros equipamentos eletroeletrônicos (EEE) que, após sua vida útil são descartados (FORTI, BALDÉ e KUEHR, 2018; PERKINS et al., 2014, p.287), conforme mostra a figura 3.

Figura 3 - Consumo de EEE e Geração de e-lixo



Fonte: Forti et al. (2020)

De acordo com o relatório *Future e-waste Scenarios* (PARAJULY et al., 2019), iniciativa da *Solving the E-waste Problem* (StEP), patrocinada pela Universidade das Nações Unidas (UNU), a estimativa é que o lixo eletroeletrônico atinja 75 milhões de toneladas/ano em 2030 e deverá crescer para 111 milhões de toneladas/ano em 2050.

Mais recentemente, foi publicado no *The Global E-waste Monitor 2020* que o volume de e-lixo gerado no mundo foi de 53,6 milhões de toneladas métricas (Mt) (excluindo painéis fotovoltaicos), uma média de 7,3 kg per capita/ano. (FORTI et al., 2020, p.13). No caso do Brasil, conforme consulta ao Portal *The Global E-Waste*¹, em 2019, o país teve a geração de e-lixo per capita de 10,2Kg/ano (figura 4).

Figura 4 - Mapa de geração de e-lixo per capital no Brasil em 2019



Fonte: Global e-waste statistics partnership. Disponível em <<https://globalewaste.org/map/>>

Vale ressaltar que, segundo estudo da *Global E-Waste Monitor 2017* (BALDÉ et al., 2017, p.66), realizado pela Organização das Nações Unidas (ONU), o Brasil é o maior produtor de lixo eletroeletrônico da América Latina e o 7º maior do mundo. Anualmente, o país produz 1,5 mil toneladas de lixo eletroeletrônico, e apenas 3% desse montante tem descarte adequado.

1.2. Reciclagem de REEE no Brasil e o impacto ambiental

Os inúmeros impactos ambientais e sociais (saúde humana) e econômicos pelo descarte incorreto de resíduos eletroeletrônicos são evidentes (LIMA et al., 2015, p.4; FORTI et al., 2020, p.16) (tabela 01). No entanto, segundo Forti et al. (2020, p.16), em fluxos globais de lixo eletroeletrônico não documentados, cerca de 50 toneladas de

¹ Disponível em: www.globalewaste.org/map/

mercúrio e 71 Kt de BFR são detectados a cada ano, a maioria dos quais é lançada no meio ambiente e afeta a saúde dos trabalhadores expostos.

Tabela 1 - Problemas e Impactos do descarte incorreto do e-lixo

| PROBLEMAS / IMPACTOS | |
|-----------------------------|--|
| SOCIAIS | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Doenças (Cancerígenas, neurológicas, renais) ▪ Métodos despadronizados de manipulação de REEE ▪ Toxicidade da fumaça da queima de REEE |
| AMBIENTAIS | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bio acumulação de resíduos químicos ▪ Poluição atmosférica pelos gases tóxicos ▪ Poluição do lençol freático |
| ECONÔMICOS | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Exportação/importação ilegal/descarte indevido ▪ Ausência de incentivo governamental/leis ▪ Obsolescência programada |

Fonte: Nunes et al. (2017). Organizado pelo autor (2022).

Um elemento importante que reflete diretamente na falta de tratamento de todo este volume de REEE no Brasil, é o desconhecimento cidadão brasileiro, um dos grandes geradores de resíduos. Em uma pesquisa realizada pela Agência Brasil (2021a), foi identificado que população brasileira (87%) já ouviu falar de lixo eletrônico, porém um terço (33%) acredita que esse lixo está relacionado ao meio digital (como e-mail, e arquivos eletrônicos). Outros 42% do público entrevistado, considera este resíduo como sendo os aparelhos eletrônicos e eletrodomésticos quebrados, apenas 3% acreditam que são todos os aparelhos que já viraram lixo. Ou seja, a falta de educação ambiental e a ignorância relativa à classificação do REEE faz com as pessoas descartem estes resíduos de forma incorreta, gerando prejuízos ambientais, econômicos e sociais.

Para promover a educação ambiental, a Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos (ABREE), que é um ator do ecossistema nacional de tratamento do REEE, possui um plano de comunicação², que envolve a sociedade e entidades públicas e privadas. Este plano de comunicação da ABREE, também tem como objetivo conectar outros atores públicos e privados para ajudar a garantir a gestão de resíduos sólidos (pós-consumo) e o cumprimento do Decreto Federal 10.240/2020. Este decreto estabelece normas para a implementação de sistema de logística reversa obrigatória de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes.

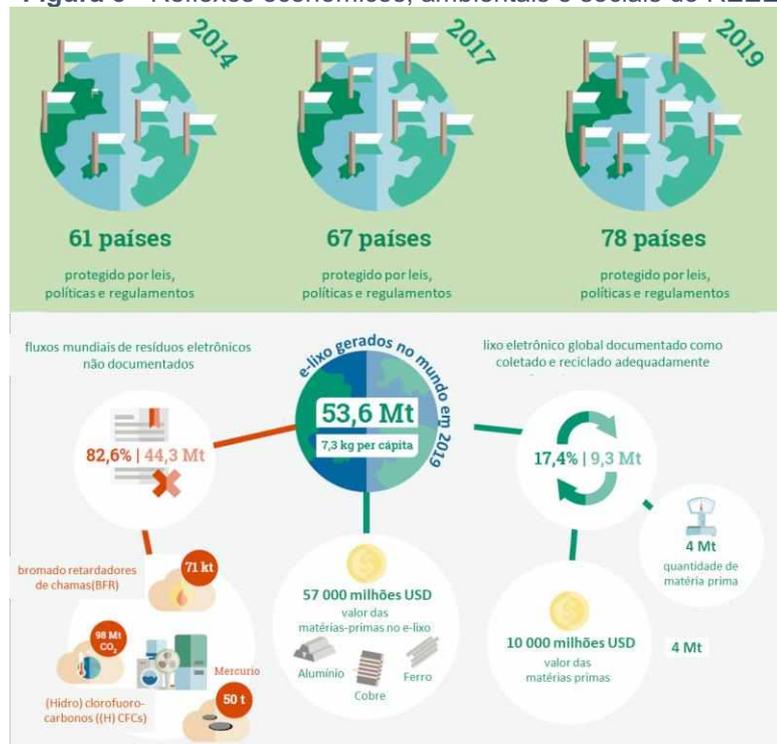
² Plano de Comunicação ABREE – Disponível no endereço: <https://abree.org.br/plano-de-comunicacao->

Embora no Brasil, o PNRS também aborde a questão da Logística Reversa e da reciclagem do e-lixo, ainda são poucos os países que possuem uma legislação que proponha esta prática. Conforme publicado no relatório *The Global E-Waste 2020 Monitor* (FORTI et al., 2020, p.16), desde 2014, o número de países que adotaram políticas, leis ou regulamentos de resíduo eletroeletrônico (REEE) nacional aumentou de 61 para 78.

O mesmo relatório afirma que o progresso regulatório em algumas regiões é lento, a aplicação é deficiente e os regulamentos, políticas e leis ainda não promovem a coleta e gestão adequadas do lixo eletroeletrônico, devido à falta de investimento e motivação política. Como se pode observar, o REEE gera inúmeros impactos considerando as três dimensões da sustentabilidade: econômica, social e ambiental, de todos os países, conforme ilustrado na tabela 1.

Um ponto importante demonstrado por Forti et al. (2020) é a economia que se pode gerar por meio da reutilização de matérias-primas. Tal prática poderia reduzir o impacto ambiental e refletir diretamente no valor dos produtos finais, em função da redução do uso de matérias-primas virgens que têm um alto custo na cadeia produtiva (extração, logística, processamento).

Figura 5 - Reflexos econômicos, ambientais e sociais do REEE



Fonte: Forti et al. (2020)

Segundo Parajuly et al. (2019), vários elementos estão ligados ao problema global do lixo eletrônico e devem ser tratados de forma articulada. Compreender, de forma abrangente, tais elementos é fundamental para especular sobre o futuro do problema do lixo eletrônico e encontrar possíveis soluções (figura 6).

Figura 6 - Elementos do problema do lixo eletrônico



Fonte: Forti et al. (2020).

Diante deste complexo contexto do REEE, e das oportunidades previstas pela Economia Circular para mitigar os reflexos negativos no meio ambiente, na sociedade e na economia, é necessária uma transição efetiva para se atingir um cenário mais sustentável.

1.3. Problema da Pesquisa

O problema explorado na pesquisa é o crescente aumento da geração de e-lixo na cidade de Uberlândia - MG, que segue a tendência de crescimento mundial, e a falta de conexão entre os potenciais atores atuantes dentro de um ecossistema da Economia Circular no município.

Esse cenário, além aumentar o impacto ambiental com o descarte excessivo decorrente da falta de gestão de resíduos em consonância com os princípios da economia circular, ainda desperdiça a oportunidade de acesso aos dispositivos eletroeletrônicos à população de baixa renda, que poderia ocorrer, por exemplo, por meio da recuperação, remanufatura, *upgrade* ou reciclagem de equipamentos descartados por grandes empresas, ou mesmo pela população.

Entende-se que processar todas as informações e características do modelo econômico circular requer tempo para engajar atores dentro de um ecossistema integrado e interdependente, para auxiliar no processo de transição do modelo linear para o circular. Assim, fica evidente a importância de se estabelecer uma rede de colaboração entre atores de diversos segmentos que possam se articular estrategicamente na implementação de práticas circulares, e contribuir para a gestão eficiente e sustentável dos resíduos eletroeletrônicos na cidade de Uberlândia-MG.

Segundo Freire, Del Gaudio e Franzato (2016, p.645), o Design Estratégico pode colaborar por meio de articulações e conexões estratégicas para promover a interação entre atores e fomentar o trabalho colaborativo.

O design estratégico é uma abordagem que privilegia o co-design, ou seja, a colaboração criativa entre designers e não designers, entre especialistas e pessoas comuns, em um percurso projetual, que resulta, naturalmente, em soluções mais efetivas, mais apropriadas e mais desejáveis (FREIRE, DEL GAUDIO E FRANZATO, 2016, p.645).

Nesse contexto, a pesquisa tem como hipótese que uma rede colaborativa *multistakeholders* pode favorecer o impacto social e ambiental positivo entre os atores envolvidos e, em consequência, o desenvolvimento sustentável para a sociedade. No entanto, o estabelecimento da rede pressupõe o reconhecimento dos atores necessários para atuarem de forma colaborativa, os possíveis papéis a serem desempenhados por cada membro da rede, valores e benefícios esperados.

Assim, com o intuito de auxiliar nestas conexões, na redução dos impactos ambientais e na geração de impacto social positivo, a pesquisa visou identificar os potenciais atores para compor esse ecossistema, analisar o modelo de negócios dos atores-chave para compreender o cenário atual e a proposta de valor entre *stakeholders*. De posse dos dados e das análises realizadas, espera-se que os resultados da pesquisa auxiliem na identificação dos atores essenciais, para estabelecer, em um futuro próximo, uma rede de colaboração *multistakeholder* para o

setor de REEE em Uberlândia/MG, baseada nos princípios da Economia Circular, que contemple os ganhos esperados.

1.4. Justificativa

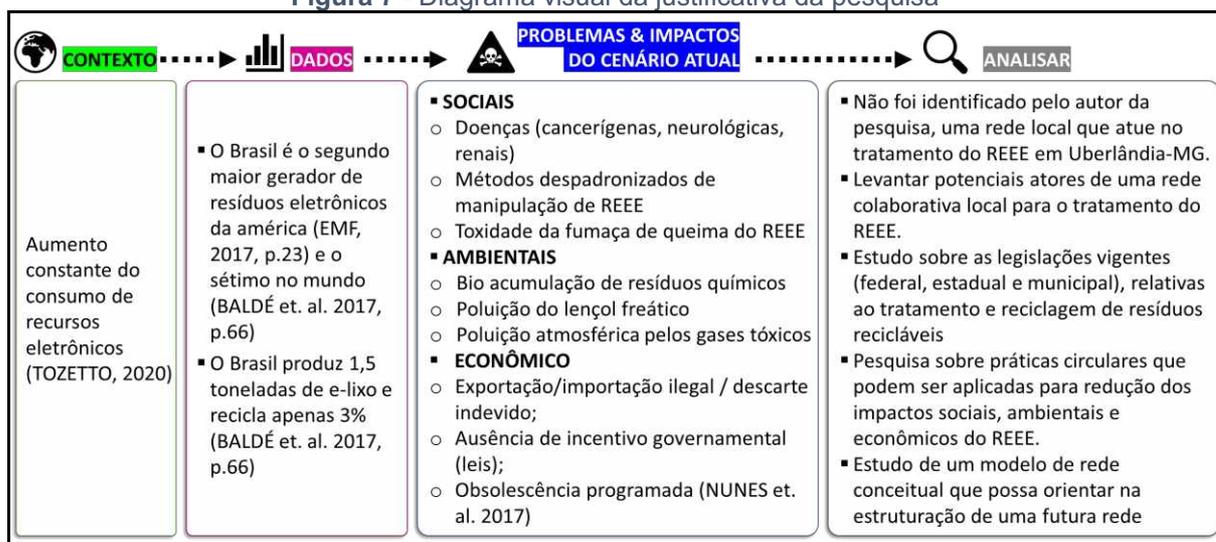
A falta de políticas públicas de incentivo para tratamento de resíduos eletroeletrônicos no Brasil é impacta diretamente no contexto analisado pela presente pesquisa. Embora a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010) determine a fabricantes, distribuidores e comerciantes a adoção de medidas para reduzir o volume de resíduos, além do estabelecimento de uma cadeia de coleta e destinação ambientalmente correta após o consumo deste tipo de resíduo, não se vê um posicionamento claro destes atores nem mesmo uma fiscalização que atue para seu efetivo cumprimento.

Em 12 de fevereiro de 2020, foi assinado o decreto N.º 10.240 (BRASIL, 2020) que normatiza o sistema de logística reversa no Brasil e estabelece o percentual de equipamentos a serem coletados bem como o número de municípios que devem possuir serviços de logística reversa. Porém, mesmo com a meta de chegar a 400 cidades até 2025 (AGÊNCIA BRASIL, 2021), o decreto por si não garante a resolução do problema, que tende a aumentar com o crescimento da população, do consumo, especialmente considerando-se o acúmulo de vários outros problemas urbanos de infraestrutura.

Szigethy e Antenor (2020, p.9-10) afirmam que, apesar da PNRS/2010 determinar que os sistemas de logística reversa dos produtos sejam de responsabilidade do setor empresarial, não houve, até o momento, a implementação desses sistemas em escala considerável, dificultando ainda mais a gestão pública local. Esse fato impacta negativamente o meio ambiente, a sociedade, e ainda os cofres públicos, pois os municípios são os responsáveis pela coleta e descarte de resíduos, sendo esta última função geradora de gastos públicos. Entende-se que a falta de um ambiente voltado ao fomento de práticas e negócios baseados na Economia Circular nos municípios resulta também no desperdício de oportunidades de geração de emprego, renda e economia ao orçamento público.

A figura 7 ilustra, de forma visual, os argumentos que fundamentam a justificativa e o contexto do problema apresentados.

Figura 7 - Diagrama visual da justificativa da pesquisa



Fonte: Sánchez (2021)

Os dados atualizados sobre o setor em 2021 apontam um aumento significativo nas vendas de dispositivos eletrônicos com destaque para os mercados de desktops (+25%) e de tablets (+23%), somando 1,7 milhão e 3,6 milhões de unidades, respectivamente, impulsionado pelo *home office* e pelo ensino à distância, em função das medidas de isolamento decorrente da crise pandêmica da Covid-19 (ABINEE, 2022)³

Ratificando este crescimento, um estudo realizado pelo IDC Brazil PCs Tracker 2021 (INFORCHANNEL, 2022), realizado pela empresa de consultoria e pesquisa, IDC Brasil⁴, que atua em inteligência de mercado, serviços de consultoria e conferências com as indústrias de Tecnologia da Informação e Telecomunicações (TIC), destaca que o mercado brasileiro de PCs encerrou o ano de 2021 com alta de 37% em relação a 2020. Durante 2021, cerca de 8,7 milhões de máquinas foram comercializadas, sendo 7 milhões de notebooks e 1,7 milhão de desktops, representando alta de 40% e 25%, respectivamente, em relação a 2020. O estudo aponta ainda um faturamento de R\$36,7 bilhões no setor, resultado 61% maior do que o alcançado no ano anterior.

³ ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica

⁴ IDC – Brasil International Data Corporation Pesquisa de Mercado e Consultoria Ltda

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo geral

Mapear os atores para integrar uma potencial rede colaborativa de tratamento do REEE (relacionados a informática) na cidade de Uberlândia-MG.

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar atores e suas respectivas área de atuação, com base nas atividades previstas no Diagrama da Economia Circular (EMF, 2013, p. 24) que atuam no ciclo técnico com o tratamento do REEE (computadores, notebooks, teclados, telas, *no-breaks*, mouses, e outros itens de informática);
- Realizar o levantamento de legislações relacionadas ao tratamento do REEE, no âmbito federal, estadual e municipal, especificamente na cidade de Uberlândia-MG;
- Identificar práticas da economia circular que podem auxiliar no tratamento do REEE;
- Analisar um modelo de rede conceitual colaborativa e sua possível adoção para o tratamento de resíduos recicláveis.

1.6. Metodologia

A metodologia de pesquisa utilizada na elaboração desta dissertação é de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e exploratória, utilizando a revisão de literatura como base principal para a pesquisa.

1.6.1. Método de Pesquisa

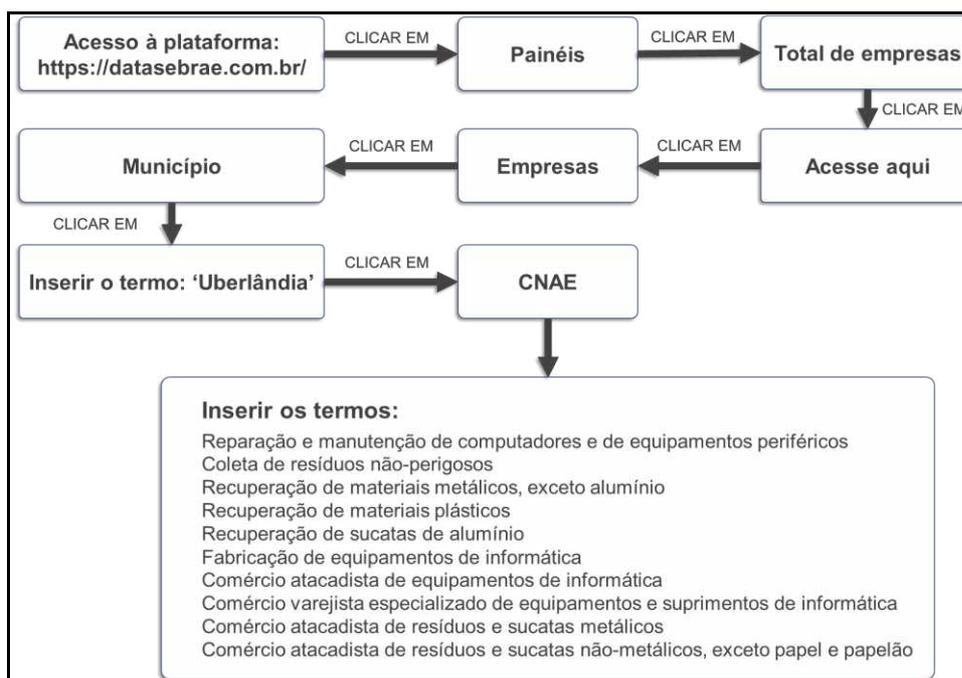
Tendo em vista característica exploratória da investigação, esta incluiu: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e estudo de caso, para estruturar a fundamentação teórica da pesquisa. Segundo Marconi (2017, p. 33), a pesquisa bibliográfica é um tipo específico de produção científica feita com base em textos, como livros, artigos científicos, ensaios críticos, dicionários e outros. A pesquisa documental utiliza, em geral, materiais (publicações) sem tratamento analítico, ou seja, dados que poderão ser tratados conforme os objetivos da pesquisa.

O principal motivo da escolha do método deve-se à necessidade de aferir informações em diversas fontes de dados e pesquisas. Essa prática confere ao pesquisador a cobertura de uma gama de fenômenos mais ampla com vantagem importante quando o problema de pesquisa requer dados muito dispersos pelo espaço (GIL, 2002, p.45).

Embora o planejamento da pesquisa exploratória seja bastante flexível, na maioria dos casos, assume a forma de pesquisa bibliográfica ou de estudo de caso (Gil, p. 41, 2002). Assim, a fase exploratória é necessária quando se define o objeto de pesquisa, com a devida fundamentação teórica, e delimitado o espaço a ser investigado. (MINAYO, 2001, p.20).

Na figura 8, destaca-se o processo de pesquisa exploratória para realizar o mapeamento dos atores do ecossistema de tratamento do REEE em Uberlândia/MG.

Figura 8 - Processo de mapeamento dos atores locais do ecossistema de tratamento do REEE



Fonte: Sánchez (2022)

Em uma segunda etapa de pesquisa exploratória, realizada para identificar especificamente as associações e cooperativas de catadores de reciclador em Uberlândia-MG, foi utilizada a plataforma Google, na qual foi usado o termo 'Associação de Reciclagem Uberlândia', com acesso no dia 10 de agosto de 2020. Em seguida foi realizada nova pesquisa exploratória para mapear as empresas que

atuam com o tratamento do REEE, usando o termo ‘Reciclagem Uberlândia’, no dia 1 de maio de 2022.

1.6.2. Temáticas de estudo

O embasamento teórico construído com base na pesquisa bibliográfica foi estruturado em capítulos, temáticas e respectivas referências, conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Estrutura da dissertação com indicação da bibliografia

| Capítulo | Referências Bibliográficas |
|--|---|
| 1. INTRODUÇÃO | Baptista (2021), Tozetto (2020), Ghedin (2020), Agência Brasil (2021), Ellen MacArthur Foundation (2013), Nery e Freire (2017), CNI (2019), Agenda 2030 (2015), Freire, Del Gaudio e Franzato (2016), PNRS (2010), Brasil (2020), Agência Brasil (2021), Szigethy e Antenor (2020), ABINEE (2022), Inforchannel (2022), Ellen MacArthur Foundation (2017), Gil (2017), Marconi (2017), Gil (2002), Minayio (2001), Minayio (2014). |
| 2. ECONOMIA CIRCULAR: princípios, estratégias e práticas | Ellen MacArthur Foundation (2013), PWC (2019), CE100 Brasil (2017), Sinha e Fukey (2010), Ellen MacArthur Foundation (2015), PWC (2019), Brasil (2010), Nery e Freire (2017), Manzini (2008), Potting, Hekkert, Worrell e Hanemaaijer (2017), Konietzko, Bocken e Hultink (2020), Manzini e Vezzoli (2002), Mcdonough e Braungart (2003), Westerlo et al. (2012), Shibao et al. (2010), Martins e Laugeni (2003), Leite (2005), PNRS (2010), Brasil (2019), Exame (2022), Rodrigues et al. (2021), Capuccio et al. (2019), Ceschin e Gaziulusoy (2016), Brito e Dekker (2003), Rogers e Tibben-Lembke (1999), Lima et al. (2015), Chengcheng et. al (2022), Pazmino (2007), Vallet et al. (2013), Schäfer e Löwer (2020), Franzato e Reyes (2014), |
| 3. DESIGN, ESTRATÉGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: construindo percursos | Zurlo (2010), Burkhardt (2009), Meroni (2008), Almeida e Diehl (2008), Bhamra e Lofthouse (2007), Manzini e Vezzoli (2002), Freire (2017), Vezzoli et. al. (2014), Richard Buchanan (2001), Edman (2011), Pérez et. al. (2019), Ministério da Saúde (2012), Korhonen et al. (2018), Birkeland (2012), Freire e Zimmer (2017), |
| 4. REDES COLABORATIVAS | Sant’anna (2014), Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2006), Faigen (2021), Roschelle e Teasley (1995), Santos et. al. (2004), Preto e Figueredo (2012), Vandebroeck (2015), Capra (2006), Gomes; et al. (2014); Andrade (2006), Alman (2014), Sevaldon (2017), Furtato, Sakwski e Tóvolli (2015), Ladyman, Lambert e Wiesner (2013), Snowden (2002), Fierro, Putino e Tirone (2008), Jackson (2001), Maru e Woodford (2001); Midgley (1996), Cooper (2003), Fischer-Lescano (2011), Ulrich (2005), Ulrich e Reynolds (2010), Ackermann e Eden (2011), Kinder et al. (2021), Voets et. al. (2021), Milagres, Silva e Rezende (2016), Ansell e Gash (2008), Meadows (1999), Martinho (2003), Paul Baran (1964), Eichenberg e Reyes (2014), Mendonça e Neves (2016), Ugarte (2007), Hoffmann (2015), Nunes (2013), Zurlo e Nunes (2016), Carayannis e Campbell (2010), |
| 5. RESÍDUO ELETROELETRÔNICO: contextos, limites e oportunidades | Forti, Baldé e Kuehr (2018), Agência Brasil (2021a), Forti et al. (2020), Diário de Uberlândia (2017), Parajuly et al. (2019), Perkins et. al. (2014), Baldé et al. (2017), Lima et al. (2015), Ellen MacArthur Foundation (2013), DataSebrae (2022), Google (2022a), Google (2022), Prefeitura Municipal de Uberlândia (2022). |
| 6. CONCLUSÃO 6.1. Pesquisas futuras | |

1.6.3. Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada da seguinte forma:

O **Capítulo 1 – INTRODUÇÃO** - apresenta a introdução sobre o presente trabalho, trazendo o problema de pesquisa, a justificativa, o objetivo geral e os objetivos específicos (sendo cada um dos objetivos específicos desdobrado em capítulos), a justificativa de pesquisa e a visão geral do método.

No **Capítulo 2 - ECONOMIA CIRCULAR: princípios, estratégias e práticas** - **apresenta** a fundamentação teórica sobre os princípios e as da Economia Circular, sob diferentes perspectivas de: PricewaterhouseCoopers – PwC (2019), Potting, Hekkert, Worrell e Hanemaaijer (2017), Konietzko, Bocken e Hultink (2020) e Manzini e Vezzoli (2002). O capítulo traz ainda algumas práticas circulares, dentre elas o *cradle to cradle*, logística reversa e *ecodesign*, que podem ser adotadas no contexto da rede colaborativa *multistakeholders*.

O **Capítulo 3 - DESIGN, ESTRATÉGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: construindo percursos** - destina-se à estruturação da fundamentação teórica, abordando temas como: design estratégico, design para sustentabilidade, as quatro ordens do design (BUCHANAN, 2001), de forma a discutir sobre estes elementos e suas respectivas contribuições na construção de novos cenários, e também para se alcançar o desenvolvimento sustentável.

O **capítulo 4 - REDES COLABORATIVAS** - destina-se à fundamentação teórica acerca das redes colaborativas, e de temáticas imprescindíveis para sua estruturação, a saber: introdução ao pensamento sistêmico; matriz de poder e interesse; governança colaborativa e pontos de alavancagem.

O **capítulo 5 - RESÍDUO ELETROELETRÔNICO: contextos, limites e oportunidades** - apresenta os resultados da pesquisa, a partir da análise dos dados obtidos, incluindo as legislações vigentes sobre gestão de resíduos nas diversas esferas e sua articulação com o referencial teórico. Busca construir uma base de referências sobre o contexto para subsidiar a construção de uma futura rede de tratamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na cidade de Uberlândia-MG.

No **capítulo 6 – CONCLUSÃO** - serão feitas as considerações finais sobre as pesquisas realizadas, que sustentarão a proposição de pesquisas futuras que cabem

serem realizadas para viabilizar a organização do ecossistema do REEE na cidade de Uberlândia-MG.

REFERÊNCIAS – apresentação das referências bibliográficas de pesquisa, utilizadas como base teórica de conhecimento.

2. ECONOMIA CIRCULAR: princípios, estratégias e práticas

A Economia Circular (EC) é um modelo econômico que se contrapõe ao atual modelo da Economia Linear baseado em “extrair, produzir, consumir e descartar”, mas que está atingindo seus limites físicos (EMF, 2013). A Economia Circular é, portanto, um modelo que requer a dissociação da atividade econômica do consumo de recursos finitos (PWC, 2019, p.6; CE100 BRASIL, 2017, p.10), como alternativa para redefinir a noção de crescimento, com foco em benefícios para toda a sociedade (EMF, 2013). Visa objetivamente a substituição da lógica linear de extração-produção-consumo-descarte por um ciclo sustentável e fechado, ou seja, a implementação do ciclo técnico baseado no funcionamento da natureza (SINHA e FUKEY, 2010, p. 90).

De acordo com Sinha e Fukey (2010, p.90),

As coisas estão mudando em uma velocidade maior do que nunca, os desafios de hoje estão sendo convertidos em oportunidades lucrativas de amanhã, e a Economia Circular é uma dessas oportunidades ocultas que buscam ser utilizadas.

Diante deste contexto, é fundamental compreender como funciona o modelo de Economia Circular, quais são os princípios e estratégias de ação, e qual o valor agregado nos ambientes em que as práticas circulares são adotadas.

2.1. Princípios e características

De acordo com a Ellen MacArthur Foundation (2015), a Economia Circular se apoia em três princípios que orientam ações, e apresenta cinco características que apresentam seu funcionamento e, juntos, promovem quatro fontes de criação de valor.

Sobre os princípios (EMF, 2015, p.7):

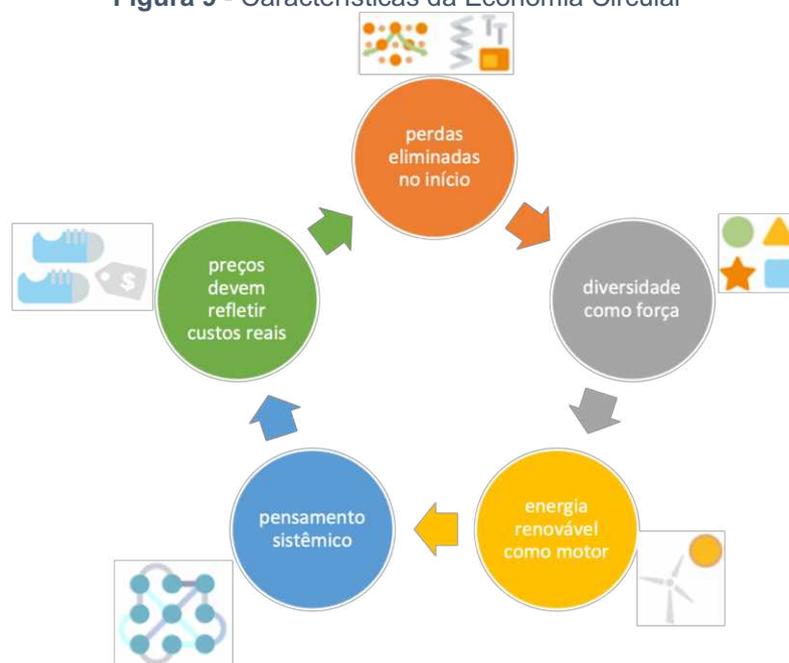
- 1) **Preservar e aprimorar o capital natural:** isso implica no controle dos estoques finitos e no equilíbrio dos fluxos de recursos renováveis, começando com a desmaterialização dos produtos e serviços.
- 2) **Otimizar o rendimento de recursos, fazendo circular produtos, componentes e materiais tanto no ciclo técnico quanto no biológico:** Isso significa projetar para usar os menores circuitos internos (exemplo: manutenção, remanufatura, renovação) ao invés da reciclagem, de modo que componentes e materiais técnicos continuem circulando, para maximizar os ciclos consecutivos e/ou o tempo dedicado a cada ciclo, prolongar a vida útil dos produtos e intensificar suas reutilizações.
- 3) **Estimular a efetividade do sistema, revelando e excluindo externalidades negativas desde o início:** Isso inclui a redução de danos a sistema e áreas como alimentos, habitação, dentre outras, e a gestão de

externalidades, como uso da terra, ar, água e poluição sonora e da liberação de substâncias tóxicas.

Diante do exposto, observa-se que a preservação do capital natural otimiza o uso de recursos a partir da desmaterialização de produtos e serviços, ou seja, reduz a produção de bens e serviços o que, por sua vez, reduz a extração e consumo de recursos naturais.

A partir dos princípios, é possível compreender as principais características da Economia Circular e que estarão também materializadas nas suas práticas circulares. Segundo a Ellen MacArthur Foundation (2015, p.8), a EC apresenta cinco características (figura 9), conforme se segue:

Figura 9 - Características da Economia Circular



Fonte: Adaptado de EMF (2015, p.8)

- 1) **Perdas eliminadas no início:** Na economia circular, não há resíduos, que são intencionalmente excluídos desde a concepção dos projetos. Os materiais biológicos não são tóxicos e podem ser facilmente devolvidos ao solo, os técnicos são projetados para serem recuperados, renovados e atualizados, e minimizar o volume de energia necessário e maximizar a retenção de valor (econômico e de recursos).
- 2) **Diversidade como força:** Valorização da diversidade como forma de se fortalecer, e aumentar a versatilidade e a resiliência. As economias precisam

de equilíbrio entre negócios de vários portes para terem sucesso no longo prazo, inclusive em épocas de crise.

- 3) **Fontes de energia renovável como motor da economia:** A energia utilizada deve ser renovável, em sua própria natureza, para reduzir a dependência dos recursos e aumentar a resiliência dos sistemas.
- 4) **Pensamento sistêmico:** O pensamento sistêmico tem ampla aplicação. Muitos elementos do mundo real fazem parte de sistemas complexos onde as partes se ligam, com algumas consequências surpreendentes. Na economia circular, esses vínculos e consequências são levados em conta o tempo todo.
- 5) **Preços devem refletir custos reais:** Os preços precisam refletir todos os custos para serem efetivos. Os custos totais de externalidades negativas são revelados e subsídios perversos são removidos. A falta de transparência das externalidades são uma barreira à transição para a economia circular.

Tais características demonstram como a Economia Circular se contrapõe ao modelo Linear, especialmente quando se refere à concepção de sistemas de produtos e serviços, priorizando o uso de materiais renováveis, recuperáveis. Ao considerar os produtos/serviços da EC será possível utilizar menos recursos, reduzindo a energia gasta na extração o que, por sua vez, impacta nos custos e valor final do produto.

Esta sequência de características representa um pensamento sistêmico característico da EC, e observa os reflexos de uma ação ao longo da cadeia produtiva e no pós-consumo.

Conforme mostra a figura 10, nesta proposta de dissociação e criação de valor econômico do consumo de recursos (PWC, 2019; EMF, 2016, p.3), a economia circular apresenta quatro fontes de criação de valor nos ambientes, que são:

- **Poder dos círculos menores:** os círculos internos/menores (reparar, remanufatura, reutilizar) ajudam a manter um produto ao invés de reciclar materiais, e por consequência preservam o produto, além da mão de obra embutida e da energia investida. Nesse sentido, contribuem para estender o ciclo de uso de um ativo;
- **Poder dos círculos mais longos:** os círculos mais longos visam maximizar o número de ciclos e/ou do tempo de cada ciclo para os produtos, para estender sua vida útil. Cada ciclo prolongado evita o consumo de material, energia e mão de obra envolvidos na criação de um novo produto. Nesse sentido, contribuem para aumentar a utilização de um ativo ou recurso;

- **Poder do uso em cascata:** a ação em cascata favorece a diversificação do reuso em toda a cadeia de valor, desde o segundo uso até torná-lo matéria prima para outro setor, reduzindo a entrada de materiais virgens na economia. Dessa forma, contribui para reaproveitar um ativo em um circuito ou em cascata por meio de ciclos adicionais de uso;
- **Poder dos insumos puros:** o fluxo de materiais não contaminados aumenta a eficiência da coleta e distribuição, ao mesmo tempo em que mantém a qualidade; esta, por sua vez, incrementa a longevidade do produto e aumenta a produtividade do material. Assim, contribui para regenerar o capital natural, que contribuirá na transição de modelos econômicos (linear → circular).



- **Fonte:** Adaptado de EMF (2015, p.9).

A Economia Circular está intimamente ligada a gestão de resíduos: no caso do Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida em 2010 pela Lei Nº 12.305, propõe a prática circular na gestão dos resíduos sólidos:

Art. 9º - Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Conforme pode-se verificar, a Lei N. 12.305/2010 já apresenta inúmeras oportunidades de novos negócios e/ou desenvolvimento de tecnologias. Contudo, quando se trata de políticas públicas de incentivo, não há movimentos que apoiem e/ou fomentem iniciativas governamentais, privadas, individuais e multilaterais para promover a circularidade.

Um ponto importante destacado por Nery e Freire (2017, p.6) como um dos grandes benefícios do modelo Econômico Circular é que, desenhar produtos eco-inteligentes para serem benéficos para os seres humanos e a natureza não é apenas uma questão ética: é uma questão de competitividade e desempenho, com base em um novo padrão de qualidade. Este aspecto está diretamente ligado à Agenda 2030 e aos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, que visam ao desenvolvimento sustentável ao nível global.

A visão da EMF (2013) converge com o preconizado pela ONU desde 1987, quando foi publicado o Relatório Brundtland, intitulado “Nosso Futuro Comum”, considerado inovador na época. O relatório trouxe o conceito de desenvolvimento sustentável para o discurso público, afirmando ser um modelo que atende as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades. A proposta apresentada pela EMF e o Relatório Brundtland representam uma mudança de pensamento sobre desenvolvimento, pois ambos propõem que é importante vislumbrar os impactos das necessidades atendidas.

Sobre este processo de mudança de pensamento e ação, Manzini (2008, p.27) entende que a transição rumo à sustentabilidade é um processo de aprendizagem social no qual as pessoas aprendem gradualmente, na prática, nas tentativas e erros, com o objetivo de viver melhor, consumir menos e regenerar a qualidade do ambiente, mais especificamente dos contextos locais onde vivem.

2.2. Estratégias circulares

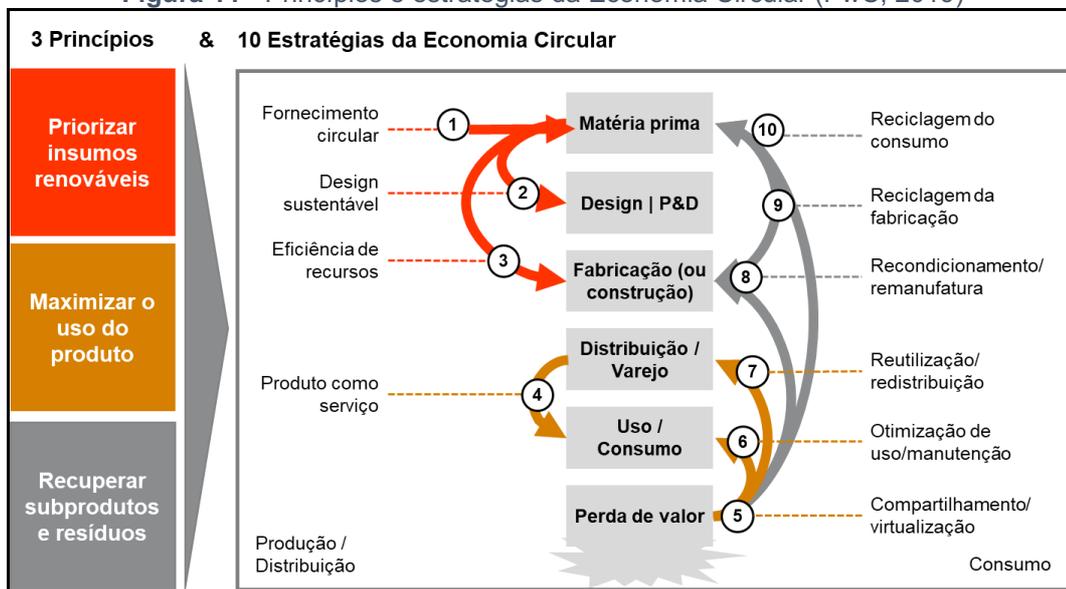
Essa sessão apresenta alguns estudos sobre estratégias de ação dentro da Economia Circular sob a perspectiva de diferentes autores e instituições, para compreender como suas aplicações podem gerar benefícios econômicos e ambientais para os envolvidos.

2.2.1. PricewaterhouseCoopers – PwC (2019)

A PricewaterhouseCoopers (PwC) é uma empresa de consultoria e auditoria inglesa com sede em Londres, fundada em 1998, resultado da fusão entre Price Waterhouse com a Coopers & Lybrand.

Segundo a empresa, um modelo circular envolve princípios como: o uso eficiente de recursos, a priorização de insumos renováveis, a maximização do uso e da vida útil de um produto para extrair o máximo valor, a recuperação e reaproveitamento de subprodutos e resíduos para criar novos materiais ou produtos (PwC, 2019, p.6). A PwC afirma ainda que se trata de gerenciar com responsabilidade o fluxo de recursos renováveis e estoque de materiais finitos, apoiada em três princípios e dez estratégias. A figura 11 demonstra os princípios e as estratégias da Economia Circular, e como ocorre a extração de recursos até a fase de produção/distribuição e consumo.

Figura 11 - Princípios e estratégias da Economia Circular (PwC, 2019)



Fonte: PwC (2019, p.8)

De acordo com a PwC (2019, p.8), a circularidade na fase de produção/distribuição é ancorada em quatro estratégias (1-4) que visam maximizar a uso de energias renováveis e minimizar a perda de valor em toda a cadeia. Já as estratégias de consumo circular são seis (5-10) e incluem compartilhamento, manutenção, reutilização, reparo, remanufatura e reciclagem visando diminuir a perda de valor ao girar itens e recursos em sua utilidade ideal (PwC, 2019, p.8). No relatório da empresa descreve que quando um produto chega ao fim de seu ciclo de vida, subprodutos valiosos não são coletados para uso produtivo, resultando em perda de valor. Assim, as práticas circulares atuam para gerar o valor adicional, em vez de abandonar itens e recursos após o uso.

O quadro 2 relaciona os princípios, as estratégias circulares e suas definições, segundo a PricewaterhouseCoopers.

Quadro 2 - Definições das estratégias circulares, segundo PwC (2019)

| PRINCÍPIOS & ESTRATÉGIAS EC | | DEFINIÇÕES |
|---|---|--|
| Priorizar insumos renováveis | 1 Fornecimento circular | Substituir recursos/materiais finitos por materiais renováveis, de base biológica ou reciclados na produção |
| | 2 Design sustentável | Projetar produtos e selecionar matérias-primas, de modo que possam ser efetivamente desmontados, reutilizados, reparados e reciclados |
| | 3 Eficiência de recursos | Otimizar o uso de matérias-primas/recursos (minimizar desperdício) no processo de produção |
| Maximizar o uso do produto | 4 Produto como serviço (Product as a service) | Prestar um serviço em áreas que tradicionalmente eram vendidas como produtos; aumenta o ciclo de vida do produto por meio do reaproveitamento no final do uso |
| | 5 Compartilhamento / virtualização | Compartilhar ativos duráveis, como carros, quartos, eletrodomésticos e digitalizar produtos para aumentar a vida útil (exemplo: livros, músicas, compras, veículos autônomos, etc) |
| | 6 Otimizar o uso/ manutenção | Aumentar o desempenho/eficiência de um produto e prolongar a vida útil através da manutenção |
| | 7 Reutilizar / redistribuir | Comprar e vender produtos usados e antigos para aumento o ciclo de vida do produto. |
| Recuperar subprodutos e resíduos | 8 Recondicionar / remanufaturar | Remanufaturar produtos ou componentes para um novo uso, em vez de reciclar. |
| | 9 Simbiose industrial Reciclagem na fabricação | Resíduos ou subprodutos da fabricação tornam-se insumos para outro produto |
| | 10 Reciclagem do consumo | Reciclar os materiais descartados após o término do consumo |

Fonte: PwC (2019, p.33).

De acordo com a PwC (2019, p. 45), ao aplicar a combinação de estratégias circulares, uma empresa pode fechar vários ciclos e diminuir a perda de valor ao longo do ciclo de vida de um material, com mais sucesso.

2.2.2. Potting, Hekkert, Worrell e Hanemaaijer (2017)

Potting et al. (2017) também apresentam uma proposta que visa reduzir o consumo de recursos naturais e materiais e reduzir a geração de resíduos, tanto no processo produtivo quanto no pós-consumo. De forma semelhante à PwC (2019), a proposta dos autores se apoia em três princípios que se desdobram em 10 estratégias circulares, conhecido como 10 Rs (R0 - recusar, R1 - repensar, R2 - reduzir, R3 - reutilizar, R4 - reparar, R5 - renovar, R6 - remanufaturar, R7 - reaproveitar, R8 - reciclar e R9 - recuperar), com foco na otimização de recursos/insumos/matérias-

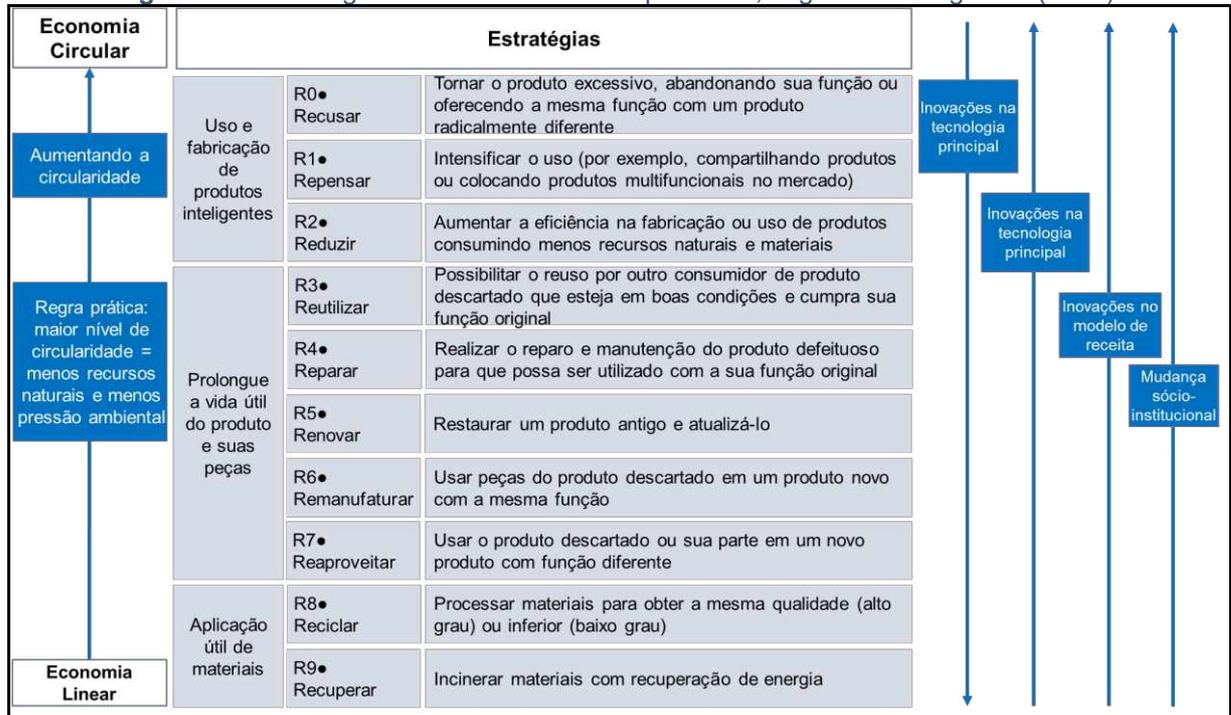
primas, os quais podem ser ordenados por prioridade de acordo com seus níveis de circularidade.

De acordo com a proposta, a fabricação e uso de produtos inteligentes precisa contemplar a visão ampliada sobre da vida útil do produto, por meio das estratégias circulares, a fim de promover mais benefícios ambientais.

A fabricação e o uso de produtos mais inteligentes, por exemplo, pelo compartilhamento de produtos, geralmente são preferidos à extensão da vida útil dos produtos, porque esse produto é usado para a mesma função do produto ou mais usuários são atendidos por um produto (estratégia com alta circularidade). A extensão da vida útil é a próxima opção e é seguida pela reciclagem de materiais por meio da recuperação. A incineração a partir da qual a energia é recuperada tem a menor prioridade em uma economia circular, porque significa que os materiais não estão mais disponíveis para serem aplicados em outros produtos (estratégia de baixa circularidade). Como regra geral, mais circularidade equivale a mais benefícios ambientais (POTTING, et. al. 2017, p.4, tradução nossa).

A figura 12 apresenta as estratégias dos 10 Rs, conforme ordem de prioridade para tornar mais eficiente o processo circular.

Figura 12 - Estratégias circulares da cadeia produtiva, segundo Potting et al. (2017)



Fonte: Potting, et. al (2017, p.5).

De acordo com Potting et al. (2017, p.4), um maior nível de circularidade dos materiais em uma cadeia de produtos significa maior tempo de permanência na cadeia, podendo ser aplicados novamente após o descarte de um produto, preferencialmente mantendo sua qualidade original. Os 10 Rs apresentados na figura

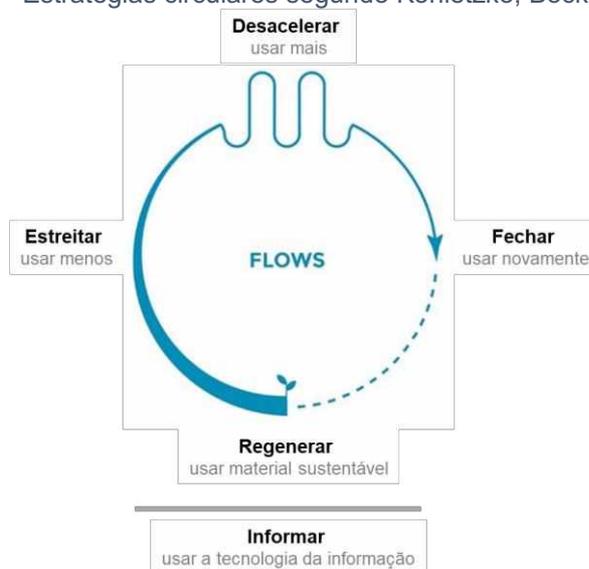
7 representam estratégias que podem ser adotadas em diversos ambientes, a depender do contexto, e da presença de atores no ecossistema a ser estudo/projetado.

A presente pesquisa busca analisar atores que estão inseridos no ciclo técnico⁵, ilustrado na figura 24 (Diagrama do Sistema da Economia Circular, proposto pela EMF, data), e que se enquadram nos Rs, especificamente: R3 (reutilização), R4 (reaproveitamento), R5 (renovação), R6 (remanufatura), R7 (reaproveitamento), e R8 (reciclagem), demonstrados na figura 8.

2.2.3. Konietzko, Bocken e Hultink (2020)

Segundo Konietzko, Bocken e Hultink (2020, p.1), a economia circular pode sustentar o desenvolvimento de produtos e serviços mais sustentáveis, além de auxiliar as empresas a reduzir sua pegada de carbono e desmaterializar suas atividades empresariais. Para os autores, as organizações podem adotar cinco estratégias (figura 13) integradas em direção da Economia Circular, que são: 1) desacelerar, 2) fechar, 3) regenerar, 4) estreitar e 5) informar fluxos de materiais e energia.

Figura 13 - Estratégias circulares segundo Konietzko, Bocken e Hultink



Fonte: Konietzko, Bocken e Hultink (2020)

⁵ Ciclo Técnico do Diagrama da Economia Circular (EMF, 2013, p.24) - O ciclo técnico envolve a gestão dos estoques de materiais finitos. O uso substitui o consumo. Os materiais técnicos são recuperados e, em sua maior parte, restaurados no ciclo técnico.

As cinco estratégias circulares apresentadas por Konietzko, Bocken e Hultink (2020, p.5-6) são relacionadas à influência no fluxo da vida dos produtos, conforme se segue:



Estreitar fluxos (usar menos)

Significa usar menos componentes e produtos, e menos material e energia durante a criação e entrega de produtos físicos, componentes e materiais.



Desacelerar fluxos (usar mais tempo)

Significa usar produtos, componentes e materiais por mais tempo. Os ciclos podem ser retardados com a venda de produtos de longa duração e alta qualidade, e oferta de serviço intermediário (ex. manutenção, reparo ou peças de reposição) ou sistemas de produto-serviço.



Fechar fluxos (usar novamente)

Significa reutilizar produtos, componentes e materiais desperdiçados e / ou usar materiais biodegradáveis (assegurando seu descarte seguro no ambiente natural).



Regenerar fluxos (limpar)

Significa minimizar o uso de substâncias perigosas, aumentar o uso de energia renovável durante a criação, entrega e uso de valor, bem como regenerar ecossistemas naturais para criar e fornecer serviços ecossistêmicos críticos para o florescimento humano.



Informar (usar dados)

Significa usar a tecnologia da informação (inteligência artificial, internet das coisas, big data, e plataformas online) como estratégia de apoio à economia circular.

Konietzko, Bocken e Hultink (2020, p.1), apresentam as cinco estratégias que podem desacelerar, fechar, regenerar, estreitar e informar fluxos de materiais e energia associados às suas atividades de negócios. Os autores supracitados são congruentes à PwC (2019) nas estratégias circulares, focam na redução e interrupção de perda de valor ao longo do ciclo de vida de um material, as estratégias estão pautadas na redução do consumo de recursos naturais, evitando uma nova produção e o desperdício.

Porém, para combinar estas estratégias, as empresas devem modificar os sistemas de produção e consumo de grau elevado em que participam, o que requer uma visão abrangente que englobe inovações de produto/serviço, negócios e de ecossistema (KONIETZKO et. al., 2020, p.1). Talmar et al. (2018 apud KONIETZKO et al., 2020, p.2) afirmam que a inovação do ecossistema muda a forma como um grupo de organizações fracamente conectadas interagem umas com as outras para alcançar um resultado coletivo.

2.2.4. Manzini e Vezzoli (2002)

Na visão dos autores Manzini e Vezzoli (2002), a circularidade começa na elaboração de um produto, pois o projeto e o desenvolvimento de produtos sustentáveis são essenciais para redução do impacto ambiental.

Todo produto possui o ciclo de vida que contempla as etapas de produção, distribuição, consumo e eliminação/descarte. Assim é necessário agir preventivamente para a redução do impacto ambiental em cada uma destas etapas, especialmente no contexto da Economia Circular. Em outras palavras, significa que ao adotar uma visão do ciclo de vida do produto, cujo projeto contemple a estratégia ambiental consciente desde as fases iniciais, é possível mitigar os problemas ambientais em qualquer uma das etapas citadas (MANZINI e VEZZOLI, 2002, p.99).

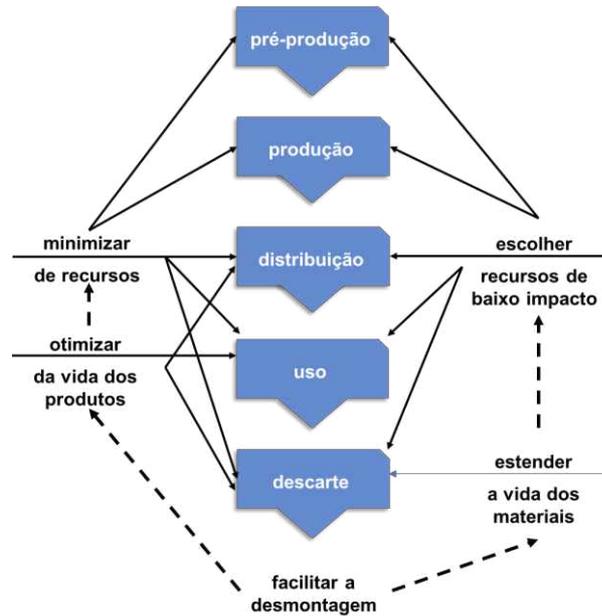
Assim o design assume uma abordagem sistêmica, passando do produto ao sistema-produto como um todo. No futuro, portanto, uma das tarefas para o desenvolvimento de novos produtos vai ser a de projetar o ciclo de vida inteiro do produto, ou, como se diz em inglês, projetar o *Life Cycle Design* (LCD) (MANZINI e VEZZOLI, 2002, p.99).

O objetivo do *Life Cycle Design* é o de reduzir a carga ambiental associada a todo o ciclo de vida de um produto e seu conceito se apoia em 5 estratégias (MANZINI e VEZZOLI, 2002, p.105-106) (figura 14):

1. **Minimizar recursos:** Reduzir o uso de materiais e de energia;
2. **Escolher Recursos e Processos De Baixo Impacto Ambiental:** Selecionar os materiais, os processos e as fontes energéticas de maior ecocompatibilidade;
3. **Otimizar a Vida dos Produtos:** Projetar artefatos que perdurem;
4. **Estender a Vida dos Materiais:** Projetar em função da valorização (reaplicação) dos materiais descartados;
5. **Facilitar a Desmontagem:** Projetar em função da facilidade de separação das partes e dos materiais.

As referidas estratégias estão presentes em várias etapas do ciclo de vida do produto (figura 14). Observa-se ainda que, dentre as estratégias circulares propostas por Manzini e Vezzoli (2002), aquelas orientadas à minimização do uso de recursos e à escolha de recursos e processos de baixo impacto ambiental, são consideradas prioritárias por estarem presentes em todas as etapas do ciclo de vida do produto (MANZINI e VEZZOLI, 2002, p.108).

Figura 14 - Estratégias de Life Cycle Design e fases do ciclo de vida do produto



Fonte: Manzini e Vezzoli (2002, p.106).

A proposta de um produto ter mais durabilidade traz benefícios para o meio ambiente e para a cadeia produtiva pois, além de reduzir a geração de descartes, ela também evita o consumo de novos insumos para produção e entrega de novos produtos. Por fim, facilitar a desmontagem é uma estratégia funcional para otimizar a vida útil dos produtos e para estender a vida dos materiais, tornando-a de grande importância para a minimizar os recursos e para a escolha de recursos e processo de baixo impacto ambiental (MANZINI e VEZZOLI, 2002, p.108).

2.3. Práticas Circulares

Essa sessão apresenta algumas práticas circulares - *cradle to cradle*, logística reversa e eco design, ou seja, a modelos de operações ligadas à lógica da economia circular e que buscam promover uma cultura consciente sobre a sustentabilidade (social, ambiental e econômica), gerando engajamento dos atores envolvidos.

2.3.1. Cradle to Cradle - C2C

O conceito *cradle to cradle* (C2C) (do berço ao berço) foi desenvolvido e publicado por William McDonough e Michael Braungart em 2002, no livro "*Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*". O C2C representa o modelo de sistemas industriais em que o material flui em ciclos biológicos ou técnicos de

nutrientes apropriados e contínuos, sendo os materiais residuais reincorporados em novas fases de produção e uso/reuso.

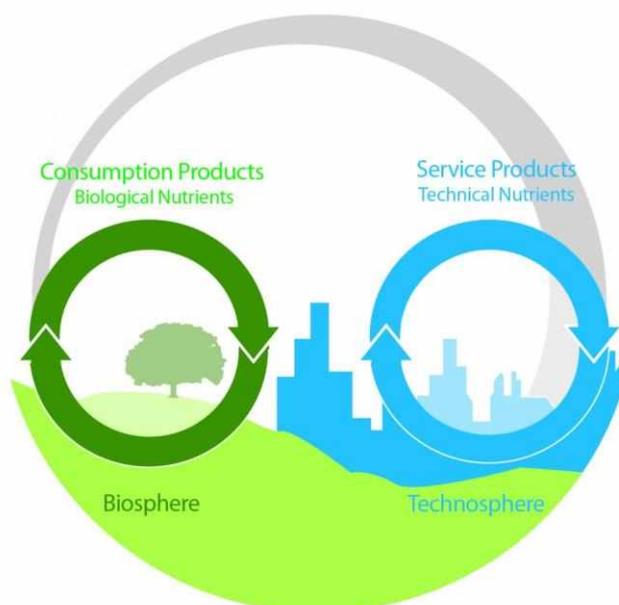
O C2C é uma abordagem ecologicamente inteligente para arquitetura e indústria que envolve materiais, edifícios e padrões de assentamento que são totalmente saudáveis e restauradores. [...]. Materiais concebidos como nutrientes biológicos fornecem nutrição para a natureza após o uso; os nutrientes técnicos circulam pelos sistemas industriais em ciclos fechados de produção, recuperação e remanufatura (MCDONOUGH E BRAUNGART, 2003, p.13).

Westerlo et al. (2012) destacam três princípios para o C2C, para que todo o processo de produção e as matérias-primas sejam ecologicamente eficazes e efetivos:

1. **Considerar resíduos como nutrientes:** reutilizar os materiais disponíveis fora do próprio edifício ou de outros edifícios nas proximidades, criando um inventário avaliando os materiais e elementos em vários níveis.
2. **Usar o sol:** gerenciar os fluxos de ar, água e energia, bem como o fluxo de materiais e resíduos
3. **Aproveitar a diversidade:** fazer escolhas ecologicamente corretas desde o início.

O conceito do *Cradle to Cradle* divide os materiais em dois ciclos - tecnológicos e biológicos (figura 15), e apresenta a visão de um futuro mais sustentável ao promover o design eco-eficiente, que prevê a inovação e valor acrescentado ao produto (WESTERLO et al. 2012, p. 196).

Figura 15 - Ciclos tecnológicos e biológicos



(c) 2009 EPEA GmbH

Fonte: EPEA GmbH apud Braungart.com

Como observado na figura 15, o *Cradle to Cradle* preconiza o reprocessamento do produto descartado para se criar um novo produto de qualidade igual ou superior ao original, ainda que não necessariamente para a mesma aplicação/uso ou mercado. Há ainda a preocupação para que todo o processo de produção e as matérias-primas sejam ecologicamente eficazes e efetivos.

2.3.2. Logística reversa

Na atualidade, propostas/debates referentes a sustentabilidade tornaram-se pauta nos ambientes corporativos, devido à consciência sobre a importância da redução do impacto ambiental, do consumo de recursos e ao reconhecimento dos benefícios diretos e indiretos gerados para o meio ambiente e para as empresas, sobretudo, no aspecto econômico.

A título de exemplo, a revista Exame (2022), aponta um levantamento feito pela ANBIMA⁶ que mostra um aumento de 74% no número de fundos de ações que se enquadram na temática sustentabilidade e de governança corporativa entre os anos de 2008 a março de 2022. Ou seja, na busca por maior competitividade, aumenta-se também a oferta de produtos e serviços cada dia mais acessíveis e sustentáveis (SHIBAO et al., 2010).

Em função do aumento da população mundial e da discussão acerca do desenvolvimento sustentável, todas as atividades comerciais, industriais e serviços têm sido revistas de modo a reduzir seus respectivos impactos ambientais. Nesse cenário, destaca-se a questão logística, atividade que também envolve etapas como produção e comércio de bens, ou seja, muito além do transporte como geralmente considerado (MARTINS E LAUGENI, 2003, p. 5).

Uma das práticas adotadas pelo mercado conforme Martins e Laugeni (2003) é a Logística Reversa (LR), em substituição à logística tradicional (figura 16), com vistas a reduzir custos de matéria-prima por meio do aproveitamento dos resíduos gerados pós-consumo.

⁶ ANBIMA - A Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais representa as instituições do mercado de capitais brasileiro

Figura 16 - Processo logística tradicional vs Processo logística reversa



Fonte: Shibao et al. (2010) adaptado de Rogers e Tibben-Lembke (1998).

Segundo Leite (2005, p.16-17),

Entendemos a logística reversa como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuições reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

Já a Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010 (PNRS/2010) define a Logística Reversa da seguinte forma:

Logística reversa: um dos instrumentos de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2019 - Lei nº 12.305/2010, Capítulo II, Art.3º item XII).

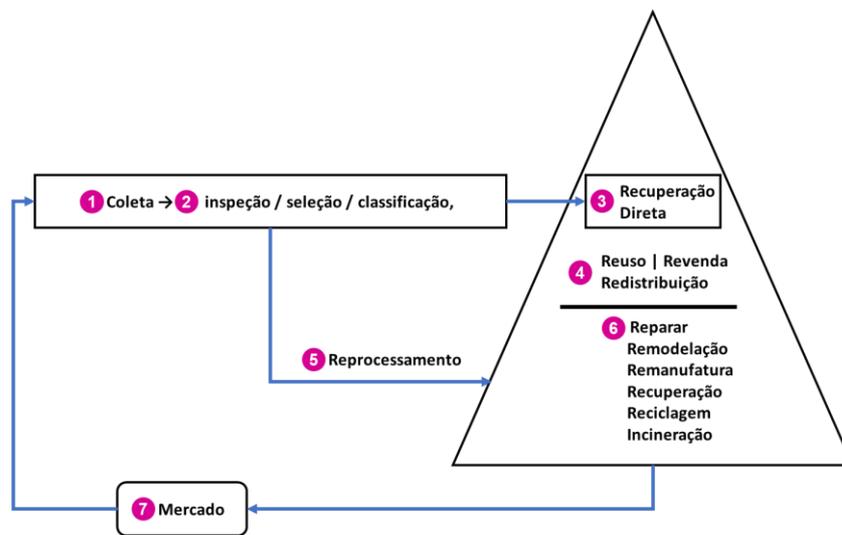
Segundo Rodrigues et al. (2021), a PNRS/2010 apresenta uma mudança de comportamento em relação à gestão de resíduos, que se tornou um dos maiores desafios ambientais globais deste século. Em sintonia com Shibao et al. (2010), os autores Capuccio et al. (2019) também afirmam que a conscientização cada vez maior da sociedade contemporânea em relação à preservação dos recursos naturais tem pressionado o setor produtivo a tornar seus processos sustentáveis. E a logística, mais especificamente, a Logística Reversa é considerada relevante no contexto das estratégias organizacionais.

Para Brito e Dekker (2003), a LR é uma das formas recuperar o valor dos produtos descartados; porém, a recuperação é apenas uma das atividades envolvidas em todo o processo. A figura 17 ilustra as atividades de logística reversa que contribuem para a circularidade, dentre elas: 1) coleta, 2) processo combinado de inspeção / seleção / classificação, 3) recuperação (que pode ser direta ou envolver

uma forma de reprocessamento), 4) reuso, revenda e redistribuição, 5) reprocessamento, 6) reparação, remodelação, remanufatura, recuperação, reciclagem e/ou incineração, e 7) retorno ao mercado (comercialização).

Observa-se que as atividades representadas no processo da Logística Reversa proposto por Brito e Dekker (2003), possuem a relação direta com a Economia Circular, pois as práticas inseridas no processo como: uso, reuso, remanufatura, reciclagem, buscam justamente a promoção da sustentabilidade decorrente das atividades empresariais.

Figura 17 - Processo da Logística Reversa



Fonte: Brito e Dekker (2003)

No contexto de redução de custos, por meio do reaproveitamento do resíduo, a LR assume grande relevância no processo de planejamento, implementação e controle eficiente, do custo real do fluxo econômico de matérias-primas em estoque, e produtos acabados até o ponto de origem para fins de recuperação de valor ou destinação adequada (ROGERS E TIBBEN-LEMBKE, 1999, p.16).

Segundo Lima et al. (2015), a logística reversa pode ser caracterizada como uma visão de logística empresarial que descreve o retorno de produtos, substituição de materiais, reciclagem, disposição de resíduos, reforma e remanufatura de produtos. Assim, diante da revolução tecnológica que estimula consumidores a substituir seus equipamentos eletroeletrônicos continuamente, em função de um ciclo de vida aparentemente reduzido, e no aumento de resíduos descartados, a LR torna-se uma prática essencial.

2.3.3. Ecodesign

Ecodesign é o processo de incorporação de fatores ambientais no design do produto para criar produtos "verdes" (CHENGCHENG et al., 2022, p.679). Os autores supracitados afirmam que a intenção geral é reduzir os impactos gerais do ciclo de vida, mantendo o desempenho e os valores econômicos. Um dos benefícios do ecodesign é a preservação do meio ambiente, evitando a extração de recursos, sem comprometer e a fabricação de produtos/materiais (POTTING et al., 2017, p.4).

O foco do ecodesign está em todo o ciclo de vida dos produtos, desde a extração da matéria-prima até a fabricação do produto, o que permite mapear os impactos ambientais em todas as fases do ciclo de vida e, por conseguinte, permitir uma direção estratégica para as intervenções de projeto (CESCHIN e GAZIULUSOY, 2016, p.121).

Segundo Pazmino (2007, p.5), o ecodesign surge do encontro da atividade de projetar com o meio ambiente, compondo um modelo "projetual" ou de design, orientado por critérios ecológicos; ou seja, a prática do ecodesign relaciona os critérios de design tradicionais aos novos critérios ambientais (VALLET et al., 2013, p.345).

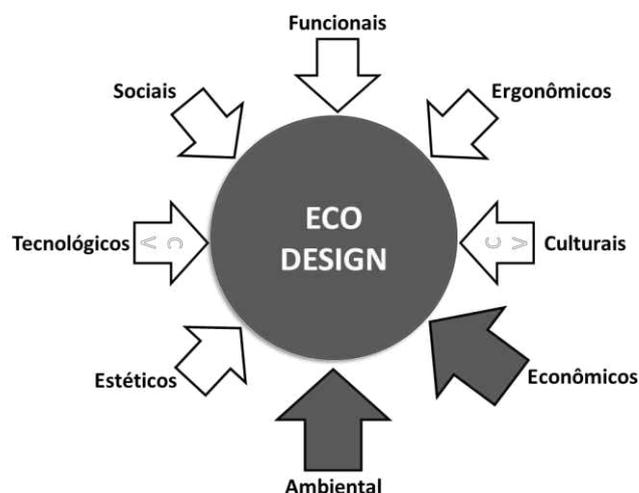
O ecodesign tem potencial de contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa, pois embora conceba produtos economicamente viáveis, eles devem possuir características ecologicamente corretas, contribuindo para a desaceleração das mudanças climáticas, e no atendimento de vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável declarados pelas Nações Unidas (PAZMINO, 2007; SCHÄFER E LÖWER, 2020). Observa-se, portanto que, dentre os benefícios do ecodesign, está a maior eficiência de recursos, agregando funcionalidade e eficácia, reduzindo o impacto ambiental durante a produção e descarte.

Na mesma linha, Freire e Nery (2017) destacam que a Economia Circular também está ligada ao ecodesign, que pressupõe a seleção, o estudo e a análise adequada dos materiais na fase do projeto dos produtos para gerar o menor impacto ambiental. Ou seja, além dos aspectos estéticos, funcionais, de segurança ou de ergonomia dos produtos, o ecodesign considera o fator ambiental ao longo do ciclo de vida do produto, de forma a reduzir o impacto ao meio ambiente (PAZMINO, 2002, p.7), conforme destacado na figura 18.

Assim, torna-se clara a importância do ecodesign na concepção de produtos, uma vez que ele considera tanto os aspectos tradicionalmente já abordados pelas

indústrias, e ainda traz à tona a questão do pensar além do pós-consumo, que se aplica também ao setor de produtos eletroeletrônicos

Figura 18 - Fatores do Ecodesign



Fonte: Pazmino (2007, p.4)

Entretanto, para que esta transição ocorra, é necessária a articulação entre os atores que compõem o ecossistema local. Segundo Franzato e Reyes (2014, p. 10), o Design Estratégico (DE) pode proporcionar a esta articulação, uma vez que visa à elaboração das estratégias de uma organização, tanto internas quanto externas. Para Freire (2017, p.112), o DE também é tido como um processo de diálogo e construção coletiva de estratégias organizacionais desenvolvido por ampla rede de atores, que pode incluir diferentes segmentos da sociedade, agentes econômicos e organismos públicos.

2.4. Considerações sobre o capítulo

Diante dos estudos supracitados, pode-se concluir que a Economia Circular representa uma visão sistêmica de produtos e serviços, baseada nos princípios da sustentabilidade e suas dimensões - social, econômico e ambiental, com o objetivo de produzir impactos positivos nestes três aspectos. Contudo, é importante destacar que a implementação da EC se torna possível desde que haja uma consonância de ações colaborativas entre os atores que compõem um ecossistema, desde o extrator/coletador de matéria prima o responsável pelo descarte final e/ou reabsorção pelo sistema, passando pelo fabricante e pelo usuário do produto gerado. Este alinhamento de ações e atividades é fundamental para que cada etapa da EC (conforme apresentado na figura 24, do capítulo 5) viabilize alguma implementação,

de forma articulada, entregando os benefícios (sociais, econômicos e ambientais) principalmente para o território no qual for implementada.

Conclui-se, portanto, que a implementação parcial de alguns princípios elencados pela EMF (2015, p.7), observados a partir das estratégias propostas por PwC (2019), Konietzko et. al (2020), Potting et. al. (2017) e Manzini e Vezzoli (2002) já podem gerar grande impacto positivo quando aplicados ao tratamento do REEE.

3. DESIGN, ESTRATÉGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: construindo percursos

Esse capítulo busca discutir alguns elementos do Design e sua capacidade de atuar na construção de novos cenários, mais articulados, contribuindo também para se alcançar o desenvolvimento sustentável.

3.1. Design estratégico

Segundo Zurlo (2010), a expressão Design Estratégico (DE) representa um problema, um sistema aberto que inclui diferentes pontos de vista, modelos interpretativos articulados e várias perspectivas disciplinares. O DE é uma abordagem derivada do pensamento de design, apoiada em um conjunto de capacidades perceptivas e visuais, inerentes ao profissional de design, aplicadas particularmente para a ação estratégica, para ampliar e otimizar os resultados de uma organização ou grupo (ZURLO, 2010).

Dentre as capacidades do designer estratégico, Zurlo (2010) destaca três perspectivas: 1º) a capacidade de ver, ou seja, de ler contextos e sistemas; 2º) a capacidade de antever, ou seja, uma previsão crítica do futuro; 3º) a capacidade de fazer ver, ou seja, de visualizar e comunicar possíveis cenários futuros, permitindo que outros compreendam tais possibilidades.

Todas estas capacidades precisam serem executadas a partir da visão sistêmica, e não somente sob a perspectiva de um ator/participante de um ambiente/ecossistema. Segundo Burkhardt (2009), normalmente, o design estratégico envolve todas as comunidades-chave que afetarão as decisões sobre a estrutura dentro da qual atuam e não somente os usuários finais.

Para Zurlo (2010), o design estratégico também atua em outros aspectos que afetam o comportamento e a motivação dos indivíduos. Trata-se de aspectos culturais ligados a elementos materiais e imateriais, a símbolos, a rituais específicos próprios de cada atividade humana e que se transformam no modelo de gestão em que a organização decidir seguir.

De acordo com Meroni (2008, p.34) o design estratégico é uma atividade que:

Deve considerar o interesse e os valores coletivos;

Define suas ações passo a passo após estabelecer uma orientação por meio de um conjunto de cenários;

Trata mais de aprender a lidar com o meio ambiente do que aprender um procedimento. É sobre para onde ir e não apenas como ir (tradução nossa).

Assim, o DE pode atuar em diferentes cenários, em ambientes coletivos, fortalecendo a capacidade operacional para construção de sentido; é a dimensão de valor para o indivíduo e/ou instituição. Busca ainda estruturar resultados baseando-se mais em sistemas de oferta do que em soluções individuais, por exemplo, um sistema produto-serviço e não um produto somente, sendo a representação visível da estratégia (ZURLO, 2010). Nesse contexto, pode contribuir para a transição em direção à sustentabilidade promovendo, entre outras, estratégias de ecoeficiência e mudanças em comportamento social (MERONI, 2008, p.37).

De acordo com Almeida e Diehl (2019, p. 4 e 8), o Design Estratégico tem importante papel na contribuição para a sustentabilidade pois é capaz de favorecer sistematicamente a empresa, consumidor e sociedade, projetando produtos que gerem menos impacto ao meio ambiente. Afinal, as empresas já não são vistas apenas como atores de um mercado, mas sim de uma sociedade global, onde precisam apresentar impactos positivos tanto econômicos quanto ambientais.

3.2. Design para a Sustentabilidade

De acordo com Bhamra e Lofthouse (2007, p.3), o conceito de Design para a Sustentabilidade (DfS, Design for Sustainability, em inglês) surgiu pela primeira vez na década de 1960, quando Packard (1963); Papanek (1971); Bonsiepe (1973) e Schumacher (1973) começaram a criticar o desenvolvimento moderno e insustentável e a sugerir alternativas.

Manzini e Vezzoli (2002, p.23) afirmam que atuar com o design para a sustentabilidade significa promover a capacidade do sistema produtivo de responder à procura social de bem-estar utilizando uma quantidade de recursos ambientais drasticamente inferiores aos níveis atualmente praticados. Nesse contexto, o DfS pode ser considerado um tipo de design estratégico, pois as empresas que o adotam têm o objetivo de aplicar projetos com vistas para à sustentabilidade ambiental.

O DfS pode ser considerado uma abordagem sistêmica com amplitude de atuação. Atualmente, boa parte das nações desenvolvidas têm elaborado pesquisas na área, justamente pelas carências enfrentadas no dia a dia, cobrindo questões como

implementação de legislação, eco-inovação, responsabilidade corporativa social e sistemas de produto e serviço (BHAMRA e LOFTHOUSE, 2007, p.4).

Para se trabalhar o design para a sustentabilidade é preciso criar práticas novas e sustentáveis que permitam, após suas implementações, promover conexões entre os atores, e viabilizar resultados pretendidos (MANZINI et al., 2004 apud MANZINI, 2008, p.37). Em ambiente composto por diversos atores é importante estudar as relações ecossistêmicas nas organizações, viabilizando a compreensão de valores próprios da sustentabilidade, presentes no sistema produto-serviço projetado. Essa compreensão poderá facilitar o compartilhamento destes valores entre integrantes diretos ou indiretos deste ecossistema (FREIRE, 2017, p.28).

Para Freire (2017, p.31), um modelo de negócios projetado não terá seu impacto positivo restrito ao modelo em si, mas afetará também todo o conjunto de relações ecossistêmicas que se estabelecem: parceiros, fornecedores, usuários, comunidade, e assim por diante.

A visão ecossistêmica do DfS, segundo Vezzoli et al. (2014, p. 2) demonstra como o seu espectro se expandiu, partindo da seleção de recursos com baixo impacto ambiental do design do ciclo de vida ou ecodesign de produtos, passando ao projeto de sistemas de serviço-produto ecoeficientes até atingir uma visão de projeto para a equidade e coesão social⁷. Vezzoli et al. (2014, p.2) afirmam ainda que isto deve ser entendido como processo que amplia as fronteiras do objeto de design.

Essa visão está também em consonância com a quarta ordem do design proposta por Richard Buchanan (2001), que discute a promoção do relacionamento entre os atores de um ecossistema, e seus respectivos valores e inteligências, para proposição de cenários futuros mais factíveis para problemas complexos.

3.3. As Quatro Ordens do Design segundo Buchanan

Segundo Edman (2011, p.29), o design é uma área de conhecimento em constante evolução, cujas aplicações práticas permeiam diversas áreas de conhecimento, e tem assumido um escopo cada vez mais amplo, desde dar forma até moldar estratégias.

⁷ Coesão Social: Promover uma sociedade democrática, socialmente inclusiva, coesa, saudável, segura e justa, com respeito pelos direitos fundamentais e pela diversidade cultural, que crie oportunidades iguais e combata a discriminação em todas as suas formas (UNIÃO EUROPEIA, 2006).

Na sua origem (e ainda hoje, em alguns contextos), a palavra design remete à criatividade, produtos, elementos gráficos, arquitetura, à estética de bens tangíveis e intangíveis, ou seja, formas tradicionais de design com foco na forma, função, materiais, produção e uso dos produtos. Ao longo dos anos, porém, os designers e teóricos do design ampliaram seu foco para compreender os produtos, não mais somente no aspecto físico, mas também a experiência do usuário em ambientes sociais e culturais nos quais se encontravam (BUCHANAN, 2001 p. 11 e 13).

Assim, a amplitude prática do design ganhou expressão quando Buchanan (2001) descreveu como o design passou do conceito tradicional de artefato visual ou tangível para combinar experiências e interação, e desenhar e transformar sistemas. Para ilustrar essa perspectiva, o autor estabelece as chamadas “quatro ordens do design”: símbolos, materiais, interação e pensamento:

1ª Ordem: campo de atuação orientado à comunicação, com o uso de símbolos e imagens por meio do design gráfico;

2ª Ordem: campo de atuação voltado à elaboração de artefatos/produtos, com processos de fabricação em massa, em áreas como engenharia, arquitetura e design industrial;

3ª Ordem: campo de atuação voltado ao projeto de processos, serviços e experiências, por meio do design de interação;

4ª Ordem: campo de atuação que engloba todas as outras ordens e contempla a elaboração de sistemas e ambientes, para compreender como esses sistemas funcionam, quais valores e ideias centrais são compartilhados e os mantêm juntos.

Figura 19 - Quatros Ordens do Design, segundo Buchanan



Fonte: Adaptado de Buchanan (2001).

A figura 19 busca retratar a evolução de complexidade do design que parte da primeira ordem (símbolos), passando para a segunda ordem, que inclui materiais (ou coisas), e depois para a terceira ordem, que visa integrar informações, artefatos físicos e interações em ambientes diversos (BUCHANAN, 2001, p.10). Por fim, a quarta ordem apresenta maior complexidade, uma vez que contempla o design de sistemas, ou seja, organização ou ambientes, nos quais estão inseridas as demais ordens. Ou seja, as quatro ordens do design propostas por Buchanan (2001) expressam como o design atua na mediação da interação entre pessoas, produtos e ambientes, além do desenho de sistemas e ambientes que originam experiências e conhecimentos (PÉREZ et al., 2019).

3.4. Desenvolvimento sustentável

Essa sessão apresenta os conceitos de crescimento econômico, desenvolvimento sustentável e desenvolvimento econômico sustentável, de forma a relacioná-los com a economia circular e compreender como o design pode contribuir para sua promoção.

Crescimento econômico é uma medida quantitativa baseada no crescimento do PIB⁸ (Produto Interno Bruto). Segundo o Ministério da Saúde (2012, p.19), o PIB *per capita*⁹ é uma medida insuficiente para demonstrar a situação econômica e social dos países; por este motivo, ele se distingue do desenvolvimento econômico, que pressupõe a combinação de crescimento econômico com distribuição de renda.

Mesmo que haja crescimento econômico, se não houver uma distribuição da renda, ou seja, se a renda permanecer concentrada, o crescimento não se converte em desenvolvimento, por conseguinte, não provoca transformações sociais significativas. O crescimento econômico limita-se, portanto, a fatores quantitativos e não reflete necessariamente uma melhoria na qualidade de vida das pessoas. Nesse cenário, compreender o conceito de crescimento econômico sustentável (ODS 8¹⁰) proposto pela ONU na Agenda 2030), torna-se necessário para promover o desenvolvimento econômico sustentável (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012, p.19).

⁸ PIB (produto interno bruto): indicador da riqueza produzida e do crescimento econômico dos países (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

⁹ PIB per capita: divisão do PIB de um país pela sua população (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012).

¹⁰ Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos

O conceito de desenvolvimento sustentável (econômico, ambiental e social), deve contemplar um início nos sistemas de produção e consumo que maximiza o serviço a partir do fluxo linear de material e energia (KORHONEN, et al., 2018, p.547). Assim, o desenvolvimento sustentável, baseado nas 17 ODS da ONU, pode contribuir para a promoção do desenvolvimento econômico sustentável, por abordar os pilares sociais, ambientais e econômicos, de forma coesa e equilibrada, em consonância com o preconizado no Relatório Brundtland, desde 1987.

Entretanto, o desenvolvimento econômico sustentável somente vai ocorrer quando as ações incluírem objetivos sociais e ambientais e não somente os aspectos econômicos (ou seja, de crescimento). Dessa forma, pode-se inferir que a Economia Circular é uma abordagem para enfrentar os desafios ambientais e promover o desenvolvimento sustentável (KORHONEN et al., 2018, p.544).

Embora os processos de gestão ambiental ainda priorizem o crescimento e o controle da natureza, ao invés de trabalhar com processos naturais (BIRKELAND, 2012, p.3), para Korhonen et al. (2018, p.547), a adoção bem-sucedida dos princípios e estratégias da EC poderá apresentar contribuição holística para as três dimensões do desenvolvimento sustentável.

Uma das formas de promover o desenvolvimento econômico sustentável é adotar práticas produtivas, ambiental e socialmente mais justas, conforme previsto também pelo modelo circular. Segundo Korhonen et al. (2018, p.551), a expectativa é que a adoção efetiva dos princípios da EC transformará a relação de dependência entre as atividades econômicas e os fluxos de carbono não renováveis e grandes emissores, rumo a produção e consumo mais sustentáveis. Para os autores supracitados, a EC é vista por agências de desenvolvimento de políticas e associações empresariais como mecanismo importante para promover a produção sustentável, ou seja, uma possível ou potencial futura mudança paradigmática que, conseqüentemente, resultará em transformações industriais.

Pode-se supor, portanto, que por meio das diferentes relações ecossistêmicas que se constituem, os valores para sustentabilidade passam a ser disseminados entre os atores conectados, a partir de interesses comuns com objetivos compartilhados. Esses atores aprendem com estas relações e, potencialmente, podem orientar seu comportamento no sentido dos valores sustentáveis e, com isso, contribuir na construção de uma cultura (FREIRE e ZIMMER, 2017, p.4).

Nesse contexto, entende-se que o design, por meio de suas capacidades estratégicas de construção de cenários mais sustentáveis, contribui para materialização de novos percursos, articulando atores e interesses para operacionalizar, de forma colaborativa e em rede, práticas orientadas ao desenvolvimento sustentável.

3.5. Considerações sobre o capítulo

Diante dos temas abordados neste capítulo, pode-se concluir que, para aferir o desenvolvimento sustentável, são necessárias uma visão integrada dos atores que compõem um dado ecossistema e a adoção de práticas sustentáveis que corroborem na estruturação de uma cultura de sustentabilidade. Esse contexto sustentável torna-se mais factível quando houver uma liderança capaz de ler as diversidades do ambiente, com uma visão crítica tanto do presente quanto de cenários futuros. Para tanto, é fundamental que esta liderança tenha a habilidade de promover o envolvimento de todos os atores, compreendendo suas visões e proposições, assim como engajá-los no ecossistema, assumindo uma postura propositiva de novas ideias e soluções e que auxiliem no alcance dos objetivos do sistema ou rede colaborativa.

Importante destacar que o design estratégico possui a capacidade de ler os possíveis cenários de uma forma sistêmica, contemplando as quatro ordens do design (Buchanan, 2001) (figura 19), e as distintas realidades e níveis de conhecimento (técnico, científico, cultural e econômico) dos atores de um sistema complexo. Tais características fazem com que o DE contribua na elaboração de estratégias que auxiliem tanto na estruturação de uma rede colaborativa quanto na identificação dos principais pontos de alavancagem (Meadows, 2009), conforme apontado na tabela 3 (capítulo 4), para promover o desenvolvimento sustentável do ecossistema local.

4. REDES COLABORATIVAS

As redes colaborativas surgem como estrutura de governança a partir da interação de diversos atores com necessidade da resolução de um problema e/ou proposição de mudanças, de melhorias, ou de cenários total, ou parcialmente incomuns (SANT'ANNA, 2014, p.132).

Uma rede colaborativa se baseia em diversidade de atores - pessoas físicas, associações, autônomos de uma forma geral-, localizados em ambientes semelhantes ou distintos, e conectados e que, embora tenham objetivos particulares, também compartilham de um objetivo em comum. Tais ambientes podem apresentar características heterogêneas no que tange ao ambiente operacional, cultural, capital social e objetivos, mas colaboram para melhor alcançar um ponto comum ou objetivos compatíveis (CAMARINHA-MATOS e AFSARMANESH, 2006, p.30).

Segundo Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2006, p. 26), as redes colaborativas representam um paradigma promissor em uma sociedade movida pelo conhecimento, tendo surgido nos últimos anos como resultado dos desafios em rápida evolução enfrentados por entidades empresariais e a sociedade em geral. Neste contexto, é fundamental mapear e identificar potenciais atores/*stakeholders* que têm interesse mútuo na resolução de um problema, e compreender – quais os benefícios diretos e indiretos eles poderão fruir.

“O processo de decisão e elaboração e quais segmentos fazem parte de uma determinada rede (cadeia de suprimentos) é chamado de 'mapeamento'. Em essência, o 'mapeamento' nos apoia na definição dos limites da análise, mostra-nos os processos de transformação e os atores que fazem parte das transformações. Também é importante considerar onde os processos de transformação ocorrerão, por exemplo, se são específicos de uma determinada região ou nação, ou se forem realizados em muitas nações ou regiões ao longo de uma cadeia de valor global. O enfoque geográfico é importante porque o acesso ao trabalho, à energia, ao capital ou à terra varia significativamente entre as regiões e tem um enorme impacto nos custos”. (FAIGEN, 2021, informação verbal)¹¹

A atuação em rede propõe um diálogo constante de diferentes pontos de vistas, que somam na construção de uma solução. Dessa forma, o trabalho colaborativo entre pares fornece um ambiente rico para estudar a aprendizagem (ROSCHELLE e TEASLEY, 1995, p.69), e promover um cenário de colaboração compartilhada continuado. Este cenário, expressão do futuro fundamentada na vontade de um

¹¹ Fala da Professora Erika Faigen, no módulo *Value and Governance – Part I*, do curso *Sustainable Materials Management*, IIIIEE, Lund University, em 24 de fevereiro de 2021.

coletivo, deve traduzir as pretensões e expectativas do coletivo e esboçar o que se espera alcançar num dado período (SANTOS et al., 2004, p.213).

4.1. Breve introdução ao pensamento sistêmico

O pensamento sistêmico é uma estrutura conceitual para lidar com situações que requerem explicações baseadas na inter-relação (PRETO e FIGUEREDO, 2012, p.3), diferentemente do modelo de pensamento das ciências reducionistas de prever alguma ordem escondida atrás da desordem do mundo visível (VANDENBROECK, 2015, p.5). Foi proposto inicialmente por biólogos, que destacavam a concepção dos organismos vivos como totalidades integradas, representando assim um ecossistema (CAPRA, 2006, p.23). A partir de então, a concepção de ecossistema moldou todo o pensamento ecológico e promoveu a abordagem sistêmica da ecologia (GOMES, et al., 2014, p.5). Com isso, o pensamento sistêmico promove um olhar ampliado sobre a situação em estudo, a fim de analisar todo o contexto de estudo.

Segundo Capra (2006, p.31) e Gomes et al. (2014, p.3), o pensamento sistêmico é contextual, pois a análise das propriedades das partes não explica o todo; ou seja, se a visão analítica isola um fato ou elemento, o pensamento sistêmico o coloca no contexto de um todo mais amplo.

O pensamento sistêmico está interessado nas características essenciais do todo integrado e dinâmico, características essas que não estão em absoluto nas partes, mas nos relacionamentos dinâmicos entre elas, entre ela e o todo e entre o todo e outros todos (ANDRADE, 2006, p.44).

Este relacionamento entre as partes presentes em um todo, no ecossistema ou sistema, não é hierarquizado, mas constituído por redes que se formam dentro de outras redes (CAPRA, 2006, p.35). Para Alman (2014, p.1) o pensamento sistêmico tem sido descrito como uma abordagem para resolver problemas vistos como sintomas não manifestados de um sistema.

A resolução de problemas em sistemas requer, portanto, o entendimento dos elementos ou fatos identificados e a análise do contexto, tornando possível estabelecer a natureza de suas relações (CAPRA, 2006, p.30). Para Sevaldon (2017), a contribuição do design está justamente na sua capacidade de lidar com a complexidade, auxiliando no entendimento sistêmico dessa complexidade, e criando soluções holísticas que visem o todo.

Segundo Alman (2014, p.2-4), as abordagens de pensamento sistêmico descrevem como os sistemas organizacionais funcionam e as formas de melhorá-los:

Abordagem de Sistemas Funcionais: os sistemas funcionais são projetados para atingir um objetivo; são encontrados em todas as organizações e fornecem a base para desenvolver padrões de melhores práticas e resultados repetíveis.

Abordagem de Sistemas Estruturais: os sistemas estruturais são usados para planejar melhorias na tomada de decisões dentro da organização; observam além dos eventos de superfície, destacando os padrões subjacentes nos relacionamentos. As relações do sistema estrutural aparecem como “links” e “loops” que, de forma “não linear”, resultam em causas e efeitos previsíveis.

Abordagem de Sistemas Interpretativos: a realidade dos sistemas interpretativos é construída a partir de diferentes visões das partes interessadas, em oposição às características objetivas, tangíveis e observáveis de um sistema de visão única (como a da gestão, por ex. encontrado em abordagens de sistema funcional e estrutural). Os sistemas interpretativos podem lidar com situações complexas e observar tanto os sistemas projetados (por ex. os sistemas de trabalho) quanto os sistemas sociais (por ex. as relações no local de trabalho).

Os sistemas interpretativos são, portanto, pluralistas e compostos por atores com diferentes níveis de poder e influência, ou seja, são sistemas complexos, em função das dificuldades de conciliar os interesses e as ações entre os diversos atores.

4.1.1. Sistemas complexos

Segundo Snowden (2002, p.14) e Furtado, Sakowski e Tóvolli (2015, p. 12), um sistema complexo integra muitos atores que interagem e se adaptam por meio de conexões em redes. Estas interações ocorrem de forma desordenada, mas podem gerar resultados positivos na organização destas redes e aprendizados relevantes (LADYMAN, LAMBERT, WIESNER, 2013. p.25).

Por ser composto por vários atores que se relacionam continuamente, cada qual com voz e poder de influência, isto confere uma visão pluralística ao sistema complexo. Segundo Furtato, Sakwski e Tóvolli (2015, p.21), estas relações permitem que os sistemas se modifiquem para aprender, evoluir, e se adaptar e gerar comportamentos emergentes e não determinísticos.

Estas interações, que geram aprendizados e não têm previsibilidade de resultado, ocorrem em contextos distintos e, por essa razão, nas relações entre os grupos ou subsistemas que compõem um sistema complexo, as regras, processos e práticas são diferentes (SNOWDEN, 2002, p.14). Ladyman, Lambert e Wiesner (2013. p.25) afirmam ainda que os sistemas complexos estão em constante movimento.

Fierro, Putino e Tirone (2008, p.5) confirmam que o fato de o sistema complexo ser composto por subsistemas altamente interconectados entre si, ele depende da

interação que se estabelece entre eles. Assim, é difícil, ou impossível, aplicar o conceito de reducionismo¹², pois subsistemas podem funcionar ou não de maneira muito diferente quando separados do todo. Nesse conjunto complexo de interrelações é importante analisar criticamente a realidade, para que possam ser extraídas proposições resolutivas.

4.1.2. Pensamento Crítico de Sistemas e Teoria crítica de sistemas

Para melhor compreender o pensamento sistêmico e os sistemas complexos, serão apresentadas, a seguir, duas linhas de reflexão: o Pensamento Crítico Sistêmico (PCS) e a Teoria Crítica de Sistemas (TCS). Segundo Jackson (2001, p.3), o PCS busca aproveitar os respectivos pontos fortes do pensamento sistêmico; para Maru e Woodford (2001, p.6), a primeira razão da existência do pensamento crítico sistêmico é abordar adequadamente as situações-problema coercitivas.

O contexto coercitivo resulta dos diferentes níveis econômicos, políticos, culturais e sociais em que cada um dos atores de um sistema se enquadra, o que por sua vez caracteriza o pluralismo em ambiente sistêmico. Em função deste quadro, o PCS está comprometido com a consciência crítica e com o pluralismo, usado para justificar a diversidade de abordagens baseadas em sistemas, como a marca de competência e eficácia em lidar com situações problemáticas complexas (MARU e WOODFORD, 2001, p.4).

Estas situações, problemáticas e complexas, são caracterizadas pela disparidade de poder na tomada de decisão, influência e recurso, e carecem de uma visão comprometida a instigar novas reflexões críticas (MARU e WOODFORD, 2001, p.3), capazes de emancipar o desenvolvimento e prática sistêmica proposto por Midgley (1996, p.11), por meio dos seguintes compromissos:

Consciência crítica – examinar e reexaminar suposições tidas como certas, juntamente com as condições que as originaram;

Emancipação – garantir que a pesquisa seja focada em “melhoria”, definida temporária e localmente, levando em consideração questões de poder (que podem afetar a definição);

Pluralismo metodológico – usando uma variedade de métodos de pesquisa de maneira teoricamente coerente, tomando consciência de seus pontos fortes e fracos, para abordar uma variedade correspondente de questões.

¹² Reduccionismo: em filosofia, é um conjunto de teorias correlatas que afirmam, grosso modo, que objetos, fenômenos, teorias e significados complexos podem ser sempre reduzidos, ou seja, expressos em unidades diferentes, a fim de explicá-los em suas partes constituintes mais simples. (Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Reduccionismo>)

A partir desses compromissos do pensamento crítico sistêmico, é necessário encontrar métodos para questionar as supostas explicações dos fenômenos advindos das relações pluralistas, sendo a principal preocupação da Teoria Crítica de Sistemas (TCS) (COOPER, 2003, p.15).

Estas relações pluralistas e contínuas fazem com que a teoria crítica dos sistemas conceitue 'sistema' não como uma hierarquia estrutural estática, mas algo em constante movimento, visando promover a regeneração das relações sociais, rompendo os padrões de segmentação das instituições sociais (FISCHER-LESCANO, 2011, p. 8 e12). A teoria crítica de sistemas, portanto, busca abordar as contradições das estruturais sociais, analisando-as de forma crítica e permanente, a título de uma atitude inconformista das relações de segregação e não pluralistas (FISCHER-LESCANO, 2010, p.2).

Considerando o contexto da pesquisa, pautado no potencial ecossistema de tratamento do REEE, é possível compreender a complexidade de sua configuração, em função das distintas características sociais, culturais e econômicas dos atores que o compõem. Assim, para promover a evolução deste ecossistema, garantindo a visão pluralista da realidade, é necessário também conhecer recursos (ferramentas/métodos/heurísticas) que contribuam para conduzir as práticas, nas redes colaborativas.

4.1.3. Heurística crítica de sistemas

Segundo Ulrich (2005, p.1), a Heurística¹³ Crítica de Sistemas (HCS) representa uma estrutura filosófica para apoiar a prática reflexiva, funcionando como ferramenta para a compreensão das múltiplas perspectivas que as pessoas trazem para as situações (ULRICH e REYNOLDS, 2010, p.245).

A heurística crítica de sistemas possibilita engajamento, ou seja, um diálogo entre os planejadores e cidadãos interessados, a partir do uso de uma estrutura que busca identificar alguns pontos de contato entre as partes (ULRICH e REYNOLDS, 2010, p.244). Esta estrutura contempla um conjunto de questões (tabela 3) para elucidar os julgamentos cotidianos nos quais nos baseamos (conscientemente ou não) para compreender situações e projetar sistemas para melhorá-los.

¹³ Heurística: Heurísticas são processos cognitivos empregados em decisões não racionais, sendo definidas como estratégias que ignoram parte da informação com o objetivo de tornar a escolha mais fácil e rápida (Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Heur%C3%ADstica>).

Tabela 3 - 12 Categorias e perguntas de fronteira da Heurística Crítica de Sistemas (HCS)

| Julgamentos de fronteira informando um sistema de interesse (SI) | | | | | | |
|--|--|--|--|---------------|--|--------------------------------------|
| Fontes de influência | Papéis Sociais (Partes interessadas) | Preocupações Específicas (Participação) | Principais Problemas (Questões de participação) | | | |
| I - Fontes de Motivação | Q1. Beneficiário Quem deve ser/é o beneficiários do sistema (SI)? | Q2. Finalidade Qual deveria ser/é a finalidade de SI? | Q3. Medida de melhoria Qual deveria ser/é a beneficiário medida de SI de sucesso? | Beneficiários | E N V O L V I D O S | |
| II - Fontes de Controle | Q4. Decisor Quem deve/está no controle das condições de sucesso de SI? | Q5. Recursos Que condições de sucesso deveriam/ estão sob o controle de SI? | Q6. Ambiente de decisão Que condições de sucesso devem/estão fora do controle do tomador de decisão? | | | Decisores |
| III - Fontes de Conhecimento | Q7. Especialista Quem deve/está fornecendo conhecimentos e habilidades relevantes para SI? | Q8. Expertise Quais deveriam ser/são novos conhecimentos e habilidades relevantes para SI? | Q9. Feador O que deve/são considerados de implementação bem sucedida? | | | Especialistas |
| IV - Fontes de Legitimidade | Q10. Testemunha Quem deve/está representando os interesses daqueles afetados negativamente, mas não envolvidos com SI? | Q11. Emancipação Quais deveriam ser/são as oportunidades para que os interesses dos afetados negativamente tenham expressão e liberdade da visão de mundo de SI? | Q12. Visão de mundo Que espaço deveria/está disponível para conciliar as diferentes visões de mundo sobre SI entre os envolvidos e afetados? | Testemunha | | A F E O T A D O |

Fonte: Adaptado de Ulrich (1996, p. 44). (APUD ULRICH, e REYNOLDS, 2010, p.244).

Segundo Ulrich e Reynolds (2010, p.245), na heurística crítica, as quatro dimensões das chamadas 'Fontes de Influências' (motivação, controle, conhecimento e legitimidade) compreendem 12 perguntas, cujo objetivo é dar sentido a situação/contexto, explicitando os limites que determinam nossa compreensão. De modo geral, as questões de fronteira podem ser entendidas para cultivar a consciência mais holística, e obter uma visão mais abrangente.

Conforme a tabela 3, as 'Fontes de Influência', estão relacionadas às partes interessadas, ou seja, atores distintos denominados beneficiários, decisores, especialistas e testemunhas, e que compõem o sistema de interesse (SI). Existem também as questões relacionadas às preocupações específicas de cada um dos atores, relativas às suas respectivas participações dentro do SI. Por fim, é possível observar as questões referentes às problemáticas enfrentadas por cada ator para superar dificuldades em algum campo do sistema.

Com isso, percebe-se que a HCS oferece uma estrutura sistemática para dar sentido às situações, desdobrar múltiplas perspectivas e promover a prática reflexiva, auxiliando na descoberta dos sistemas de referência e na visualização de situações problemáticas bem como das opções para melhorá-las (ULRICH e REYNOLDS, 2010, p.250).

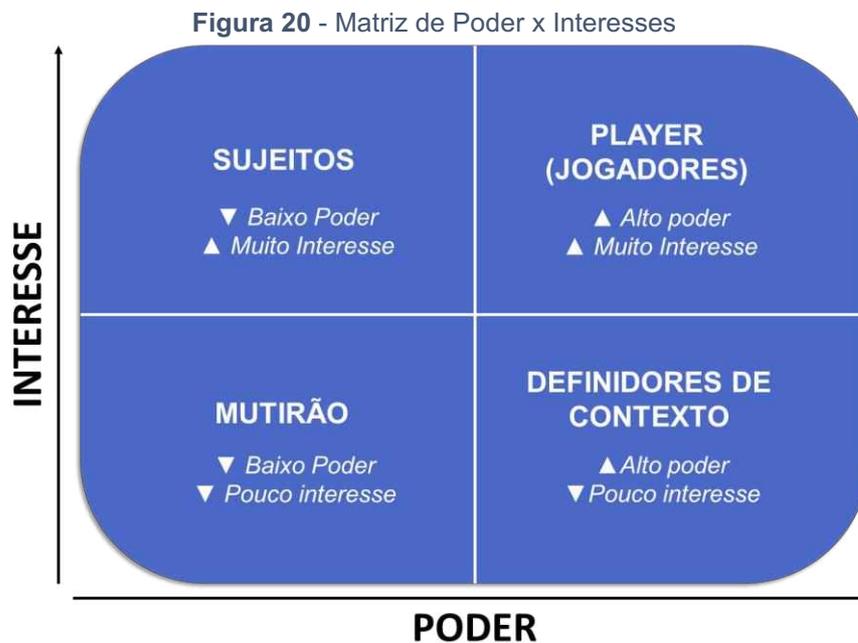
A HCS evidencia que todo sistema é composto por diferentes atores, que assumem papéis e funções com preocupações e problemáticas específicas, mas que

compõem o cenário do sistema de interesses como um todo. Portanto, é importante compreender o poder e os interesses de cada uma das partes envolvidas.

4.2. Matriz do poder e interesses dos atores

Como mencionado, quando se trata de um sistema, é necessário mapear atores ou *stakeholders* que o compõem, e quais seus níveis de influência na elaboração de estratégias e na tomada de decisão, assim como seu nível de interesse em participar ativamente do sistema.

Por meio da ‘Matriz de Poder x Interesse’ (figura 20), Ackermann e Eden (2011, p.183) expressam visualmente os atores/stakeholders que compõem um sistema e seus respectivos níveis de influência/poder e interesse.



Fonte: Adaptado de Ackermann e Eden (2011, p.183)

Na parte superior do quadrante da ‘Matriz’ estão posicionados os atores intitulados ‘Sujeitos’ e os ‘Jogadores’, ambos com grande interesse de atuar com protagonismo nas organizações e/ou sistemas em que se inserem, para promover constantes discussões e melhorias. Contudo, seus níveis de poder são distintos: os ‘Sujeitos’ possuem baixo poder e ‘Jogadores’, alto poder de negociação, sabotagem, influência, decisão, dentre outros. Na parte inferior, encontram-se o ‘Mutirão’ e os ‘Definidores de Contexto’. Nesse caso, ambos têm baixo grau de interesse de participação ativa e, respectivamente, possuem baixo e alto poder de influência sobre o futuro da organização na qual se encontram (ACKERMANN e EDEN, 2011, p.183).

O mapeamento dos atores de um sistema e a compreensão de suas respectivas atuações, interesses, influências e poderes são relevantes no contexto da pesquisa, tendo em vista a existência de várias partes que precisam ser orientadas sobre a importância de suas atuações. Do mesmo modo, as heurísticas de sistema podem auxiliar no equilíbrio da participação/engajamento de todos e dos poderes de influência, e contribuir para o fortalecimento do ecossistema, no momento de sua proposição e/ou implementação.

4.3. Governança Colaborativa nas Redes Colaborativas

A colaboração é uma atividade coordenada e síncrona resultante da tentativa contínua de construir e manter o contexto no qual seja possível conceber, de forma compartilhada, a solução para um problema (ROSCHELLE e TEASLEY, 1995). De acordo com Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2006), uma questão particularmente relevante é entender como o valor é criado em esforço colaborativo.

Contudo, a perenidade do movimento colaborativo em rede depende da Governança Colaborativa (GC), descentralizada. Segundo Kinder et al. (2021, p. 2), os ecossistemas são compostos de agentes auto-organizadores em sistemas adaptativos complexos, sem o controlador central essencial nas redes gerenciadas.

A Governança Colaborativa representa o modelo de política e prestação de serviços concebidos por atores, públicos e/ou privados, com ou sem fins lucrativos, que se configuram com foco no governo ou mercado, para gerar valor aos envolvidos (VOETS et al., 2021). A relevância desse tipo de governança reside no fato que em uma atuação em rede, os atores têm participação distinta de quando atuam de forma independente. Para Milagres, Silva e Rezende (2016, p.19):

Diante da complexidade das relações estabelecidas entre os atores, a governança colaborativa exige o estabelecimento de novos processos que mediem as relações entre as pessoas e as organizações, o que pressupõe mudanças no comportamento dos agentes. Isto é, eles possivelmente agiriam de forma diferente se estivessem atuando de maneira isolada em suas organizações.

A partir desses argumentos, entende-se que nos casos de redes colaborativas *multistakeholders*, independentemente dos ramos de atuação e dos objetivos estabelecidos, estas devem ser geridas por meio de uma governança, de preferência com responsabilidades compartilhadas, para garantir a coerência na estruturação e na gestão das políticas de funcionamento da rede. Como apontam Ansell e Gash (2008, p.2), a Governança Colaborativa surgiu em função das falhas de

implementação e do alto custo e politização da regulação das normas. Além disso, é importante analisar também outros aspectos que podem auxiliar na alavancagem de uma rede.

4.3.1. Pontos de alavancagem para uma rede

Segundo Meadows (1999, p.1), pontos de alavancagem são lugares dentro de um sistema complexo nos quais uma pequena alteração pode levar a uma grande mudança de comportamento, ou seja, pontos de poder para fazer um sistema funcionar melhor. Estes pontos referem-se a intervenções que, para serem aplicadas, carecem da análise do inteiro sistema, com o intuito de se identificar qual(is) a(s) problemática(s) sistêmica(s) e identificar qual(is) pontos podem ser explorados por meio de intervenções para sanar o problema. Baseado em Meadows (2009, p.145-165), o quadro 3 apresenta os denominados pontos de alavancagem bem como uma breve descrição de cada um.

Quadro 3 - Os 12 Pontos de alavancagem de Donella Meadows

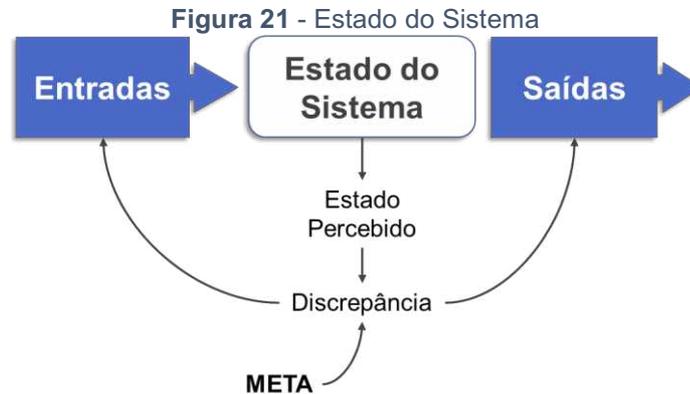
| Pontos de Alavancagem (PA) | Descrição |
|---|--|
| PA.12 – Números Constantes e parâmetros (ex. subsídios, impostos, normas) | Representam os parâmetros ou medidas para definir o padrão de normalidade de um sistema. Quando os números (taxas, indicadores, volumes) extrapolam os parâmetros, é necessário intervir para que retornem às medidas pré-estabelecidas. |
| PA.11 - Buffers Tamanhos dos estoques estabilizadores em relação aos seus fluxos | Representam a estrutura de estoque capaz de manter ou comprometer os fluxos, em função ausência ou excesso de recursos/insumos/informações/dados. O ponto de alavancagem está na boa gestão do fluxo de estoques para gerar estabilização. |
| PA.10 - Estrutura Física Estrutura física de estoques e fluxos de materiais (ex. redes de transporte, estruturas etárias da população). | Crucial em um sistema, a estrutura física raramente é um ponto de alavancagem, porque a mudança dificilmente será rápida ou simples. Após a construção da estrutura, a alavancagem busca entender suas limitações e gargalos, utilizando-a com a máxima eficiência, e evitando oscilações ou expansões que esgotem sua capacidade. A estrutura auxilia a regular os fluxos; porém, a reconstrução física é uma mudança lenta e cara em um sistema. |
| PA.09 – Atrasos Períodos de tempo relativos às taxas de alterações do sistema | São tentativas de ajustar um estado do sistema ao seu objetivo; porém, receber atrasados as informações/recursos/insumos sobre o estado do sistema, acarreta ajustes tardios ou precoces e/ou realizados no local equivocado. Este é um ponto de alta alavancagem, exceto pelo fato de que os atrasos, em geral, não são facilmente alteráveis. |
| PA.08 - Ciclo de Feedback Negativos Força dos feedbacks em relação aos impactos a corrigir | Representa pontos de transição da parte física do sistema para as partes de informação e controle, onde podem ser identificados novos pontos de alavancagem. Seu objetivo é manter o estado do sistema constante no nível desejado/projetado. Todo ciclo precisa de uma meta, um dispositivo de monitoramento e sinalização para detectar possíveis desvios e um mecanismo de resposta para auxiliar na autocorreção, sob diferentes condições e impactos. Um ciclo de feedback negativo é autocorretivo |

| | |
|--|--|
| <p>PA.07 - Ciclo de Feedbacks Positivos Ganho em torno da condução de ciclos de feedback positivo</p> | <p>Considerados fontes de crescimento, explosão, erosão e colapso nos sistemas. Reduzir o ganho em torno de um ciclo positivo é, em geral, um ponto de alavancagem mais relevante em sistemas do que fortalecer ciclos negativos, porque esse último ocorre para correção, e o ciclo positivo, para prevenção e geração de aprendizado contínuo. Ciclo de Feedback Positivo é auto-reforçador.</p> |
| <p>PA.06 - Fluxos de Informação Define quem tem ou não acesso à informação</p> | <p>Considerado um ponto de alta alavancagem, pois é um NOVO CICLO, entregando feedback a novos grupos. A falta de feedback (PA.07 e PA.08), e um fluxo de informação, é uma das causas mais comuns de mau funcionamento do sistema. Adicionar ou restaurar informações pode ser uma intervenção positiva, em geral mais fácil e econômica do que reconstruir a infraestrutura física (PA.10)</p> |
| <p>PA.05 - Regras do sistema (Incentivos, punições, restrições)</p> | <p>São regras que definem o escopo, os limites, e os graus de liberdade do sistema, e são considerados pontos de alta alavancagem, pois delimitam como será o funcionamento do sistema. Podem ainda estabelecer a frequência dos ciclos de feedback positivo, como será o fluxo de Informação, bem como se dará o funcionamento da 'Estrutura Física' PA.10, e quais os critérios para se estabelecer os 'Número' PA.01.</p> |
| <p>PA.04 - Auto-organização Capacidade de adicionar, mudar, evoluir ou auto-organizar a estrutura do sistema</p> | <p>A capacidade de auto-organização é a forma mais forte de resiliência do sistema. O que determina essa capacidade é o repertório de conhecimento, a diversidade de informação, permitindo que aprendizados e erros sejam registrados e acessados quando houver necessidade de auto-organização do sistema.</p> |
| <p>PA.03 - Objetivos do Sistema Propósito ou função do sistema</p> | <p>Considerados um ponto de alavancagem superior à capacidade de auto-organização. Os pontos de alavancagem PA.11, PA.08, PA.07, PA.06, e PA.04, poderão ser distorcidos para se adequarem aos 'Objetivos do Sistema'. Esses objetivos determinam ainda quais serão os objetivos dos Ciclos de Feedback Negativos, para gerar as correções necessárias e a alavancagem esperada.</p> |
| <p>PA.02 - A Mentalidade/Paradigma de Sistemas Origem do sistema (seus objetivos, estrutura, regras, atrasos, parâmetros)</p> | <p>Considerados as fontes dos sistemas, ou seja, os acordos sociais compartilhados sobre a natureza da realidade, geram os objetivos do sistema (PA.03), os fluxos de Informação (PA.06), feedbacks (PA.08 e 07), estoques (PA.11), estrutura (PA.10) e demais aspectos sobre os sistemas. A intervenção nos sistemas, no nível do paradigma, é um ponto de alavancagem de alto impacto transformador. A intervenção pode ocorrer na modelagem do sistema, pela inserção de pessoas com nova mentalidade em lugares de visibilidade pública e poder, movendo a visão para fora do sistema e para vê-lo como um todo.</p> |
| <p>PA.01 - O poder de Transcender Paradigmas</p> | <p>Considerado um ponto de alavancagem maior que a mudança de um paradigma. O poder de transcender paradigmas é flexível e prega o desapego aos paradigmas, ou seja, considera que NENHUM paradigma de Sistemas (PA.02) é "verdadeiro", mas cada um, incluindo aquele que molda nossa visão de mundo, é uma compreensão limitada de um vasto e surpreendente universo. Se nenhum paradigma (PA.02) é correto ou transmite confiança, definir um novo paradigma para alcançar o propósito individual ou do sistema, torna-se um ponto de alavancagem</p> |

Fonte: Adaptado de Meadows (2009, p.145-165). Organizado por Sánchez autor (2022).

Para que os pontos de alavancagem de Meadows (1999; 2009) possam surtir efeito é necessário analisar qual o estado do sistema (figura 21), os fluxos de entrada e saída de informações, as regras, paradigmas e ciclos de aprendizagem (feedbacks)

que os regem, e as possibilidades de criar novos paradigmas para alavancar o sistema.



Fonte: Adaptado de Meadows (1999, p.4). Organizado pelo autor (2022).

Nesta visão sistêmica, segundo Meadows (1999, p.19), quanto maior o ponto de alavancagem, mais o sistema resistirá a mudá-lo. Isto se deve ao número de variáveis a serem manipuladas/alteradas e à quantidade de atores envolvidos, cujas mentalidades e paradigmas deverão passar por mudanças.

Os pontos de alavancagem não são facilmente acessíveis, mesmo que se tenha conhecimento de quais são os corretos a acessar, tornando necessário analisar com profundidade e rigor o sistema, ou rejeitar rigorosamente seus próprios paradigmas e assumir que não se compreende como proceder (MEADOWS, 1999, p.19). Importante destacar que todo sistema representa uma rede, e cada rede possui características de estrutura que influenciam na forma como alavancá-las.

4.4. Modelos de Redes: centralizada, descentralizada e distribuída

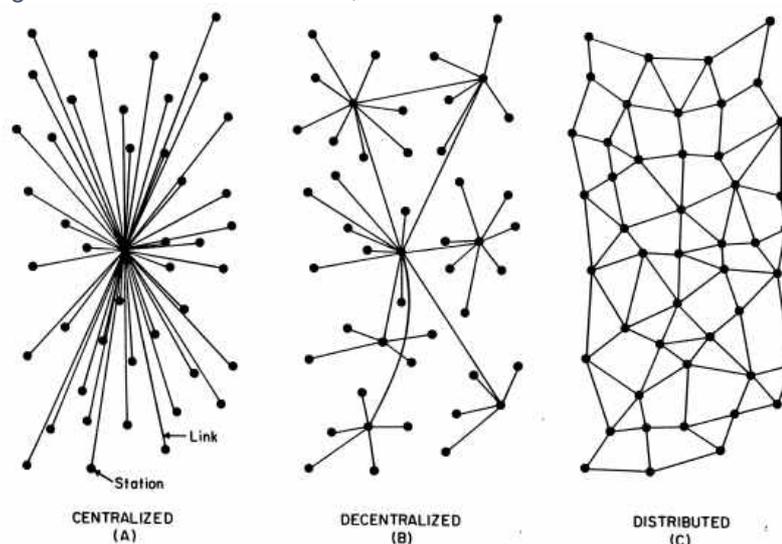
Tendo em vista que as redes são a expressão da forma como pessoas, organizações e processos se inter-relacionam, essa sessão apresenta três modelos de redes (figura 22), a fim de compreender melhor qual o modelo de rede potencial poderá ser adotado futuramente para o setor de REEE, discutido nesse trabalho.

A figura da rede é a imagem mais usada para designar ou qualificar sistemas, estruturas ou desenhos organizacionais caracterizados por uma grande quantidade de elementos (pessoas, pontos-de-venda, entidades, equipamentos etc.) dispersos espacialmente e que mantêm alguma ligação entre si. (MARTINHO, 2003, p.8).

Os modelos de redes estudados representam tanto o nível de relação quanto de hierarquia entre os atores que as compõem, embora, segundo Martinho (2003, p.16),

a capacidade de operar sem hierarquia parece ser uma das mais importantes propriedades distintivas da rede.

Figura 22 - Diagrama de redes centralizada, descentralizada e distribuída de Paul Baran (1964)



Fonte: Baran (1964)

Conforme pode-se verificar, os gráficos apresentados na figura 22 apresentam a mesma quantidade e disposição de pontos, unidos de diferentes formas. Denominadas por Baran (1964) como centralizada, descentralizada e distribuída, essas três formas representam distintas estruturas de redes, bem como as interações e o fluxo de pessoas, recursos e informações. Segundo Eichenberg e Reyes (2014, p.3), é por meio das interações que o sistema em rede se articula e permite acesso ao poder de sua regulação.

Mendonça e Neves (2016, p.8) caracterizam as redes (figura 22) da seguinte forma:

Rede Centralizada vulnerável por se articular sobre um único ponto;

Rede Descentralizada se articula em pontos múltiplos estratégicos, fortalecendo a comunicação;

Rede Distribuída se verificam fluxos autônomos, possibilitando um sistema dinâmico e que leve em conta os potenciais de cada ator envolvido.

De acordo com Ugarte (2007, p.19), originalmente, as estruturas descentralizadas são produtos da interconexão efetiva de redes centralizadas, mas a longo prazo terão sua própria lógica. Segundo Hoffmann (2015, p.475), as redes descentralizadas estão sendo constantemente construídas e reconstruídas através das trocas sociais entre seus atores, podendo ser analisadas a partir das conversações, ou seja, dos espaços de interação das redes.

Para Mendonça e Neves (2016, p.8), as redes distribuídas são visivelmente a estrutura que melhor define o momento atual, com os agrupamentos espontâneos que se formam em torno de interesses e objetivos comuns. De acordo com Manzini (2008, p.94.), o adjetivo distribuído(a) indica a existência da arquitetura horizontal de sistema na qual atividades complexas são realizadas em paralelo por um grande número de elementos conectados (artefatos tecnológicos e/ou seres humanos). O autor afirma ainda que o modelo de redes/sistemas distribuídos seria a base verdadeiramente favorável para sustentar os processos de promoção e replicação das organizações colaborativas.

À medida que a concepção de rede se tornou mais proeminente, os pensadores sistêmicos começaram a utilizar modelos de rede em todos os níveis dos sistemas e compreender que os ecossistemas são entendidos como redes (CAPRA, 2006, p.35). A partir desse contexto, e considerando o potencial ecossistema do REEE, entende-se a formação de uma rede distribuída futura como a mais promissora, uma vez que não há hierarquia, e os atores se comunicam entre si de forma assíncrona e voluntária, com o propósito de promover um ambiente sustentável (econômica, social e ambiental).

4.4.1. Estudo de caso: modelo de rede inter-organizacional colaborativa

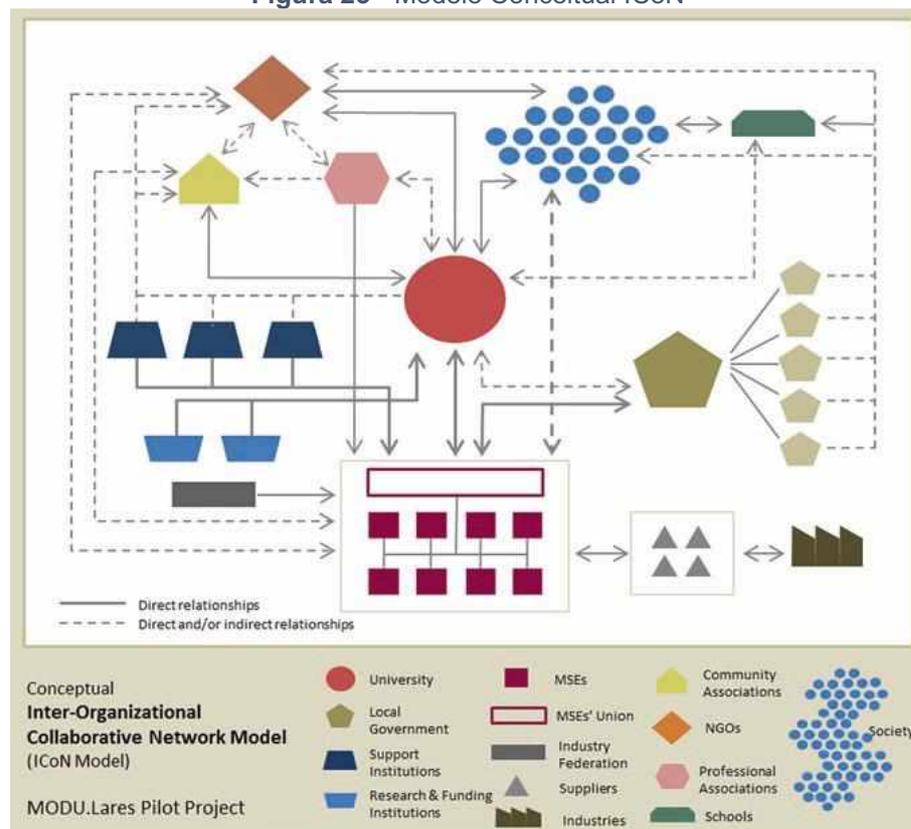
O modelo conceitual de rede colaborativa inter-organizacional (Inter-organizational Collaborative Network – ICoN) apresentado por Nunes (2013) foi gerado a partir da proposição de uma rede colaborativa para o setor moveleiro da cidade Uberlândia-MG. Considerando que o modelo de rede é conceitual, *a priori*, entende-se que ele permita a adaptação de atores e outros aspectos. Assim, o estudo do modelo visa avaliar a viabilidade de aplicação no setor de REEE, na mesma cidade.

O Modelo de Rede Colaborativa Interorganizacional (ICoN) (NUNES, 2013) amplifica o conceito da Tripla Hélice (que parte da relação recíproca entre universidade, indústria e governo, na qual cada um tenta melhorar o desempenho do outro), aproximando-se do conceito de Quádrupla Hélice, que inclui a sociedade civil como agente integrante. Segundo Freire e Zimmer (2017), o resultado dessa junção de atores é um sistema de negócios integrado que cria valor, combinando as várias capacidades dos participantes de forma mais eficiente e eficaz que outras experiências no passado.

Estas conjunções segundo Etzkowitz, (2008, apud Zurlo e Nunes, p.38, 2016) ocorrem principalmente ao nível regional, onde contextos específicos de clusters industriais, desenvolvimento acadêmico e presença ou falta de autoridade governamental influenciam o desenvolvimento da tripla hélice. O modelo ICoN compreende, portanto, outros tipos de atores que poderiam colaborar para proporcionar resultados mais eficazes aos envolvidos, incluindo meio ambiente e sociedade (ZURLO e NUNES, p.38, 2016).

O modelo ICoN (figura 23) traz a abordagem de sistema completo, que busca a sustentabilidade em seu ambiente de funcionamento. Tal característica aproxima o modelo conceitual da chamada *Quíntupla Hélice* proposto por Carayannis e Campbell (2010), que adiciona a sociedade (quarto elemento) e o meio ambiente (quinto elemento), uma vez que a preocupação com a sustentabilidade e a participação da comunidade local são componentes relevantes para se atingir melhores resultados.

Figura 23 - Modelo Conceitual ICoN



Fonte: Nunes (2013, p.218).

A rede colaborativa inter-organizacional foi estruturada com o objetivo de gerar impactos sociais e econômicos positivos e reduzir o impacto ambiental decorrente das práticas do setor moveleiro. Conforme mostra a figura 23, o modelo é composto por

14 categorias de atores, que atuam de colaborativa em diferentes níveis de frequência de relações (constantes ou intermitentes), dependendo de seus papéis e responsabilidades.

De acordo com Nunes (2013, p.218-222); Zurlo e Nunes (2016, p.41-43), de forma resumida, o papel de cada um dos atores dessa rede pode ser entendido conforme se segue:

- Universidade: Desenvolver propostas inovadoras e apoiar sua implantação em parceria com outros atores, com foco na resolução de problemas ou exploração de oportunidades visando um maior nível de sustentabilidade.
- Instituições de Apoio: Oferecer oportunidades técnicas e operacionais (cursos de treinamento e consultorias), articuladas ao objetivo das propostas de longo prazo, para uma aprendizagem efetiva e a adoção de melhores práticas.
- Instituições de Pesquisa e Financiamento (R&F): Fornecer os meios para pesquisa e desenvolvimento de novas soluções em produtos, processos e serviços.
- Governo Local: Formular e implementar políticas como instrumentos de desenvolvimento para a região, por meio de secretarias setoriais, e fomentar políticas e ações articuladas com o âmbito global do projeto de longo prazo.
- Micro e Pequenas Empresas (MPEs): Gerar de soluções (produtos, serviços, ou sistemas produto-serviço), a partir de um trabalho colaborativo entre os atores, com foco nas ofertas sustentáveis e tangíveis que contribuir com a qualidade de vida, redução dos impactos ambientais promoção de uma sociedade mais saudável.
- Fornecedores (varejistas e atacadistas): Fornecer ampla variedade de materiais, componentes e acessórios necessários às operações das MPEs, atuando em colaboração, e fornecendo serviços para o descarte correto final de materiais tóxicos (por exemplo, logística reversa).
- Associações Comunitárias e ONGs: Atuar com a comunidade na resolução de problemas sociais, com diferentes enfoques, auxiliando grupos específicos, em projeto de longo prazo, seja criando oportunidades de renda ou fornecendo meios para trabalhar.
- Associações Profissionais: Contribuir para a formação de membros de associações comunitárias ou ONGs com conhecimentos especializados.

- Escolas: Formar capital humano qualificado, consciente dos problemas sociais e ambientais, bem como do empreendedorismo, colaboração e soluções criativas, e apoiar na construção do conhecimento em grupos assistidos por associações comunitárias e ONGs.
- Sociedade: Auxiliar na definição de produtos específicos para atender às necessidades da população de baixa renda, e propor serviços com ampla participação pública para se tornarem eficientes e bem-sucedidos.

O modelo de rede conceitual ICoN (Nunes, 2013), utilizado como estudo de caso, representa tanto um sistema complexo, por possuir uma pluralidade de perfis de atores com diferentes posições e níveis de conhecimento/cultura e responsabilidades, quanto uma rede distribuída, que destaca os potenciais de cada ator. Esta junção de 'sistema complexo' e uma 'rede distribuída', revelam-se características marcantes desta rede e são determinantes para um cenário com mais igualdade, tanto de voz e poder de influência quanto de interesse dos atores.

Observa-se, portanto, na estrutura da rede conceitual ICoN, a existência de uma atuação colaborativa, com compartilhamento de recursos materiais e imateriais entre os atores, o que permite que os atores tenham uma visão sistêmica do ambiente no qual estão inseridos. Esta visão sistêmica é fundamental para haja uma contribuição conjunta na identificação e interferência positiva dos pontos de alavancagem da rede, proposto por Meadows (1999). Ou seja, a conexão de sistemas complexos, com o conceito de rede distribuída que considera os potenciais de cada ator, e seus respectivos engajamentos e interesses em contribuir continuamente com a organização e inteligência da rede, permite que os resultados esperados comuns sejam factíveis de serem alcançados.

4.5. Considerações sobre o capítulo

Este capítulo buscou discutir como as redes colaborativas se revelam sistemas complexos em função do contexto da diversidade do nível de conhecimento e acesso a recursos técnicos, científicos, financeiros, sociais e culturais dos atores que as compõem. Este contexto reflete a pluralidade das redes colaborativas, e justifica como as redes (formais ou informais) podem atuar em cenários semelhantes, porém produzindo resultados distintos, em função dos diversos níveis de conhecimento dos

atores e dos acessos a recursos. Esta diversidade de perfis também impacta diretamente na viabilidade da aplicação de heurísticas que podem alavancar os resultados positivos de uma rede. Além disso, os resultados podem ser influenciados por uma governança (adequada ou não) que promova ou limite o acesso a recursos e conhecimento a todos os atores que compõe uma rede. Dessa forma, é fundamental a presença de uma governança capacitada para atuar de forma colaborativa, para que sejam minimizadas as discrepâncias nos níveis de poder e interesse, a fim de promover uma equidade de atuação e uma configuração de rede cada vez mais coesa.

Quando se analisa especificamente o ecossistema local de tratamento do REEE da cidade de Uberlândia-MG, é possível detectar este ambiente de sistema complexo: verifica-se um cenário composto por atores com diferentes perspectivas, objetivos e interesses, e de posse e/ou acesso a diferentes recursos tecnológicos, financeiros, culturais e sociais. No cenário local há, portanto, uma disparidade de poder e interesse dos atores que requer o estabelecimento de uma rede colaborativa, preferencialmente distribuída e, mais importante, com uma governança que favoreça as condições de equidade e coesão das ações.

Para que obtenha resultados efetivos, em rede, é importante que essa governança atue em colaboração para elaborar o planejamento estratégico da rede. Além disso, é fundamental que assuma o compromisso de acompanhar a execução das ações, atuando ainda para promover o compartilhamento de recursos (técnicos e científicos) entre os atores de forma a favorecer a equidade das participações. Isso significa atuar para reduzir os níveis de disparidade, favorecendo o aumento do nível de poder e interesse (figura 20), principalmente dos classificados como mutirão ('Empresas recuperadoras e coletadores de resíduos e materiais recicláveis' e 'Empresas comerciantes de equipamentos e suprimentos de informática') na tabela 15.

5. RESÍDUO ELETROELETRÔNICO: contexto, limites e oportunidades

Essa sessão apresenta o contexto normativo, o panorama do REEE no Brasil e no contexto local (Uberlândia-MG), bem como os limites e oportunidades analisados a partir do mapeamento dos atores locais com potencial para integrar uma futura rede local colaborativa de tratamento do REEE.

5.1. Legislação sobre resíduos: esferas Federal, Estadual e Municipal

O objetivo específico do estudo sobre a legislação vigente sobre o contexto de tratamento do REEE tem por finalidade conhecer o cenário legal proposto no Brasil e a questão da gestão dos resíduos sólidos e a reciclagem bem como compreender como as normativas podem corroborar ou restringir o avanço das boas práticas da economia circular, com a especificidade do REEE.

Para tanto, foi realizado um estudo das legislações vigentes sobre o tema nos âmbitos: federal (Brasil), estadual (Minas Gerais) e municipal (Uberlândia-MG), destacando-se alguns pontos específicos na tabela 4.

Tabela 4 - Legislação sobre o tratamento de resíduos nas Esferas Federal, Estadual e Municipal

| LEIS E ESFERAS DO GOVERNO | ASSUNTO: CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS |
|--|--|
| LEI Nº 12.305, DE 02/08/2010. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS¹⁴ (BRASIL) | CAPÍTULO I Art. 13. Para os efeitos desta Lei, os resíduos sólidos têm a seguinte classificação: I - Quanto à origem: a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas; b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana; c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”; d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”; e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”; f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais; g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS; h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis; i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades; |

¹⁴ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

| | |
|--|--|
| | <p>j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;</p> <p>k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;</p> <p>II - Quanto à periculosidade:</p> <p>a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;</p> <p>b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea "a".</p> |
| <p>LEI 18.031, DE 12/01/2009 POLÍTICA ESTADUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.¹⁵ (MINAS GERAIS)</p> | <p>CAPÍTULO II</p> <p>Art. 5º Os resíduos sólidos serão classificados quanto à natureza e à origem, com vistas a atribuir responsabilidades e dar-lhes a adequada destinação.</p> <p>§ 1º Quanto à natureza, os resíduos sólidos serão classificados como:</p> <p>I - resíduos Classe I - Perigosos aqueles que, em função de suas características de toxicidade, corrosividade, reatividade, inflamabilidade, patogenicidade ou explosividade, apresentem significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental;</p> <p>II - resíduos Classe II - Não-perigosos, sendo:</p> <p>a) Resíduos Classe II-A - Não inertes aqueles que não se enquadram nas classificações de Resíduos Classe I - Perigosos ou de Resíduos Classe II-B - Inertes, nos termos desta Lei, podendo apresentar propriedades tais como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;</p> <p>b) Resíduos Classe II-B - Inertes aqueles que, quando amostrados de forma representativa e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água vigentes, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.</p> <p>§ 2º Quanto à origem, os resíduos sólidos serão classificados como:</p> <p>I - de geração difusa os produzidos, individual ou coletivamente, por geradores dispersos e não identificáveis, por ação humana ou animal ou por fenômenos naturais, abrangendo os resíduos sólidos domiciliares, os resíduos sólidos pós-consumo e aqueles provenientes da limpeza pública;</p> <p>II - de geração determinada os produzidos por gerador específico e identificável.</p> |
| <p>LEI MUNICIPAL Nº 10.700, DE 09 DE MARÇO DE 2011.¹⁶ (UBERLÂNDIA)</p> | <p>CAPÍTULO I</p> <p>DAS DEFINIÇÕES</p> <p>Art. 95 - Para os fins desta lei, aplicam-se as definições que se seguem:</p> <p>I - resíduos sólidos: resíduos não utilizados para fins econômicos, e que possam provocar, se dispostos no solo, contaminação de natureza física, química ou biológica do solo ou das águas superficiais e subterrâneas;</p> |
| | <p>Assunto: Reciclagem</p> |
| <p>LEI FEDERAL Nº 14.260, DE 8 DE DEZEMBRO DE 2021. (BRASIL)</p> | <p>Estabelece incentivos à indústria da reciclagem; e cria o Fundo de Apoio para Ações Voltadas à Reciclagem (Favorecicle) e Fundos de Investimentos para Projetos de Reciclagem (ProRecicle).</p> |
| <p>LEI Nº 14.128, DE 19 DE DEZEMBRO DE 2001. (MINAS GERAIS)</p> | <p>Dispõe sobre a Política Estadual de Reciclagem de Materiais e sobre os instrumentos econômicos e financeiros aplicáveis à Gestão de Resíduos Sólidos.</p> |
| <p>LEI MUNICIPAL (UBERLÂNDIA)</p> | <p>Não existe</p> |

¹⁵ Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html>

¹⁶ Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-ordinaria/2011/1070/10700/lei-ordinaria-n-10700-2011-dispoe-sobre-a-politica-de-protecao-controle-e-conservacao-do-meio-ambiente-revoga-a-lei-complementar-n-17-de-04-de-dezembro-de-1991-e-suas-alteracoes-e-da-outras-providencias>.

Fonte: Sánchez (2022).

Conforme se pode verificar (tabela 4), a legislação federal referente ao tratamento de resíduos recicláveis, apresenta uma abordagem mais ampla do que a estadual (Minas Gerais) e municipal (Uberlândia-MG). Porém, embora as leis federais sejam mais robustas, elas também não apresentam uma regulamentação clara, objetiva e específica sobre os processos, prazos, destinações, práticas e responsabilidades que os estados e municípios devem gerir.

Como o recorte da pesquisa refere-se ao ecossistema local, percebe-se que a legislação municipal se mostra incipiente pelo fato de não abordar a identificação dos atores e suas respectivas responsabilidades, nem apresentar uma regulamentação específica de prazos, incentivos, classificação de resíduos e processos de destinação e tratamento. Ou seja, a lei municipal não se apresenta como um fator de fomento e/ou condicionante para o estabelecimento de uma rede colaborativa multistakeholders, o que poderia representar uma política pública de desenvolvimento econômico sustentável do município.

5.2. Panorama do REEE em Uberlândia: contexto atual

Como apresentado na introdução desse trabalho, o volume de lixo eletrônico tem crescido vertiginosamente em todo o mundo, gerando graves impactos não só para o meio ambiente, mas também para a saúde da população e para a economia, em geral. No contexto do município foco desse estudo, verifica-se a mesma situação.

Atualmente, conforme mostrado na tabela 4, o município de Uberlândia-MG, dispõe de uma legislação que aborda sobre a questão da coleta de resíduos recicláveis, porém não do tratamento e/ou reciclagem destes resíduos. Portanto, pode-se verificar (tabela 6), o ecossistema local possui empresas privadas, associações e cooperativas que mesmo que de forma desarticulada, sem a composição de uma rede, atuam no tratamento e/ou destinação do REEE local.

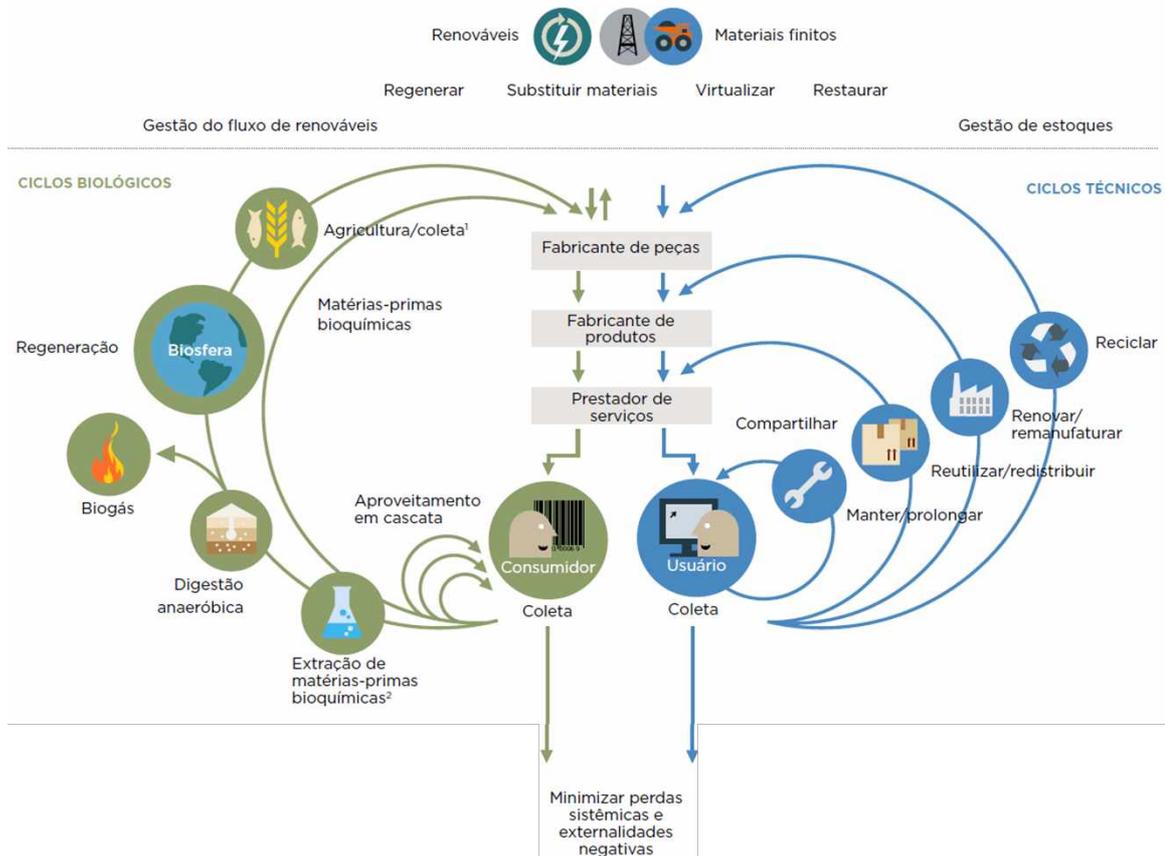
Em entrevista concedida para o jornal Diário de Uberlândia (2017), Leonardo Brune, proprietário da CODEL (empresa especializada na coleta, destinação, remanufatura de REEE), localizada em Uberlândia, o empresário afirma que recolhia,

à época, em média, duas toneladas de resíduos eletroeletrônicos por mês, o que demonstra a urgência de ações mais efetivas frente ao impacto gerado pelo setor.¹⁷

5.2.1. Mapeamento de Atores Locais

A busca dos potenciais atores para compor um ecossistema de tratamento do REEE na cidade de Uberlândia baseou-se no chamado Ciclo Técnico¹⁸ proposto pela EMF (2013, p.24) (figura 24), que inclui atividades relacionadas à reciclagem, remanufatura, reutilização/redistribuição, manutenção e coleta. As referidas atividades são geralmente realizadas por empresas que atuam fabricação de peças e produtos eletrônicos, assim como prestadoras de serviço de manutenção, e logística.

Figura 24 - Diagrama do Sistema da Economia Circular.



Fonte: EMF (2013, p. 24).

¹⁷ O estudo realizado por Xavier (2021) sobre economia circular e resíduos eletroeletrônicos em Uberlândia estimou um volume gerado de aproximadamente 3.600 toneladas/ano no município.

¹⁸ Diagrama da Economia Circular (EMF, 2013, p.24): ciclo técnico envolve a gestão dos estoques de materiais do consumo. Os materiais técnicos são recuperados e, em sua maior parte, restaurados no ciclo técnico.

Com o intuito de mapear a tipologia e a quantidade de atores atuantes em cada etapa do Ciclo Técnico na cidade de Uberlândia, ou seja, empresas que realizam atividades de reciclagem, remanufatura, reutilização/redistribuição, manutenção, coleta, incluindo as atividades de fabricação de peças e produtos eletrônicos, foi realizada a pesquisa na base de dados digital do Sebrae (DataSebrae¹⁹), atualizada diariamente com a Receita Federal do Brasil, no Google e no website da Prefeitura Municipal de Uberlândia.

Após o levantamento, foi realizada a correlação entre as atividades constantes no Ciclo Técnico proposto pela EMF (2013, p.24), e as atividades pesquisadas no DataSebrae, uma vez que no contexto atual de Uberlândia, o mesmo ator realiza atividades conjuntas, conforme mostra a tabela 5.

A correlação/equiparação de nomenclaturas apresentada na tabela 5 foi necessária por não haver, na base da Receita Federal do Brasil, códigos nacionais de atividade econômica (CNAEs) que utilizam os mesmos termos da EMF (Ciclo Técnico), especificados na primeira coluna da tabela 5. Assim, os CNAEs utilizados para pesquisa na plataforma DataSebrae, presentes na segunda coluna da tabela 5, equiparam-se às atividades propostas no Ciclo Técnico (EMF).

Tabela 5 - Correlação entre as atividades do Ciclo Técnico da Economia Circular (EMF) e os atores em Uberlândia-MG

| Atividade Ciclo Técnico (EMF) | Atividades identificadas |
|--------------------------------------|---|
| Reciclagem | Empresas especializadas no tratamento do REEE (reciclagem, remanufatura, reutilização, comércio comerciantes de equipamentos e suprimentos de informática, e comércio atacadista de resíduos) |
| Remanufatura | |
| Reutilização | |
| Manutenção | Empresas prestadoras de serviço de manutenção e reparo de computadores e equipamentos periféricos |
| Coleta | Empresas recuperadoras e coletadores de resíduos e materiais (alumínio, metálicos, não-metálicos, plástico) |
| Fabricante de peças | Fabricante de peças |
| | Fabricante de equipamentos de informática |

Fonte: Sánchez (2022).

A tabela 6 apresenta o resultado relativo à quantidade de atores identificados no município de Uberlândia e que atuam com atividades do Ciclo Técnico no REEE.

A pesquisa realizada para mapear as empresas especializadas no tratamento do REEE foi realizada na plataforma Google, utilizando-se a expressão-chave

¹⁹ <https://datasebraeindicadores.sebrae.com.br/resources/sites/data-sebrae/data-sebrae.html#/Empresas>

“empresa de reciclagem de resíduos eletrônicos Uberlândia”. As demais pesquisas foram realizadas na plataforma DataSebrae, utilizando os CNAEs das respectivas atividades (descritas nas últimas linhas das tabelas 9, 10, 12, 13 e 14).

Vale destacar que há sobreposição nos dados disponibilizados, isto é, os quatro atores identificados na primeira linha da tabela 6 também realizam as atividades previstas na segunda e terceira linhas da mesma tabela. Contudo, além das atividades contempladas na primeira, segunda e terceira linhas, eles atuam no tratamento do REEE, que seria a reciclagem, remanufatura e/ou reutilização, além do comércio de equipamentos e suprimentos de informática (tabela 13), e comércio atacadista de resíduos (tabela 14).

Tabela 6 - Quantidade de atores identificados em Uberlândia - MG

| Tipo de Ator (empresa) | Quantidade de Atores Identificados | Fonte da pesquisa |
|--|---|---|
| Empresas especializadas no tratamento do REEE (reciclagem, remanufatura, reutilização, comércio comerciantes de equipamentos e suprimentos de informática, e comércio atacadista de resíduos) | 4 | Google |
| Empresas prestadoras de serviço de manutenção e reparo de computadores e equipamentos periféricos | 973 | DataSebrae |
| Empresas recuperadoras e coletadores de resíduos e materiais (alumínio, metálicos, não-metálicos, plástico) | 152 | DataSebrae |
| Associações e Cooperativas de catadores de reciclados em Uberlândia-MG | 8 | Google e Portal da Prefeitura Municipal de Uberlândia |
| Empresas fabricante de peças | 0 | - |
| Empresas fabricante de equipamentos de informática | 2 | DataSebrae |
| Empresas comerciantes de equipamentos e suprimentos de informática | 425 | DataSebrae |
| Empresas comerciantes atacadistas de resíduos | 32 | DataSebrae |

Fonte: Organizado por Sánchez (2022), baseado em DataSebrae (2022) e Google (2022a)

Para identificar com mais precisão os quatro atores/empresas atuantes com atividades listadas na linha 1 da tabela 3, foi realizada uma pesquisa complementar no Google, conforme mostra a tabela 7.

Tabela 7 - Empresas atuantes no tratamento do REEE (computadores e periféricos) em Uberlândia-MG

| MUNICÍPIO | TELEFONE | WEBSITE | TERMO DE BUSCA UTILIZADO |
|------------------|-----------------|----------------|---------------------------------|
|------------------|-----------------|----------------|---------------------------------|

| | | | |
|---|-----------------|---|--------------------------|
| ADS RECICLAGEM | (34) 3229-0026 | https://adsreciclagem.com.br/ | Reciclagem Uberlândia |
| CODEL - COLETA E DESCARTE DE ELETRÔNICOS | (34) 99672-3880 | https://codelreciclagem.com.br/ | |
| CONSCIÊNCIA RECICLAGEM E DESCARTE ELETRÔNICO | (34) 99873-9338 | https://conscienciarecicla0.wixsite.com/website | |
| RECICLA MAIS | (34) 3246-5381 | Não encontrado | |

Fonte: Google (2022).

Importante destacar que nas pesquisas realizadas no DataSebrae, há destaque para o número de empresas por porte: MEI (Microempreendedor individual), ME (Microempresa), EPP (Empresa de pequeno porte), e demais (médias e grandes empresas), cuja classificação está diretamente ligada ao faturamento auferido em cada ano-calendário, conforme pode-se verificar no Tabela 8.

Tabela 8 - Enquadramento das empresas no Brasil

| PORTE | FATURAMENTO |
|--|---|
| MEI - MICROEMPREENDEDOR INDIVIDUAL²⁰ | Faturamento anual até R\$ 81 mil |
| ME - MICROEMPRESA | Faturamento anual de até R\$360.000,00 |
| EPP - EMPRESA DE PEQUENO PORTE | Faturamento anual entre R\$ 360 mil e R\$ 4,8 milhões |
| DEMAIS (MÉDIAS E GRANDES EMPRESAS) | Faturamento anual superior a R\$ 4,8 milhões |

Fonte: Planalto (2006) e Sebrae (2021). Organizado por Sánchez (2022).

A tabela 8 refere-se ao enquadramento das empresas no Brasil, com base no faturamento e porte, o critério da Receita Federal do Brasil. Já a tabela 9, apresenta a quantidade de empresas que atuam com serviço de manutenção e reparo de computadores e equipamentos periféricos na cidade de Uberlândia-MG.

Tabela 9 - Empresas prestadoras de serviço de manutenção e reparo de computadores e equipamentos periféricos em Uberlândia-MG, por Porte e CNAE

| MUNICÍPIO | ESTABELECIMENTOS (MATRIZ + FILIAL) |
|-------------------|---|
| UBERLÂNDIA | 973 |
| PORTE | Estabelecimentos (Matriz + Filial) |
| MEI | 792 |
| ME | 169 |
| EPP | 8 |
| DEMAIS | 4 |
| CNAE | Empresas (Matriz) |

²⁰ De acordo com a Lei Complementar 188/2021, chamada de MEI Caminhoneiro, sanciona que o MEI cuja atividade é Caminhoneiro, pode auferir um faturamento somado os 12 meses do ano-calendário, a receita bruta tem o limite de R\$251.600,00. Fonte: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-complementar-n-188-de-31-de-dezembro-de-2021-371556526>

| | |
|--|-----|
| Reparação e manutenção de computadores e de equipamentos periféricos | 973 |
|--|-----|

Fonte: DataSebrae (2022). Organizado por Sánchez (2022).

A tabela 10 apresenta o resultado da pesquisa realizada no DataSebrae (www.datasebrae.com), de quantas empresas atuam com a recuperação e coleta de materiais recicláveis no município de Uberlândia. Como pode-se verificar o maior número das empresas identificadas, enquadram-se como Microempreendedor Individual (MEI), somando um total de 113 MEIs, o que corresponde aos profissionais de coleta informal (popularmente conhecidos como ‘catadores’).

Tabela 10 - Empresas recuperadoras e coletadores de resíduos e materiais (alumínio, metálicos, não-metálicos, plástico) em Uberlândia-MG, por Porte e CNAE

| MUNICÍPIO | ESTABELECIMENTOS (MATRIZ + FILIAL) |
|---|---|
| UBERLÂNDIA | 152 |
| PORTE | Estabelecimentos (Matriz + Filial) |
| MEI | 113 |
| ME | 31 |
| EPP | 5 |
| DEMAIS | 3 |
| CNAE | Empresas (Matriz) |
| Coleta de resíduos não-perigosos | 52 |
| Recuperação de materiais metálicos, exceto alumínio | 30 |
| Recuperação de materiais plásticos | 31 |
| Recuperação de sucatas de alumínio | 39 |

Fonte: DataSebrae (2022). Organizado por Sánchez (2022).

A partir da identificação dos 152 atores por porte e CNAE (tabela 10), e considerando o importante papel das cooperativas e associações na articulação com ‘catadores’, foi realizada uma pesquisa específica para identificar quantas associações e cooperativas atuam na cidade de Uberlândia, com o intuito de agregar estes 113 atores que se enquadram como MEI.

Tabela 11 - Associações e Cooperativas de catadores de reciclados em Uberlândia-MG

| NOME | ENDEREÇO (UBERLÂNDIA/MG) | TELEFONE | FONTE |
|---|--|-----------------|---|
| ACOPPPMAR | Anel Viário St. Norte - Distrito Industrial | (34) 3231-2292 | Google (Termo utilizado na busca: Associação de Reciclagem Uberlândia) |
| ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECICLAGEM E COLETA SELETIVA | R. Dolomita, 110 - Dona Zulmira | (34) 99186-7584 | |
| Associação Dos Catadores E Recicladores De Uberlândia – ACRU | Av. José Andraus Gassani, 510 - Minas Gerais | (34) 99650-0797 | https://www.uberlândia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos- |

| | | | |
|---|---|-----------------|---|
| Associação Dos Catadores Boa Esperança – ARBE | R. Monlevade, 1215. Daniel Fonseca | (34) 99874-6554 | municipais/dmae/ serviços- dmae/resíduos- sólidos/coleta- seletiva/ |
| Associação Dos Recicladores E Catadores Autônomos – ARCA | Av. Joaquim Ribeiro, 477 - Santa Luzia | (34) 99681-5774 | |
| Associação De Catadores De Material Reciclável Do Bairro Taiamam – ASSOTAIAMAM | R. Monlevade, 1215 - Daniel Fonseca | (34) 99280-0000 | |
| COOPERATIVA DOS RECICLADORES DE UBERLÂNDIA – CORU | R. Maria Abadia, 177 - Jardim Brasília | (34) 99798-1494 | |
| Associação Brasileira De Reciclagem E Coleta Seletiva – ABRCS | Av. Juscelino Kubitscheck, 253 - Dona Zulmira | (34) 99186-7584 | |

Fonte: Prefeitura Municipal de Uberlândia (2022) e Google (2022^a). Organizado por Sánchez (2022).

Na tabela 11 foram identificadas sete associações e uma cooperativa de catadores, das quais seis (ACRU, ARBE, ARCA, ASSOTAIAMAM, CORU e ABRCS) encontram-se cadastradas junto à Prefeitura Municipal de Uberlândia (PMU). Estas associações e cooperativa cadastradas junto à PMU recebem todos os resíduos coletados pelo programa de coleta seletiva realizada em 61 bairros do município, pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE).

Tabela 12 - Número de empresas fabricantes de equipamentos de informática em Uberlândia-MG, por Porte e CNAE

| MUNICÍPIO | ESTABELECEMENTOS (MATRIZ + FILIAL) |
|---|---|
| UBERLÂNDIA | 2 |
| PORTE | Estabelecimentos (Matriz + Filial) |
| MEI | 0 |
| ME | 1 |
| EPP | 1 |
| DEMAIS | 0 |
| CNAE | Empresas (Matriz) |
| Fabricação de equipamentos de informática (2621-3/00) | 2 |

Fonte: DataSebrae (2022). Organizado por Sánchez (2022).

A tabela 12 indica que, em Uberlândia-MG, há somente dois atores que atuam com a fabricação de equipamentos de informática. Esta pesquisa foi realizada para conhecer quantos fabricantes atuam na cidade, e que poderiam atuar no ciclo da reciclagem, conforme apontado no Diagrama da Economia Circular (figura 24).

Tabela 13 - Número de empresas comerciantes de equipamentos e suprimentos de informática em Uberlândia-MG, por Porte e CNAE

| MUNICÍPIO | ESTABELECEMENTOS (MATRIZ + FILIAL) |
|-------------------|---|
| UBERLÂNDIA | 425 |
| PORTE | Estabelecimentos (Matriz + Filial) |
| MEI | 232 |

| | |
|---|--------------------------|
| ME | 154 |
| EPP | 27 |
| DEMAIS | 12 |
| CNAE | Empresas (Matriz) |
| Comércio atacadista de equipamentos de informática | 3 |
| Comércio varejista especializado de equipamentos e suprimentos de informática | 407 |

Fonte: DataSebrae (2022). Organizado por Sánchez (2022).

A tabela 13 apresenta um levantamento do número de empresas que atuam com a venda de produtos eletroeletrônicos na cidade de Uberlândia-MG. O comerciante é um importante ator na Economia Circular pois ele é um ponto de ligação entre a indústria e o consumidor, promovendo o escoamento da produção industrial.

Tabela 14 - Número de empresas comerciantes atacadistas de resíduos em Uberlândia-MG

| MUNICÍPIO | ESTABELECEMENTOS (MATRIZ + FILIAL) |
|---|---|
| UBERLÂNDIA | 32 |
| PORTE | Estabelecimentos (Matriz + Filial) |
| MEI | 0 |
| ME | 19 |
| EPP | 6 |
| DEMAIS | 7 |
| CNAE | Empresas (Matriz) |
| Comércio atacadista de resíduos e sucatas metálicos | 15 |
| Comércio atacadista de resíduos e sucatas não-metálicos, exceto papel e papelão | 10 |

Fonte: DataSebrae (2022). Organizado por Sánchez (2022).

A proposta de identificar estes atores deve-se à possibilidade de que, em momento futuro, dentro de um ecossistema da Economia Circular na cidade de Uberlândia, eles possam atuar como ponto de ligação entre os consumidores e as indústrias de processamento de resíduos, remanufatura, reciclagem e fabricação de produtos de eletroeletrônicos que usam resíduos recicláveis, facilitando o processo da logística reversa.

Diante do levantamento realizado, no qual foram identificados os atores e o respectivo número de empresas em cada etapa do Ciclo Técnico do Diagrama do Sistema da Economia Circular proposto pela EMF, evidencia-se um ambiente denso e favorável, com mais de 1.592 empresas atuantes no município de Uberlândia, mas que atua ainda de forma autônoma, independente, sem qualquer articulação em rede.

5.2.2. Análise dos perfis dos atores locais

Após o mapeamento dos atores locais que atuam no setor de resíduos eletroeletrônicos no município, é importante analisar mais detalhadamente seus perfis à luz dos papéis, relações de poder de decisão e interesse das partes que podem compor um sistema, ou seja, uma rede colaborativa futura.

A tabela 15 estabelece relações entre as tipologias de empresas/grupos de atores identificados, suas atuações e funções, além de atribuir um nível de poder e interesses de cada grupo, tendo como base os critérios propostos por Ackermann e Eden (2011, p.183), expressos pela “Matriz de Poder & Interesse” (figura 20).

Tabela 15 – Grupo de atores x Funções x Poder e Interesse

| Grupo de Atores (empresas) | Função dos atores identificados de acordo com ciclo técnico do diagrama da EC da EMF (2013). | Poder de decisão & Interesse |
|--|--|---|
| Empresas especializadas no tratamento do REEE | Reciclar, remanufaturar, reutilizar, comercializar produtos reparados e REEE | Player (Jogadores) |
| Empresas prestadoras de serviço de manutenção e reparo de computadores e equipamentos periféricos | Reparar e recuperar produtos EEE | Sujeitos |
| Empresas recuperadoras e coletadores de resíduos e materiais recicláveis | Atuar na promoção da logística reversa do REEE | Mutirão |
| Associações e Cooperativas de catadores de reciclados em Uberlândia-MG | Articular com as empresas coletadoras, poder público, indústrias compradoras de resíduos, e com instituições de apoio, fomento e ensino superior para ter auxílio no desenvolvimento da rede e proposição de projetos e políticas públicas de incentivo ao tratamento de resíduos recicláveis. | Definidores de contexto |
| Empresas fabricante de equipamentos de informática | Implementar projeto/ações de logística reversa em parceria com o varejo e instituições sem fins lucrativos. | Definidores de contexto |
| Empresas comerciantes de equipamentos e suprimentos de informática | Atuar como intermediário da logística reversa do REEE, ou seja, ponto de coleta e comunicação de boas práticas de descarte. | Mutirão |
| Empresas comerciantes atacadistas de resíduos | Destinar corretamente todos os resíduos recicláveis, e rever o modelo de negócios avaliando a possibilidade de processar os resíduos de formar a agregar valor aos mesmos. | Sujeitos |

Fonte: Sanchez (2021). Organizado por Sánchez (2022).

Estes diferentes níveis de poder e interesses entre grupos e/ou atores participantes; de conhecimento e cultura, de visão sistêmica, de gestão, de tecnologia aplicada, e acesso a recursos e informações, configuram a visão pluralística, característica dos sistemas complexos. O atual contexto, que não possui uma rede

colaborativa estruturada e se mostra como sistema complexo, leva ao entendimento de que as relações entre os atores ocorrem de forma não organizada, ou seja, sem planejamento e visão do todo. Isto traz como consequência o não estabelecimento de objetivos comuns e compartilhados como deveria ocorrer em uma rede colaborativa.

Para que ocorra a transição de um sistema complexo para o sistema de rede colaborativa, é necessário incluir outros atores neste sistema, com o objetivo de assumirem responsabilidades/funções fundamentais que permitam operacionalizar esta mudança. Portanto, o design estratégico torna-se importante ferramenta para construção de cenários futuros, promovendo a conexão entre os atuais atores do ecossistema local, e os que compõem a rede conceitual ICoN (NUNES, 2013).

A abordagem do design estratégico viabilizaria a formação de uma rede por, ao menos, duas razões: 1) considerar os interesses e valores coletivos esperados de todos os envolvidos; e 2) e definir ações que viabilizem a concepção de cenários futuros promovendo, assim, conexões de forma estruturada. Contudo, é importante ressaltar que, nesta nova rede de local de tratamento do REEE (tabela 16), alguns atores que compõem a rede ICoN deveriam assumir funções diferentes e/ou adicionais além das apresentadas por Nunes (2013, p. 218-222).

Tabela 16 - Papéis dos potenciais atores em uma rede de tratamento de REEE

| Atores | Papel dos atores no modelo conceitual ICoN (NUNES, 2013; ZURLO E NUNES, 2016) | Papel dos atores em uma rede de tratamento de REEE |
|---|--|--|
| Universidade | Articulação com diferentes parceiros, compartilhar conhecimentos e desenvolver e apoiar propostas inovadoras | Idem |
| Instituições de apoio | Oferecer apoio técnico, operacional e econômico | Idem |
| Instituições de pesquisa e financiamento | Fornecer os meios para pesquisa e desenvolvimento de novas soluções em produtos/processos/serviços | Idem |
| Governo local | Formulação e implementação de políticas como instrumentos de desenvolvimento | Acrescentar função: criar programas de incentivos, e proposição de parcerias público privadas |
| Micro e pequenas empresas (MPEs) | Gerar soluções (produtos ou serviços, ou sistemas produto-serviço, e ações solidárias com a sociedade | Acrescentar função: propor planos de trabalhos com entidades de médio e grande porte para melhorar a captação e destinação do REEE |
| Fornecedores (varejo e atacado) | Fornecer insumos necessários às operações das MPE's | Acrescentar função: implementar campanhas e programas de logística reversa do REEE |

| | | |
|--|---|--|
| Associações comunitárias e ONGs | Atuar diretamente com a comunidade na resolução de problemas sociais | Atuar como ponto de coleta e/ou processamento do REEE, e não com a proposição de solução |
| Associações profissionais | Contribuir para a formação de membros e aumentar a relevância do trabalho | Idem |
| Escolas | Formação do capital humano, com consciência social e ambiental, e promover a colaboração e soluções criativas através do design | Idem |
| Sociedade | Propor produtos e serviços para atender às necessidades da população de baixa renda | Destinar e-lixo; Consumir produtos remanufaturados ou reconicionados; |
| Grandes empresas | (não prevista) | Repasse ou venda de e-lixo |

Fonte: Sanchez (2021). Organizado por Sánchez (2022).

Como visto, atualmente, o sistema de tratamento do e-lixo de Uberlândia-MG ocorre de maneira informal, sem qualquer regulamentação e governança, sendo operado por micro e pequenas empresas (MPEs), associações e cooperativas (tabela 6), além de parte da sociedade e da colaboração pontual de grandes empresas.

Conforme apresentado na tabela 16, para a formação de uma rede colaborativa efetiva junto ao setor de resíduos eletroeletrônicos, mais especificamente, de equipamentos de informática, a proposta deveria contemplar atores de diferentes naturezas. Em um primeiro momento, os atores seriam: universidades, instituições de apoio, instituições de pesquisa e financiamento, associações profissionais e escolas, de forma que cada uma pudesse exercer suas funções atuais e adicionais, para propiciar um ambiente ideal para a concepção de uma rede colaborativa multistakeholders para o tratamento do REEE local.

Em um segundo momento, e com o objetivo de ampliar o alcance da rede, seriam incluídos novos atores, dentre eles: Governo local, micro e pequenas empresas, fornecedores (atacado e varejo), associações comunitárias e ONGs, e sociedade. A proposta é que, além das atividades já previstas para cada um dos atores no modelo da rede ICoN, sejam acrescentadas novas funções, a saber:

- Governo local: promover políticas públicas que instituem a criação de programas de incentivos, e possibilitem parcerias público-privadas para que sejam viabilizados programas voltados ao tratamento de resíduos recicláveis;
- Micro e pequenas empresas (MPEs): trabalhar o encadeamento junto às médias e grandes empresas com o objetivo de propor ações e/ou programas coordenados de logística reversa para melhorar a captação e destinação do REEE;

- Fornecedores (atacados e varejos): assim como as MPEs, implementar campanhas e programas de logística reversa do REEE, contudo, de forma integrada com as indústrias (fabricantes) dos equipamentos eletroeletrônicos;
- Associações comunitárias e ONGs: assumir a função de ponto de coleta de REEE com objetivo de auxiliar na conscientização dos geradores destes resíduos (pessoa física ou jurídica) a realizar o descarte correto. Tal função permitiria ainda a criação de uma nova fonte geradora de receita para estes atores a partir do processamento dos resíduos para torná-los matéria-prima para outro setor, conforme proposto pela EMF (figura 10).
- Sociedade: Destinar o REEE de forma correta a fim de reduzir os prejuízos ambientais, econômicos e sociais do descarte incorreto, e popularizar o consumo de produtos remanufaturados ou recondicionados,

6. CONCLUSÃO

O problema estudado nesta dissertação é de grande relevância pois, além de confirmar que a geração de REEE tem crescido de forma considerável nos últimos anos (a nível nacional e global), também atesta a inexistência de uma rede colaborativa no município de Uberlândia. Considerando a relevância do município na região do Triângulo Mineiro e no estado de Minas Gerais, a organização do ecossistema local por meio de uma governança colaborativa poderia contribuir não somente para a redução do impacto ambiental gerado pelo setor, mas também para a criação de oportunidades de emprego e renda, tornando-se modelo para outras localidades.

Destaca-se ainda a contribuição da pesquisa para a identificação da existência de um denso ecossistema local de tratamento do REEE (tabela 6), realizada por meio do mapeamento de atores atuantes com o tratamento destes resíduos. Após a realização do mapeamento dos atores que compõem o atual ecossistema local de tratamento do REEE, foi possível concluir que há atores atuantes em todas as etapas do ciclo técnico proposto pela EMF (2013, p. 24). Isto indica que, embora a atuação ocorra ainda de forma desarticulada, há uma ambiência promissora para o estabelecimento de uma rede colaborativa para tratar o e-lixo. Ressalta-se, porém, a necessidade de inclusão de outros atores, conforme apontado na tabela 16.

O estudo do atual contexto do ecossistema local também permitiu concluir que ele se caracteriza como um sistema complexo, tanto em função dos diferentes níveis de conhecimento (técnico e científico) quanto de acesso a recursos (financeiros e técnico-tecnológicos). Outro ponto identificado, e que pode influenciar na complexidade do atual ecossistema, é a ausência de uma legislação local para o setor de eletroeletrônicos, considerado fundamental para regulamentar práticas circulares conforme estudado nos itens 2.2 e 2.3.

Diante deste cenário, pode-se afirmar também a importância do estabelecimento de parcerias público-privadas, não somente para colocar em prática as ações, mas para dar visibilidade ao tema. Parcerias dessa natureza contribuiriam para esclarecer, de forma ampla, ao tecido empresarial e ao governo local, sobre os ganhos imediatos (financeiros, sociais, mercadológicos e ambientais) possíveis de se alcançar com a adoção de práticas da Economia Circular em suas respectivas

estratégias empresariais. Esta atuação poderia ser uma iniciativa de uma governança colaborativa, composta por representantes de todos os setores indicados na tabela 16. Essa composição poderia garantir maior representatividade do segundo e terceiro setores junto ao setor público no momento da elaboração de políticas públicas de fomento à adoção de estratégias e práticas circulares para o tratamento de resíduos eletrônicos, e demais recicláveis.

Um ponto importante nos estudos realizados sobre estratégias circulares, foi compreender que as propostas apresentadas por PwC (2019), Potting et. al (2017), Konietzko et. al. (2020), Manzini e Vezzoli (2002), possuem um caráter modular, ou seja, podem ser implementadas em partes, diminuindo o grau de complexidade para a implementação de uma futura rede. Além disso, essa complexidade pode ser reduzida também com ações em pontos de alavancagem específicos, conforme proposto por Meadows (1999), orientadas por uma visão sistêmica estabelecida a partir de cenários construídos com o suporte do Design Estratégico.

Diante da complexidade do contexto estudado, o design estratégico se configura como ferramenta capaz de viabilizar a conexão entre os atores de uma rede potencial, a partir da visualização de cenários futuros, que incluem ainda a identificação de barreiras a serem superadas, auxiliando na identificação de ações que promovam, gradualmente, o desenvolvimento econômico sustentável local. Ou seja, o DE é uma abordagem transversal que consegue contribuir tanto na elaboração de estratégias para a estruturação de uma rede, quanto de uma governança, a fim de que haja um ambiente que dê perenidade sustentável para uma futura rede colaborativa para o tratamento de REEE.

6.1. Pesquisas futuras

Esta pesquisa objetivou compreender como desenhar uma rede capaz de gerar valor para todos os envolvidos, além de identificar como criar estratégias para promover uma colaboração mútua entre os participantes.

Esta colaboração seria uma prática para estimular, principalmente as MPEs, a reverem seus modelos de negócios, a fim de adquirirem capacidade de inovação para gerar mais valor para si e para o meio ambiente. Desta forma, um dos encaminhamentos de pesquisa futura é fazer uma análise/diagnóstico para

compreender os atuais de modelos de negócios e seus respectivos potenciais atuais e futuros.

No que diz respeito à implementação de uma rede colaborativa para tratamento do REEE na cidade de Uberlândia-MG, após o mapeamento realizado, está evidente que existe um cenário favorável para sua execução futura, especificamente no que diz respeito às categorias e ao número de atores identificados. Contudo, é importante que seja desenvolvida uma pesquisa de campo, com uma amostra dos atores mapeados, e com aqueles propostos pela rede ICoN (universidades, instituições de apoio e fomento, dentre outros), para validar o interesse de participação em uma rede colaborativa local, sob a percepção de cada grupo.

O principal objetivo destas pesquisas, além de divulgar novas possibilidades de atuação, investimento e ação é, principalmente, o de criar um consenso entre os interesses dos potenciais atores de uma futura rede e, a partir do design estratégico, criar um plano de ação com viabilidade técnica, operacional e financeira, capaz de viabilizar a sua implementação.

7. REFERÊNCIAS

- ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Desenho Setorial. Comportamento da Indústria Elétrica e Eletrônica em 2021**. Disponível em: <[http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm#:~:text=O%20faturament o%20da%20ind%C3%BAstria%20eletroeletr%C3%B4nica,o%20incremento%20foi%20de%205%25.](http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm#:~:text=O%20faturament%20da%20ind%C3%BAstria%20eletroeletr%C3%B4nica,o%20incremento%20foi%20de%205%25.)>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- ACKERMANN, F.; EDEN, C. **Strategic Management of Stakeholders: Theory and Practice**. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/222804628>>. Acesso em 13 ago. 2022
- AGÊNCIA BRASIL. **Agência Brasil explica: como é o descarte correto do lixo eletroeletrônico**. Além de computador e celular, resíduos incluem eletrodomésticos. 2021. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-05/agencia-brasil-explica-como-e-o-descarte-correto-do-lixo-eletronico>>. Acesso em: 22 ago. 2021.
- AGÊNCIA BRASIL a. **Brasil é o quinto maior produtor de lixo eletrônico**. 2021a. Disponível em <<https://istoe.com.br/brasil-e-o-quinto-maior-produtor-de-lixo-eletronico/>>. Acesso em: 13 ago. 2022.
- ALMAN, David. **Using Systems Thinking to improve organizations**. 2014. Disponível em: <<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFPbnxwcm92ZW50aXZlc29sdXRpb25zfGd4OjFjMTEzODgwMWJINzY2NTE>>. Acesso em: 15 jul. 2022.
- ALMEIDA, T. B. H.; DIEHL, M. R. **O Design estratégico e a sustentabilidade no desenvolvimento de embalagens: Case Natura Sou**. P. 4761-4775. In: Anais do 13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design (2018). São Paulo: Blucher, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5151/ped2018-5.3_ACO_07>. Acesso em: 04 de jul. 2021.
- ANDRADE, A. L.; SELEME, A; RODRIGUES, L. H.; SOUTO, R. **Pensamento Sistêmico: caderno de campo: o desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade**. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- ANSELL, C.; GASH, A. **Collaborative Governance in Theory**. 2008. Journal of Public Administration Research and Theory. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/31311629>>. Acesso em: 05 abr. 2021.
- BALDÉ, C.P., FORTIV., GRAY, V., KUEHR, R., STEGMANN, P.: **The Global E-waste Monitor – 2017, United Nations University (UNU)**, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna. Disponível em <<https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/Global-E-waste%20Monitor%202017%20.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2020.
- BAPTISTA, R. **Pandemia atrasa fabricação de peças, e isso vai encarecer novos eletroeletrônicos**. São Paulo, 2021. Disponível em: <<https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2021/01/19/falta-de->

semicondutores-deve-manter-alta-de-precos-dos-eletronicos-em-2021.htm?cmpid=copiaecola>. Acesso em: 22 ago. 2021

- BHAMRA, T.; LOFTHOUSE, V. **Design for Sustainability - A Practical Approach**. Inglaterra: Gower, 2007.
- BARAN, P. **About Distributed Communications: Introduction to Distributed Communications Networks**. Santa Mônica: The Rand Corporation, 1964
- BARAN, P. **Em Comunicações Distribuídas - I. Introdução às Redes de Comunicações Distribuídas**. 1964. Disponível em: <https://www.rand.org/pubs/research_memoranda/RM3420.html>. Acesso em: 30 jul. 2022.
- BIRKELAND, J. **Design for Sustainability: A Sourcebook of Integrated Ecological Solutions**. Reino Unido: Taylor & Francis, 2012.
- BRASIL, Casa Civil. **Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 25 de jul. 2021
- BRAUNGART, M; MCDONOUGH, W. **Cradle to cradle: criar e reciclar ilimitadamente**. Tradução: Frederico Bonaldo. 1º Ed. São Paulo: Editora G. Gili, 2013
- BRAUNGART.COM. **C2C Design Concept**. Disponível em: <<http://braungart.epea-hamburg.org/en/content/c2c-design-concept>>. Acesso em: 14 ago. 2021.
- BRITO, M. P.; DEKKER, R. **A Framework for Reverse Logistics**. Erasmus Research Institute of Management (ERIM): 2003. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/A-Framework-for-Reverse-Logistics-Brito-Dekker/908245338b5ea52ca84bb8c7d469886366a9c080>>. Acesso em: 24 jul. 2021.
- BRUNDTLAND, G. H. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. 1987, P. 16. Disponível em <<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2020.
- BUCHANAN, R. **Design Research and the New Learning**. Design Issues 17 (2001): 3-23. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2001. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Design-Research-and-the-New-Learning-Buchanan/4895003f4a07f741baaa01083976861ee4db15b6>>. Acesso em: 10 de jun. 2021
- BURKHARDT, Hugh. **On Strategic Design**. Educational Designer, 1(3). Journal of the international society for design and development in education.
- CAMARINHA-MATOS L.M., AFSARMANESH H. **Collaborative Networks**. In: Wang K., Kovacs G.L., Wozny M., Fang M. (eds) Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management. PROLAMAT 2006. IFIP International Federation for Information Processing, vol 207. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/0-387-34403-9_4. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F0-387-34403-9_4.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2021.

- CAPUCCIO, M.; SILVA, R. da C.; ALVES, T. N.; CARVALHO, C. A.; FERNEDA, E.; GUARDA, G. F. **Logística reversa para lixo eletroeletrônico**. Revista GCTI 3(1):1-16, 2019. ISSN: 2526-8384. Disponível em: <<https://doi.org/10.31501/rgcti.v3i1.12943>>. Acesso em: 24 jul. 2021.
- CARAYANNIS, E., CAMPBELL, D. **Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How Do Knowledge, Innovation and the Environment Relate To Each Other?: A Proposed Framework for a Trans-disciplinary Analysis of Sustainable Development and Social Ecology**. International Journal of Social Ecology and Sustainable Development, 41-69, 2010. <https://doi.org/10.4018/jsesd.2010010105>. Acesso em: 10 jul. 2021.
- CE100 BRASIL. **UMA ECONOMIA CIRCULAR NO BRASIL: Uma abordagem exploratória inicial**. 2017. Disponível em: <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/languages/Uma-Economia-Circular-no-Brasil_Uma-Exploracao-Inicial.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2022.
- CESCHIN, F.; GAZIULUSOY, İ. Evolution of design for sustainability: From product design to design for system innovations and transitions. 2016. Design Studies. 47. 10.1016/j.destud.2016.09.002. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/308340241>>. Acesso em 05 ago. 2022.
- CHENGCHENG, H. **Life Cycle Eco-design of Biodegradable Packaging Material**. 29th CIRP Life Cycle Engineering Conference. Procedia CIRP, 679-68, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.113>. Acesso em: 14 mar. 2022.
- CNI, Confederação Nacional das Indústrias. **Pesquisa sobre economia circular 2019**. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/pqt-pesquisa-sobre-economia-circular-2019/>>. Acesso em: 20 ago. 2021.
- COOPER, T. **Critical Management, Critical Systems Theory And System Dynamics**. 2003. Disponível em: <<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.508.6840&rank=2&q=Critical%20systems%20theory&osm=&ossid=>>. Acesso em: 15 jul. 2022.
- DATA SEBRAE. **Empresas**. Disponível em: <<https://datasebraeindicadores.sebrae.com.br/resources/sites/data-sebrae/data-sebrae.html#/Empresas>>. Acesso em: 18 mar. 2022.
- DIÁRIO DE UBERLÂNDIA. **O que parece lixo pode ser reciclado e voltado para indústria**. 2017. Disponível em: <<https://diariodeuberlandia.com.br/noticia/12603/o-queparece-lixo-pode-ser-reciclado-e-voltar-para-a-industria>>. Acesso em: 12 ado. 2022
- DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JÚNIOR, J. A. V. A. **Design Science Research: Método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia** [recurso eletroeletrônico]. Porto Alegre: Bookman, 2015. E-pub
- EDMAN, K. W. **Service Design A Conceptualization of an Emerging Practice**. Gotemburgo: Intellecta Infolog AB, Källered 2011
- EICHENBERG, C. H.; REYES, P. E. B. **INOVAÇÃO SOCIAL – Arquitetura da rede ideia**. 11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, Blucher Design Proceedings, Volume 1, 2014, Pages 2755-2766, ISSN 2318-

6968. Disponível em: <<https://doi.org/10.5151/designpro-ped-01452>>. Acesso em: 30 jul. 2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Conceito. O que é uma economia circular? Uma estrutura para uma economia que é restaurativa e regenerativa por design.** Disponível em <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>>. Acesso em: 19 jul. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Rumo à Economia Circular: O racional de negócio para acelerar a transição.** 2015. Disponível em: <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-%C3%A0-economia-circular_SumarioExecutivo.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy - Economic and business rationale for an accelerated transition.** 2013. Disponível em: <https://www.werktrends.nl/app/uploads/2015/06/Rapport_McKinsey-Towards_A_Circular_Economy.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Concept. What is a circular economy? A framework for an economy that is restorative and regenerative by design.** 2016. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>>. Acesso em: 19 jul. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Circular Economy.** Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular/conceito>>. Acesso em: 30 abr. 2021.

EXAME. **Investimento sustentável ganha fôlego no Brasil.** Disponível em: <<https://exame.com/esg/investimento-sustentavel-ganha-folego-no-brasil/>>. Acesso em 10 ago. 2022.

FIERRO, D.; PUTINO, S.; TIRONE, L. **The Cynefin Framework and Technical Competencies: a New Guideline to Act in the Complexity.** 2018. INCOSE International Symposium. 28. 532-552. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/j.2334-5837.2018.00498.x>>. Acesso em: 17 jul. 2022.

FORTI, V; BALDÉ, C. P.; KUEHR, R.; BEL, G. **The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential.** United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam. Disponível em <https://collections.unu.edu/eserv/UNU:7737/GEM_2020_def_july1.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2020.

FISCHER-LESCANO, A. **Critical systems theory.** 2011. Disponível em: <<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.911.7672&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2022.

FISCHER-LESCANO, A. **The critical theory of systems of the Frankfurt school.** 2010 Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0101-33002010000100009>>. Acesso em: 15 jul. 2022.

FORTI V., BALDÉ C.P., KUEHR R. **E-waste Statistics: Guidelines on Classifications, Reporting and Indicators, second edition.** United Nations University, ViE – SCYCLE, Bonn, Germany: 2018 Disponível em:

<<https://publications.globalewaste.org/v1/file/255/E-waste-statistics-guidelines-on-classification-reporting-and-indicators.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2021.

- FRANZATO, C.; REYES, P. **Design estratégico aplicado: uma experiência colaborativa entre universidade e empresa**. Porto Alegre: Escola de Design Unisinos, 2014.
- FREIRE, A. S.; NERY, S. M. **A economia circular e o cenário no Brasil e na Europa**. XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/329550605_A_ECONOMIA_CIRCULAR_E_O_CENARIO_NO_BRASIL_E_NA_EUROPA>. Acesso em: 18 fev. 2020.
- FREIRE, K. de M. **Inovação social dirigida pelo design**, p. 111 -124. In: Ecovisões projetuais: pesquisas em design e sustentabilidade no Brasil. São Paulo: Blucher, 2017. <https://doi.org/10.5151/9788580392661-10>
- FREIRE, K. de M.; DEL GAUDIO, C.; FRANZATO, C. **Estratégias de design em ecossistemas criativos de inovação social**. IFDP`16 - Systems & Design: Beyond Processes and Thinking Universitat Politècnica de València, Spain, 2016, p.645. Disponível em <<http://ocs.editorial.upv.es/index.php/IFDP/IFDP/paper/viewFile/3289/2121>>. Acesso em: 08 ago. 2020.
- FREIRE, K. de M.; ARAÚJO, R. Z. **Design estratégico e cultura de sustentabilidade na moda: O caso Colibrii**. 13º Colóquio de Moda – UNESP, Bauru-SP, 2017. Disponível em <http://www.coloquiomoda.com.br/anais/Coloquio%20de%20Moda%20-%202017/GT/gt_10/gt_10_Design_Estrategico_e_cultura%20.pdf <<http://ocs.editorial.upv.es/index.php/IFDP/IFDP/paper/viewFile/3289/2121>>. Acesso em: 08 ago. 2020.
- FURTADO, B. A.; SAKOWSKI, P. A. M.; TÓVOLLI, M. H. **Modelagem de sistemas complexos para políticas públicas**. Brasília: IPEA, 2015.
- GEREFFI, G., & FERNANDEZ-STARK, K. **Global Value Chain Analysis: A Primer**. Duke. Center on Globalization, Governance e Competitiveness at the Social Science Research Institute, Duke CGGC, Durham, 2016. Disponível em: <https://gvcc.duke.edu/wp-content/uploads/Duke_CGGC_Global_Value_Chain_GVC_Analysis_Primer_2nd_Ed_2016.pdf>. Acesso em: 1 mai. 2021.
- GHEDIN, R. **Efeitos da pandemia: Eletroeletrônicos já estão 30,7% mais caros no Brasil**. 2020. Disponível em: <<https://manualdousuario.net/pandemia-aumento-precos-brasil/>>. Acesso em: 11 jul. 2020.
- GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª ed. Editora Atlas S. A.. São Paulo. 2002.
- GLOBAL WASTE. **Global e-waste statistics partnership**. 2017. Disponível em: <<https://globalewaste.org/map/>>. Acesso em: 18 jul. 2020.
- GLOBAL WASTE. **Global e-waste statistics partnership**. 2019. Disponível em: <<https://globalewaste.org/map/>>. Acesso em: 18 jul. 2020.

- GOLSBY-SMITH, T. **Fourth Order Design: A Practical Perspective**. Design Issues, Vol. 12, No. 1, pp. 5-25. Massachusetts: Spring, 1996. <https://doi.org/10.2307/1511742>
- GOOGLE Trends. Disponível em: < <https://bit.ly/3klDdMm>>. Acesso em: 10 ago. 2020.
- GOOGLE. **Empresas de reciclagem de resíduo eletrônicos Uberlândia**. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=empresa+de+reciclagem+de+residuo+eletronicos+uberlandia&rlz=1C1GCEU_pt-BRBR1000BR1000&oq=empresa+de+reciclagem+de+residuo+eletronicos+uberlandia&aqs=chrome..69i57j0i546l3.12494j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>. Acesso em: 1 mai. 2022.
- GOOGLEa. **Associação de Reciclagem Uberlândia**. Disponível em: < https://www.google.com/search?q=Associa%C3%A7%C3%A3o+de+Reciclagem+Uberl%C3%A2ndia&rlz=1C1GCEU_pt-BRBR1000BR1000&oq=Associa%C3%A7%C3%A3o+de+Reciclagem+Uberl%C3%A2ndia&aqs=chrome..69i57.265j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>. Acesso em 31 mar. 2022.
- GOMES, L.; BUENO, R. K.; CREPALDI, M.; BOLZE, S. **The Origins of the Systemic Thinking: From the parts to the whole**. 2014. 18. 3-16. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/279194544>>. Acesso em: 12 jul. 2022.
- HOFFMANN, C. **As redes sociais digitais e o capital social nas organizações: conhecimento atual e referências iniciais**. Revista Alcance. 2015. Vol. 21, N.3., P.469-499. Disponível em: <<https://doi.org/10.14210/alcance.v21n3.p469-499>>. Acesso em: 31 jul. 2022.
- INFOR CHANNEL. **Estudo da IDC Brasil conclui que mercado brasileiro de PCs cresceu 37% em 2021**. Disponível em: <<https://inforchannel.com.br/2022/04/07/estudo-da-idc-brasil-conclui-que-mercado-brasileiro-de-pcs-cresceu-37-em-2021/>>. Acesso em: 17 abr. 2022.
- JACKSON, M. C. **Critical Systems Thinking and Practice**. 2001. European Journal of Operational Research. 128. 233-244. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00067-9](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00067-9)>. Acesso em: 17 jul. 2022.
- JESUS, D. S. V. **Economia criativa e sustentabilidade: desafios e oportunidades**. In: QUARESMA, Débora Maria de Macero; VALENTE, Patrícia Soldatelli. No contínuo da sustentabilidade. Paraná: Appris, 2018.
- KINDER, T.; STENVALL, J.; SIX, F.; MEMON, A. **Relational leadership in collaborative governance ecosystems**. Public Management Review, 2021, disponível em: <<https://doi.org/10.1080/14719037.2021.1879913>>. Acesso em: 2 mai. 2021.
- KONIETZKO, J.; BOCKEN, N.; HULTINK, E. J. **A Tool to Analyze, Ideate and Develop Circular Innovation Ecosystems**. *Sustainability* 2020, 12, 417. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su12010417>>. Acesso em: 22 ago. 2021
- KORHONEN, J.; NUUR, C.; FELDMANN, A.; BIRKIE, S. E. **Circular economy as an essentially contested concept**. Journal of Cleaner Production, V. 5, 2018,

- p.544-552, ISSN 0959-6526. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.111>>. Acesso em: set. 21 ago. 2021.
- LADYMAN, J.; LAMBERT, J.; WIESNER, K. **What is a complex system?** 2013. European Journal for Philosophy of Science. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/50210075>>. Acesso em: 17 jul. 2022.
- LEITE, P. R. **Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005
- LIMA, A. F. de O.; SABIÁ, R. J.; TEIXEIRA, R. N. P.; JÚNIOR, F. de A. V. S. **Gestão de resíduos eletroeletrônico e seus impactos na poluição ambiental**. Latin American Journal of Business Management. v. 6, n. 2, p. 109-126, jan-jun/2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/343426471_GESTAO_DE_RESIDUOS_ELETROELETRONICOS_E_SEUS_IMPACTOS_NA_POLUICAO_AMBIENTAL>. Acesso em: 24 jul. 2015
- MANZINI, E. **Design para a inovação social e sustentabilidade: comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais**. Rio de Janeiro, Brasil: E-papers, 2008 (Cadernos do Grupo de Altos Estudos; v.1).
- MANZINI, E; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis – Os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: Editora da Universidade. 2002.
- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- MARTINS, P. G; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 7ª. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.
- MARU, Yiheyis; WOODFORD, Keith. **Enhancing Emancipatory Systems Methodologies for Sustainable Development**. 2001. Systemic Practice and Action Research. 14. 61-77. Disponível em: <<https://doi.org/10.1023/A:1009535710891>>. Acesso em: 17 jul. 2022.
- MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Towards a sustaining architecture for the 21st century: the promise of cradle-to-cradle design. Sustainable building and construction**. UNEP Industry and Environment April – September 2003.
- MEADOWS, D. H. **Leverage Points. Places to interative in a System**. Hartland: The Sustainability Institute, 1999. Disponível em: <http://donellameadows.org/wp-content/userfiles/Leverage_Points.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2022.
- MEADOWS, D. H. **Thinking in System**. London: Earthscan, 2009.
- MENDONÇA, B. R. de C.; NEVES, D. B. S. **Metadesign e Sustentabilidade em Redes: Complexidade e construção de sentido**. 2016. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/330894820>>. Acesso em: 30 jul. 2022.
- MERONI, A. **Strategic design: where are we now? Reflection around the foundations of a recent discipline**. Strategic Design Research Journal, 1(1):31-38 julho-dezembro, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.4013/sdrj.20081.05>>. Acesso em: 15 jul.2022.

- MIDGLEY, G. L.; FISCHER-LESCANO, A. **What is this thing called CST?** In book: *Critical Systems Thinking* (pp.11-24), 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-0-585-34651-9_1>. Acesso em: 15 jul. 2022
- MILAGRES, R.; SILVA, S.; REZENDE, O. **Governança Colaborativa. Em Debate CONASS - Governança Regional das Redes de Atenção à Saúde.** 1ª ed. Brasília: Conselho Nacional de Secretário de Saúde – CONASS, 2016, p. 15-48. Acesso em: 2 mai. 2021.
- MINAYO, M. C. de S. **Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade.** 18 ed. Petrópolis: Vozes, 2001.
- MINAYO, M. C. de S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde.** 14ª ed. São Paulo: Hucitec, 2014
- NERY, S. M.; FREIRE, A. S. **A economia circular e o cenário no Brasil e na Europa.** XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.14488/ENEGEP2017_TN_STO_248_434_33222>. Acesso em: 11 jun. 2021
- NUßHOLZ, J. L. K. **A circular business model mapping tool for creating value from prolonged product lifetime and closed material loops.** *Journal of Cleaner Production*, 197, 2018. Disponível em: <[10.1016 / j.jclepro.2018.06.112](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.112)>. Acesso em: 10 fev. 2021.
- NUNES, I. C.; SOUSA, A. L. de; FAGUNDES, A. B.; PEREIRA, D.; CORDEIRO, N. R.; BEUREN, F. H. **Impactos Sociais, Ambientais e Econômicos do Lixo Eletroeletrônico: Uma revisão na literatura visando um Sistema Produto-Serviço.** 27º SIC UDESC, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.14488/ENEGEP2017_TN_STO_242_405_34174>. Acesso em: 05 ago. 2021.
- NUNES, V. G. A. **DESIGN PILOT PROJECT AS A BOUNDARY OBJECT: a strategy to foster sustainable design policies for Brazilian MSEs.** Milão: Thesis (Doctoral Program in Design) - Politecnico di Milano, 2013.
- OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.. **Business Model Generation – Inovação em modelo de Negócios: um manual para visionários, inovadores revolucionários.** Rio de Janeiro: Alta books, 2011.
- ONU, Organização das Nações Unidas. **Agenda 2030 ONU.** Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Disponível em <<https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>>. Acesso em: 18 jul. 2020.
- PARAJULY, K.; KUEHR, R.; AWASTHI, A. K.; FITZPATRICK, C.; LEPAWSKY, J.; SMITH, E.; WIDMER, R.; ZENG, X. **Future e-waste scenarios.** StEP Initiative, UNU ViE-SCYCLE, and UNEP IETC, 2019. Disponível em: <https://www.step-initiative.org/files/_documents/publications/FUTURE%20E-WASTE%20SCENARIOS_UNU_190829_low_screen.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2020.
- PAZMINO, A. V. **Uma reflexão sobre Design Social, Eco Design e Design Sustentável.** 1º International Symposium on Sustainable Design | 1º Simpósio Brasileiro de Design Sustentável. Curitiba: 2007. Disponível em:

<<https://naolab.nexodesign.com.br/wp-content/uploads/2012/03/PAZMINO2007-DSocial-EcoD-e-DSustentavel.pdf>>. Acesso em: 31 jul. 2021.

- PÉREZ, D.; HANDS, D.; MCKEEVER, E.; WHITHAM, R. **Design within Social Entrepreneurship: A Framework to reveal the use of Design in interdisciplinary spaces**. The Design Journal. 22. 229-241. (2019). Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/14606925.2019.1595861>>. Acesso em 12 jul 2022.
- PERKINS, D. N.; DRISSE, M.N. B.; NXELE, T.; SLY, P. D. **E-Waste: A Global Hazard**. Annals of Global Health, 2014; 80:286-295. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aogh.2014.10.001>>. Acesso em: 11 ago. 2022.
- PLANALTO. **LEI COMPLEMENTAR Nº 123, DE 14 DE DEZEMBRO DE 2006**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp123.htm>. Acesso em: 30 mar. 2022.
- POTTING, J.; HEKKERT, M.; WORRELL, E.; HANEMAAIJER, A. **Circular economy: Measuring innovation in the product chain**. Disponível em: <<https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2022.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂDIA. **DMAE – Coleta Seletiva**. Disponível em: <<https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/servicos-dmae/residuos-solidos/coleta-seletiva/>>. Acesso em: 30 mar. 2022.
- PRETO, S.; FIGUEIREDO, L. **O pensamento sistêmico como ferramenta organizacional da gestão de design nos grupos produtivos econômicos solidários**. Londrina: 2012, Projética. Disponível em: <<https://doi.org/10.5433/1981-8920.2012v3n1p63>>. Acesso em: 17 jul. 2022.
- PWC. **The road to circularity - Why a circular economy is becoming the new normal**. 2019. Disponível em <<https://www.PwC.nl/en/assets/documents/PwC-the-road-to-circularity-en.pdf>>. Acesso em: 4 mai. 2021.
- RODRIGUES, J. A.; FENZL, N.; FLORES, M. do S. A.; BITTENCOURT, M. T.; BASTOS, R. Z. **Logística reversa e leis ambientais no Brasil**. P2P E INOVAÇÃO, 2021. V.7. Disponível em: <<https://doi.org/10.21721/p2p.2021v7n1.p169-185>>. Acesso em: 24 jul. 2021.
- ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices**. Reverse Logistics Executive Council. 1998
- ROSHELLE, J.; TEASLEY, S. D. **The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving**. Vol. 128. Springer, Berlim, Heidelberg, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-85098-1_5>. Acesso em: 1 mai. 2021.
- ROTHER, E. **Revisão sistemática X revisão narrativa**. Acta Paulista de Enfermagem [online], 20, N.2, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-21002007000200001>>. Acesso em: 10 jul. 2021.
- SANT'ANNA, L. T. **A gestão dos resíduos eletroeletrônicos no Brasil e no mundo: Legislações, práticas, e formas de cooperação interorganizacionais**. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2014, p.253

- SANTOS, M. F. A.; SANTOS, M. A.; MARQUES, H. R. **O Pensamento Sistêmico de Bert Hellinger como instrumento para o desenvolvimento da humanidade.** Novembro 2019 - ISSN: 1988- 7833 Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/338224999>>. Acesso em: 11 jul. 2022.
- SANTOS, M. de M.; COELHO, G. M.; SANTOS, D. M.; FILHO, L. F. **Prospecção de tecnologias de futuro: métodos, técnicas e abordagens.** Parcerias Estratégicas, n. 19, p. 189-229, dez. 2004. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/253/247>. Acesso em: 04 jul. 2021.
- SEBRAE. **Estudos e Pesquisas.** Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/estudos_pesquisas/quem-sao-os-pequenos-negociosdestaque5,7f4613074c0a3410VgnVCM1000003b74010aRCRD>. Acesso em: 30 mar. 2022.
- SEVALDSON, B. **Redesigning Systems Thinking.** 2017. Vol. 10 No. 1 (2017): Relating Systems Thinking and Design III. Special Issue. FormAkademisk, 10(1). Disponível em: <<https://doi.org/10.7577/formakademisk.1755>>. Acesso em: 12 jul. 2022)
- SCHÄFER, M.; LÖWER, M. **Ecodesign - A Review of Reviews.** Sustainability 2021, 13, 315. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su13010315>>. Acesso em: 01 abr. 2022.
- SHIBAO, F. Y.; MOORI, R. G.; SANTOS, M. R. **A logística reversa e a sustentabilidade empresarial.** XIII SEMEAD - Seminários em Administração, set. 2010. Disponível em: <<http://sistema.semead.com.br/13semead/resultado/trabalhosPDF/521.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2021.
- SINHA, M.; FUKEY, L. **Circular Economy - Assessing a Progress of Resources Efficient Practices in Hotel Industry.** Em Circular Economy for the Management of Operations (1ª ed., p. 294). Boca Raton: CRC Press, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1201/9781003002482-5>>. Acesso em: 01 mai. 2021.
- SNOWDEN, D. **Complex acts of knowing – paradox and descriptive self-awareness.** 2022. Special Issue Journal of Knowledge Management. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/241660493>>. Acesso em 16 jul 2022.
- STOWELL, F. **Soft, Not Vague: On Peter B. Checkland, Systems Thinking, Systems Practice – A 30 years Retrospective (1981/1999).** 2016 Frank Stowell. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/285735818>>. Acesso em 10 jul. 2022.
- SZIGETHY, L.; ANTENOR, S. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos.** 2020. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>>. Acesso em: 10 jul. 2022.

- TOZETTO, C. **Quarentena elevou a venda de eletroeletrônico em até 85%, diz consultoria.** Portal Economia IG. Disponível em: <<https://economia.ig.com.br/2020-04-17/quarentena-elevou-a-venda-de-eletroeletronicos-em-ate-85-diz-consultoria.html>>. Acesso em: 25 jul. 2020.
- ULRICH, W. **A Brief Introduction to Critical Systems Heuristics (CSH).** 2005. Disponível em: <https://projects.kmi.open.ac.uk/ecosensus/publications/ulrich_csh_intro.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022.
- UGARTE, D. **O Poder das Redes: manual ilustrado para pessoas, organizações e empresas, chamadas a praticar o ciber ativismo.** 1. edição. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.
- ULRICH, W.; REYNOLDS, M. **Critical Systems Heuristics.** 2010. Systems Approaches to Managing Change: A Practical Guide. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-809-4_6>. Acesso em: 21 jul. 2022.
- UNIÃO EUROPEIA. **Renewed Sustainable Development Strategy, 2006.** Council of the European Union. No. 10117/06, Bruxelas. Disponível em: <<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST%2010917%202006%20INIT/EN/pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2022.
- VANDENBROECK, P. **Systems thinking and four forms of complexity.** 2015. Disponível em: <https://shiftn.com/_uploads_pdf/shiftN_WP_Systems-Thinking_Web-kopie.pdf>. Acesso em 10 jul 2022.
- VALLET, F.; EYNARD, B.; MILLET, D.; MAHUT, S. G.; TYL, B.; BERTOLUCI, G. **Using eco-design tools: An overview of experts practices.** Design Studies. Volume 34, Issue 3, 2013, Pages 345-377. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.destud.2012.10.001>>. Acesso em: 31 jul. 2021.
- VEZZOLI, C. **System Design for Sustainability - Theory, methods and tools for sustainable "satisfatcion-system" design.** Milano: Maggioli, 2007
- VEZZOLI, C; KOHTALA, C.; SRINIVASAN, A.; DIEHL, J. C.; FUSAKUL, S. M.; XIN, L.; SATEESH, D. **Product-Service System Design for Sustainability.** New York: Greenleaf Publishing Limited, 2014.
- VOETS, J., BRANDSEN, T., KOLIBA, C., & VERSCHUERE, B. **Collaborative Governance.** Oxford: Oxford Research Encyclopedia of Politics, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228637.013.1419>>. Acesso em: 1 jul. 2021.
- WESTERLO, B. V.; KETELAARS, J.; RODERS, A. P. **Cradle to Cradle-Rehabilitation of Industrial Heritage. The opportunities for Cradle to Cradle in the Netherlands.** International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development, 2012, 2(3):195-200. Disponível em: <<https://doi.org/10.5390/SUSB.2011.2.3.195>>. Acesso em: 2 jul. 2021.
- XAVIER, G. P. **Da Mineração Urbana à Economia Circular: Estimativa do valor agregado aos metais advindos dos resíduos eletroeletrônicos gerados em Uberlândia- MG.** Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Uberlândia. 2021. Disponível em:

<<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/34886/1/Minera%C3%A7%C3%A3oUrbanaEconomia.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2022.

ZURLO, F. **Design strategico - Una parola-problema.** (Treccani, Ed.) Istituto della Enciclopedia Italiana fondata da Giovanni Treccani S.p.A., 2010. Disponível em: <[https://www.treccani.it/enciclopedia/design-strategico_\(XXI-Secolo\)](https://www.treccani.it/enciclopedia/design-strategico_(XXI-Secolo))>. Acesso em: 4 abr. 2021.

ZURLO, F.; NUNES, V. G. A. **Designing pilot projects as boundary objects a Brazilian case study in the promotion of sustainable design.** Springer, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23141-9_5>. Acesso em: 04 mar. 2021.