

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
UNIDADE DE PÓS-GRADUAÇÃO, EXTENSÃO E PESQUISA
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E TECNOLOGIA EM
SISTEMAS PRODUTIVOS

JANAÍNA DE SOUZA LEITE

ECOLOGIA INDUSTRIAL:
o uso sustentável da madeira como coproduto

São Paulo
Junho de 2020

JANAÍNA DE SOUZA LEITE

ECOLOGIA INDUSTRIAL:
o uso sustentável da madeira como coproduto.

Projeto de Dissertação apresentado como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, sob a orientação do Prof. Dr. Francisco Tadeu Degasperi e coorientação da Prof. Dra. Maria Lúcia Pereira da Silva

São Paulo
Junho//2020

FICHA ELABORADA PELA BIBLIOTECA NELSON ALVES VIANA
FATEC-SP / CPS CRB8-8281

Leite, Janaína de Souza

L533e Ecologia Industrial: o uso sustentável da madeira como
coproduto / Janaína de Souza Leite. – São Paulo: CPS, 2020.
139 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Tadeu Degasperi
Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em
Sistemas Produtivos) – Centro Estadual de Educação Tecnológica
Paula Souza, 2020.

1. *Cradle to Cradle*. 2. Simbiose Industrial. 3. *Design for X*. 4.
Sistemas Produtivos. 5. Madeira I. Degasperi, Francisco Tadeu. II.
Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. III. Título.

JANAINA DE SOUZA LEITE

ECOLOGIA INDUSTRIAL:
o uso sustentável da madeira como coproduto.

Prof. Dr. Eduardo Acedo Barbosa

Profa. Dra. Silvia Pierre Irazusta

Prof. Dr. Waltson Gomes Neto de Limad

São Paulo, junho de 2020

À minha mãe Cecília que é minha parceira de
todas as horas e à Beatriz Brasil para promover
um mundo melhor.

AGRADECIMENTOS

“Tempo, que só existe com eternidade, fracionado por nossa vontade, insiste em nos esperar pros dias...”. Começo com essa frase do Teatro Mágico para dizer que as coisas acontecem no tempo delas e não quando queremos.

Mas nesse texto eu só tenho a agradecer!

Em 2015, terminei minha pós-graduação e uma das professoras me falou para eu fazer o Mestrado. Eu pensei: Mestrado? Eu posso? Achava que isso estava muito distante de mim.

Em 2016, eu apliquei para o Mestrado do Centro Paula Souza, mas em fevereiro de 2017 eu fiquei internada por 15 dias e lá no hospital vi o resultado das pessoas selecionadas para a entrevista e meu nome não estava entre os contemplados. Fiquei chateada a princípio, mas mesmo que eu tivesse sido selecionada não poderia participar. Foi então que apliquei de novo para o programa do Mestrado e em março de 2018 saiu a lista de selecionados para a etapa de entrevista e finalmente eu ingressei no Mestrado em Gestão em Sistemas Produtivos. Na época eu estava trabalhando e eu já tinha mencionado com o Gestor da empresa que eu poderia passar no Mestrado no qual ele se mostrou compreensivo, mas de novo, mais uma barreira surgiu quando falei que teria que me ausentar uma vez por semana no trabalho, tive que novamente fazer uma escolha e agora estou aqui escrevendo os agradecimentos da minha dissertação.

Outro acontecimento que quero deixar registrado aqui foi que eu participei de um Programa piloto - Fellows Abraps – onde desenhamos a nossa carreira pautada na sustentabilidade. Nesse programa temos que escolher um mentor no qual o admiramos pela sua trajetória e eu escolhi o Christian Ullman, *designer* portenho com foco na sustentabilidade, que atua como professor no Instituto Europeu de *Design* e em março ele lançou um laboratório de *upcycling* para transformar cruzetas de madeira em mobiliário e eu tive a oportunidade de participar e ter o meu móvel selecionado para a exposição na *Design Week*, evento de *design* importante, que reúne todas as tendências do setor.

Só tenho a agradecer por todas as oportunidades, por todas as pessoas que conheci, por poder trabalhar em casa e poder participar de vários eventos ligados a sustentabilidade e me dedicar a dissertação do Mestrado.

Agradeço ao Christian Ullman por ser meu mentor de carreira e pelo LABMOB.

Agradeço a Léa Gejer, que me incentivou a fazer esse Mestrado e me indicou a Casa Circular como estudo de caso. Agradeço imensamente a Dra. Prof. Maria Lucia Pereira da Silva, minha orientadora, pela paciência em me fazer entender que estou em um Mestrado da área de Engenharias.

Um sonho inalcançável - Reverb Poesia

O quanto mais distante o sonho está

Mais longe ele te faz chegar!

E cada vez que eu chego, eu corro atrás

De um sonho inalcançável pra buscar!”

RESUMO

LEITE, de Souza J. **Ecologia Industrial**: o uso sustentável da madeira como coproduto. 139 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Desenvolvimento da Educação Profissional). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2020.

O presente trabalho tem por objetivo propor uma análise das vantagens competitivas da abordagem de *design Cradle to Cradle* (C2C) no contexto de processos e produtos. A proposta é transformar resíduos de madeira em coprodutos com valor agregado e isso é feito por meio de tecnologias limpas que usam o *design Cradle to Cradle* e pela Simbiose Industrial, prática da Ecologia Industrial, que atua no setor secundário para fechar ciclos. Como método realizou-se uma revisão sistemática e bibliométrica para levantamento de evidências empíricas para subsidiar a análise de resultados, utilizou-se também estudo de caso de uma edificação e pesquisa-ação em um laboratório de *upcycling*. Os resultados indicaram que há uma interconexão dos conceitos Produção de ciclo fechado, Ecologia Industrial e *Cradle to Cradle* e também evidenciou-se uma sinergia entre os objetos estudados (moradia) e bens de consumo (móveis) do laboratório pois é possível aplicar a abordagem C2C a partir de um *design* com intenção de promover a simbiose industrial para obter benefícios sustentáveis em toda a cadeia produtiva.

Palavras-chave: *Cradle to Cradle*, Simbiose Industrial, *Design for X*, Sistemas Produtivos, Madeira

ABSTRACT

LEITE, de Souza J. **Ecologia Industrial**: o uso sustentável da madeira como coproduto. 139 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Desenvolvimento da Educação Profissional). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2020.

This work aims to propose an analysis of the competitive advantages of the Cradle to Cradle (C2C) design approach in the context of processes and products. The proposal is to transform wood waste into co-products with added value and this is done through clean technologies that use the Cradle to Cradle design and by Industrial Symbiosis, a practice in Industrial Ecology, which works in the secondary sector to close cycles. As a method, a systematic and bibliometric review was carried out to collect empirical evidence to support the analysis of results, a case study of a building and action research in an upcycling laboratory was also used. The results indicated that there is an interconnection of the concepts Production of closed cycle, Industrial Ecology and Cradle to Cradle and also showed a synergy between the objects studied (housing) and consumer goods (furniture) of the laboratory because it is possible to apply the C2C approach from a design with the intention of promoting industrial symbiosis to obtain sustainable benefits in the entire production chain.

Keywords: Cradle to Cradle, Industrial Symbiosis, Design for X, Productive Systems, Wood

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estratégias de Ecoprojeto	35
Quadro 2 – Ferramentas similares da Ecologia Industrial e Economia Circular.....	39
Quadro 3 - Princípios <i>Cradle to Cradle</i>	45
Quadro 4 - Critérios da Qualidade C2C	49
Quadro 5 - Comparação da ACV com o C2C	50
Quadro 6 - Artigos com critérios de inclusão.....	77
Quadro 7 - Principais autores por palavra-chave.....	79
Quadro 8 - Respostas aos objetivos da pesquisa dos artigos.....	80
Quadro 9 - Legenda para interpretação da análise dos artigos	80
Quadro 10 - Resultados da abordagem de <i>design</i> C2C na Casa Circular.....	91
Quadro 11 - Etapas do LABMOB	96
Quadro 12 – Intenção do DfX nos produtos do LABMOB.....	102
Quadro 13 - Interconexão entre os estudos de caso.....	114
Quadro 14 - Interconexão entre os conceitos	115
Quadro 15 - Conceitos e benefícios sustentáveis associados	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Possíveis X-bilidades	56
Tabela 1 - Possíveis X-bilidades (continuação)	57
Tabela 2 - Levantamento por palavra-chave - Base Scopus.....	68
Tabela 3 - Resultados gerais das Dimensões.....	107
Tabela 4 - Resposta quantitativa – Principais barreiras que impedem o consumo de produtos ecologicamente corretos.	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de interação dos elementos no modelo analítico DPSIR para resíduos urbanos	19
Figura 2 - Diagrama baseado no modelo FPSEEA	21
Figura 3 - Nível de atuação da Ecologia Industrial	30
Figura 4 - Descrição ilustrativa do conceito dos ciclos fechados na Ecologia Industrial	31
Figura 5 - Tipos de Ecologia Industrial	32
Figura 6 – Ferramentas e conceitos da Ecologia Industrial.....	34
Figura 7 – Ciclo biológico x Metabolismo industrial (ciclo de uma empresa)	40
Figura 8 - Localização da SI nas linhas de pesquisa da EI e da EC	42
Figura 9 - Ciclo Biológico e Ciclo Técnico.....	46
Figura 10 - Ciclo de vida tradicional de um produto.....	53
Figura 11 - <i>Design Cradle to Cradle</i>	53
Figura 12 - Sistemas de ciclo de vida de produtos de circuito fechado mostrando o conceito 6Rs.....	54
Figura 13 – Rede Circular do <i>Design</i>	58
Figura 14 – <i>Design</i> para Longevidade.....	60
Figura 15 – <i>Design</i> para Serviço/Locação.....	61
Figura 16 – <i>Design</i> para Reuso na Manufatura	62
Figura 17 – <i>Design</i> para Recuperação de Material.....	64
Figura 18 – Diagrama do sistema da Economia Circular – Gráfico Borboleta.....	65
Figura 19 – Fluxograma de Processo de seleção.....	69
Figura 20 - Número de publicações por país.....	70
Figura 21 - Estruturação para condução da pesquisa-ação.....	72
Figura 22 - Número de publicações por ano	78
Figura 23 - Quantidade de publicações por país.....	78
Figura 24 – Casa Circular - projeto edificação.....	82
Figura 25 – Etapa do inventário – edificação como banco de materiais.	84
Figura 26 – Sistema construtivo tradicional - alvenaria	85
Figura 27 – Critério C2C – Reutilização de Materiais - desmontável/ modularidade	85
Figura 28 – Critério C2C – Reutilização de Materiais	86
Figura 29 – Sistemas construtivos alternativos	86
Figura 30 – Princípios C2C - Resíduo igual nutrientes.....	87

Figura 31 - Critério C2C – Gestão de Energia	87
Figura 32 - Princípio C2C - Usar entrada solar ilimitada.....	88
Figura 33 - Critério C2C - Gestão da água.....	88
Figura 34 – Critério C2C - Gestão da água e nutrientes - Círculo de Bananeiras.....	89
Figura 35 - Princípio C2C - Celebrar a diversidade	89
Figura 36 - Projeto 3D/Edificação construída	90
Figura 37 - Objetivos do LABMOB.....	92
Figura 38 - Etapas do LABMOB.....	93
Figura 39 - Linha do tempo LABMOB	93
Figura 40 - Seleção dos participantes	94
Figura 41 - Perfil dos participantes.....	94
Figura 42 - Oportunidade de reutilizar materiais.....	96
Figura 43 - Madeira de cruzetas	97
Figura 44 - Mesa de materiais LABMOB	97
Figura 45 - Luminárias - LABMOB.....	98
Figura 46 - Cadeiras e poltronas LABMOB.....	99
Figura 47 - Bancos - LABMOB	100
Figura 48 - Mesas - LABMOB.....	101
Figura 49 - Aparadores - LABMOB	101

LISTA DE SIGLAS

ACV	Análise do Ciclo de Vida
C2C	<i>Cradle do Cradle</i> , Berço ao Berço
CA	Consciência Ambiental
CL	<i>Closed Loop</i> – Ciclo Fechado
CLP	<i>Closed Loop Production</i> – Produção de Ciclo Fechado
CS	Construções Sustentáveis
D	<i>Design</i>
DAP	Declarações Ambientais de Produto
DDT	diclorodifeniltricloroetano
DE	Dificuldade de Encontrar
DfA	<i>Design para Montagem - Design for Assembly</i>
DfC	<i>Design para Custo - Design for Cost/Profit</i>
DfE	<i>Design para o Meio Ambiente - Design for Enviroment</i>
DfLC	<i>Design para Ciclo de vida - Design for Cycle-Life</i>
DfM	<i>Design para Manufatura - Design for Matnufacturing</i>
DfX	<i>Design para Excelência - Design for X – Design for Excellence</i>
DI	Divulgação
DP	<i>Design de Produtos</i>
DPSIR	Força Motriz – Pressão – Situação – Impacto – Resposta - <i>Driving Force-Pressure - State – Impact – Response</i>
EC	Economia Circular
EI	Ecologia Industrial
EMF	Fundação Ellen MacArthur - <i>Ellen MacArthur Foundation</i>
EOL	<i>End Of Life</i> – Fim de Vida
FPSEEA	Força Motriz – Pressão – Situação – Efeito – Exposição - Ambiente
GEE	Gases de Efeito Estufa
GRI	<i>Global Initiative Reporting</i>
IoT	Internet das Coisas - <i>Internet of Things</i>
IC	Intenção de Compra
HC	Hábitos de Consumo
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>

LABMOB	Laboratório de Economia Circular, Mobiliário e Empreendedorismo
MH	Materiais Saudáveis - <i>Material Health</i>
MN	Modelos de Negócios
M	Mobiliário
MR	Reutilização de Materiais - <i>Material Reutilization</i>
O	Outro
ODM	Objetivos do Milênio
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organizações das Nações Unidas
P	Preço
PM	Propaganda/ <i>Marketing</i>
Q	Qualidade
RE&CM	Gestão de Energia e Gerenciamento de Carbono - <i>Renewable Energy & Carbon Management</i>
RSA	<i>Royal Society of Arts</i>
SI	Simbiose Industrial
SF	Justiça Social - <i>Social Fairness</i>
T	Tecnologia
UP	<i>Upcycle, upcycling</i>
WS	Administração da Água - <i>Water Stewardship</i>
WFF	<i>Worldwide Fund for Nature</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	18
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	24
1.1 A evolução da sustentabilidade	24
1.2 Economia Linear.....	28
1.3 Ecologia Industrial	30
<i>1.3.1 Simbiose Industrial.....</i>	<i>36</i>
<i>1.3.2 Economia Circular.....</i>	<i>38</i>
<i>1.4 Closed loop.....</i>	<i>42</i>
<i>1.5 Upcycle.....</i>	<i>43</i>
<i>1.6 Cradle to Cradle.....</i>	<i>43</i>
<i>1.6.1 Conceitos.....</i>	<i>44</i>
<i>1.6.1.1 Resíduo é igual a nutriente.....</i>	<i>45</i>
<i>1.6.1.2 Usar energia solar ilimitada.....</i>	<i>47</i>
<i>1.6.1.3 Celebrar a diversidade.....</i>	<i>47</i>
1.7 Abordagem de <i>design C2C.....</i>	<i>47</i>
<i>1.7.1 Saúde dos materiais.....</i>	<i>51</i>
<i>1.7.2 Reutilização dos materiais.....</i>	<i>51</i>
<i>1.7.3 Energia renovável.....</i>	<i>51</i>
<i>1.7.4 Gestão da água.....</i>	<i>51</i>
<i>1.7.5 Justiça social.....</i>	<i>52</i>
1.8 <i>Design</i> como intenção	52
<i>1.8.1 Design for X.....</i>	<i>56</i>
1.9 A madeira no ciclo produtivo	66
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	68
2.1 Métodos: Estudo de Caso e Pesquisa - Ação	70
2.1.1 <i>Estudo de Caso.....</i>	<i>71</i>
2.1.2 <i>Pesquisa-Ação.....</i>	<i>71</i>
2.2 Os objetos da Pesquisa	73
2.2.1 Casa Circular	73
2.2.2 <i>Laboratório de Economia Circular, Mobiliário e Empreendedorismo -</i> <i>LABMOB.....</i>	<i>74</i>
2.3. Questionário	75

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	77
3.1 Relevância do tema	77
3.2 Resultados Estudo de Caso – Casa Circular.....	82
3.3 Resultados LABMOB	92
3.4 Aplicabilidade do <i>design</i> C2C.....	103
3.4.1 <i>Da edificação</i>	103
3.4.2 <i>Dos móveis do LABMOB</i>	105
3.5. O interesse do Consumidor	106
CONCLUSÃO	114
REFERÊNCIAS	119
APÊNDICE A	130
APÊNDICE B	139

INTRODUÇÃO

A população já ultrapassa os 7 bilhões de habitantes e nascem mais de 200 mil pessoas por dia ¹ o que demanda produção em massa e causa escassez de recursos. Se de um lado traz à tona um cenário de privação de direitos básicos como alimentação, água potável, saneamento básico, direito à saúde, moradia e educação de qualidade, temas que abrangem as dimensões dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)², por outro lado, apontam que o homem transformou continuamente a natureza e acomodou-se durante séculos em cidades ou centros urbanos, pois estes facilitam o comércio e a troca de bens, a conexão de diversas culturas e promovem a inovação. Nesse cenário, uma outra projeção é de que 70% das pessoas viverão em cidades até 2050³.

Esse cenário de crescimento populacional, escassez de recursos e aumento da geração de resíduos traz a seguinte reflexão: como transformar os resíduos em coprodutos com valor agregado e fechar ciclos?

Para analisar esse contexto, o modelo *Driving Force- Pressure - State - Impact - Response* (DPSIR) que em português significa Força Motriz – Pressão – Estado – Impacto – Resposta, desenvolvido pela *European Environmental Agency* (EEA), possibilita elaborar um pensamento analítico sobre determinado problema ambiental. Esse modelo propõe uma análise do problema passando por sua origem, seus desdobramentos a fim de obter medidas de redução de impactos, pois considera as interações nas esferas ambiental, econômica, social e o desenvolvimento sustentável (DA SILVA, *et al.*, 2017).

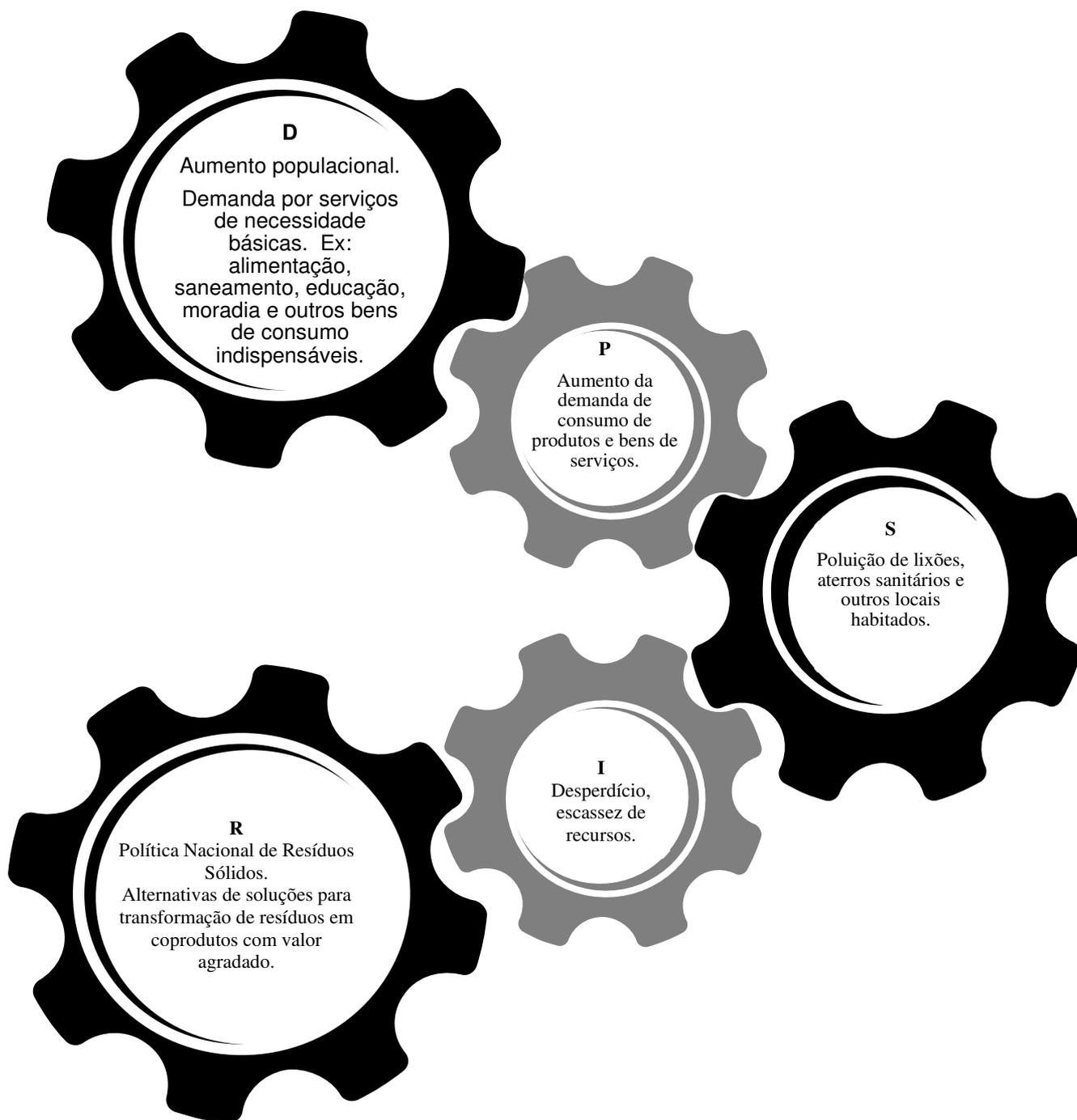
No DPSIR, ilustrado na Figura 1, as forças motrizes correspondem às necessidades humanas que exercem pressão no meio ambiente e que influenciam nas situações ambientais, sociais e econômicas, sendo o seu resultado reflexo da própria sociedade que os gerou (PEREIRA, 2015).

¹ <https://www.worldometers.info/pt/>

² ODS - agenda mundial a ser seguida criada durante a Cúpula das Nações Unidas em setembro de 2015 composta por 17 objetivos e 169 metas a serem atingidos até 2030 que abrangem as esferas social, ambiental, economia e institucional <http://www.estrategiaods.org.br/o-que-sao-os-ods/>

³ <https://nacoesunidas.org/onu-mais-de-70-da-populacao-mundial-vivera-em-cidades-ate-2050/>

Figura 1 - Exemplo de interação dos elementos no modelo analítico DPSIR para resíduos urbanos



Fonte: Adaptado de DA SILVA, *et. al.*, 2017.

Utilizou-se o modelo DPSIR, conforme apresentados na Figura 1, para analisar o cenário atual como condicionante ambiental, pois considerando que o aumento da população gera uma demanda por consumo de serviços básicos, tais como moradia, móveis e outros bens de consumo; isso traz à tona um problema ambiental, na medida em que mais consumo resulta em mais descarte de resíduos que em sua maioria são dispostos em locais inapropriados ou de forma inapropriada e em grandes quantidades. Entretanto esses resíduos podem oferecer soluções alternativas para transformação de resíduos em coprodutos com valor agregado.

Para isso, usou-se outro modelo complementar, o Força Motriz – Pressão – Situação – Efeito – Exposição e Ação (FPSEEA) porque aceita-se que esse modelo permite identificar abordagens para solucionar os problemas com conteúdo de saúde ambiental (OLIVEIRA; DE FARIA, 2008). Assim, o foco desse trabalho é transformar resíduos de madeira em coprodutos com valor agregado e isso foi feito por meio de tecnologias limpas que usam a abordagem de *design Cradle to Cradle* e da Simbiose Industrial, conceito inerente às definições de Ecologia Industrial, sendo o conceito de Ecologia Industrial o norteador de ações no setor secundário. A Figura 2 mostra o FPSEEA e como está estruturada a linha de pesquisa desse trabalho.

Para entender esse contexto o objeto de pesquisa dessa dissertação é a moradia e os objetos de estudos são: casas e móveis, com a abordagem de *design Cradle to Cradle* e, para processos produtivos do setor secundário, utilizam-se os métodos da Ecologia Industrial para nortear o fluxo de decisões sobre os produtos, para torna-los mais sustentáveis.

Assim, o C2C imita a natureza, onde todo resíduo é utilizado novamente; Silva (2016) afirma que o impacto ambiental não é aceito dentro do *Cradle to Cradle* mesmo que nem todo o material seja reutilizado e se faça necessário o uso de materiais biodegradáveis. McDonough e Braungart, (2003), autores do livro *Cradle to Cradle - Remaking the Way We Make Things* publicado em 2002, afirmam que é errado olhar para os materiais como um problema de gestão de resíduos, que no sistema atual é denominado do berço ao túmulo, e o C2C permite criar ciclos fechados de nutrientes e evitar o desperdício. É possível criar sistemas, edifícios e comunidades por meio do C2C modelando ciclos regenerativos, que vão gerar impacto positivo máximo para a saúde humana e ambiental.

Com a proximidade da escassez dos recursos naturais aliados aos problemas ambientais associados (GIEC, 2007) é primordial implementar as dimensões de sustentabilidade no *design* de produtos (*Design for X*) (TCHERTCHIAN *et al.*, 2009).

Nesse sentido, a questão de pesquisa desse trabalho é “Como propor uma análise das vantagens competitivas do conceito de *design Cradle to Cradle* C2C no contexto de processos e produtos, e por conseguinte evitar o desperdício?”

E para responder a esta questão, delimitou-se o constructo com o objetivo geral de analisar as vantagens competitivas do conceito de *design* C2C numa edificação situada em São Paulo e aplicar o conceito de simbiose industrial na criação de objetos resultantes de um Laboratório de *Design* para reutilização de madeira.

O método de pesquisa é o Estudo de Caso, que permite um estudo profundo e detalhado de um ou mais objetos o que proporciona um vasto conhecimento (YIN, 2010), e a Pesquisa-ação, que segundo Vergara (2006, p.49) “é um tipo particular de pesquisa participante e de pesquisa aplicada que supõe intervenção participativa na realidade social”.

A justificativa do tema se dá pela oportunidade de inovação por meio do *design* com intenção de criar a ideia de que quando a vida útil termina, inicia-se um novo ciclo de um novo produto e, para tanto, promove-se a simbiose industrial.

Em resumo, este trabalho, que tem como objetivo geral criar novos meios de uso de madeira reciclada, apresenta como objetivos específicos a moradia (a habitação) e seus utensílios (os móveis); portanto, seu produto final são procedimentos de produção.

Este trabalho encontra-se estruturado em cinco seções, sendo a primeira, esta Introdução e as demais, Fundamentação Teórica, Materiais e Métodos, Pesquisa Empírica, Conclusões e Referências respectivamente.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 A evolução da sustentabilidade

Muitas estratégias de sustentabilidade são propostas, mas sem entender o problema de forma mais profunda, de forma sistêmica, essas ações acabam trazendo efeitos negativos ou inesperados por falta de análise, já que, não amadureceram as ideias. Precisa-se de ações que sejam efetivas e, para isso, é necessária a reflexão, compreensão para encontrar as melhores perguntas que levarão às melhores respostas para fundamentar as ações.

Usados de forma exaustiva, em diversos setores como na literatura acadêmica, no setor privado e no campo das dimensões políticas, os termos sustentável, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável não apresentam uma consonância no que diz respeito a sua definição (LINDSEY, 2011). Isso ocorre por haver variações desses termos na literatura em razão das inúmeras interpretações e associações conforme o cenário e campos de atuação (STEPANYAN; LITTLEJOHN; MARGARYAN, 2013).

Mesmo com essa falta de consonância sobre a definição dos termos, isto não denigre o empenho nesta definição ((BAÑON GOMIS *et al.* (2011), e existe um consenso geral em entender as complexas dinâmicas de interação e que é necessário equilibrar as necessidades humanas e ambientais para se aprofundar e ampliar os significados (BARBOSA; DRACH; CORELLA, 2014).

Já as discussões acerca dos termos sustentável, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável aconteceram com o objetivo de em longo prazo conquistar um bem-estar humano por meio da gestão do sistema humano ambiental (ADAMS, 2006; SEAGER 2008).

Em 1962 foi lançado o livro *Silent Spring* de Rachel Carson que alertava sobre os perigos para a saúde humana e ambiental dos pesticidas industriais, principalmente o diclorodifeniltricloroetano (DDT) e que promoveu uma fusão das ideias de progresso, crescimento e desenvolvimento, além de conduzir a uma nova direção para promover o desenvolvimento, o sustentável (PISANI, 2006). A consolidação desses conceitos partiu da premissa da necessidade de uma estabilidade da sociedade para atingir uma melhora na condição humana a longo prazo, essa estabilidade ecológica e econômica sustentável seria capaz de promover as condições básicas para a vida humana abrangendo o aspecto ambiental, social e econômico (GOLDISMITH *et al.*, 1972; MEADOWS, 2004). Hoje o assunto dos

pesticidas vem ganhando destaque, mas na época a autora foi combatida e desacreditada, mas em 1972, dez anos depois, o DDT foi banido dos Estados Unidos (BONZI, 2013; LEAR, 2010, p. 11).

A problemática ambiental ganhou destaque após as denúncias dos perigos dos pesticidas por Rachel Carson na Conferência Intergovernamental de Especialistas sobre as Bases Científicas para Uso e Conservação Racionais dos Recursos da Biosfera, conhecida como Conferência da Biosfera, que foi realizada em 1968 e teve ainda mais impacto com a publicação do Relatório Meadows, liderado por Donella Meadows e Dennis Meadows que ficou conhecido como Relatório do Clube de Roma. Esse relatório demonstrou, com simulações e modelos matemáticos, as consequências das interações humanas com o planeta e os sistemas de produção e concluiu-se que a Terra não iria suportar os padrões de consumo naquele ritmo. O nome oficial do relatório é “Os Limites do Crescimento”, foi publicado também como livro, obteve uma venda de 30 milhões de cópias e foi traduzido para mais de 30 idiomas. Como ideia central, esse relatório apontava que era necessário congelar tanto o crescimento populacional como o industrial (FARIAS; FÁVARO, 2011).

A pressão da sociedade ao governo acerca das questões ambientais influenciou de forma efetiva o debate na Conferência de Estocolmo em 1972, com o objetivo de organizar as relações entre Homem e Meio Ambiente e onde essa teoria do crescimento zero foi debatida por líderes de vários governos onde os países desenvolvidos estavam dispostos a congelar seu crescimento, enquanto países em desenvolvimento votavam contra, pois não queriam limitar seu crescimento, afirmando que os países industrializados tinham se beneficiado do crescimento decorrente da degradação ambiental (FARIAS; FÁVARO, 2011) (GANEN, 2012).

Ainda na década de 70, o primeiro alerta sobre o esgotamento de recursos do planeta veio em 1973 com a primeira crise do petróleo. O aumento exorbitante dos combustíveis impôs limites no seu consumo e por isso alterou-se o peso dos automóveis, diminuiu-se o seu tamanho e adotou-se a solução de um *design* mais simples com a utilização de materiais leves como o plástico e o alumínio. (GORNÍ, 2009). Isso colocou o recurso em questão e possibilitou um avanço tecnológico na busca de alternativas para o petróleo.

Em 1987, publica-se o Relatório Nosso Futuro Comum, conhecido também como Relatório *Brundtland*, que aborda uma visão sistêmica das causas dos problemas socioeconômicos mundiais. Esse relatório enfatiza a inter-relação entre as esferas econômica, tecnológica, social e política e destaca a importância de se adotar um novo comportamento ético norteado pela responsabilidade entre as gerações, projetando mundialmente o conceito de

“desenvolvimento sustentável” que é “desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem arriscar que futuras gerações não possam satisfazer as necessidades delas.” (BRÜZEKE, 1993).

Já na década de 1990, marcada também por debates sobre mudança climática, surge mais um elemento que é a preocupação da sociedade com essas alterações do clima e a oferta de bens e serviços para a sobrevivência humana. No Rio de Janeiro, em 1992 aconteceu a Convenção das Nações Unidas sobre Mudança Climática, patrocinada pela “Organização das Nações Unidas - ONU”- ECO - 92, foi um debate que marcou a preocupação da sociedade civil com o planeta e com o seu semelhante e as nações começam a discutir os impactos da qualidade de vida e do crescimento. Como resultado da ECO - 92, as nações industrializadas fizeram um acordo de estabilizar as emissões de poluentes no nível de 1990 por dez anos. Contudo esta meta não foi cumprida (OLIVEIRA; PERCE, 2002).

Em 1997, foi proposto um encontro no Japão, patrocinado pela ONU, e foi elaborado um documento conhecido como Protocolo de Kyoto em que os 20 países industrializados que mais poluíam se comprometeram a reduzir suas emissões de Gases do Efeito Estufa em 5,2%, mas novamente houve dificuldade no cumprimento da meta pela controvérsia entre preservar o meio ambiente e o crescimento econômico (ROCHA, 2003).

Na virada do milênio, surgem os Objetivos do Milênio da ONU, onde 189 Estados-membros se comprometem com os grandes objetivos ou metas a serem perseguidos para promover desenvolvimento econômico, que se tornou uma referência como indicador atribuído a várias dimensões para o desenvolvimento humano, contemplando o direito a uma vida saudável, educação, a condições dignas de vida, sustentabilidade ambiental, igualdade independente de gênero e que favoreça o ambiente econômico mundial. Os Objetivos do Milênio⁴, que inicialmente foram definidos nestes oito⁵ têm somente o de número sete que trata da sustentabilidade ambiental (DINIZ; DINIZ, 2009).

É fato que fenômenos naturais extremos vêm alertando que algo incomum está acontecendo na natureza. Ondas de calor ao redor do mundo, tempestades, secas e furações cada vez mais intensos além do crescente aumento de epidemias e as extinções de várias espécies são exemplos desse cenário e, em 2006, surge o documentário “Uma Verdade

⁴ As metas do milênio foram estabelecidas pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2000, com o apoio de 191 nações, e ficaram conhecidas como Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). - <http://www.odmbrasil.gov.br/os-objetivos-de-desenvolvimento-do-milenio>

⁵ A situação sofreu mudança após 2015, com as Nações Unidas propondo novos objetivos, criando um conjunto de 17, voltados a uma “ação global para as pessoas e o planeta” <https://nacoesunidas.org/pos2015/>

Inconveniente” apresentado a partir de palestras pelo ambientalista e ex-vice-presidente dos Estados Unidos Al Gore pelo mundo, nas quais mostra de forma realista o que se deve saber sobre o aquecimento global. Assim, esse documentário tem sua importância porque trouxe a pauta do aquecimento global para sociedade civil (WALTER, 2007).

Ventura, Andrade e Almeida (2011) completam que com a publicação do quarto relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), não há mais dúvidas que exista uma efetiva mudança climática global que se manifesta de várias formas onde tem o seu destaque no aumento da temperatura do planeta e na intensidade de fenômenos climáticos extremos causados pelo aumento e acúmulo dos gases de efeito estufa (GEE), que são resultantes em sua maioria de interferências humanas e, portanto, diversas regiões do mundo sofrerão de forma significativa seus impactos. Desde sua criação, em 1988, o IPCC publicou quatro relatórios nos anos de 1990, 1995, 2001 e 2007, sendo esse último considerado o mais alarmante, pois há um reconhecimento da comunidade científica que a mudança do clima é antropogênica, ou seja, causada pelo homem. Além disso, o relatório sugere meios de adaptação, não mais de prevenção, ao fenômeno.

A preocupação com as mudanças climáticas globais vem atingindo a região semiárida e seus moradores. Isto porque, desde a publicação do quarto relatório do IPCC, em 2007, parece não mais haver dúvidas de que a mudança global do clima está efetivamente ocorrendo e que haverá determinadas regiões do mundo, a exemplo do semiárido brasileiro, que poderão sofrer mais fortemente os seus impactos.

Os eventos mais atuais acerca do tema da sustentabilidade aconteceram no ano de 2015, que marca o septuagésimo aniversário do nascimento da ONU – Organização Mundial das Nações Unidas – os quais visam a tomada de decisões importantes para o desenvolvimento sustentável, o combate às mudanças climáticas e a crise humana. Assim, surgiram três grandes eventos como diretrizes da agenda internacional: a Terceira Conferência Internacional sobre Financiamento para o Desenvolvimento (FpD3), em Addis Abeba, capital da Etiópia, a Cúpula do Desenvolvimento Sustentável da ONU, em Nova Iorque, com foco na aprovação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que de oito passam a dezessete, onde os ODS de números 6, 7, 11, 12, 13, 14 e 15 tratam da relação do homem com o meio ambiente; e a 21ª Conferência do Clima (Conferência das Partes, COP-21), em Paris, que teve seu principal objetivo propor um novo acordo global entre as nações para a redução da emissão dos gases de efeito estufa e minimização do avanço do aumento da temperatura global, tendo como meta o limite de aumento da temperatura global em 2°C até 2100 (ALVES, 2015).

Contudo, percebe-se que quando se propõe no nível político crescimento zero, controle populacional, ou quando se menciona redução de emissões, redução de impactos, redução da pegada de carbono, redução da pegada ecológica, o foco é no quantitativo porque ainda se mantém o modelo atual de produção linear, que consiste em extrair, produzir e descartar, e não se questiona a economia linear, ou seja, continua-se extraindo, descartando e poluindo, apenas numa velocidade mais baixa. John Ehrenfeld (2013) diz que “reduzir a insustentabilidade não é a mesma coisa do que criar sustentabilidade”, nas palavras dos autores McDonough e Braungart (2007) “ser menos ruim não é ser bom”.

1.2 Economia Linear

O atual modelo produtivo, desde a Revolução Industrial, é baseado na extração, transformação, produção, utilização e descarte, ou seja, uma linha reta, onde as matérias-primas são transformadas em produtos manufaturados, consumidos e, posteriormente descartados como lixo. Assim denominado o modelo econômico linear, vem sendo empregado de forma bem-sucedida durante todos esses anos, por garantir aos consumidores produtos com preços mais acessíveis e proporcionar o acesso de bens materiais para bilhões de pessoas (LUZ, 2017). No entanto, nesse processo, a extração da matéria prima, manufatura de produtos e descarte, não é considerada a finitude dos recursos. Neste sistema de produção, tem-se a premissa de que existe abundância de recursos disponíveis e não há preocupação em evitar desperdícios ou na recuperação desses produtos no seu fim de vida o que leva a extinção dos recursos e ao aumento da geração de resíduos (LETÃO, 2015).

Nesse sentido, na economia linear, os efeitos provocados à sociedade são grandes e muito nocivos como poluição, escassez de recursos naturais, redução da biodiversidade, mudanças climáticas, aumento do preço das *commodities*, oscilação no mercado, entre outros impactos ambientais e econômicos, pois não há nenhum reaproveitamento ou reutilização dos resíduos gerados o que torna esse modelo de produção inviável e ineficiente (GONÇALVES; BARROSO, 2019).

O aumento da linearidade do setor produtivo, no Brasil vem com o aumento do consumo nos últimos anos, em 2012, 24,2 milhões de toneladas de equipamento elétrico foram introduzidas no mercado brasileiro que foram responsáveis pela geração de 1,4 milhões de toneladas de lixo eletrônico o que em proporção significa 7 quilos de lixo por habitante. No entanto, somente 2% desse lixo foi reprocessado ou reinserido no ciclo produtivo. Vale ressaltar que dessa porcentagem, a maior parte é destinada ao mercado externo, e para o mercado interno

ficam os plásticos e outros materiais de baixo valor (EMF,2017). Já o setor produtivo da madeira gera sobras e resíduos que precisam ser gerenciados de forma adequada (FAGUNDES, 2003). O setor gerou, em 2018, 52 milhões de toneladas de resíduos sólidos, desse total, 36,9 milhões (70,9%) são oriundos das atividades florestais e 15,1 milhões (29,1%) das operações industriais. Quanto aos resíduos sólidos, a maior parte é reutilizada e o restante tem a sua destinação correta de acordo com os critérios legais. Na indústria, 63,3% dos resíduos tem sua destinação na geração de energia por meio da queima em caldeiras, gerando vapor e eventual energia elétrica para a cadeia produtiva (IBÁ, 2019).

Contudo, a adoção de práticas de reutilização além de estar em consonância com a lei, possibilita várias oportunidades de reciclagem dos resíduos, com a sua incorporação na produção. Assim sendo, quando utilizada em conjunto com tecnologias de produção, a logística reversa, promove um maior potencial de produção ao criar produtos com mais qualidade, aliados ao gerenciamento de resíduos diminuindo assim, a disposição de forma incorreta no meio ambiente (GONÇALVES; BARROSO, 2019).

Assim os resíduos de um processo produtivo podem-se tornar insumo ou matéria prima para outro. Por se tratar de materiais biológicos, consegue-se criar valor com a possibilidade de novas aplicações em forma de cascatas. Por exemplo, uma árvore que seria cortada para ser utilizada no forno com o intuito de gerar energia poderia ter seu uso, considerando as suas etapas, da decomposição até a possibilidade de aplicações sucessivas da madeira em outros produtos antes da sua incineração (EMF, 2012).

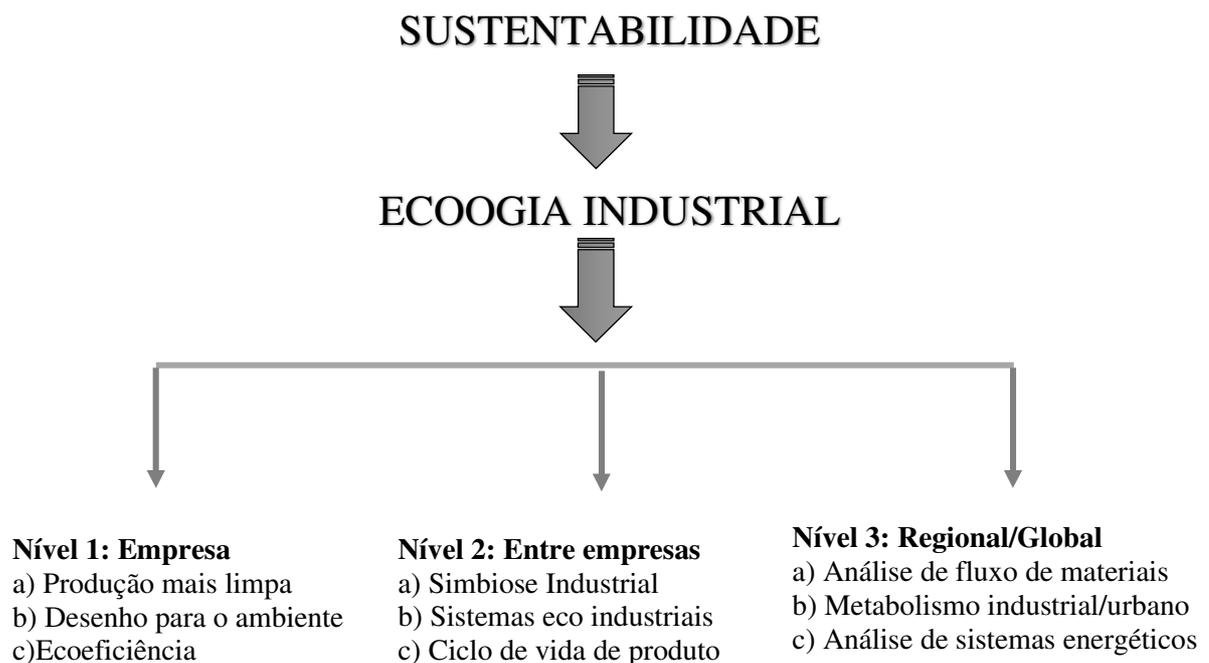
Além disso, o modelo linear, acarreta perdas energéticas. Quando um produto é descartado no aterro, toda a sua energia residual é perdida, o que não acontece na reutilização, pois esse processo permite uma economia significativa de energia, isto é, não tem perdas desnecessárias de recursos nas várias etapas do ciclo de vida produtivo (EMF, 2013).

Com uma proposta contrária, a Economia Circular (EC) considera muitos impactos relacionados ao meio ambiente e a escassez de recursos, e tem por objetivo principal dissociar a pressão ambiental do crescimento econômico (GHISELLINI *et al.* 2016). Nesse sentido a EC adota modelos de produção de ciclo fechado com foco na otimização de recursos virgens promovendo uma manutenção eficaz de ecossistemas e do bem-estar humano (MURRAY *et al.* 2017).

1.3 Ecologia Industrial

Em meados dos anos 90, por causa de preocupações com relação aos impactos das atividades industriais ao meio ambiente, surge o conceito da Ecologia Industrial (EI) (FROSCHE, GALLOPOULOS, 1989). A EI faz uma analogia entre o ecossistema natural para o *design* de sistemas industriais e, por meio do fechamento de ciclos de energia e recursos reduz o impacto ambiental (EHRENFELD; GERTLER, 1997) (ERKMAN, 1997) (LIFSET; GRAEDEL, 2015) (MASSARD *et al.*, 2014). É o estudo dos fluxos de materiais e energia nos sistemas industriais. (PAULIUK; HERTWICH, 2016) (YAP, 2017). A EI pode ser associada às Tecnologias Limpas, pois tem o objetivo de prevenir a poluição por meio da diminuição da quantidade de matérias-primas e energia e a redução do retorno de resíduos e poluentes à natureza ao integrar, de forma sustentável, os processos artificiais aos processos naturais (ISENMANN, 2003). Dito isso, a proposta é utilizar as matérias-primas e energia em ciclos fechados, abrangendo os sistemas de produção e consumo conforme analogia aos processos da natureza, permitindo ao meio natural processar os resíduos de forma limpa, caso existam. Nesse sentido, a referência seria o modelo dos sistemas naturais, fechados, no qual não existe o conceito de resíduo e matéria prima, como não é possível imitá-los em sua integridade, o ideal é se aproximar o mais possível deles (KIPERSTOK; MARINHO, 2001). A Figura 3 mostra o nível de atuação da Ecologia Industrial

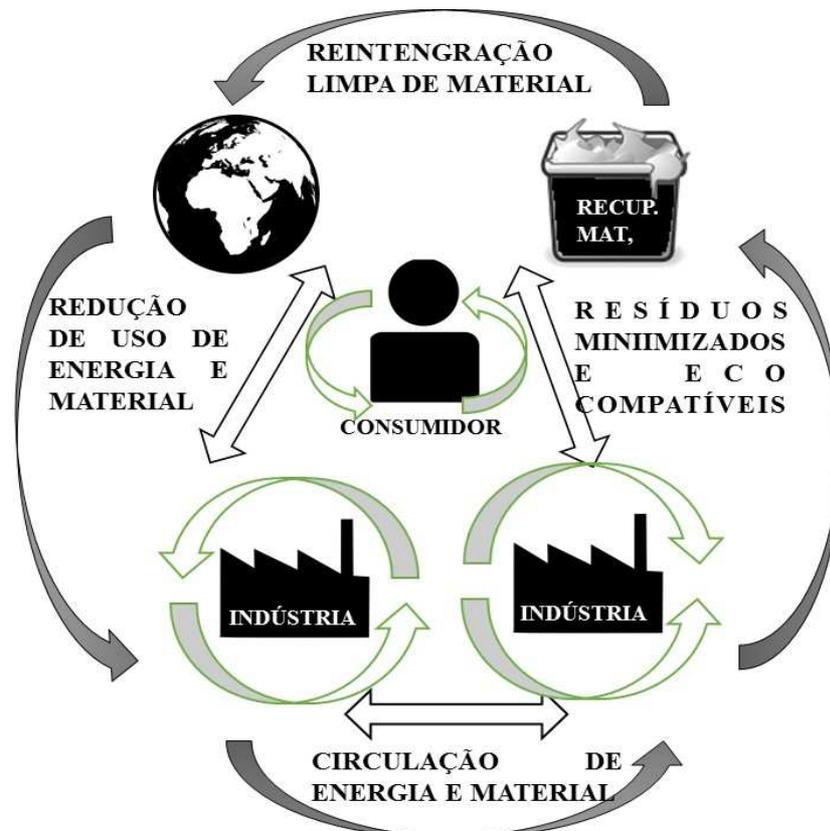
Figura 3 - Nível de atuação da Ecologia Industrial



Neste trabalho serão abordados os 3 níveis de atuação da Ecologia Industrial: Desenho para ambiente aplicado para resíduos de madeira, Simbiose Industrial como proposta de fechar ciclos e Metabolismo industrial/urbano para moradias.

Uma comparação pode ser feita da relação de produtores e consumidores com o meio natural, da relação de produtores e consumidores de materiais ao se fazer uma analogia ao conceito de simbiose, onde na natureza, seres de várias espécies colocam seus esforços em grupo acima do indivíduo, o que promove uma interação social que traz benefícios a todos e para o meio natural também. Assim, na EI, o que é considerado um resíduo resultante de um processo pode ser reinserido como insumo em um novo processo, permitindo formar um circuito fechado onde insumos são aproveitados e reciclados mantendo constante a quantidade de materiais que transita na biosfera. Com isso, ocorre uma redução da demanda por recursos naturais e da geração de resíduos e assim minimiza-se a pressão sobre a natureza. Nesse sentido, valoriza-se um resíduo como matéria-prima para a fabricação de novos produtos, pois utiliza todo recurso disponível de maneira quase completa. A Figura 4 mostra os ciclos fechados da EI.

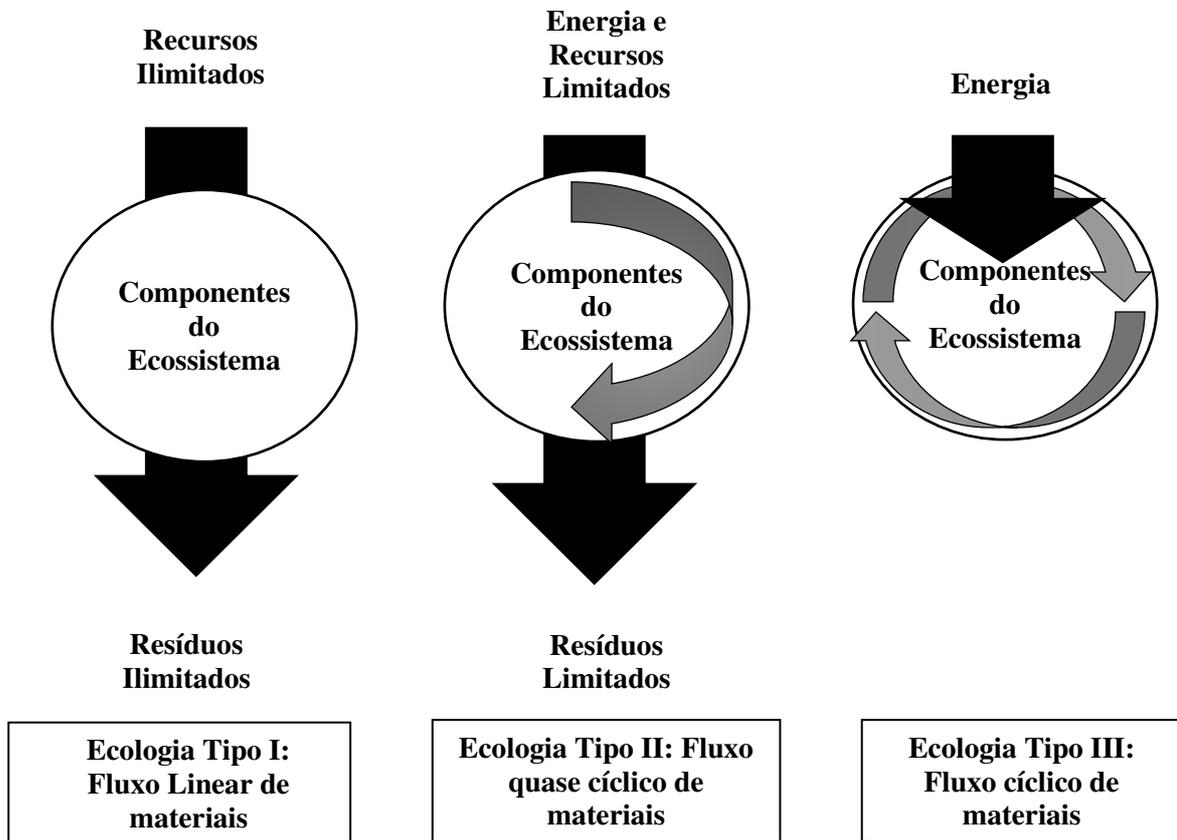
Figura 4 - Descrição ilustrativa do conceito dos ciclos fechados na Ecologia Industrial



Fonte: Adaptado de Teixeira e Santos (2015).

Conforme a Figura 4, é possível observar que o conceito de reciclagem, dentro da EI, passa a ser compreendido de maneira diferente daquela aplicada logo após a geração dos resíduos, pois estes, passam a ser considerados insumos para novos processos (KIPERSTOK; MARINHO, 2001) (KIPERSTOK *et al.*, 2002), além de possibilitar que a natureza realize um processamento limpo desses possíveis resíduos, caso existam. Faz-se necessário, então, para tornar a EI mais abrangente, a participação de vários atores (*stakeholders*), não somente as indústrias, mas sim, de toda a sociedade para adoção de novos comportamentos de produção e consumo, inclusive quebrar paradigmas e preconceitos no que diz respeito ao julgar o que é matéria-prima. A Figura 5 mostra os tipos de EI.

Figura 5 - Tipos de Ecologia Industrial



Fonte: Adaptado de Góes *et. al.*, 2003.

Como mostra a Figura 5, o objetivo principal da EI é remodelar o sistema industrial para que o mesmo funcione de forma similar ao ecossistema natural. Isso se faz necessário já que a forma como o sistema industrial está organizado atualmente não é sustentável no longo prazo, isso acontece porque os fluxos seguem somente uma direção: a Ecologia Tipo I aponta dos

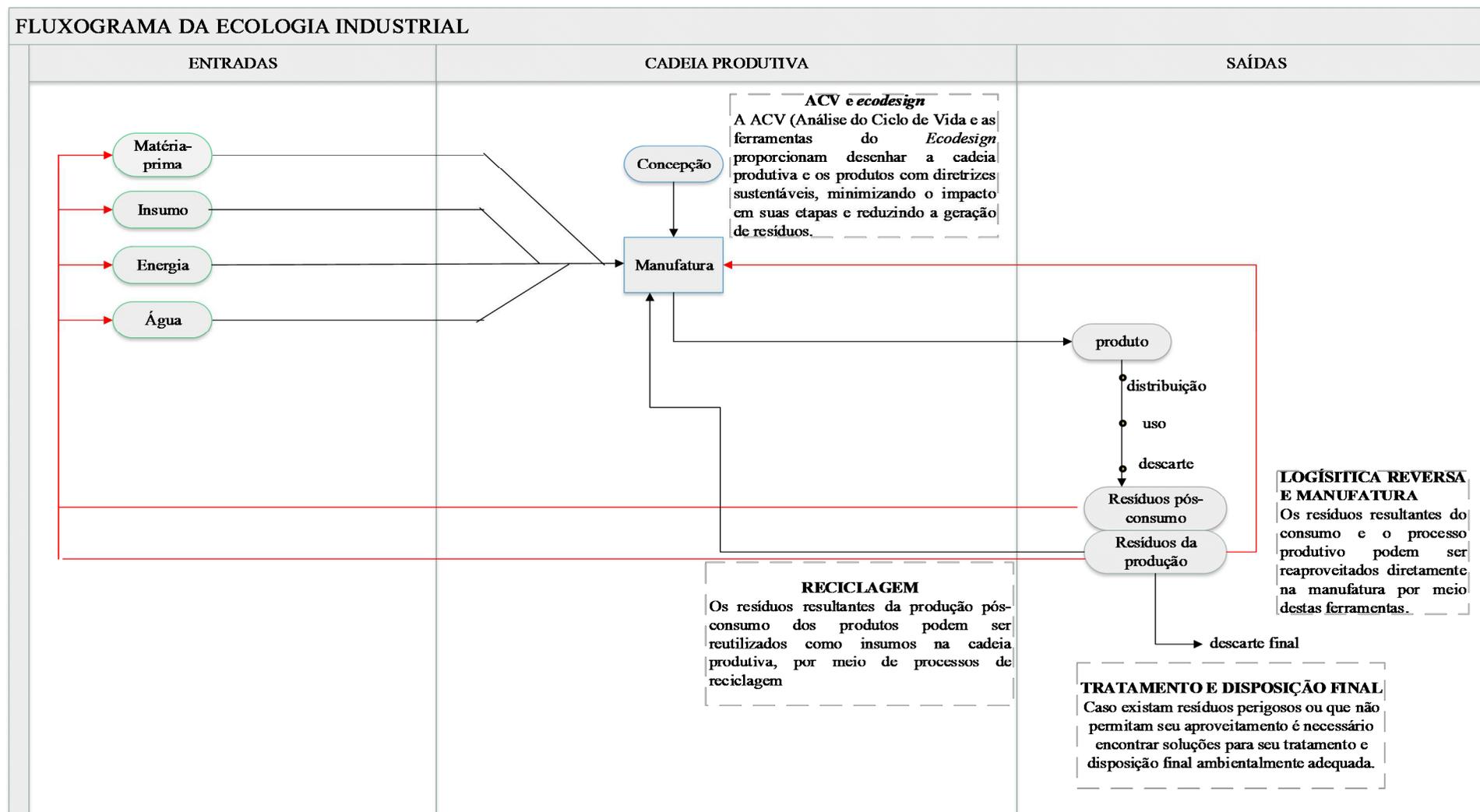
recursos naturais aos resíduos finais; na Ecologia Tipo II, tem-se o ecossistema biológico, onde os fluxos são quase na sua totalidade cíclicos se levar em consideração longos períodos de tempo e na Ecologia Tipo III mostra que um resíduo do sistema se torna componente para outro. Com isso, a EI mostra-se como uma forma economicamente viável, apresentando uma direção que busca operacionalizar o conceito de desenvolvimento sustentável. A EI proporciona maneiras com maior eficiência e, por consequência, mais lucro na exploração dos recursos e produtos, inclusive os resíduos (ERKMAN, 1997).

Vista como um paradigma emergente, a EI traz duas mudanças essenciais para a sua implementação: a compreensão do homem como parte do meio natural e a mudança do entendimento de que a abundância é predominante por um senso de escassez, esse último desafio mostra-se bastante difícil, uma vez que a sociedade capitalista está seguindo uma direção contrária ao adotar um consumo desenfreado (EHRENFELD, 1997). Se de um lado tem-se empresas que utilizam estratégias de marketing com foco em produtos descartáveis ou de ciclo de vida curto, por outro lado, os consumidores não têm a consciência do preço que pagam pelos impactos ambientais causados e a extensão dos danos causados por uma sociedade de consumo. No nível empresarial, a mudança principal necessária é a cooperação entre as organizações para alcançar um comportamento sustentável para criar ciclos fechados de forma coordenada (BOONS; BAS, 1997).

Com essas mudanças citadas para o estabelecimento da EI, como um novo paradigma, foram desenvolvidas ferramentas, como o Ecoprojeto, que tem o objetivo de enfrentar esses desafios contrariando a lógica imposta pelo consumo adotadas por algumas empresas.

De forma sucinta, o Ecoprojeto (do inglês *ecodesign*) ou projeto para o meio ambiente (do inglês *Design for Environment* – DfE) tem como definição projetar produtos, bens em sua maioria, mas também serviços, que incluem em seus processos de produção os aspectos ambientais com o intuito de minimizar o custo total ou agregar valor pelo qual os consumidores estão dispostos a pagar. Essa temática é abordada nesse Capítulo, na seção 1.8, onde o *design* é utilizado com uma ferramenta de intenção. A Figura 6 apresenta algumas ferramentas da EI.

Figura 6 – Ferramentas e conceitos da Ecologia Industrial



Fonte: Adaptado de IPT, 2009⁶.

A Figura 6 mostra as principais ferramentas utilizadas pela EI em cada etapa, assim as ferramentas de ACV e *Ecodesign* são utilizadas na concepção dos produtos que serão manufaturados. Quando dessa produção resultam resíduos, a logística reversa e a manufatura são novas ferramentas que permitem o reaproveitamento ou a reciclagem, que permite que os resíduos resultantes do pós-consumo possam ser reutilizados na cadeia produtiva e por fim na etapa de descarte, faz-se o tratamento ou a disposição final para aqueles resíduos considerados perigosos ou que não permitem seu reaproveitamento. O Quadro 1 mostra as estratégias do *ecodesign*.

Quadro 1 - Estratégias de Ecoprojeto

ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO	ESTRATÉGIAS DE EXTENSÃO
1. Projetar para conservação de recursos	1. Projetar para durabilidade
<ul style="list-style-type: none"> • Simplificar forma; 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitar manutenção;
<ul style="list-style-type: none"> • Agrupar funções; 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitar substituição de partes;
<ul style="list-style-type: none"> • Diminuir peso, volume ou tamanho; 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar <i>upgrades</i>;
<ul style="list-style-type: none"> • Usar materiais reciclados e recicláveis; 	<ul style="list-style-type: none"> • Priorizar <i>design</i> durável;
<ul style="list-style-type: none"> • Usar recursos renováveis; 	
<ul style="list-style-type: none"> • Usar subprodutos de outros processos; 	
<ul style="list-style-type: none"> • Usar a água eficientemente. 	
2. projetar para eficiência energética	2. Projetar para reuso
<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir energia de fabricação; 	<ul style="list-style-type: none"> • Projetar produtos resistentes;
<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir energia no uso do produto; 	<ul style="list-style-type: none"> • Usar processos de limpeza seguros;
<ul style="list-style-type: none"> • Usar fontes de energia renovável; 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar rótulos de papel u plástico.
<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir a energia no transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> •
3. Projetar para redução de impactos de materiais	3. Projetar para remanufatura
<ul style="list-style-type: none"> • Evitar emissões tóxicas; 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitar desmontagem;
<ul style="list-style-type: none"> • Evitar agredir a camada de ozônio; 	<ul style="list-style-type: none"> • Prever atualizações tecnológicas.
<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar contribuição para o efeito estufa. 	
4. Projetar para prevenção da poluição	4. Projetar para reciclagem
<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar desperdício do processo; 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitar desmontagem;
<ul style="list-style-type: none"> • Mudar técnicas de produção; 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver materiais resistentes;
<ul style="list-style-type: none"> • Implantar sistema de gestão ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar diferentes materiais;
	<ul style="list-style-type: none"> • Agregar valor estético.
	5. Planejar final de vida útil
	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar materiais biodegradáveis;
	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar materiais incineráveis;
	<ul style="list-style-type: none"> • Rotular produtos com materiais tóxicos.

Fonte: Adaptado de Góes; Muñhoz; Neto (2003), com base em Gertsakis *et al.* (1997) e Ramos (2001).

Como mostra o Quadro 1 o objetivo desse trabalho é transformar resíduos de madeiras em coprodutos com alto valor agregado e para isso serão aplicadas as estratégias de extensão do *ecodesign* como projetar para a durabilidade, reuso, remanufatura e reciclagem.

O campo de estudo da EI permite uma fácil aplicação do *design*, implementação e avaliação de cluster eco-industriais, que são organismos de empresas de manufatura e serviços que - mediante colaboração no gerenciamento de aspectos ambientais e de recursos incluindo água, energia e materiais, buscam aumentar seu desempenho ambiental e econômico (EHRENFELD, 2004)(EHRENFELD; GERTLER, 1997) (MASSARD *et al.*, 2014). Assim, fazendo a comparação com os ecossistemas naturais, os clusters eco-industriais funcionam por meio da Simbiose Industrial (SI), que consiste na forma como essas organizações interagem, formando uma rede colaborativa para obterem vantagem competitiva, trocando seus subprodutos, materiais, energia ou água, além de serviços e infraestruturas (CHERTOW, 2000, 2007) (EHRENFELD, 2004) (EHRENFELD; GERTLER, 1997) (MASSARD *et al.*, 2014).

Em resumo, por meio de processos cíclicos, a EI, busca transformar as atividades industriais, baseada em modelos dos ecossistemas naturais, com uma nova abordagem do sistema industrial, no qual se apoia em recursos e serviços como um subsistema da biosfera. Com o objetivo de fechar ciclos de materiais e energia, eficiência energética e desmaterialização, traz o *design* com conceitos de sistemas industriais que necessitam de um método diferente na forma de fabricar e desenhar esses processos e produtos com foco na sustentabilidade. Nesse sentido pode-se dizer que o sistema industrial é composto de estoques, fluxos de materiais, energia e informação. A EI faz uso de várias ferramentas e métodos para aplicá-los, como por exemplo, a Análise do Ciclo de Vida (ACV) que permite avaliar os impactos ambientais ao longo da vida útil de um produto desde a extração de matérias-primas até o seu descarte, faz uso de ferramentas do *eco-design* que avaliam os impactos ao meio ambiente na concepção e desenvolvimento de produtos, entre outras ferramentas para estudo de metabolismos industriais, urbanos e regionais (BRUEL *et.al.*, 2018). Neste trabalho muitas das ferramentas do *eco-design* foram utilizadas.

1.3.1 Simbiose Industrial

Para tornar um ecossistema industrial mais sustentável e integrado surge o conceito de Simbiose Industrial como uma abordagem de processo (CHERTOW; EHRENFELD, 2012) que permite identificar entre os sistemas industriais oportunidades comerciais que impulsionam a utilização de recursos subutilizados (materiais, energia, água, capacidade, conhecimento, ativos entre outros) (LOMBARDI; LAYBOURN, 2012). Nesse sentido, a SI permite que

empresas de vários setores façam negócios benéficos mutuamente para reutilizar resíduos e subprodutos, que encontram formas inovadoras de obter insumos e que otimizam o valor dos resíduos nos processos. A SI também contribui de forma prática na melhoria da eficiência de recursos, redução de geração de resíduos e emissões de gases de efeito estufa (GEE) porque seus subprodutos são trocados em diferentes processos e indústrias (SUN *et al.*, 2017); por isso, é uma estratégia que apoia a transição para a Economia Circular (EC), afinal promove múltiplos ciclos de fluxos de recursos nos diferentes sistemas produtivos.

A SI pode ocorrer de diversas formas: do ponto de vista técnico, direcionada ao processo relaciona-se a uma rede colaborativa em torno de um sistema industrial, a SI direcionada a resíduos relaciona-se a uma rede colaborativa de fluxos residuais e a SI direcionada a local, relaciona-se a uma rede colaborativa de uma localização específica (BOONS *et al.*, 2015). Do ponto de vista organizacional, a SI também interage de diversas formas, tais como exemplo, como fabricante de “âncoras”, quando uma ou duas indústrias de grande porte e volume de produção e por consequência de resíduos, se unem para trocar seus recursos e obter vantagens econômicas, ambientais e sociais. Essas indústrias geram uma quantidade enorme de resíduos, o que permite o desenvolvimento da SI em um cluster eco-industrial; isso significa a atuação de atores governamentais e/ou industriais que traçam um planejamento estratégico para a criação da rede que impulsiona a inovação e o desenvolvimento econômico para competirem no mercado. Quando o governo ou outra instituição pública inicia o processo da SI, consegue-se um aumento de produtividade, recuperação econômica e redução do impacto ambiental. A SI orientada a projeto é iniciada pelo setor privado e, permite a criação de incubadoras de empresas que têm interesses econômicos em atrair ou desenvolver inquilinos industriais ou comerciais para promover a simbiose. Todos esses aspectos tanto técnicos como organizacionais tornam a SI dinâmica (CHERTOW, 2000) (BOONS *et al.*, 2015) (MULROW *et al.*, 2017).

Estudos dos instrumentos implícitos a uma SI industrial analisaram principalmente os fatores, incluindo processos metabólicos industriais internos, que influenciam a formação do sistema e o desenvolvimento futuro. As trocas e fluxos de recursos dentro do sistema são os principais aspectos que definem a simbiose. Existem três fatores a considerar ao analisar esses mecanismos. Primeiro, é necessário entender a força motriz responsável pelos benefícios econômicos. Relações simbióticas entre diferentes indústrias ou empresas diferentes diminuem o custo das matérias-primas e o custo do descarte de resíduos, porque as matérias-primas de uma indústria ou empresa podem ser substituídas em certa medida pelos

subprodutos/coprodutos e resíduos de outra, e isso ajuda a melhorar a economia das operações de cada participante (GOLEV; CORDER, 2012).

1.3.2 Economia Circular

Vários estudos realizados sobre os fundamentos teóricos e empíricos da Economia Circular (EC) têm sua base na teoria da EI (GHISELLINI *et al.*, 2016) (PRESTON, 2012) (EMF, 2012) (CHIU, YONG, 2004).

Atualmente, o conceito de EC tem chamado a atenção de políticas e de negócios porque vem como uma alternativa restaurativa e regeneradora por *design* ao modelo atual de produção e consumo linear, que é baseado na extração, fabricação/uso e descarte, pois mantém os recursos e seu valor por mais tempo (EMF, 2013). O conceito de EC, pode ser compreendido como um sistema regenerativo no qual a entrada de recursos e o desperdício, a emissão e a perda de energia são minimizados pelo fechamento e estreitamento de *loops* de material e energia. Isso pode ser alcançado por meio de projeto, manutenção, reparo, reutilização, remanufatura, reforma e reciclagem duradouros (GEISSDOERFER *et al.*, 2017) (LÜDEKE-FREUND *et al.*, 2018). O conceito é de fácil entendimento porém sua aplicação é mais complexa. Por outro lado, a SI é uma forma de abordagem prática para fechar os ciclos produtivos, pois reinsere os resíduos como matéria-prima em diferentes cadeias produtivas (WEN; MENG, 2015); assim, os materiais são mantidos em vários ciclos produtivos e reduz-se a pressão por recursos naturais e os impactos relacionados à geração de resíduos e às emissões de GEE. Por tudo isso, a SI é considerada como uma solução para desenvolver a sustentabilidade tanto na esfera ambiental como na econômica e pode - em etapas futuras - ser incorporada à EC nos processos de fabricação (LIEDER; RASHID, 2016).

Como na EI, a EC também faz uma comparação do sistema industrial com o sistema natural com o objetivo de otimizar o fluxo de materiais e energia limitando a extração de recursos naturais e os impactos ambientais, pois considera o sistema industrial como parte do ecossistema maior com o objetivo de propor um ciclo fechado de materiais e fluxos de energia (GENG; DOBERSTEIN 2008) (LIFSET; GRAEDEL 2002) (FROSCHE; GALLOPOULOS 1989).

Similarmente, a EC também tem seu foco principal de estudo na avaliação dos fluxos de matéria, energia e informação trocados entre os sistemas natural e industrial. Já a EI, tem a sua aplicação concentrada no estudo desses fluxos entre os sistemas industriais e o sistema natural nos níveis micro, meso e macro, ou seja, empresarial, entre empresas e em nível regional ou mesmo global, como mostra o Quadro 2 e para sucesso na implementação da EC, também

se faz necessária a sua aplicação nos três níveis (SU *et al.*, 2013) (ZHU; HUANG, 2005) (CHIU; YONG, 2004):

- No nível micro as partes interessadas (ou os atores ambientais) envolvidas são os fornecedores, produtores e projetistas com uma abordagem direcionada ao produto com conceitos de produção limpa, gestão do ciclo de vida e ao eco-design (ZHANG *et al.*, 2013) (GENG *et al.*, 2009);
- No nível meso, apresenta-se o conceito de Simbiose Industrial (SI) devido a sua abordagem de parques industrial ou agrícolas como um sistema de gestão de resíduos de forma organizada pelas empresas, que se agrupam para comercializar seus subprodutos/coprodutos e compartilhar serviços e infraestruturas comuns e outras formas de gestão ambiental entre organizações (CHERTOW; 2000) (SINDING; 2000).
- No nível macro, o conceito de SI é estendido para as cidades (simbiose urbana) devido à proximidade geográfica que promove oportunidades de sinergia por meio da troca de recursos físicos para benefício ambiental e econômico. Nesse nível propõe-se a utilização de serviços, fornecidos pelo produtos anteriormente apenas comercializados (STAHEL, 1994) (GENG *et al.*, 2009).

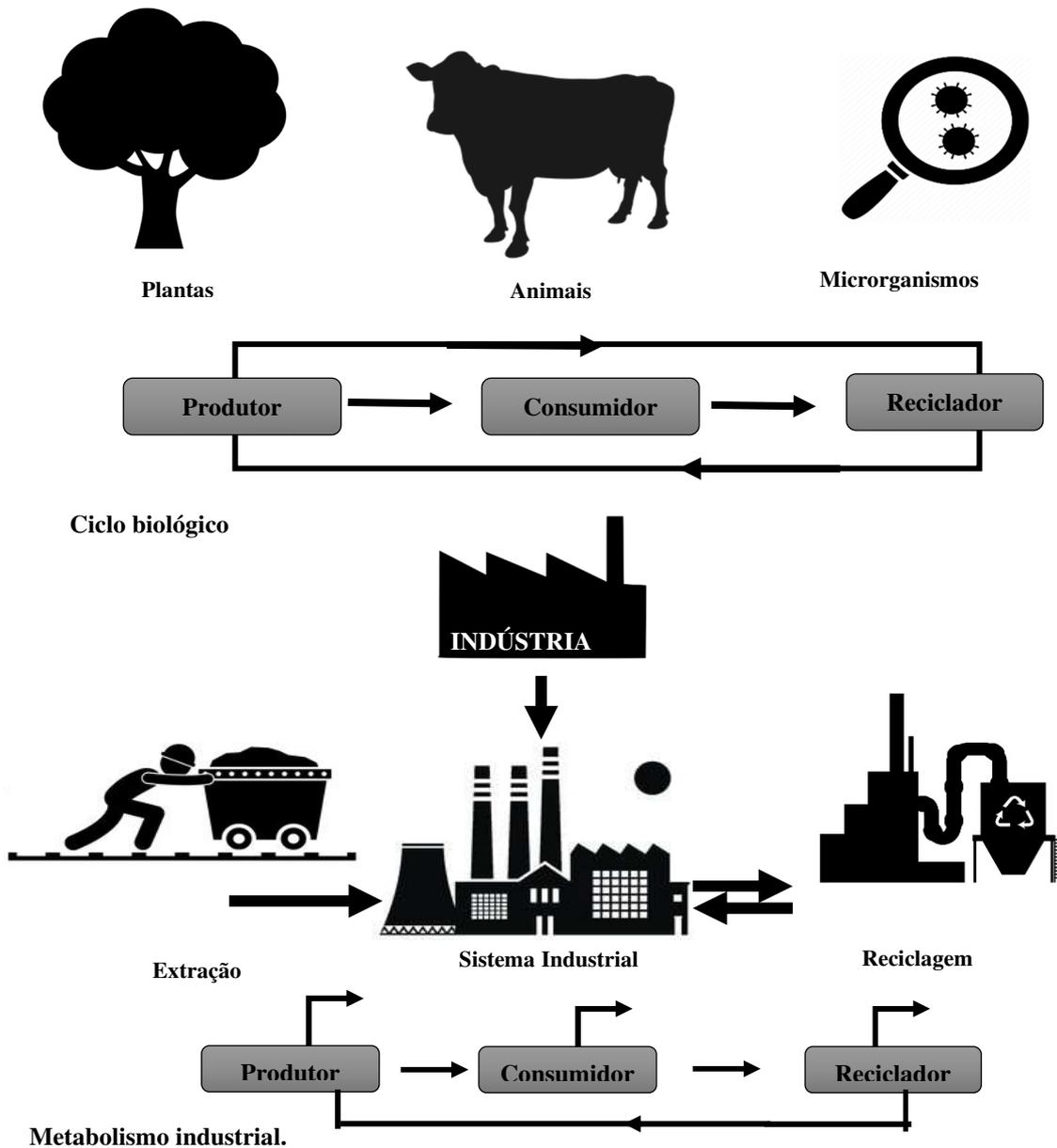
Quadro 2 – Ferramentas similares da Ecologia Industrial e Economia Circular

Ferramenta	Proposta	Nível		
		Micro	Meso	Macro
Eco-design	Por meio dos ciclos de vida de um produto, serviço ou processo auxilia o designer a reduzir os impactos ambientais.			
Avaliação do ciclo de vida	Faz a comparação de desempenho ambiental em relação a sistemas de produtos alternativos que atendam a mesma finalidade de uso.			
Pegadas ecológicas (água, carbono, material)	A pegada ecológica mede a demanda humana sobre a natureza, por exemplo, a quantidade de recursos naturais necessários para sustentar pessoas ou uma economia.			
Análise de fluxo de substâncias	Analisa o percurso de substâncias relacionadas a problemas ambientais.			
Análise de fluxo de material (análise de entrada-saída)	Analisa o percurso da matéria com relação a problemas de recursos e gestão de resíduos (energia, carbono e materiais)			

Fonte: Adaptado de BRUEL et.al, 2018

Como mostra o Quadro 2, as ferramentas *eco-design* e ACV são de nível micro pois analisam processo, produto ou serviço. As ferramentas da pegada ecológica e análise de fluxo de substâncias já analisam o percurso conforme seus impactos ambientais e a análise de fluxo de material já considera gestão de energia e carbono em seu caminho. Conforme o nível desejado, utiliza-se ferramentas similares na EI e EC com foco no estudo de fluxos de matéria, energia e informação interligando sistemas naturais com os industriais, o que se reflete em diversos níveis de metabolismo industrial que se faz uma analogia com o ciclo biológico como mostra a Figura 7 (LIFSET, 2014) (KYTZIA; NATHANI 2004) (VAN BERKEL; COLS, 1997).

Figura 7 – Ciclo biológico x Metabolismo industrial (ciclo de uma empresa)

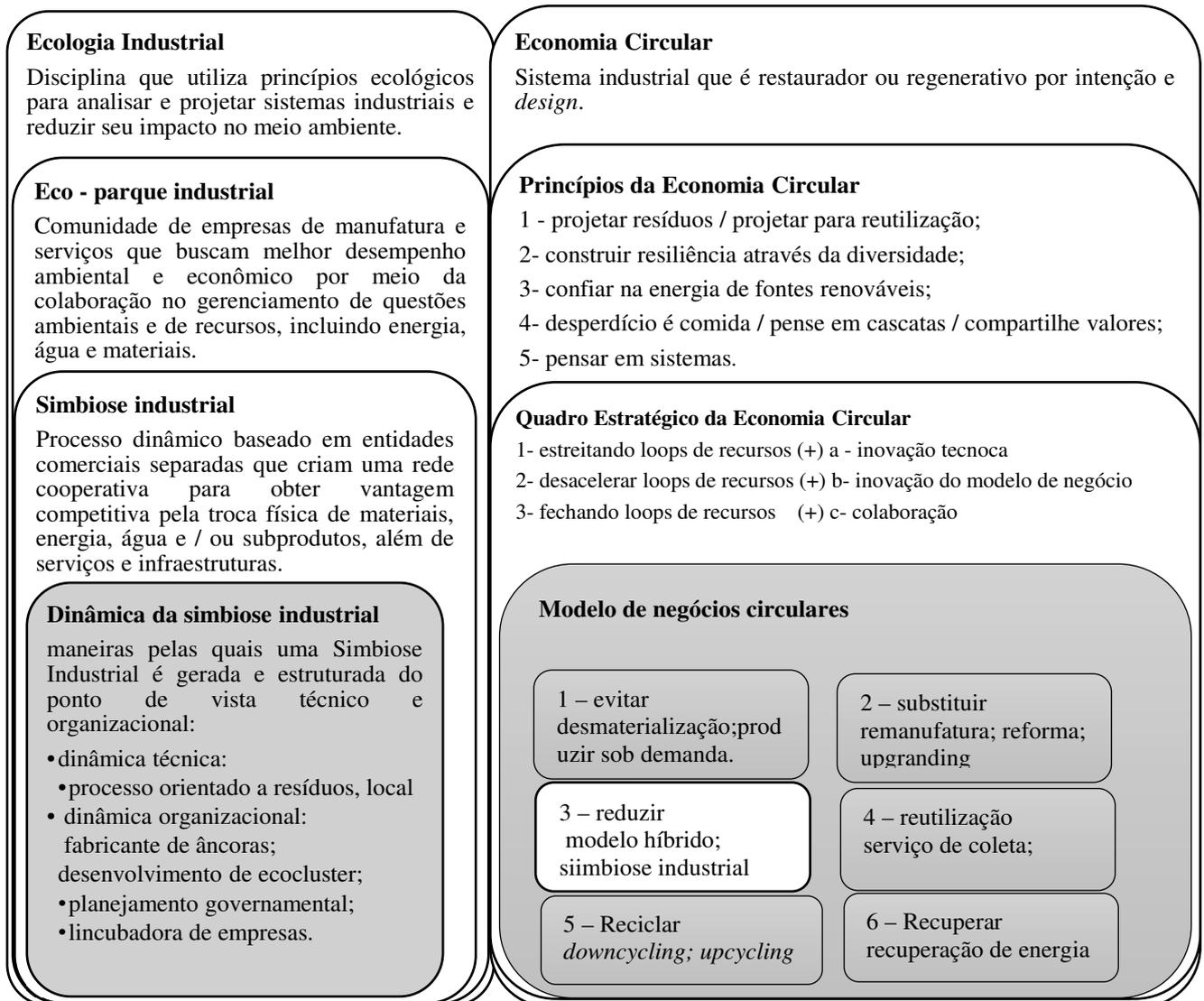


Fonte: ALMEIDA & GIANETT, 2006, p.21.

Como mostra a Figura 7, no ciclo biológico, podem-se observar os produtores, consumidores e recicladores. Os produtores são aqueles que produzem seu próprio alimento, por exemplo, as plantas. Já os consumidores são aqueles que vão obter energia por meio dos produtores. Os recicladores ou decompositores são responsáveis por degradar a matéria orgânica, tanto dos produtores quanto dos consumidores, e transformam em substâncias inorgânicas que retornam para o início do ciclo, pois podem ser alimentos para os produtores. No ciclo biológico, tem-se a cadeia fechada, pois não há perdas e toda a matéria é utilizada e retorna ao ciclo enquanto houver energia. No processo industrial, os atores são os mesmos. O produtor é aquele que produz com a matéria-prima e a energia, os consumidores, que são as empresas que utilizam o que foi produzido pelos produtores e os recicladores são os que fazem os processos de reciclagem e tratamento dos rejeitos. Observa-se, que diferente do ciclo biológico, no metabolismo industrial, tem-se uma cadeia aberta, pois nem tudo que é produzido retorna para o sistema produtivo. No sistema industrial, sempre que há uma atividade existe a possibilidade de geração de resíduos, como é possível observar na figura, as setas superiores que saem de cada etapa indicam os subprodutos e os resíduos gerados em cada processo, diferente do ciclo biológico, esses subprodutos são eliminados e não retornam ao processo produtivo (ALMEIDA; GIANETTI, 2006, p.22). Então a EI visa reduzir a geração de resíduos e vem com a proposta de que os subprodutos de cada indústria possam ser matéria-prima para outra e assim em vários ciclos. Esse sistema de cooperação entre as empresas ficou conhecido como “metabolismo industrial” (GÓES; MUÑHOZ; NETO, 2003).

Assim, utilizando-se dos conceitos expostos anteriormente, Baldassarre *et. al.* (2019) propuseram como ocorre as interconexões entre os vários termos e conceitos, da EI e da EC. A Figura 8 sumaria tais interconexões, e, ficam então claramente evidenciadas as similaridades com a preocupação pelo fechamento de ciclos e, principalmente, os estreitamento de laços entre empresas via Simbiose Industrial.

Figura 8 - Localização da SI nas linhas de pesquisa da EI e da EC



Fonte: Traduzido de Baldassarre *et. al*, 2019.

1.4 Closed loop

A ideia de ciclo fechado não é recente, como já abordado nesse texto. É interessante, contudo, observar que foi o arquiteto Walter Stadel que a retomou em seu relatório “Limites do Crescimento”, 1972 (MEADOWS; MEADOWS; RANDERS; BEHRENS III, 1973), onde é enfatizado que o sistema produtivo atual não se sustentava porque a demanda por matérias-primas aumentava como também a geração de resíduos, o que leva à proposta de fechar ciclos, reorganizando a economia. Assim, Stadel e Readay-Mulvey em 1976 impulsionaram uma economia de ciclo fechado que depois avançou, conforme Boulding (1966, p.12) escreveu: “Eu suspeito que subestimamos, mesmo na nossa economia, os ganhos de maior durabilidade”. Outra reivindicação interessante para uso é de Robert (1991, p.1) que afirmou: “A maioria dos

problemas ambientais são baseados no mesmo erro sistêmico, processamento linear de material. Até que os recursos sejam processados em ciclos, seja pela sociedade ou por processos biogeoquímicos, a economia global e a saúde pública continuarão a deteriorar-se“.

1.5 Upcycle

O processo de transformação dos resíduos ou dos produtos que chegaram no fim de vida em novos materiais ou produtos com maior valor agregado, qualidade e uso é denominado *upcycling* (UP). Para isso, faz-se o uso de materiais que seriam descartados em seu formato original para criar produtos com uma nova função. Em contramão ao processo de reciclagem que faz uso de energia para modificar o formato para então ser transformado em um novo produto. O *upcycling* permite criar produtos com novas funções com valor agregado e se tornou uma tendência de prática do *design* sustentável (ZIMRING, 2016).

No livro de Michael Braungart e William McDonough, *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, de 2002 também aparece o termo *upcycling* que na visão dos autores consiste em evitar o desperdício de materiais com potencial de utilidade para que sejam reutilizados. Com isso, há uma redução no consumo de matérias-primas na fabricação de novos produtos e isso também reduz o consumo de energia, água e os impactos ambientais como a poluição do ar, água e solo e emissão dos gases de efeito estufa (BRAUNGART; MCDONOUGH, 2002).

Mesmo com esse termo tendo o foco em eliminar resíduos por meio da reutilização de materiais com potencial de uso, a prática ainda é vista como inovadora devido ao fato de fazer uso de materiais pós-consumo ou pós-industrial e criar novos produtos com maior valor, o que ainda não é usual. Contudo, tal conceito, *upcycling* é inerente a toda a história industrial, existindo muitas aplicações já relatadas (ZIMRING; 2016).

1.6 Cradle to Cradle

Baseado na inteligência dos sistemas naturais surge o conceito *Cradle to Cradle – C2C* dos autores William McDonough e Michael Braungart como um manifesto de uma nova abordagem para o *design* sustentável, na qual se deve priorizar as fontes de energia renováveis como a energia solar e parar de fazer uso de energia proveniente de combustíveis fósseis não renováveis. Para isso, é necessário fazer uma classificação dos materiais que podem ser nutrientes para o ciclo biológico e que serão absorvidos em um ciclo natural ou nutrientes para o ciclo técnico que podem ser reinseridos em cadeias produtivas de circuito fechado. Esse

manifesto propõe uma visão clara e otimista que serve de alternativa a abordagem dominante de ecoeficiência, ou seja, fazer mais com menos (BAKKER *et al.*, 2010).

No livro lançado por McDonough e Braungart em 2002, *The way we remake things*, a ideia central é adotar um modelo de produção com fontes de energia renováveis e, ainda que esteja distante alcançar uma mudança completa, os autores trazem um foco para os materiais. Nesse sentido, a preocupação é com a toxicidade, ou seja, materiais sem emissão de gases e que favoreça o fechamento de ciclos. Por exemplo, ao projetar um edifício, o foco está na seleção dos materiais para sua fabricação a fim de não produzir substâncias tóxicas durante a fase de utilização e que posteriormente esses materiais sejam classificados no seu ciclo correspondente: biológico ou técnico e isso significa adotar aspectos de biodegradabilidade, desmontagem, reciclagem ou *upcycling* e logística reversa (BAKKER *et al.*, 2010).

1.6.1 Conceitos

O conceito *Cradle to Cradle* (C2C) vem ganhando cada vez mais destaque. O C2C é um sistema de *design* pautado na qualidade e inovação do produto que tem por objetivo aumentar o impacto positivo dos produtos ao projetar soluções “ecoeficientes”, ou seja, potencializa o benefício para os sistemas ecológicos e econômicos. O C2C baseia-se em três princípios: ¹desperdícios é igual a nutriente, ²usar a energia solar ilimitada e ³celebrar a diversidade os quais estão apresentados no Quadro 3 (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2002). Sua estrutura de *design* permite transformar materiais em nutrientes e com isso promover um fluxo contínuo dentro dos metabolismos biológico e técnico (BRAUNGART *et al.*, 2007).

Como mostra o Quadro 3, o primeiro princípio que define que resíduo é nutriente, em inglês, *waste equals food* representa a ideia de eliminar o próprio conceito de desperdício e, em vez disso, ser inspirado pelos intermináveis ciclos de nutrientes da natureza. Em vez da abordagem eco-eficiente de tentar reduzir a quantidade de resíduos, o foco deve ser o de projetar sistemas com resultados que possam ser absorvidos como nutrientes por outros processos. Isso vale tanto para as emissões durante o estágio de produção de um produto como para o próprio produto, uma vez que atinja o estágio de descarte.

Quadro 3 - Princípios *Cradle to Cradle*

Eliminar o conceito de lixo – Resíduos = Nutrientes	
	<p>Princípio mais importante do conceito <i>Cradle to Cradle</i>® – como na natureza, onde todos os resíduos são de fato nutrientes benéficos e produtivos e não existe o conceito de lixo, ou seja, resíduo = alimento. Assim, todos os produtos devem ser criados para que seus materiais retornem à indústria após cada ciclo de uso, em fluxos contínuos de materiais.</p>
Usar energia solar limitada – Fazer a escolha por sistemas renováveis	
	<p>Os sistemas produtivos devem ser idealizados para usar fontes de energia renovável, derivadas em abundância do sol. Isto prepara para tomada a decisão rápida e efetiva quando tecnologia e demanda se encontram e a migração para o sistema de energias renováveis se viabiliza, por exemplo com fotovoltaicas, eólicas, hídricas, biomassa e biogás, ou ainda por geotérmica ou energia gravitacional e a integração de sistemas.</p>
Celebrar a diversidade – Valorizar as espécies, a cultura e a inovação	
	<p>A inovação sempre deve explorar positivamente a diversidade de soluções da localidade e dos indivíduos de forma inteligente, para buscar respostas adaptáveis, flexíveis e escaláveis, que estimulem a resiliência dos sistemas e promovam a diversidade biológica, cultural e de ideias com impactos positivos sociais e para a natureza.</p>

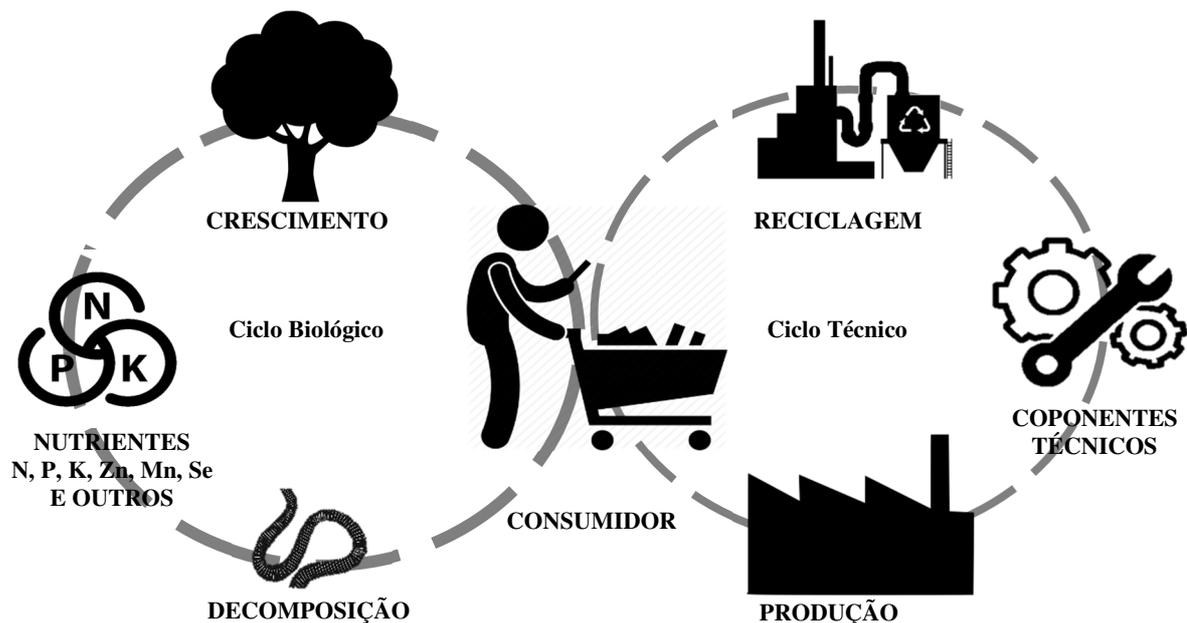
Fonte: Elaborado pela autora. Extraído de *Cradle to Cradle Products Innovation Institute*.

1.6.1.1 Resíduo é igual a nutriente

A Cerejeira é usada no livro para ilustrar os conceitos de eficiência e efetividade. A Cerejeira não é eficiente, pois ela produz inúmeras flores e frutos com muitas sementes e nem todas geram outras árvores, assim ao olhar isso do ponto de vista de eficiência pode parecer um grande desperdício, mas uma árvore é extremamente efetiva, têm muitos efeitos positivos importantes, pois produz oxigênio, cria *habitat* para várias espécies, produz frutos, folhas, flores, armazena carbono, fixa nitrogênio, filtra a água, nutre o solo, usa a energia do sol para produzir alimento, refresca o seu entorno e se auto replica. A árvore não economiza, ela não quer reduzir os seus impactos, ela quer crescer, ela quer se multiplicar, a árvore nunca vai ser zero e a espécie humana também nunca vai ser zero porque o que é vivo quer crescer e o homem faz parte da natureza, deseja crescer e se multiplicar o que é potencializado pela condição humana, pela criatividade, essa inquietude, essa vontade de aprender, de produzir, de se desenvolver e isso deve ser celebrado (MC DONOUGH; BRAUNGART, 2002).

A própria interrelação dos organismos da natureza nos ecossistemas é usada para ilustrar como as indústrias devem expandir seu foco de produtos únicos para sistemas inteiros: “Quase todo processo tem efeitos colaterais. Mas eles podem ser deliberados e sustentáveis, em vez de não-intencionais e perniciosos ... Os projetistas eco-eficientes expandem sua visão do propósito primordial de um produto para o todo” (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2002). Os mesmos autores, afirmam que os produtos devem ser concebidos como nutrientes biológicos ou nutrientes técnicos. Nutrientes biológicos são definidos como: “o material usado por organismos vivos ou células para realizar processos vitais, como crescimento, divisão celular, síntese de carboidratos e outras funções complexas”. Nutrientes biológicos são materiais que podem biodegradar com segurança e retornar ao solo para alimentar processos ambientais. Os nutrientes técnicos são definidos como: “um material que permanece em um sistema de circuito fechado de fabricação, reutilização e recuperação chamado de metabolismo técnico, mantendo seu valor através de infinitos ciclos de vida de produto.” (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2010). A Figura 9 mostra como eles se interagem.

Figura 9 - Ciclo Biológico e Ciclo Técnico



Fonte: Elaborado pela autora. Adaptado e traduzido de Voorthuis, J., Gijbels, C., (2010).

Assim sendo, como ilustrado na Figura 9, tem-se o conceito de que os nutrientes biológicos e técnicos não devem ser misturados se não for garantida a sua separação. Caso contrário, é criado um produto que não se encaixa no metabolismo biológico nem no técnico, como consequência esse produto nunca poderá ser verdadeiramente reciclado, mas será reduzido a um produto de menor qualidade e valor. Alternativamente, materiais virgens são necessários como insumos no processo de reciclagem para que o valor e a qualidade do novo

produto não sejam reduzidos. Em ambos os casos, um sistema realmente sustentável não é possível, porque o modelo linear do berço ao túmulo é mantido: os recursos estão sendo extraídos e acabam como materiais sem valor para os seres humanos ou para o meio ambiente aos quais podem causar danos. O *downcycling* apenas retarda esse processo de degradação (VOORTHUIS; GIJBELS; 2010).

Além do foco no ciclo fechado, o *Cradle to Cradle* também tem uma forte ênfase no uso de materiais não-tóxicos (ou "saudáveis" como são denominados). Isto tem um duplo propósito, uma vez que impede que ocorram efeitos tóxicos humanos e evita complicações no processo de reciclagem (seja no metabolismo técnico ou biológico).

1.6.1.2 Usar energia solar ilimitada

A energia necessária para abastecer uma sociedade baseada no ciclo fechado *Cradle to Cradle* deve vir do que eles denominam "renda solar atual", definido como fotovoltaico, geotérmico, eólico, hidráulico e biomassa que são fontes de energia renováveis. Devido à visão de ser totalmente suprido pela energia do sol, o *design Cradle to Cradle* não é limitado por nenhuma das restrições ao uso de energia durante o ciclo de vida um produto. Desde que a qualidade da energia atenda aos requisitos (renda solar atual), a quantidade de energia é irrelevante. (MC DONOUGH; BRAUNGART, 2002).

1.6.1.3 Celebrar a diversidade

O último princípio tem como ponto chave evitar abordar uma única solução, pelo contrário, devem-se projetar produtos e sistemas com os ambientes, economias e culturas locais em mente porque respeitar a diversidade permite que as indústrias troquem fluxos locais de materiais e energia por meio da diversidade de culturas e economias locais ao invés de atuarem como entidades autônomas que não se conectam com o entorno (MC DONOUGH; BRAUNGART, 2002).

1.7 Abordagem de *design* C2C

Além da estrutura de *design*, o C2C apresenta um programa de certificação conhecido como Produto Certificado *Cradle to Cradle - Cradle to Cradle Certified™ Product Standard* que foi criado para permitir a comercialização dos produtos em conformidade C2C pelas empresas. O programa de certificação traz uma série de premissas divididas em cinco critérios de qualidade:

o primeiro critério é saúde dos materiais (MH) – *material health*, o segundo critério é reutilização dos materiais (MR) – *material reutilization*, que na versão atual, 4.0 de 2019, já renomeou esse critério para circularidade de produtos – *product circularity* e traz termos como reciclado (*recycled*), ciclável (*cyclable*) ao invés de reciclável e reciclado, pois a ideia é englobar várias formas de circularidade como a reutilização e remanufatura e essa categoria passa a diferenciar três vetores distintos: insumos circulares, *design* circular e sistemas circulares, o terceiro critério é energia renovável e gestão do carbono (RE&CM) – *energy renewable and carbono management*, quarto critério é gerenciamento da água (WS) – *water stewardship* e quinto critério é justiça social (SF) – *social fairness* e para cada critério é possível pontuar em cinco níveis: básico, bronze, prata, ouro e platina. A certificação ocorre pela pontuação mínima no *scorecard* (INSTITUTO DE INOVAÇÃO DE PRODUTOS CRADLE TO CRADLE, 2013, 2019). É preciso alcançar o nível platina para ter um produto totalmente C2C, mas os diferentes níveis permitem recompensar o esforço das empresas por meio da melhoria contínua do seu desempenho em direção à eco efetividade.

Portanto, o *Cradle to Cradle* é uma metodologia que orienta projetistas e fabricantes por meio de um processo de melhoria contínua que examina um produto através de cinco categorias de qualidade anteriormente descritas; o Quadro 4 mostra as definições das cinco categorias da qualidade segundo o Instituto *Cradle to Cradle*. Na versão 4.0 foram consultados vários *stakeholders* de diversas indústrias oferecendo seu *feedback* para construir novas demandas. Além disso, a versão 4.0 contou com uma consulta pública e ficou aberta para comentários da sociedade civil, empresa ou organização no período de 5 de agosto a 18 de outubro de 2019.

Quadro 4 - Critérios da Qualidade C2C

Categorias da Qualidade	<i>Materiais Saudáveis</i>	
	 Material Health	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecer os componentes químicos de cada material de um produto e otimizá-las para materiais mais seguros. • Identificar materiais como nutrientes biológicos ou técnicos • Entender como os riscos químicos interagem com as prováveis exposições para determinar possíveis impactos negativos para a saúde humana e o meio ambiente.
	<i>Reutilização do Materiais</i>	
	 Material Reutilization	<ul style="list-style-type: none"> • Projetar produtos feitos com materiais provenientes e que possam retornar à natureza ou à indústria com segurança. • Maximizar a porcentagem de materiais rapidamente renováveis ou conteúdo reciclado usado em um produto. • Maximizar a porcentagem de materiais que podem ser reutilizados, reciclados ou compostados com segurança no final do uso do produto. • Desenhar o produto como técnico (para retornar à indústria com segurança) e / ou biológico (para retornar com segurança à natureza).
	<i>Energia renovável e Gestão de carbono</i>	
	 Renewable Energy	<ul style="list-style-type: none"> • Prever um futuro em que toda a produção seja alimentada por 100% de energia limpa e renovável. • Fonte de eletricidade renovável e compensação de emissões de carbono para o estágio final de fabricação do produto.
<i>Gestão da água</i>		
 Water Stewardship	<ul style="list-style-type: none"> • Gerenciar a água limpa como um recurso precioso e um direito humano essencial. • Abordar os impactos geográficos e setoriais locais da água em cada instalação de fabricação; • Identificar, avaliar e otimizar quaisquer produtos químicos industriais no efluente de uma instalação. 	
<i>Justiça Social</i>		
 Social Fairness	<ul style="list-style-type: none"> • Diversidade de soluções para honrar todas as pessoas e sistemas naturais afetados pela criação, uso, descarte ou reutilização de um produto. • Usar recursos globalmente reconhecidos para realizar autoavaliações para identificar problemas locais e da cadeia de suprimentos e auditorias de terceiros para assegurar condições ótimas. • Fazer uma diferença positiva na vida dos funcionários e na comunidade local. 	

Fonte: Elaborada pela autora. *Cradle to Cradle Products Innovation Institute*

Comparando com a Análise do ciclo de vida (ACV), que é um método de avaliação, o *Cradle to Cradle* é um abordagem que visa *design* sustentável (MCDONOUGH e

BRAUNGART , 2002). Essa abordagem tem suas diretrizes baseadas no *Design for X*, assunto abordado nesse Capítulo, na seção 1.5 onde o *design* é utilizado com uma ferramenta de itenção.

Tanto a ferramenta ACV quanto a abordagem de *design* sustentável C2C, mesmo com escopos diferentes, dão suporte às empresas para implementar estratégias de Economia Circular. A ACV tem como foco central a ecoeficiência e reduz o impacto ambiental das atividades humanas, já o C2C traz o conceito de ecoefetividade que aumenta o impacto positivo. Estudos já foram realizados a fim de descobrir o que a ACV pode aprender com o C2C e com outras abordagens de *design* inspiradas na natureza bem como a aplicação da ACV em um processo C2C (BOR *et al.*, 2011) (BJØRN; HAUSCHILD, 2013) (DE PAUW *et al.*, 2014). Verificou-se nesses estudos que pela ACV, os produtos C2C não terão necessariamente um bom desempenho, uma vez que o foco do C2C é menos tecnológico, em relação a inventário de ciclos de vida. Contudo, apesar desse desencontro entre ACV e C2C, a ACV ainda é a ferramenta mais utilizada antes e depois da certificação C2C para verificar e quantificar as melhorias ambientais dos produtos (TRUCOST, 2014). O Quadro 5 mostra uma comparação da ACV e C2C.

Quadro 5 - Comparação da ACV com o C2C

Análise ciclo de vida	<i>Cradle to Cradle</i>
1 - Análise de inventário	1 - Inventário
coleta de dados de entrada e saída necessários para atender aos objetivos do estudo definido;	compreensão do impacto tecnológico dos materiais utilizados no processo de produção de produtos;
2 - Definição de objetivo e escopo	2- Preferências pessoais
descrição do assunto e uso pretendido do estudo, incluindo os limites do sistema e o nível de detalhe;	fazer escolhas informadas sobre as substâncias que devem ser incluídas no produto;
3- Avaliação de impacto	3- Lista positiva passiva
forneendo modelos para entender melhor a significância ambiental dos dados;	lista que classifica a substância de acordo com sua adequação ao metabolismo biológico;
4- Interpretação	4- Lista positiva ativa
resumo e discussão da análise de inventário e avaliação de impacto;	definição de componentes de materiais como nutrientes biológicos ou técnicos;
	5 - Reinvenção
	reinvenção do relacionamento do produto e seu cliente.

Fonte: Traduzido de (de Clercq, 2008).

No Quadro 5, percebe-se que as duas abordagens podem se complementar, já que na ACV é uma ferramenta analítica para acompanhar as principais prioridades ambientais que

devem ser abordadas e o C2C oferece uma visão clara de um futuro baseado na inteligência dos sistemas naturais. Outra vantagem que o C2C traz é a visão tecnológica desde que se faça a correlação dos sistemas industriais com os naturais. Pode-se também salientar que as duas ferramentas apresentam pontos correlacionados, como por exemplo, a lista de produtos mais ambientalmente corretos de C2C e o inventário de materiais da ACV. Neste caso a informação tecnológica obtida com o inventário pode subsidiar decisões de projeto no C2C.

1.7.1 Saúde dos materiais

A Saúde dos Materiais tem o objetivo de eliminar de forma gradual os materiais tóxicos ou minimizar a quantidade de resíduos e toxicidade (SMOL *et al.*, 2015) (ZHIJUN; NAILING, 2007). Como alternativa, sugere-se a utilização de materiais alternativos no lugar de materiais tóxicos ou poluentes; nesse sentido, é mais importante a substituição do material a fim de cumprir os regulamentos impostos pelas organizações locais.

1.7.2 Reutilização dos materiais

A reutilização de materiais é discutida principalmente na literatura na Economia Circular como uma das atividades mais importantes com destaque para as práticas de recuperação e reciclagem de materiais (ALLWOOD, 2014) (BOCKEN *et al.*, 2016) (KIRCHHERR *et al.*, 2017). Profissionais e estudiosos têm considerado a reciclagem como uma solução, uma vez que o conceito central da Economia Circular é desvincular o crescimento econômico da limitação de recursos e como evidenciar as práticas que fazem uso de material ecológico, ou seja, biodegradável, reciclável, durável e que permita fácil separação já que são elementos importantes dos principais modelos de negócios circulares (ÜNAL *et al.*, 2018).

1.7.3 Energia renovável

É de fundamental importância fazer uso de matrizes energéticas de fontes renováveis (EMF, 2013) (PAN *et al.*, 2014), pois isso permite regenerar a saúde de um ecossistema (MERLI *et al.*, 2017). Isso só foi possível devido ao avanço das tecnologias que alavancou o investimento em muitas soluções de energia renovável como hidrelétricas, energia eólica, energia solar, energia de biomassa e energia geotérmica que, como consequência, permitiu que as empresas se tornassem carbono neutro (KARAKAYA *et al.*, 2015) (PAINULY, 2001).

1.7.4 Gestão da água

Outro fator importante é a Administração da Água pois há muitos estudos sobre as águas residuais e o tratamento de água que permite que essas águas retornem ao ciclo (GENG *et al.*,

2009) (SU *et al.*, 2013). A água é um recurso valioso e por isso há um incentivo para que as empresas façam o uso responsável da água e aumente a qualidade das águas residuais para novas aplicações (DEMARTINI *et al.*, 2018).

1.7.5 Justiça social

A justiça social traz a ideia central da EC, esta é a regeneração, mas essa não está limitada somente aos recursos naturais e ambiente, mas que também possa promover benefícios para a sociedade (LYLE, 1994) (SHAO, 2016) (REED, 2007). Além disso, a EC coloca que os indivíduos são parte integrante da natureza proporcionando uma abordagem holística de melhorias (GHISELLINI *et al.*, 2014). Promover o bem-estar dos seres humanos, natureza e negócios é uma característica da EC que muitos estudiosos reconhecem (GEISSDOERFER *et al.*, 2018).

Como descrita acima, essa será a abordagem de *design Cradle to Cradle* utilizada no estudo de caso que será descrito na seção Materiais e Métodos.

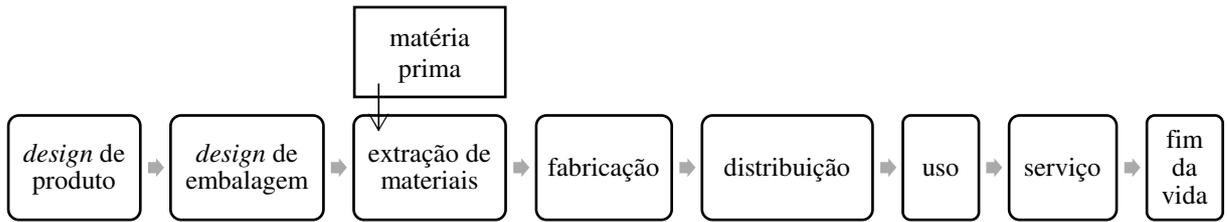
1.8 Design como intenção

Nesta seção será apresentada uma nova abordagem na utilização do *design* como uma ferramenta de intenção no *design* de produto por meio da extensão de sua vida útil do produto (extensão de vida, renovação e remanufatura). Para isso, são necessárias uma compreensão e uma avaliação se de fato a diminuição dos ciclos de vida estão realmente causando impactos negativos no meio ambiente. Como resultado dessa análise serão apontadas diretrizes para uma nova forma de desenvolver produtos com maior durabilidade.

O *design* para o ciclo de vida - *design for Cycle-Life* (DFLC) é um meio dinâmico e proativo de melhorar o ambiente por meio do *design* do produto. Forças dirigentes dos mercados estão impulsionando o *design* para o ciclo de vida. O DFCL tem uma abordagem sistêmica e leva em consideração aspectos como criação, utilização e descarte para adotar diretrizes por meio do *design* para a tomada de decisões (GO; WAHAB; HISHAMUDDIN, 2015).

O ciclo de vida de um produto consiste no início e fim ou do berço ao túmulo – *cradle to grave* – onde todos os processos são contemplados, ou seja, pré-fabricação, fabricação, utilização e fim de vida – *end of life* (EOL) como mostra a Figura 10 (KEOLEIAN; MENERY, 1993). O objetivo do DFCL é minimizar o impacto ambiental em todo o ciclo de vida de um produto (BRAS, 1997) (ROSE, 2000).

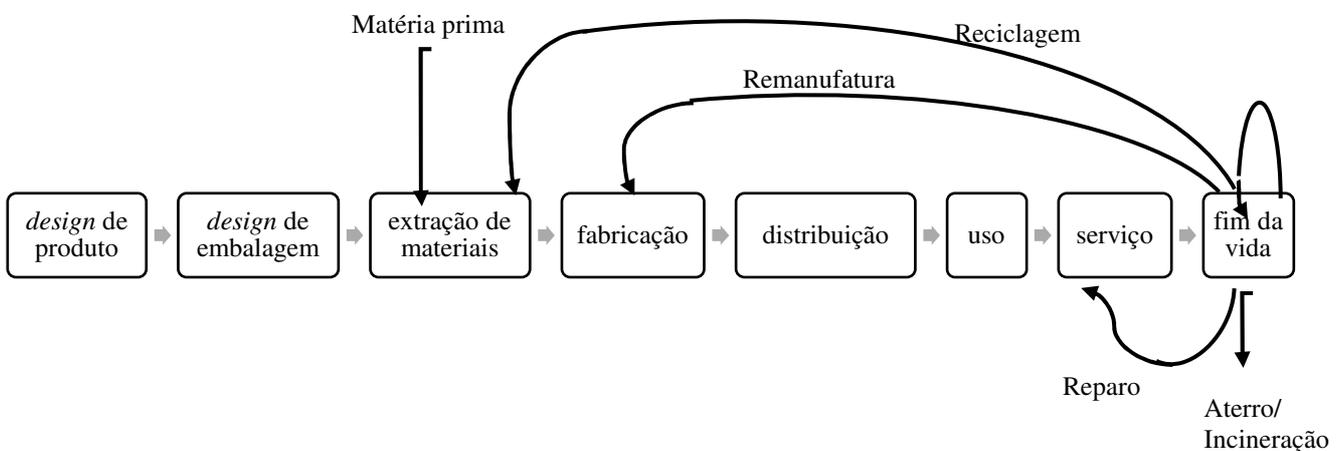
Figura 10 - Ciclo de vida tradicional de um produto



Fonte: Traduzido de Bras,1997.

No cenário atual onde se percebe cada vez mais mudanças climáticas, os produtos são produzidos sem considerar suas sinergias e fluxos de recursos. Como se observa na Figura 10, tem-se uma linha reta onde as etapas são extração, produção e descarte, nesse modelo, não há a preocupação com a geração de resíduos e impactos ambientais. Assim, o aumento das preocupações com as externalidades e os custos aliados a elas se tornaram aspectos importantes em cada etapa do ciclo de vida do produto. As empresas quando criam os produtos não consideram o seu fim de vida; diante disso, o DFCL evoluiu para *design for environment* (DfE) (KUTZ, 2007). Nesse sentido, o conceito do berço ao túmulo – *cradle to grave* avançou para *design do berço ao berço – cradle to cradle* (C2C) que expandiu a intenção do DFCL ao evidenciar que todas as saídas dos processos são entradas que podem alimentar novos processos ou ecossistemas maiores (HENN, 1996). O *design Cradle to Cradle – C2C* propõe uma nova abordagem para desenvolver múltiplos ciclos de vida de forma regenerativa onde subprodutos podem ser metabolizados pelos sistemas naturais no ciclo biológico ou serem reinseridos nos processos nos ciclos técnicos (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2002). A Figura 11 mostra o processo do berço ao berço de um produto.

Figura 11 - Design Cradle to Cradle

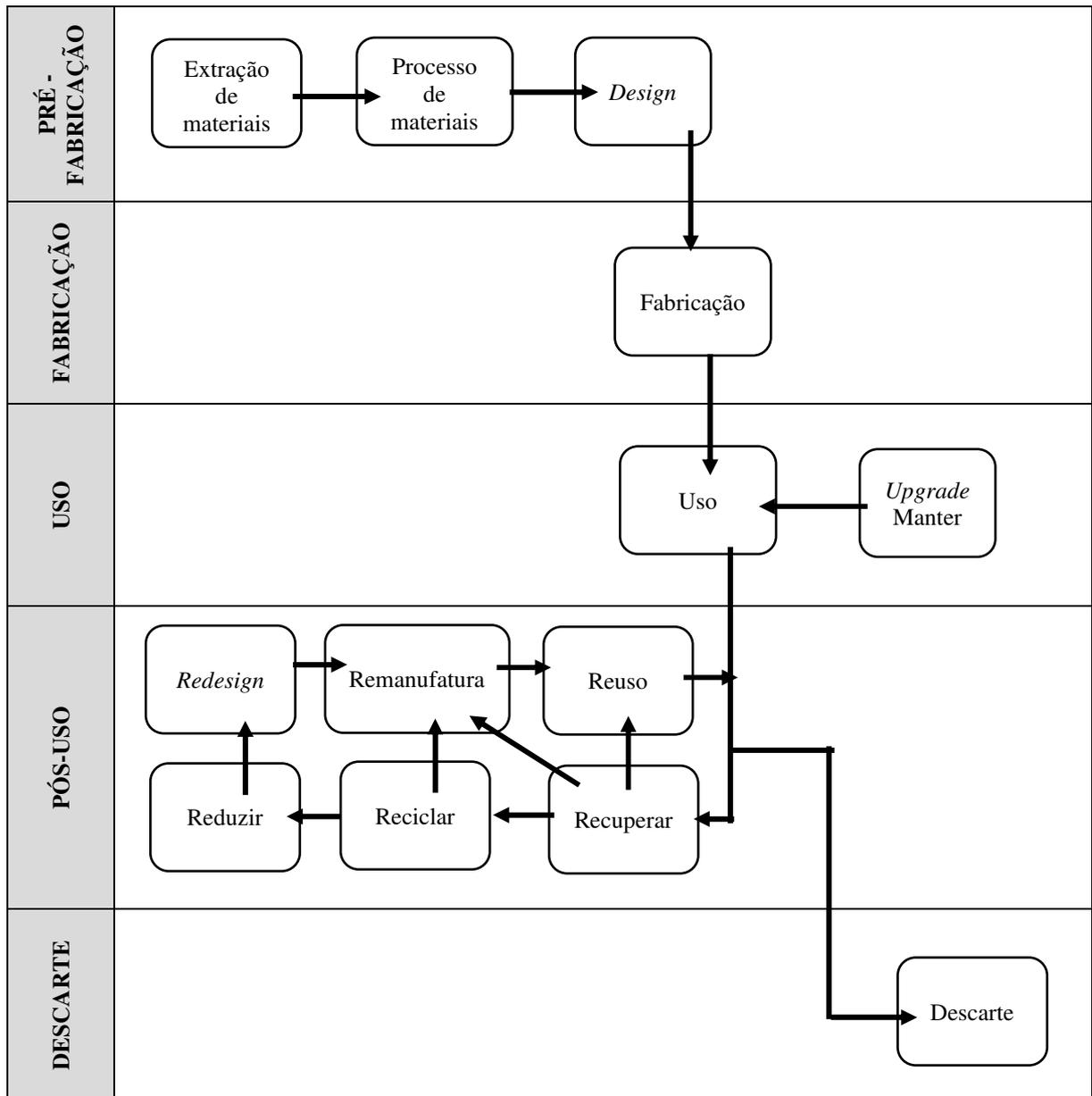


Fonte: Adaptado de Kutz, 2007.

Na Figura 11 tem-se o modelo atual de produção que é uma via de mão única onde os recursos são extraídos, transformados em produtos e descartados sem a preocupação com o que

acontece com os resíduos gerados desse processo. Já a Figura 12 traz alternativas para quando o produto chega no seu fim de vida, assim, os 3Rs - Reduzir, Reutilizar e Reciclar-, que sempre foram considerados como mecanismos de melhoria da sustentabilidade do produto, são acrescidos de outros 3Rs - Recuperar, Redesenhar e Remanufaturar – que compõe o conceito 6R, um sistema de ciclo de vida de produto fechado mostrado na Figura 12. (JAWAHIR *et al.*, 2005).

Figura 12 - Sistemas de ciclo de vida de produtos de circuito fechado mostrando o conceito 6Rs



Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Kutz, (2007).

Nas Figuras 11 e 12 é possível ver uma etapa de pós-uso. Na Figura 12, contudo, verifica-se mais um ciclo para estender a vida útil por meio dos 6Rs. Portanto, o *design* para

reutilização, recuperação e reciclagem pode ser uma solução de *design* ecológico que se relaciona com o fim da vida de um produto. Com esse modelo de *design*, é possível aumentar a taxa de utilização e diminuir os custos de remanufatura. Com essa abordagem, um caminho para a sustentabilidade é projetar produtos com múltiplos ciclos de vida, por exemplo, a Xerox conseguiu prolongar a vida útil de seus produtos e componentes usando a abordagem de reutilização em seu processo de *design*. (GRAY; CHARTER, 2008).

Os produtos de múltiplos ciclos de vida – *multiple life-cycle* (MFL) permitem que os recursos sejam destinados à reutilização e à remanufatura, visando aumentar a produtividade e por isso se tornam opções mais econômicas a longo prazo. Além disso, os produtos MFL promovem impactos ambientais positivos como o consumo e a produção mais sustentável pois otimizam o processo de *end of life* (EOL) aplicando o conceito dos 6Rs; isso permite aumentar de forma significativa as oportunidades de desenvolvimento econômico dos sistemas produtivos, ou seja, possibilita diminuir a destinação para os aterros, reduz a poluição e a utilização dos recursos naturais que preservam a qualidade dos ecossistemas naturais e industriais (GO; WAHAB; HISHAMUDDIN, 2015).

Para compreender os processos de *design* do *design for multiple life cycle* (DFMLC) é necessário esclarecer os princípios do DFMLC. A etapa “pré-fabricação” tem como objetivo fazer uma escolha consciente dos materiais e componentes; a etapa “estratégias de projeto da fase de fabricação” tem como intuito reduzir a sobrecarga e melhorar o desempenho do processo; na etapa “estratégia de *design* da fase de transporte” focar-se em potencializar a logística de transporte; na etapa “estratégias de *design* da fase de uso” visa aumentar a eficiência funcional, adaptar aos padrões de uso individual e reduzir o consumo de bens não duráveis. Na etapa de “descarte”, as principais diretrizes são fazer a adaptação dos sistemas de descarte atuais e futuros e preservar a qualidade do material (ALTING; LEGARTH, 1995).

Vale ressaltar que o impacto ambiental não influencia apenas a função e o desempenho de *design*, mas sim afeta as tomadas de decisões de configuração de produtos, seleção dos materiais e processos de produção na fase de *design* (LEWIS *et al.*, 2007). A logística reversa tem papel fundamental para fechar ciclos, pois favorece a implantação de técnicas de *design* que dão suporte às etapas de fim da vida de um produto; aliada a isso, tem-se a Engenharia Reversa (ER) que reduz o impacto ambiental de um produto, utilizando o *design* como forma de estender a vida útil dele (LEWIS *et al.*, 2007). A ER oferece inspirações conforme a teoria do *design* que possibilita uma gama de decisões sobre os produtos, por exemplo, um *designer* usando os princípios da ER pensaria em soluções de *design* para desmontagem ou manutenção,

ao invés de *design* para remanufatura ou recuperação. A ER permite fazer o uso máximo das instalações e sistemas de transporte da cadeia produtiva para fazer a cadeia de suprimentos reversa classificando os produtos possíveis para a cadeia de recuperação e reduzindo o volume e quantidade de material que são destinados para aterros além de considerar alternativas de utilização de produtos e resíduos.

1.8.1 Design for X

Design for X (DfX) é uma expressão que abrange várias escolas de pensamento e metodologias de *design*, onde o X pode assumir uma variável que auxilia os *designers* a ampliar sua conscientização com relação aos produtos fabricados (IJOMAH *et al.*, 2007). A associação das técnicas do DfX no processo de *design* do produto contempla um conjunto de diretrizes que garante a sustentabilidade aos produtos. Muitas ferramentas foram desenvolvidas com o objetivo de auxiliar na concepção de um produto para reduzir seu impacto ambiental. A Tabela 1 mostra as variáveis do X.

Tabela 1 - Possíveis X-bilidades

Item	Nome em português	Nome em inglês	Siglas
1	Projeto para Estética	<i>Design for Aesthetics</i>	
2	Projeto para Montagem	<i>Design for Assembly</i>	DfA
3	Projeto para o Ciclo de Vida	<i>Design for Cycle Life</i>	DFCL
4	Projeto para Configuração	<i>Design for Configuration</i>	
5	Projeto para Custo	<i>Design for Cost / Profit</i>	DfC
6	Projeto para Meio Ambiente	<i>Design for Environment /</i>	DfE
7	Projeto para Inspeção	<i>Design for Inspectability</i>	
8	Projeto para Manutenibilidade	<i>Design for Maintainability / Service / Repair</i>	
9	Projeto para Manufatura	<i>Design for Manufacturing</i>	DfM
10	Projeto para Armazenamento e Distribuição	<i>Design for Storage and Distribution</i>	
11	Projeto para o Fim de Vida	<i>Design for End f Life</i>	
12	Projeto para Modularidade	<i>Design for Modularity</i>	
13	Projeto para Precisão	<i>Design for Precision</i>	
14	Projeto para Reciclagem e Descarte	<i>Design for Recycling</i>	
15	Projeto para Desmontagem	<i>Design for Disassembly</i>	

Fonte: Adaptado de Back *et al.* (2008); Bevilacqua (2012); RSA (2013); Melo, Merino, Merino (2016).

Tabela 2 - Possíveis X-bilidades (continuação)

Item	Nome em português	Nome em inglês	Siglas
16	Projeto para Embalagem	<i>Design for Packaging / transportability</i>	
17	Projeto para Confiabilidade	<i>Design for Reliability</i>	
18	Projeto para Robustez	<i>Design for Robustness</i>	
19	Projeto para Segurança e Responsabilidade Social	<i>Design for Safety / Liability</i>	DfS
20	Projeto para Normalização	<i>Design for Standards</i>	
21	Projeto para Apoio Logístico	<i>Design for Supportability</i>	
22	Projeto para Teste	<i>Design for Testability</i>	
23	Projeto para Uso Amigável / Ergonomia	<i>Design for Use / Ergonomics / Human Factors</i>	
24	Projeto para Competição	<i>Design for Competition</i>	
25	Projeto para Controle Dimensional	<i>Design for Dimensional Control</i>	DDC
26	Projeto para Mínimo Risco	<i>Design for Minimum risk</i>	
27	Projeto para Qualidade	<i>Design for Quality</i>	
28	Projeto para Serviço/Atendimento	<i>Design for Service</i>	
29	Projeto para Reuso e Remanufatura	<i>Design for Reuse and Remanufacturing</i>	
30	Projeto para Longevidade	<i>Design for Longevity</i>	
31	Projeto para recuperação de Material	<i>Design for Recovery Material</i>	

Fonte: Adaptado de Back et.al. (2008); Bevilacqua (2012); RSA (2013); Melo, Merino, Merino (2016).

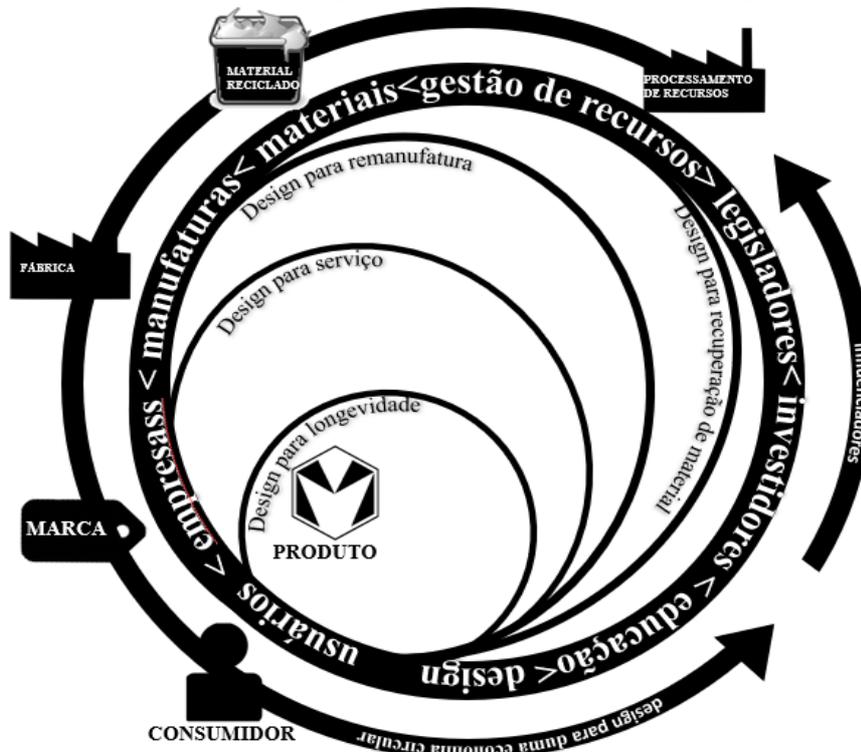
Conforme a Tabela 1, o estudo de Back *et al.*, (2008) evidenciou dezoito habilidades ou características, que a variável “X”; o estudo de Bevilacqua, (2012) também encontrou várias dessas variáveis que têm correlação com o relatório da RSA - *Royal Society of Arts* de 2013 que será apresentado logo na sequência com quatro dessas intenções, e o estudo de Melo, Merino e Merino (2016) encontrou mais sete possíveis variáveis que apresentam-se nos produtos de forma isolada ou em conjunto com outras possibilidades conforme a necessidade dos clientes e o *know-how* da equipe de projeto. Com isso, as decisões de *design* do produto estão associadas à sua eficiência na capacidade de recuperação, a abordagem de *design* adequada pode estender em vários ciclos a vida útil do produto e muitas decisões importantes, baseadas nas questões ambientais são tomadas na fase de concepção de um produto novo (BEVILACQUA *et al.*, 2012).

O estudo promovido pela RSA na Inglaterra em parceria com a Innovate UK, *The Great Recovery Project*, foi um projeto que aconteceu entre 2012 e 2016 liderado por *designers* e que traz uma grande contribuição em pensar esse papel do *design* e do relatório de 2013 com o tema “Investigando o Papel do *design* na Economia Circular”. O relatório traz o debate de

que a fabricação de circuitos fechados é otimista e até simples. O paradigma de que o Planeta pode oferecer recursos ilimitados foi descartado, porém estabeleceu-se a oportunidade de negócios por meio do fechamento de ciclo. É fato que muitos dos materiais que alimentam os sistemas produtivos estão cada vez mais escassos, por exemplo, do petróleo, gás, carvão, água, metal e minerais e essa corrida por recursos tem efeito nos conflitos geopolíticos em nível global.

Fica evidente que a maneira de se projetar os produtos e serviços deve levar em conta o fluxo contínuo de materiais no aterro e o *design* para a eficiência de recursos permite uma lógica para a solução, ou pelo menos atenuação, dos problemas atuais. Com isso, abre-se um leque de oportunidades para os *designers* caminharem em direção à circularidade, orientados pelo *briefing*⁷ e influência do cliente, pelo processador de material, pela marca e pelo consumidor. Todos podem exigir que o *design* de um sistema seja repensado. Ao explorar as possibilidades de projetar para a circularidade e por meio das observações das oficinas, o relatório identificou quatro principais linhas de *design* que se encaixam dentro da Rede Circular além de identificar quem são os influenciadores como educadores, investidores e legisladores como mostra a Figura 13, que mostra a rede Circular e a conexão dos quatro modelos.

Figura 13 – Rede Circular do *Design*



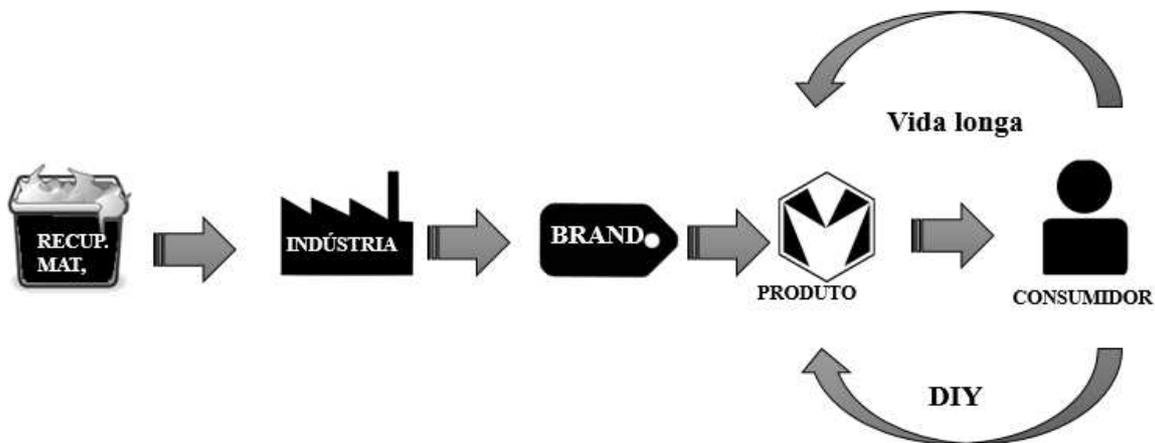
Fonte: Elaborada pela autora, adaptado de RSA, 2013.

⁷ “Etapa do processo de desenvolvimentos de produtos que define o problema e estabelece limites a partir da elaboração de requisitos projetuais”. (BOEIRA, 2010).

Como mostra a Figura 13, o projeto britânico apresenta quatro modelos de *design* para a transição, o primeiro modelo, *Design* para a Longevidade, inclui estratégias de extensão da vida útil de um produto, não somente apenas por meio de materiais e componentes duráveis, mas também pela facilidade com que o próprios usuários consertem ou atualizem seu produtos. O segundo modelo, *Design* para Serviço, traz a proposta de criar novos modelos de negócios, onde os produtos passam a ser serviços, e consumidores se tornam usuários. Isso traz benefícios tanto para as empresas quanto para os consumidores e facilita na recuperação de componentes e materiais. O *Design* para Serviço já está sendo bastante implementado com sucesso em diversos setores: automotivo (uber), hotelaria (Airbnb), entre outros e possibilita que as empresas se tornem responsáveis pelo conserto e encaminhamento de equipamentos quando estes deixam de servir a seus usuários. O terceiro modelo, *Design* para Remanufatura propõe que se empresa se manter responsável pela destinação do produto, trará uma vantagem se a mesma, na fase de concepção prever desmontagem, conserto, reutilização ou revenda. Para isso, é necessário projetar de forma que componentes e materiais utilizados possam ser reaproveitados em outras linhas de produtos. O último modelo, *Design* para Recuperação de Materiais, traz reciclagem como última opção quando os materiais não puderem ser aproveitados nos modelos anteriores. Por isso, destaca-se a importância da etapa de concepção e *design* dos produtos que permite o sucesso dessa estratégia. A intenção do *design* que permita que os materiais possam ser reciclados sem contaminação ou perda de valor é de extrema importância pois ao invés da subciclagem (*downcycle*) consegue-se a superciclagem (*upcycle*) que transforma produtos com valor agregado. Para sucesso no emprego dos quatro modelos citados, é preciso viabilizar o *design* para desmontagem, afinal, para que um usuário consiga consertar ou mesmo atualizar ele mesmo seu produto, esses atributos devem constar no produto para que as peças sejam facilmente desmontadas, separadas e identificadas. Outro fator importante é viabilizar modelos de remanufatura e redistribuição, ou seja, o produto deve permitir fácil desmontagem para que seus componentes possam ser substituídos e reaproveitados. O *Design* para Desmontagem é igualmente importante pois permite a recuperação econômica de materiais por meio de alternativas como reciclagem, compostagem quando não houver outras formas de recuperação. Como é possível observar, o foco do relatório se concentra no ciclo técnico, mas ainda existem estratégias de recuperação por meio do ciclo biológico como mostra a Figura 19, que permite devolver nutrientes de forma segura para a biosfera, sendo assim, o *Design* para Desmontagem permite a separação dos componentes técnicos dos componentes biológicos e assim serem reinseridos de forma adequada para novos ciclos de uso e valor.

Em relação ao modelo *Design* para a longevidade (DfL) - *Designing for Longevity*, o desafio desse modelo é romper com o paradigma de que o lucro vem da quantidade de produtos vendidos, ou seja, cada unidade tem que ter um custo baixo e isso impossibilita a escolha de materiais de qualidade; se por um lado, o foco é a competitividade e se a indústria usa material tóxico, barato e que não permite a sua reciclagem dificulta o investimento em inovação para promover a melhoria do material, do outro lado, tem-se o desafio de trazer qualidade para um produto com custo acessível para permitir o acesso desses produtos de qualidade para a população.. A Figura 14 mostra o modelo circular do *Design* para Longevidade.

Figura 14 – Design para Longevidade



Fonte: Adaptado de RSA, 2013.

O modelo do *Design* para Longevidade tem a rota mais próxima com o consumidor/usuário, por isso, é o oposto a obsolescência programada pois é projetado para maximizar o material utilizado e diminuir a energia gasta nas etapas de produção. A proposta do modelo é projetar produtos com durabilidade, de forma que sejam bem concebidos para que os usuários não desejem e nem precisem descartá-los. Os produtos nesse ciclo devem ter sua vida útil prolongada por meio da intervenção do usuário com “*upgrades*”, conserto e reparo. Para estabelecer essa relação com o consumidor/usuário as informações têm que estar disponíveis de forma acessível por meio de manuais de serviço de produtos e assistência técnica e isso vai possibilitar criar uma conexão com o consumidor/usuário. O *design* ou a intenção desse modelo permite que os produtos possam ser desmontados com facilidade sem que isso acarrete quebrar alguma peça ou que tenha componentes colados. Quando o usuário determinar seu fim de vida, ele deve ser motivado a devolvê-lo.

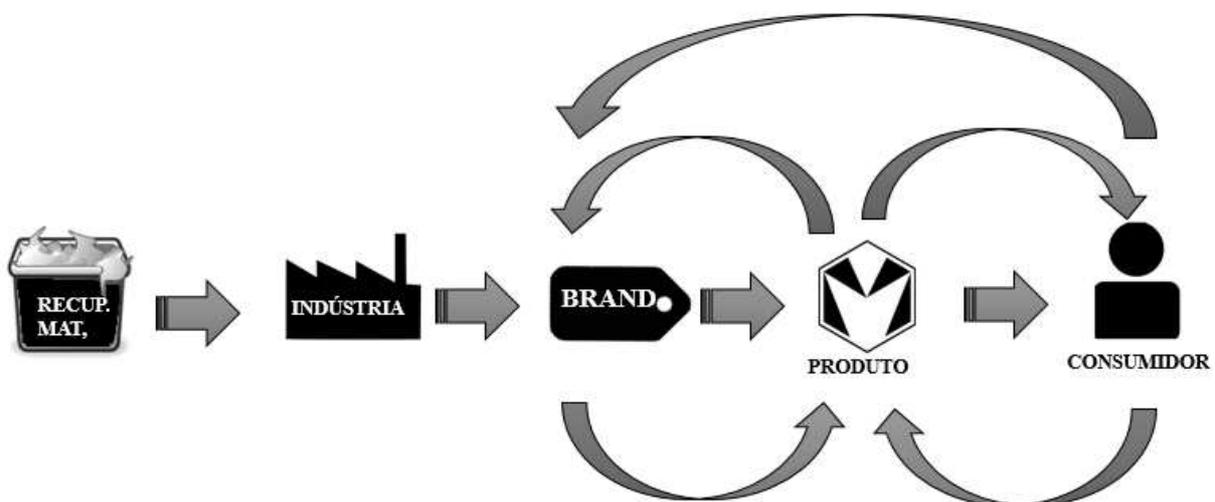
Quanto ao *Design* para serviço/locação (DfS) - *Designing for leasing/service*. a importância é que promove a inovação de modelos de negócios uma vez que o produto passa a ser serviço e o consumidor se torna usuário. As plataformas digitais promoveram uma mudança

comportamental dos usuários que compartilham e alugam produtos sem a necessidade de posse do produto. Um exemplo desse modelo muito praticado são empresas que compartilham carros e já está sendo aplicado em outros produtos.

Em crescimento, o *design* para serviços, é uma peça chave para uma Economia Circular, pois permite critérios de *design* que possibilitam prolongar a durabilidade e estender a vida útil do produto. Nesse modelo, o material permanece em posse do fabricante porque ele não é vendido, é de responsabilidade do fabricante o concerto e o descarte do material, isso permite manter o valor dentro do sistema. A Figura 15 ilustra o modelo. Um exemplo de modelo de negócios circular é uma combinação de um modelo de pagamento baseado em acesso, como uma concessão de produto, com uma estratégia de recuperação de valor, como a renovação.

Espera-se que os modelos de *leasing* proporcionem aos fabricantes controle sobre seus produtos ao longo do ciclo de vida e resultem em taxas confiáveis de retorno do produto. Isso facilitaria a recuperação do valor embutido nos produtos (EMF, 2013). A Figura 15 mostra o modelo.

Figura 15 – Design para Serviço/Locação



Fonte: Adaptado de RSA, 2013.

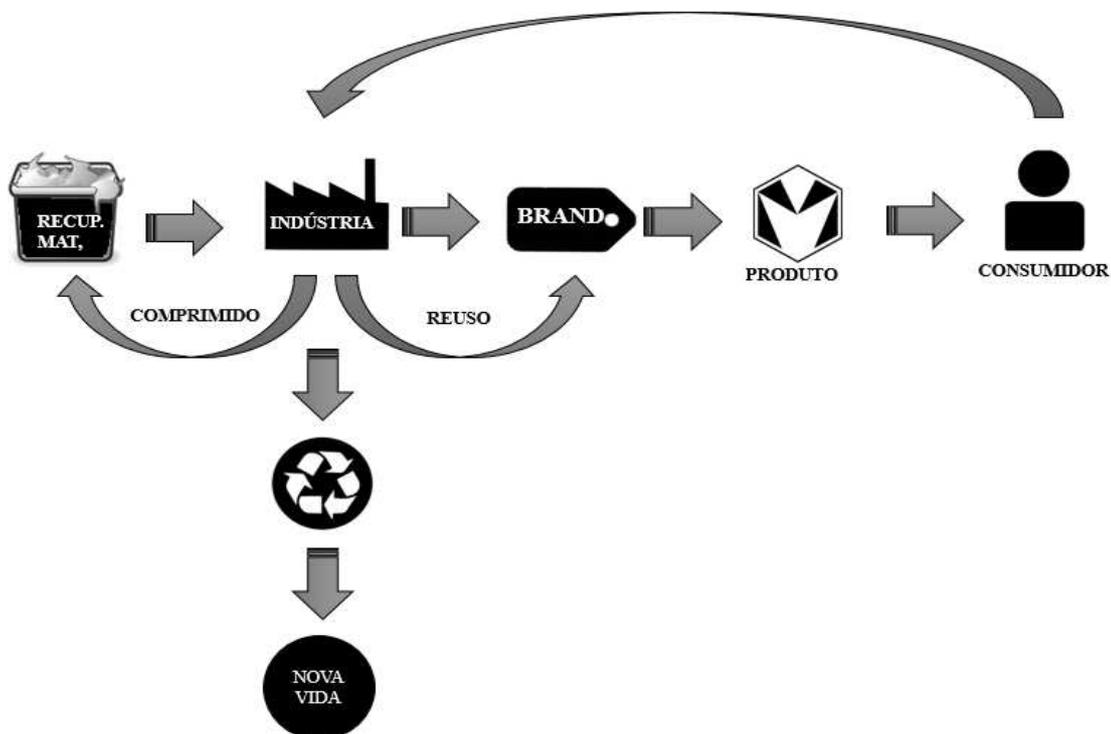
Ao analisar a Figura 15, observa-se que os desafios de *design* desse modelo estão em como inovar essas formas de compartilhar e comercializar um produto que mais uma vez promovem novos modelos de negócios. As reflexões que surgem nesse modelo é que se as pessoas estão compartilhando um produto é necessário que ele seja projetado de forma inovadora, para isso, é necessário observar como as garantias serão desenhadas de forma a dar

suporte a essas novas indústrias. Além disso, verificar quais vantagens podem ser agregadas ao garantir que os produtos e seus materiais circulem no sistema ao invés de ter sua destinação final os aterros. Outra característica a ser validada é como promover o lucro desse modelo se não há venda direta de produtos. Existem países que esses modelos têm incentivos fiscais, como por exemplo, a reparação de produtos tem isenção de impostos que traz benefícios imediatos e incentiva modelos de negócio de *leasing*.

O *Design para Reuso na Remanufatura (DfRM) - Designing for re-use in manufacturing* impõe a necessidade, ainda que prematura, um “projeto para desmontagem” já que a infraestrutura atual suporta um método de “esmagamento e derretimento⁸” para o gerenciamento de recursos.

O relatório propõe que as empresas criem ferramentas que possibilitem a desconstrução, com isso, seria possível recapturar o material por meio de projetos que garantam seu retorno no fluxo do material permitindo a redução da prática de volatilidade de preços nas empresas. Nesse modelo como mostra a Figura 16, a responsabilidade do produtor é componente chave para a criação de novas parcerias de fechamento de ciclo as quais permitiriam que as empresas pensassem além de sua cadeia de suprimentos.

Figura 16 – Design para Reuso na Manufatura



Fonte: Adaptado de RSA, 2013.

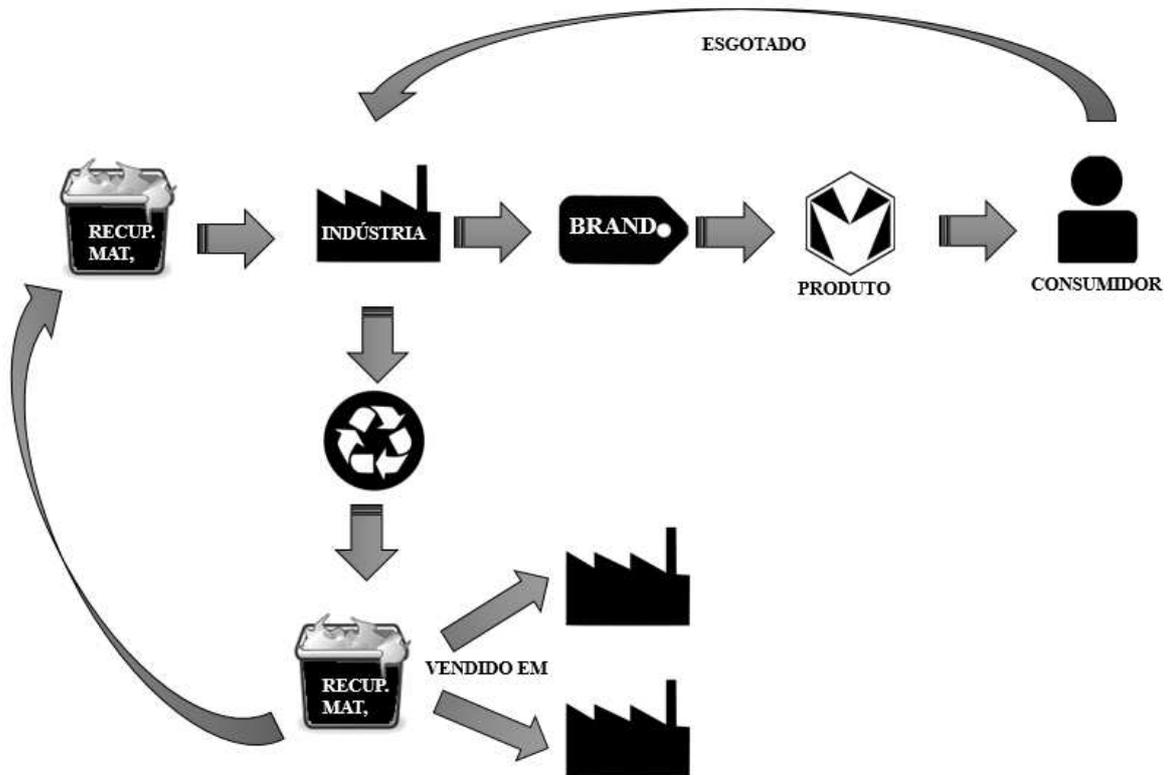
⁸ “crush and melt”.

Conforme a Figura 16, esse modelo permite relações conhecidas como Simbiose Industrial que oferecem a oportunidade de projetar circuitos fechados onde o resíduo de uma empresa e matéria-prima para outra. Novamente a responsabilidade do produtor individual é primordial para dar importância ao material e não ao volume e incentivar a inovação para projetar produtos e serviços que recapturam os produtos antigos para a manufatura, concerto e “*upgrade*”, ou seja, que está alinhada com projetar em escala para a longevidade. O desafio desse modelo é estabelecer uma parceria entre o *designer* e o fabricante para a identificação de novas oportunidades de negócios.

O *Design* para a Recuperação de Materiais - (DfReM) - *Designing for Material Recovery*, implica em reaproveitá-los por meio da reciclagem e quando eles não puderem mais ser usados nos modelos apresentados anteriormente (DUFLOU *et al.*, 2008) (PIGOSSO *et al.*, 2010). Esse processo consiste na separação dos materiais que sobram dos fluxos de resíduos ou produtos fim de vida reinserindo-os como insumos para novos produtos ou componentes reciclados (KAEBERNICK; KARA, 2007) (PIGOSSO *et al.*, 2010) (MAYYAS *et al.*, 2012). Como vantagem, tem-se a redução da poluição, evita o uso de aterros e conservação de recursos naturais, por isso essa abordagem de *Design for Recycling* (DfR) é uma opção para produtos de fácil reciclagem (OTTO E WOOD, 2001). A abordagem DfR propõe atributos de *design* que contribuem para a reciclagem e a desagregação de baixo custo dos materiais que são agregados ao produto (ILGIN; GUPTA, 2010) (MASANET; HORVATH, 2007).

Esse modelo, ilustrado na Figura 17, implica na escolha/existência de materiais que possam ser reciclados sem perda de qualidade e em pensar o *design* de sistemas para entender como permitir o retorno do material de forma rápida no ciclo, além disso, deve-se considerar como isso pode ser efetivado tanto por parceiros que vão fazer essa recuperação quanto na comunicação clara com os usuários para que possam encaminhar esses materiais da melhor forma.

Figura 17 – Design para Recuperação de Material

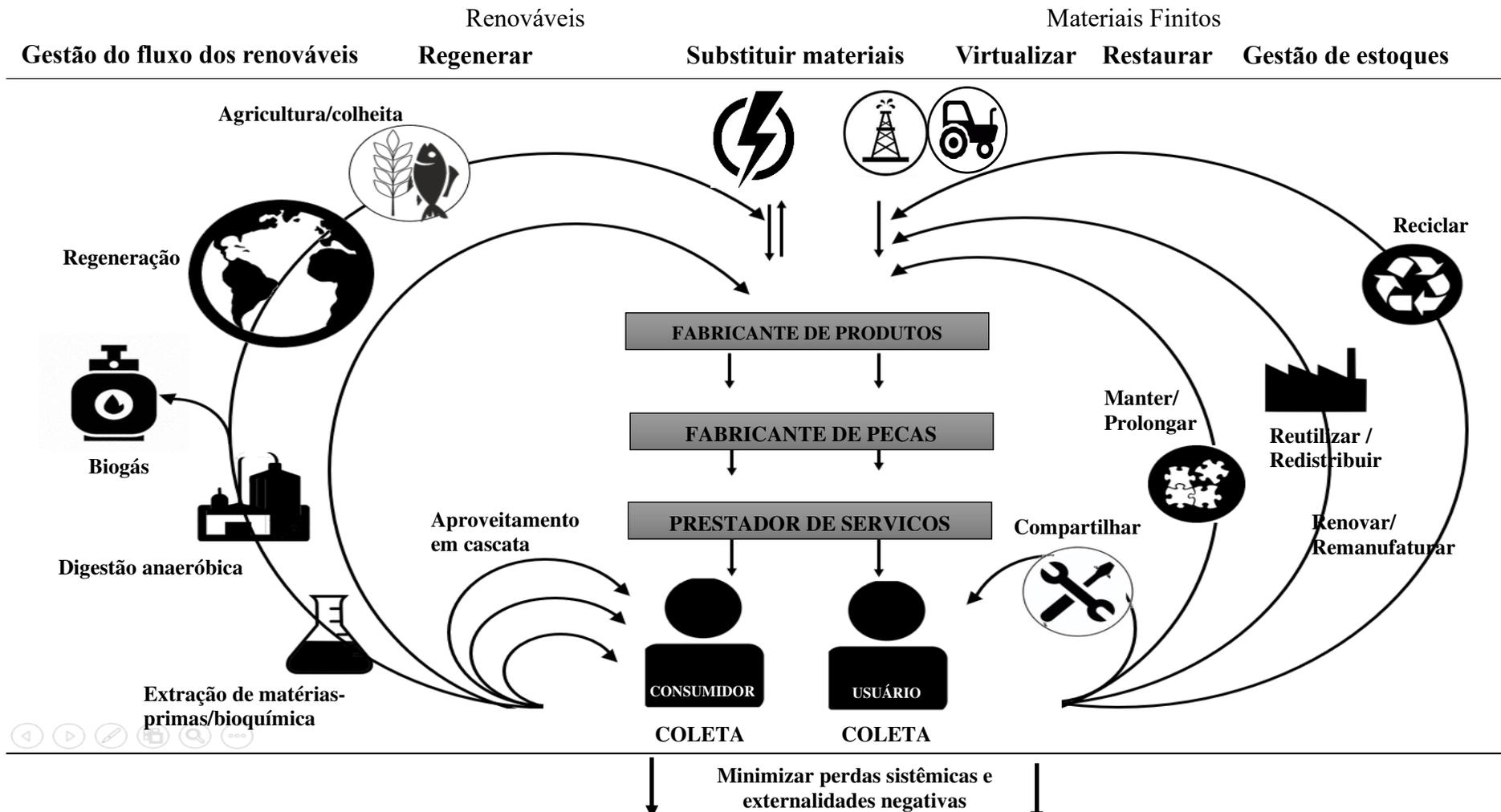


Fonte: Adaptado de RSA, 2013.

Como mostra a Figura 17, o desafio desse modelo, se não houver uma compreensão clara na indústria do *design* com foco na recuperação efetiva do material, pode acarretar mais desperdício devido à falta de informações que pode levar à contaminação dos materiais valiosos recuperados.

Esses quatro modelos também estão alinhados ao Gráfico Borboleta, Figura 18, proposto pela Fundação Ellen MacArthur (2012), no que diz respeito ao ciclo técnico e isso não é coincidência porque compreende-se tanto a EI como a EC envolvem todas essas esferas de atuação para manter esse valor circulando nos sistemas industriais, de preferência nos ciclos interiores com produtos ou componentes ou nos casos em que isso não é possível como materiais que circulam pela indústria.

Figura 18 – Diagrama do sistema da Economia Circular – Gráfico Borboleta.



Fonte: Elaborada pela autora, adaptado de Fundação Ellen MacArthur, (2015)⁹.

⁹Ícone agricultura/colheita – considera caça e pesca. Bioquímica – pode aproveitar tanto resíduos pós-colheita tanto quanto pós consumo como insumos.

Como mostra a Figura 18, a proposta do diagrama do sistema da Economia Circular é transformar a função dos recursos na economia. Os resíduos resultantes das atividades das indústrias serão matérias primas com valor agregado para outros processos produtivos o que permitirá que os produtos possam ser reparados, reutilizados e remanufaturados e não descartados (SINGH, 2016) (MIERLO, 2017).

1.9 A madeira no ciclo produtivo

A madeira é uma matéria-prima de uso ancestral, entre outros fatores, por ser material renovável com excelentes características para uma longa série de setores produtivos. Devido à sua grande utilização, como por exemplo, na construção civil (MACIEL; ORELLANA, 2019), onde resíduos de madeira correspondem a 30 - 40% do volume total, seu descarte, em lugar de reuso, significa impacto ambiental significativo.

O uso de madeira está amplamente disseminado como afirma Nayha (2019, p. 22), sendo fundamental não só na produção de bioenergia, mas também como matéria-prima para indústria têxtil, nanofibras, biocompósitos, plásticos biodegradáveis, polímeros, produtos farmacêuticos etc. Exemplo marcante é a tentativa de formulação de uma bioeconomia como propõe Hildebrandt *et al.* (2018), tendo a madeira como matéria-prima de indústrias químicas, o que permite obter produtos comparáveis à indústria do petróleo, mas com menor impactos ambientais. Por ter um uso intenso, na Finlândia, após mapeamento do fluxo de materiais advindos de manejo de floresta e madeira e do respectivo descarte, decorrente da construção civil, demolição, papel e celulose além de mobiliário, foi proposta a incineração dos resíduos para obtenção de energia (VANHAMÄKI *et al.*, 2020).

No país, a grande utilização da madeira, indubitavelmente é na construção civil, com consumo de 60% de toda a madeira extraída; infelizmente, contudo, pouca dessa madeira é reciclada, entre outros motivos, pela mistura com outros resíduos descartados no processo (AGOPYAN; JOHN, 2011). No país significa 0,58m³ de resíduos/residência no Programa Minha Casa Minha Vida, mesmo sendo possível reciclar cerca de 90% do material descartado (CAETANO; SELBACH; GOMES, 2016). Essa situação é recorrente ao redor do mundo: 39,27 milhões de toneladas de resíduos, 4% madeira, na Espanha; 13,71 milhões de toneladas, 11,2% madeira na construção e 8,4% na demolição, em Shanghai etc. (PAIVA, 2016). O segundo uso mais disseminado é a indústria moveleira, com formação de resíduos aproximadamente de 10%, mas com pouca utilização, por se tratar de serragem e similares. Em terceiro lugar, a indústria de celulose e papel normalmente destina seus resíduos para cogeração de energia. Por fim a

produção dos móveis planejados, não apresenta exemplos de reciclagem ou *upcycling* significativos (MIDÔES, 2017). Outra variante importante é o tipo de madeira extraída, como afirma Sá (2018), na Paraíba, por exemplo, é comum o uso da madeira maciça de 15 espécies distintas, e sem perspectiva de reutilização. Neste contexto não só a questão ambiental fica impactada, mas também a econômica, pois, a não reciclagem de material da construção civil, atividade que corresponde a 8% do PIB, acarreta perda de oito bilhões de reais. Contudo, Tavares, Ino, Ometto (2017) demonstraram a possibilidade de circularidade na construção civil utilizando madeira de reflorestamento, mas requer manejo adequado e logística.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Na elaboração dessa dissertação foi realizada uma revisão sistemática que permite propor investigações em áreas futuras, pois identifica *gaps* de pesquisa (KITCHENHAM, 2004:1-2). Ao realizar uma revisão sistemática busca-se obter o maior número possível de resultados primários, utilizando-se métodos objetivos de pesquisa para responder uma pergunta específica. Por se tratar de uma retrospectiva do assunto tem como objetivo construir uma reflexão crítica do material coletado e com isso otimizar a pesquisa por dados. (SAMPAIO; MANCINI, 2007). Como premissa da revisão sistemática, segundo os referidos autores, sugere-se definir a pergunta de forma objetiva e estruturada a fim de alcançar uma análise eficiente. A pergunta que orientou a pesquisa dos artigos foi: “O *upcycling* como parte do processo de fechamento de ciclo aplicado a conceitos de Economia Circular e/ou Ecologia Industrial é eficaz economicamente e ambientalmente na Gestão de Resíduos Sólidos?” O próximo passo compõe-se de criar limites de fontes de dados e busca de palavras-chave. Para isso, a base escolhida foi a Scopus por se tratar de uma base que abrange dados de citações, resumos de literatura por pares: revistas científicas, livros e conferências e por oferecer ferramentas ágeis de rastreabilidade, análise e visualização da pesquisa, pois fornece um panorama geral da produção científica mundial em diversas áreas. Uma barreira encontrada foi a limitação desse assunto na língua portuguesa; então, utilizaram-se as palavras-chave na língua inglesa correspondentes ao tema estudado. Ao buscar as palavras-chave individualmente com o filtro apenas para o idioma português, inglês e espanhol obtém-se uma amostra muito grande de artigos por termos como mostra a Tabela 2. Os termos necessariamente tinham que estar no título do Artigo, Resumo ou nas Palavras-chave e ser Artigo ou Revisão.

Tabela 3 - Levantamento por palavra-chave - Base Scopus

Por Palavras-chave	Resultados – Base Scopus	Período até 2018
<i>Closed Loop Production</i>	76	1978
<i>Cradle to Cradle</i>	325	1996
<i>Circular Economy</i>	2471	2001
<i>Industrial Ecology</i>	2732	1963
Total	5604	-

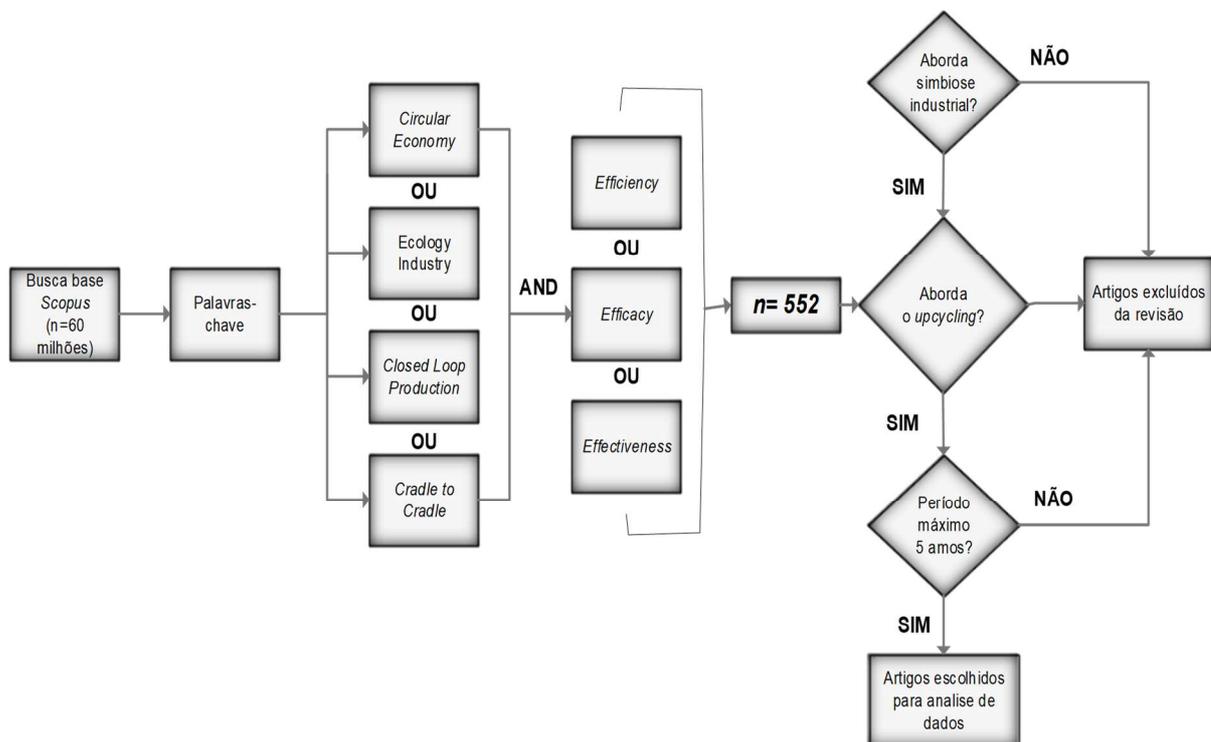
Fonte: Dados extraídos da base *Scopus*, elaborada pelas Autora.

Como mostra a Tabela 2, a busca resultou em uma amostra extensa; para reduzi-la, fez-se uma busca das quatro palavras-chave combinadas com o uso do operador lógico booleano “OR” depois de cada palavra, pois assim se garante uma correlação entre os termos: “*Cradle to Cradle*” (do berço ao berço), “*Circular Economy*” (Economia Circular), “*Industrial Ecology*”

(Ecologia Industrial), e “*Closed Loop Production*” (produção de ciclo fechado) e para delimitar ainda mais a busca foram adicionados a esse primeiro grupo de palavras-chave termos com o operador lógico booleano “AND” depois do conjunto dos quatro termos mencionados acima para filtrar resultados: “*Efficiency*” (eficiência), “*Effectiveness*” (efetividade) e “*Efficacy*” (eficácia)¹⁰, e como esses termos se correlacionam novamente vinculado ao operador lógico booleano “OR” entre cada termo.

Como afirmam Mancini e Sampaio (2007) é preciso estabelecer critérios de exclusão no material encontrado. Como será abordado um resumo de cada resultado, viu-se a necessidade de usar critérios de exclusão nas publicações escolhidas para reduzir ao máximo o número de resultados. Os critérios de inclusão foram a abordagem da simbiose industrial, a aplicação do *upcycling* na gestão de resíduos e terem sido publicados nos últimos 5 anos, foi contemplado o ano de 2018 devido ao número baixo de resultados encontrados. A Figura 19 resume o processo de triagem na escolha das publicações.

Figura 19 – Fluxograma de Processo de seleção



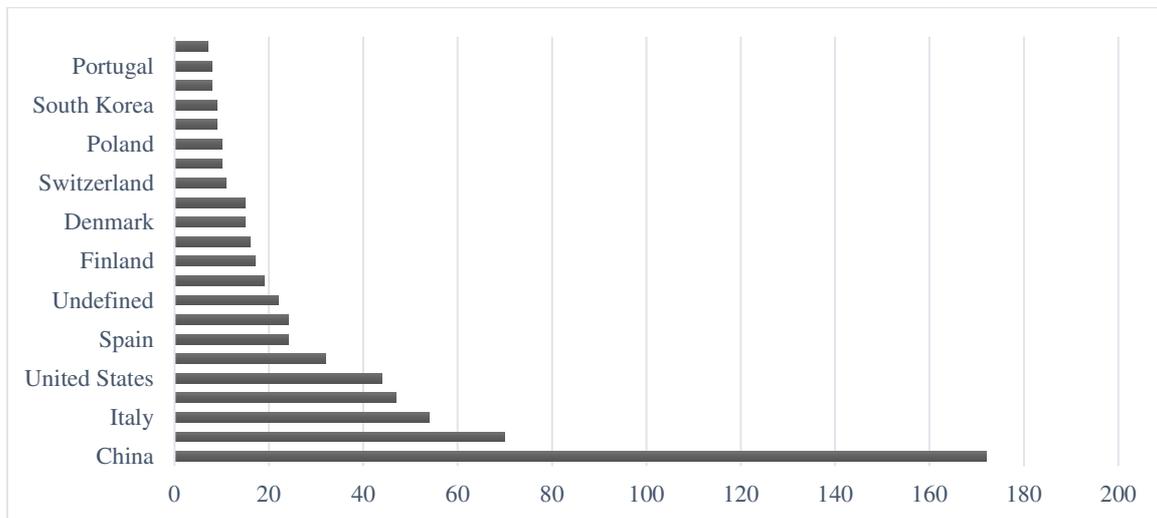
Fonte: Elaborada pela autora.

Como resultado dessa busca obtiveram-se 552 amostras apenas para Artigos e Revisões. A Figura 20 mostra o número de publicações por país. A base *Scopus* apresenta os 15 primeiros colocados no *ranking*, porém como o Brasil aparece em 22º com sete publicações, foi

¹⁰ Eficiência – objetivo atingido; Efetividade – desempenho considerando condições reais, e, Eficácia – desempenho considerando condições ideais e controladas.

contemplado até essa posição no gráfico.

Figura 20 - Número de publicações por país



Fonte: Dados extraídos da Base *Scopus*, elaborada pela autora.

Como mostra a Figura 20, o fato de a China estar em evidência com o maior número de publicações de casos de fechamentos de ciclos se justifica, considerando-se a aprovação, em 2008, da Lei de Promoção da Economia Circular e estabelecimento da EC como referência mundial de estratégia nacional de desenvolvimento econômico e social (MATHEWS; TAN, 2011).

Verificam-se em destaque os países - membro da União Europeia que adotaram um pacote para fomentar a Economia Circular desde 2015, onde preveem investimentos na ordem de milhões de dólares com foco na gestão ambiental de recursos, na investigação, na redução das emissões de carbono e na adaptação das pequenas e médias empresas (PME)¹¹. No Brasil não foi possível verificar a prática da Economia Circular, pois este estudo é limitado.

Portanto esta pesquisa se justifica pelos poucos resultados existentes no país e pela importância de madeira reciclada. Os materiais que foram utilizados nessa pesquisa são aqueles comuns ao manuseio de madeira e são descritos em conjunto com os resultados.

2.1 Métodos: Estudo de Caso e Pesquisa - Ação

A proposta dessa dissertação tem seu foco em materiais normalmente provenientes de resíduos, mas que na Ecologia Industrial são definidos como coprodutos, de madeira

¹¹ Extraído de <<http://pt.euronews.com/2016/01/25/a-europa-comeca-a-girar-em-torno-da-economia-circular>>. Acessado em 10/06/2018.

provenientes de diversos sistemas produtivos da madeira. Nesse contexto, tanto o método do Estudo de Caso quanto a Pesquisa - Ação foram utilizados.

2.1.1 Estudo de Caso

Segundo Yin (2015) os estudos de caso são apresentados como ferramentas estratégicas que colocam questões “como” e “por que” em evidência, uma vez que o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quer dar um foco em estudar fatos atuais inseridos em algum contexto contemporâneo, a fim de obter uma compreensão de fenômenos sociais complexos por meio de uma investigação, preservando suas peculiaridades na sua totalidade.

Diante dos resultados obtidos, duas questões ficam evidenciadas:

Por que fazer a gestão de resíduos traz vantagens competitivas para o sistema produtivo?

Como reutilizar resíduos de madeira em coprodutos com valor agregado?

O Estudo de Caso para ser executado contou com seu próprio método de pesquisa apresentado anteriormente nesse trabalho e que teve suporte na investigação inicial da pesquisa bibliográfica que embasa a Fundamentação Teórica, ou seja, enquanto a primeira pergunta é respondida já na fundamentação teórica a segunda traz o foco desse trabalho, que é o sistema produtivo da madeira. Segundo o Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola – Imaflora – no Brasil contempla 65% do seu território em florestas, uma das maiores do mundo, que corresponde a 10% de toda a área florestal global. Dados do *World Wildlife Foundation* – WWF Brasil – aponta que o setor da Construção Civil é um dos maiores consumidores de madeira nativa do país. Segundo dados do SEBRAE, 80% da madeira são de aplicação temporária como forma para concreto, andaimes, escoramentos, entre outros que são descartadas depois que as fundações e estrutura das edificações estão prontas e somente 20% são de aplicação definitiva como estruturas de cobertura (vigas, caibros, pranchas e tábuas), esquadrias (portas e janelas), forros, pisos, casas pré-fabricadas, entre outros¹².

2.1.2 Pesquisa-Ação

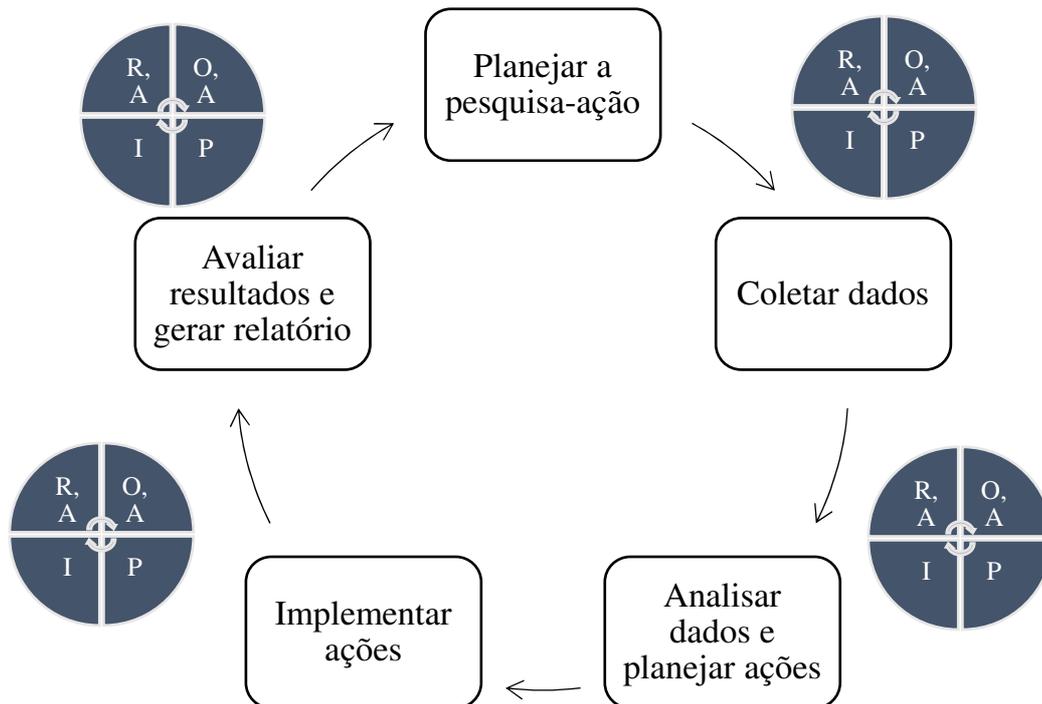
A pesquisa – ação é um tipo de pesquisa social aplicada onde o pesquisador e o cliente cooperam na busca de uma solução para um problema, onde as descobertas serão de grande contribuição para gerar conhecimento em um assunto específico. Na pesquisa-ação, o termo

¹² Sebrae Mercados - Utilização da Madeira certificada na Construção Civil: um diferencial – disponível em <http://www.sebraemercados.com.br/wp-content/uploads/2015/12/2014_07_17_RT_Junho_ConstrucaoCivil_FSC_validacao.pdf>. Acesso em abril de 2019.

pesquisa diz respeito à produção de conhecimento e o termo ação permite modificar a realidade com critérios. Guiada pela prática é possível produzir conhecimento para modificar uma realidade que acontece junto com a pesquisa, assim, esse método de pesquisa permite produzir conhecimento enquanto a realidade é modificada simultaneamente sendo um dependente do outro (OQUIST, 1978). Para ser qualificada como pesquisa-ação é de extrema importância a imposição de uma ação por parte do indivíduo, ou de um grupo, que implique no problema que está sendo observado. Além disso, é necessário que a ação seja não-trivial, o que quer dizer uma ação problemática que mereça investigação, sob o ponto de vista científico, para ser elaborada e conduzida. Na pesquisa-ação os pesquisadores desempenham um papel ativo no equacionamento dos problemas encontrados, no acompanhamento e na avaliação das ações desencadeadas em função dos problemas. (THIOLLENT, 2007).

A proposta de conteúdo e sequência para a condução da pesquisa-ação, construída pelos autores com base nos trabalhos de Westbrook (1995), Coughlan e Coughlan (2002) e Thiollent (2007), pode ser vista na Figura 21.

Figura 21 - Estruturação para condução da pesquisa-ação.



Fonte: Adaptado de Westbrook (1995), Coughlan e Coughlan (2002) e Thiollent (2007).

Na pesquisa-ação, o pesquisador utiliza da observação participante e isso permite interferir no objeto de estudo de forma colaborativa entre os participantes da ação para solucionar um problema e construir uma base de conhecimento. Como mostra a Figura 21, é possível ver a sequência das etapas que conduz a pesquisa-ação (WESTBROOK, 1995)

(COUGHLAN; COGHLAN, 2002) (THIOLLENT, 2007). Cada etapa do processo da pesquisa acontece em cinco fases: planejar; coletar dados; analisar dados e planejar ações; implementar ações; avaliar resultados e gerar relatório. O ciclo de melhoria e aprendizagem (Figura 16) é composto de quatro etapas, planejar (P), implementar (I), observar e avaliar (O&A) e refletir e agir (R&A). Na sequência será feito o relato de participação do Laboratório de Economia Circular, Mobiliário e Empreendedorismo.

2.2 Os objetos da Pesquisa

O critério de escolha do Estudo de caso foi:

- uma edificação de madeira¹³ oriunda dos resíduos da construção civil;
- oficinas de *upcycling* (reciclagem com alto valor agregado) que promovem a inovação por meio da criatividade na busca por soluções para resíduos de madeira.

Espera-se, com essa abordagem, que tanto o macroscópico – a casa, a moradia em si – quanto o meso – a mobília, o interno – sejam contemplados pela Pesquisa. O primeiro critério foi contemplado com o estudo da Casa Circular e o segundo com o Laboratório de Economia Circular.

2.2.1 Casa Circular

O primeiro Estudo de caso foi a Casa Circular, que é um modelo pioneiro de construção inspirado no *Cradle to Cradle* e desenhado para a Economia Circular. A edificação foi realizada em parceria entre a Flock e Okna Arquitetura, e teve planejamento para otimização contínua dos recursos envolvidos. Conforme Léa Gejer, uma das idealizadoras do projeto, é uma alternativa de construção que promove interações positivas entre o ser humano e a natureza. Para isso, foram pensadas soluções de *design* que prezam pela qualidade, saúde, inovação, circularidade e modularidade. A primeira Casa Circular foi construída em Pinheiros, São Paulo. O modelo é uma construção para abrigar um ateliê de arte de 30m². O projeto é resultado de muito estudo e pensamento sobre como construir de forma circular, rápida, sem desperdício, com viabilidade financeira, qualidade e estética; esse objeto de estudo usa a madeira na parte externa e permitiu a validação e aplicação de muitos conceitos apresentados nesse trabalho.

¹³ Segundo Bittencourt, (1995) e Mello; Bittencourt, (2009) uma edificação de madeira é a estrutura que observa os quatro princípios básicos propostos por Bignon. Trata-se de solução estrutural que dissocia estrutura e vedações, pois a estrutura do edifício é determinante sobre as demais partes e, quanto à flexibilidade da obra, a estrutura é o suporte para as adaptações e evoluções.

2.2.2 Laboratório de Economia Circular, Mobiliário e Empreendedorismo - LABMOB

O segundo Estudo de caso foi a participação em um Laboratório de Economia Circular, Mobiliário e Empreendedorismo – LAB MOB - promovido pelo Centro de Pesquisa e Inovação do Instituto Europeu de *Design* (Cried) e pela YVY Reciclagem com apoio da Enel Distribuição de São Paulo, com a intenção de inspirar o uso criativo e racional das cruzetas de madeira de postes de energia elétrica a partir de uma abordagem de fechamento de ciclo.

De acordo com o site da YVY Reciclagem, há 30 anos esta atua na liderança de uma equipe que participa ativamente para construir um amadurecimento do segmento de reciclagem de metais ferrosos no Brasil. Ao longo dos anos, a YVY Reciclagem criou soluções logísticas de produção para que de um lado, seus fornecedores pudessem fazer a destinação correta e captar valor econômico por meio dos resíduos gerados em seus processos produtivos e do outro assegurar aos clientes o fornecimento confiável de matéria-prima reciclada, de origem lícita. A empresa visa gerar valor em três eixos: valor econômico, valor social e valor ambiental. No eixo econômico, gerar a circulação de riqueza ao longo dos processos logísticos e de produção que transformam resíduos em matéria-prima de qualidade para indústria de diversos segmentos. No eixo social, promove a inclusão social e bem-estar ao gerar trabalho e renda, construindo relações éticas e apostando na força educativa da sustentabilidade e investindo em iniciativas que despertam a consciência da sociedade sobre a importância da reciclagem como atitude de cidadania. E no eixo ambiental, a própria natureza do negócio está ligada a agenda ambiental: tanto do ponto de vista da redução de desperdícios, da pegada ambiental dos processos produtivos para gerar matéria-prima reciclada, quanto pela distribuição correta dos materiais não recicláveis. Em suas operações buscam soluções que reduzam o consumo de água, energia e combustíveis¹⁴.

A Eletropaulo, pertencente à ENEL, é a maior distribuidora do país em número de clientes. Atende a 7,2 milhões de unidades consumidoras em 24 municípios da região metropolitana de São Paulo, incluindo a capital paulista, um dos principais centros econômico-financeiros do Brasil e do mundo. Em junho de 2018, a empresa foi adquirida pelo grupo Enel e desde o dia 4 de dezembro de 2018 passou a se chamar Enel Distribuição São Paulo. A Enel é uma empresa multinacional e um dos principais *players*¹⁵ integrados dos mercados globais de

¹⁴Extraído de: <https://www.yvyreciclagem.com.br/yvy-reciclagem/>. Acesso em setembro de 2019.

¹⁵“Os *players* de mercado são grupos que dividem sua expertise em um segmento crescente, geralmente localizado em regiões aparentemente não tão promissoras, mas que no final das contas acabam apresentando um grande potencial lucrativo” - <https://www.ibccoaching.com.br/portal/players-de-mercado-sua-empresa-representa-este->

energia e gás. Está presente em mais de 30 países e leva energia a 73 milhões de usuários finais ao redor do mundo. No Brasil, é a maior empresa privada do setor elétrico e desempenha um papel de liderança no desenvolvimento das fontes renováveis de energia no país. Atua em toda a cadeia energética, com atividades nas áreas de geração, distribuição, transmissão e comercialização, além de soluções em energia. Por meio de quatro distribuidoras, nos estados do Rio de Janeiro, Ceará, Goiás e São Paulo, leva energia a cerca de 17 milhões de clientes. O investimento massivo nas fontes renováveis de energia, a preocupação constante com as alterações climáticas e o desenvolvimento de mais de 250 projetos de geração de renda, eficiência energética, educação e reciclagem, levaram a Enel a ser reconhecida como a Empresa Mais Sustentável do Ano, pelo Guia Exame de Sustentabilidade 2018¹⁶.

O IED CRIED é o centro de inteligência, inovação, pesquisas avançadas e desenvolvimento do IED – *Istituto Europeo di Design*, responsável pela geração e aplicação de conteúdos e projetos sob medida para os diversos desafios de mercado, a partir do conhecimento gerado em suas instituições de ensino sediadas na Itália, na Espanha e no Brasil. Oferece soluções e serviços de consultoria alinhados ao dinamismo da economia global, com foco na criação de impactos positivos nas realidades regionais e/ou locais. Sua missão é contribuir, de forma estratégica, para o fortalecimento de novas iniciativas do mercado e da cultura organizacional em empresas privadas, públicas e/ou de terceiro setor, por meio de uma abordagem sistêmica do pensamento do *design* para fortalecimento da cultura de inovação e gestão criativa de novos negócios. Para realizar sua missão, o IED CRIED reúne capacidade técnica, metodologia e corpo técnico capazes de contribuir para a geração de soluções e a criação de novos negócios para diferentes perfis de organizações no Brasil e no exterior¹⁷.

2.3. Questionário

Para complementar a análise dessa pesquisa, que envolve o Estudo de Caso da Casa Circular e a Pesquisa-Ação do LABMOB faz-se necessária a aplicação de um *survey* pela *internet* para verificar qual a percepção dos consumidores em relação a produtos sustentáveis, pois o número de pessoas preocupadas com a questão ambiental tem aumentado e as empresas estão procurando desenvolver ações sustentáveis. O período de coleta foi de 20 de janeiro a 03 de fevereiro de 2020. O *link* foi enviado via lista de *e-mails* para o maior número possível de pessoas. No instrumento de coleta de dados foram abordadas as dimensões sustentáveis:

conceito-descubra/

¹⁶ Extraído de: <https://www.eneldistribuicaoosp.com.br/a-enel/quem-somos>. Acesso em setembro de 2019.

¹⁷ Extraído de: <https://ied.edu.br/cried/#sobre>. Acesso em setembro de 2019.

Conscientização Ambiental, Hábitos de Consumo, Intenção de Compra de produtos sustentáveis, *Design* de Produtos, Construções Sustentáveis e Novos Modelos de Negócios além da caracterização do perfil do respondente gênero, idade, renda, localização e formação. Foi efetuada a coleta de 62 respostas válidas.

O objetivo desse levantamento é analisar a atitude dos consumidores em relação ao consumo ambientalmente correto, tendo como resposta a intenção de compra de produtos sustentáveis e, também, como os consumidores se comportam em relação a novos modelos de negócios. Um exemplo para este comportamento é um produto virar serviço porque há a oportunidade para as empresas desenvolverem seus produtos e serviços para que a mesma detenha a posse dos materiais e promova uma circularidade. A pesquisa de caráter exploratório foi realizada em São Paulo, Capital. A principal contribuição deste estudo foi verificar a intenção de compra de produtos sustentáveis com ênfase para a oportunidade de novos modelos de negócios e a percepção do consumidor quanto a esta tendência.

O questionário encontra-se no Apêndice A deste trabalho. As dimensões Consciência Ambiental, Hábitos de Consumo e Intenção de Compra foram baseadas na pesquisa de campo realizada em outubro de 2019 pelo Imaflora - (Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola) e na escala ECBB (*Ecologically Conscious Consumer Behavior*), estudo original de Straughan e Roberts (1999), e foram baseadas nos estudos de Silva (2012) e Bedante (2004). As afirmações da dimensão Construções Sustentáveis foram baseadas nos doze critérios para a aproximação de uma Edificação Circular de Geldermans (2016) e dois critérios do estudo de Tavares; Ino e Ometto (2017). A dimensão *Design* de Produtos foi elaborada pelos autores a partir da revisão da Literatura no Capítulo 1, seção 1.8. *Design* for X e as afirmações da dimensão Novos Modelos de Negócios foram baseadas no Guia de *Design* Circular - *Circular Design Guide* elaborado em colaboração da Ellen MacArthur Foundation e IDEO, instituto de Inovação em *Design*, disponível no site: www.circulardesignguide.com.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os principais resultados obtidos e analisados durante o período de pesquisa, apresentados na seguinte ordem: relevância do tema, estudo de caso e pesquisa-ação.

3.1 Relevância do tema

É importante encontrar, dentro das publicações acadêmicas, as principais referências da área – para se obter parâmetros de comparação, e também os possíveis *gaps*, onde a pesquisa pode, então ser fundamental.

Ao analisar os resultados, observa-se que a produção científica referente ao tema é recente com a primeira publicação em 1996. A partir de 2009, começa um aumento gradual e significativo e, como comentado anteriormente apurou-se um resultado de 552 publicações, conforme Figura 15, composta por *Articles* (62,1%), *Review* (6,3%), *Conference Paper* (28,6%) e *Conference Review* (2,9%). Com a definição dos critérios de inclusão, obtivera-se um total de 12 resultados, dos quais dois eram livros e por isso foram excluídos da revisão. Dos 10 restantes separando-os por palavra-chave, os índices foram: um apenas para *Circular Economy* (10%), quatro com *Industrial Ecology* (40%), sete com *Closed Loop Production* (70%) e dois com *Cradle to Cradle* (20%), e toda amostra abordando o *upcycling*. O Quadro 6 mostra a classificação dos artigos na ordem que aparecem na base de busca para posterior resumo.

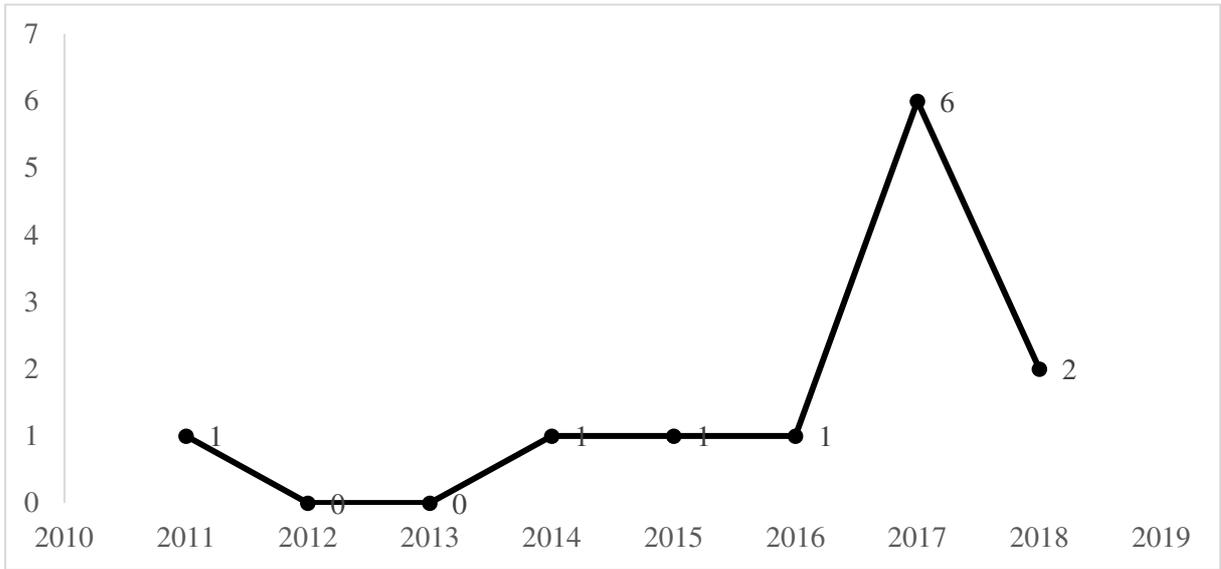
Quadro 6 - Artigos com critérios de inclusão

ID	Título	Citado	Ano
1	<i>Products that go round: Exploring product life extension through design</i>	81	2014
2	<i>The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity</i>	25	2017
3	<i>Cradle to cradle: Effective vision vs. Efficient practice?</i>	12	2015
4	<i>Combining Eco-Efficiency and Eco-Effectiveness for Continuous Loop Beverage Packaging Systems: Lessons from the Carlsberg Circular Community</i>	6	2017
5	<i>Closing the loop: integrative systems management of waste in food, energy, and water systems</i>	6	2016
6	<i>From energy efficiency towards resource efficiency within the Ecodesign Directive</i>	5	2017
7	<i>Cradle to Cradle and LCA (Book)</i>	3	2018
8	<i>Realizing Product - Packaging Combinations in Circular Systems</i>	2	2017
9	<i>Physico-chemical properties of excavated plastic from landfill mining</i>	0	2018
10	<i>Rethinking the construction industry under the circular economy: Principles and case studies</i>	0	2018
11	<i>Long-Term sustainability from the perspective of cullet recycling</i>	0	2017
12	<i>The future lifecycle of Intelligent façade</i>	0	2011

Fonte: Autores.

Na sequência da análise, as Figuras 22 e 23 mostram o número de publicações por ano e a quantidade de publicações por país das publicações selecionadas.

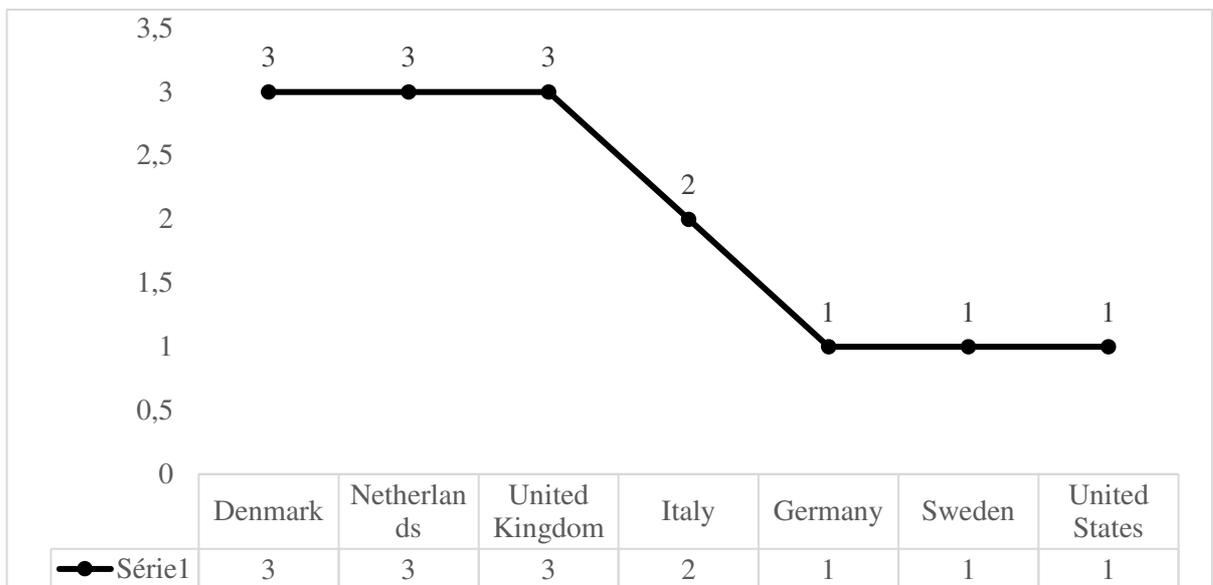
Figura 22 - Número de publicações por ano



Fonte: Dados extraídos da Base Scopus, elaborada pela autora.

Na primeira análise da amostra, sem os critérios de exclusão, já era possível observar que o assunto é bastante recente na produção científica; e ao aplicar os critérios de exclusão, verifica-se um *gap* de pesquisa pouco explorado como mostra a Figura 22. A Figura 23, mostra os países que produziram as publicações, e, uma provável tendência é a maior atenção para o tema pelos países mais ambientalmente responsáveis (BASTOS, 2016, p.16).

Figura 23 - Quantidade de publicações por país.



Fonte: Dados extraídos da Base Scopus, elaborada pela autora.

O Quadro 7 mostra a frequência dos principais autores de cada palavra-chave.

Quadro 7 - Principais autores por palavra-chave

Palavras-chave	Autores (principais)	Artigos (IDs)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Economia Circular	Bocken, N.M.P.		■		■				■				
	Niero, M.				■			■					
	Chertow, M.R.		■										
	Wen, Z					■						■	
	Garcia. -Navarro, J.				■					■		■	
Ecologia Industrial	Lifset, R.	■											
	Graedel, T.	■	■										
	Allenby		■										
	Chertow, M.		■										
Produção de ciclo fechado	Zhang, D.					■				■			
	Chen, Y.									■			
	Fan, W						■			■		■	
	Fang, X											■	
Cradle to Cradle	Braungart, M.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Hauschild, M.Z.				■		■	■	■				
	Silvestre, J.D.					■							
	De Brito, J.					■							
	De Paun, I.C.		■					■	■				
	Karana, E.												
	McDonough, W.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fonte: Dados extraídos da Base Scopus, elaborado pela autora.

Como pode-se observar no Quadro 7, os artigos de ID2 e ID4 são os que aparecem com mais frequência de autores. Dos 24 principais autores o de ID2 cita 10 deles (41,6%), o de ID4 citam nove autores (37,5%), os de ID8 e ID9 citam seis autores (25%), o ID5 citam cinco autores (16%). Os de ID1, ID6 e ID11 citam quatro autores, os de ID3 e ID7 (livro) citam três autores (12,5%), os de ID10 (livro) e de ID12 citam apenas dois autores (8,3%). Analisa-se também que a maioria deles são citados em artigos onde o conceito predominante é outro. Esse Quadro 7 auxiliou no desenvolvimento do Referencial Teórico desse trabalho ao citar os principais autores do tema.

Na sequência, o Quadro 8 apresenta as conclusões da análise dos artigos sobre quais conceitos abordam, enquanto o Quadro 9 apresenta uma legenda para interpretação dos resultados.

Quadro 8 - Respostas aos objetivos da pesquisa dos artigos

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Responde aos objetivos:	Geral	N	S	N	S	N	N	N	N	N	N	S	N
	Específico 1	EE	/	EBL	EBL	SE/AG	/	/	EBL	P	V	ED	ED
	Específico 2	REF/REM/R	SI/ B/ L0/ R/ LR/ UP/ RE	/	UP	REU	/	/	/	R/UP	R	UP	UP
Qual conceito aplica?	CE							/					
	IE							/					
	CLP							/					
	C2C							/					
Qual conceito aplica?	E1							/					
	E2							/					
	E3							/					

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 9 - Legenda para interpretação da análise dos artigos

Conceitos	ID	Práticas	ID	Setores	ID
Economia Circular	CE	Simbiose Industrial	SI	Eletroeletrônico	EE
Ecologia Industrial	IE	Biomimética	B	Embalagens	EBL
Closed Loop Production	CLP	Lixo Zero	L	Setor Energético	SE
Cradle to Cradle	C2C	Reciclagem	R	Plástico	P
Efetividade	E1	Logística reversa	LR	Vidro	V
Eficácia	E2	Upcycling	UP	Edifícios	ED
Eficiência	E3	Reuso	RE	Agricultura	A
		Reforma	REF		
		Reutilizar	REU		
		Remanufatura	REM		

Fonte: Elaborado pela autora.

Assim, podem-se extrair algumas conclusões. Para responder ao Objetivo Geral da pesquisa bibliométrica,¹⁸ que é verificar se há a interconexão dos conceitos de Economia Circular, Ecologia Industrial e *Cradle to Cradle*, como critério os artigos deveriam abordar os

¹⁸ Neste caso, verificando a interconexão entre os conceitos atende-se ao “constructo como objetivo geral de analisar as vantagens competitivas do C2C e da simbiose industrial”, como descrito na Introdução deste trabalho.

três conceitos e um dos 3E's (Eficiência, Efetividade, Eficácia). Com isso, excluindo os de ID 7 e o de ID10 por serem livros e apenas dois artigos (ID2, ID4 e ID11) atenderam ao critério (25%) (BLOMSMA; BRENNAN, 2017); (NIERO *et al.*, 2017); (TOXOPEUSA; KOEIJERA; MEIJER, 2015) e os sete artigos (ID1, ID3, ID5, ID6, ID8, ID9, ID12) não atenderam ao critério (58,3%), (BAKKER, *et al.*, 2014), (DAVIS, *et al.*, 2016), (BUNDGAARD *et al.*, 2017), (KOEIJER; WEVER; HENSELER, 2018), (CANOPOLI, *et al.*, 2018), (BAKKER, *et al.*, 2012) e (SCOTT, 2011).

Os Objetivos Específicos 1 e 2 da pesquisa bibliométrica¹⁹ visavam verificar em quais setores esses conceitos estavam sendo aplicados e quais práticas de gestão de resíduos estavam sendo realizadas com ênfase para a prática de *upcycling*, que consiste em reutilizar os materiais descartados na confecção de outros produtos e assim agregar valor ao novo produto. Por exemplo, no caso da madeira, por ser orgânico se deteriorar com o tempo, uma utilização da madeira descartada em reformas e construções pode ser o reaproveitamento, com ou sem processamento, para a criação de uma série de produtos, como estantes, mesas de centro, painéis e bancos.

Para o Objetivo específico 1, verificou-se que os conceitos estão sendo aplicados em diversos tipos de setores, o que demonstra o interesse pela gestão de resíduos dos sistemas produtivos: o setor de Embalagens aparece em três artigos (14%) por caracterizar um produto que será descartado de qualquer forma no meio ambiente com toda a sua provável toxicidade inerente e, em segundo lugar aparece o setor da Construção Civil, onde a grande quantidade de resíduos é bem conhecida. Contudo, também é notório o esforço para aplicação desses conceitos para obtenção de construções mais sustentáveis (MEDEIROS; SILVA, 2016).

Quanto ao Objetivo específico 2, a prática de *upcycling* aparece em três artigos (14%), o que indica sua aplicação muito baixa, talvez por falta de conhecimento - o que justifica a pesquisa sobre o tema. E por fim quanto à questão norteadora deste item - que é "O *upcycling* como parte do processo de fechamento de ciclo aplicado a conceitos de Economia Circular é eficaz economicamente e ambientalmente na Gestão de Resíduos Sólidos?" - com os resultados obtidos é possível concluir que sim devido à prática aparecer na análise de resultados de três artigos, contudo reforça que o conceito ainda precisa ser estudado mais profundamente.

¹⁹ Esses objetivos gerais ajudam a verificar se a escolha dos critérios para o Estudo de Caso e Pesquisa Ação, como descrito no Capítulo Materiais e Métodos, está justificada.

Por fim, outra informação importante fica inerente à essa pesquisa bibliométrica: o modo como o termo Economia Circular é compreendido por diferentes partes interessadas (atores ambientais). De modo geral, os textos mostram o uso do termo Economia Circular como sinônimo de fechamento de ciclo, ou seja, não há uma diferenciação clara das particularidades deste termo.

3.2 Resultados Estudo de Caso – Casa Circular

Como mencionado, no item Materiais e Método, foi analisada uma edificação com abordagem de *Design C2C* e o uso da madeira foi então avaliada. Esta edificação tem 30 m² e está localizada na cidade São Paulo, como mostra a Figura 24. Os critérios para o projeto da edificação seguiram a abordagem de *design Cradle to Cradle*, segundo os projetistas e construtores. Assim, como a proposta de Estudo de Caso sugere (YIN, 2005), uma primeira etapa foi a verificação do material descritivo do *case*, quando houve a verificação desse material com o contato com os projetistas e construtores, através de entrevistas não estruturada, para entender a concepção do projeto e a sua execução. Após a análise documental, uma visita preliminar foi efetuada e as primeiras descobertas listadas, apresentadas a seguir.

Figura 24 – Casa Circular - projeto edificação



Fonte: Extraído de Flock Circular. Disponível em: <http://www.flockcircular.com.br/>.

A proposta, segundo os construtores (Figura 24), foi criar uma outra forma de habitar o planeta e de trazer uma solução para a Construção Civil, que promovesse interações positivas entre o ser humano e natureza com um *design* que prezasse pela qualidade, saúde, inovação, circularidade e modularidade. Apesar de ambiciosa em sua essência, muito do que enunciado pelos projetistas e construtores atingiu tal objetivo, como se verifica a seguir:

A edificação deveria comunicar Economia Circular²⁰ por si só e partiu de algumas premissas alinhadas aos cinco critérios propostos pelo *design Cradle to Cradle*.

Primeiro, a edificação deveria ser livre de substâncias nocivas tanto para os usuários, como para quem está usando a casa quanto para quem está no entorno, ou seja, para toda biodiversidade que se encontra lá; além disso, ela teria que ser mais do que lixo zero e prever a circularidade dos ciclos biológicos e técnicos, e também dos outros recursos naturais como a água e a energia.

A concepção da edificação foi pensada como um banco de materiais com o uso de várias tecnologias e sistemas produtivos integrados e atendeu ao critério deste trabalho quanto a ser um estudo de caso, pois a madeira é o principal material sendo utilizado na fachada e na estrutura do piso como mostra a Figura 25. É importante observar que esse banco de materiais não corresponde ao inventário proposto para AVC, contudo, atende ao proposto pelo C2C, pois se trata de material reciclável, que permite desmontagem/remontagem e etc. Outros materiais listados, que não são biológicos como bananeiras, têm fonte no descarte (pneus) ou vida longa (vidro), portanto, dentro da concepção C2C, trata-se de um impacto positivo.

²⁰ EC entendida aqui apenas como fechamento de ciclo.

Figura 25 – Etapa do inventário – edificação como banco de materiais.



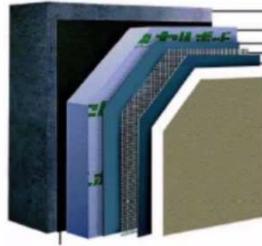
Fonte: Extraído de Flock Circular. Disponível em: <http://www.flockcircular.com.br/>.

Além disso, cada material ou sistema construtivo ou tecnologia deveria ser desmontável, modular, reparável e que pudesse ser atualizada para os novos ciclos.

A pergunta que norteou esse projeto e que foi questionada em cada etapa do processo do projeto foi: o que vai acontecer depois?

Para ter uma ideia de como é o sistema produtivo de uma edificação no sistema atual observa-se como que o material construtivo convencional é feito, conforme indica a Figura 26, o material utilizado no sistema produtivo de edificações é composto de várias camadas que, segundo o relatório Drees e Sommer (2017) chegam a ter mais de 20, e que não permitem sua separação quando a construção não tiver mais em uso - pois não se questionou o que aconteceria depois. Assim, ou esse material vai para o aterro ou ainda na melhor das hipóteses pode-se tratar os resíduos naquele tipo de reciclagem de *downcycling*, que reduz a qualidade dos materiais.

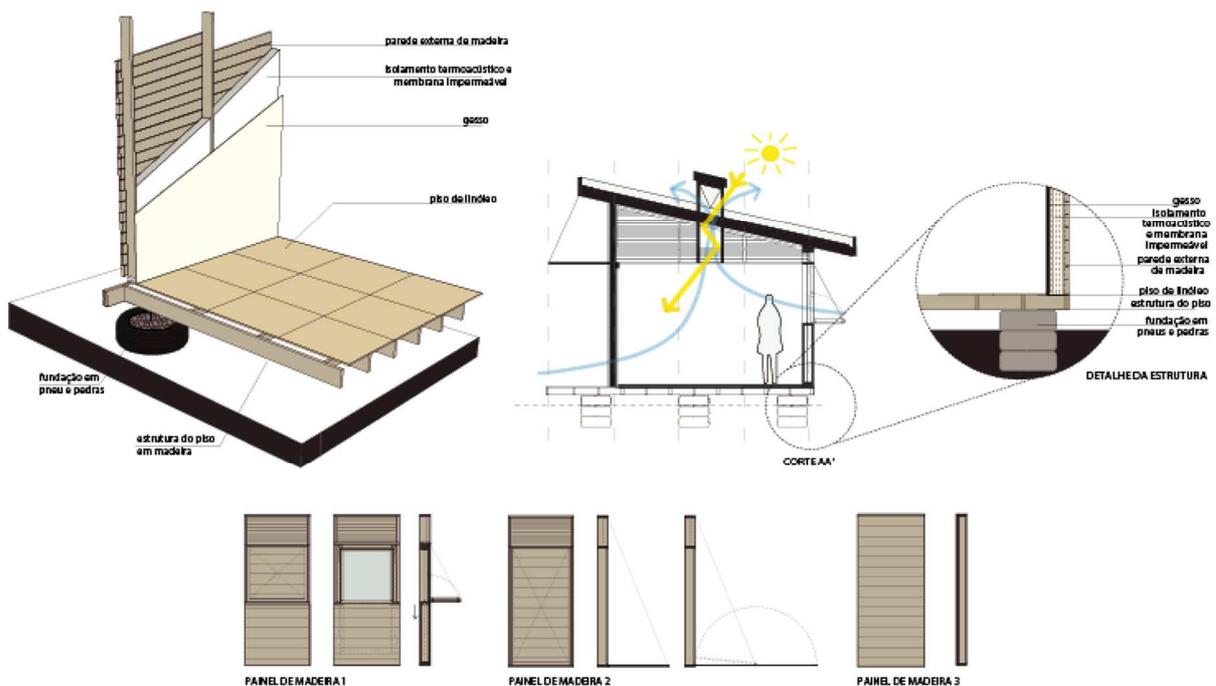
Figura 26 – Sistema construtivo tradicional - alvenaria



Fonte: Extraído de Drees e Sommer (2017).

Para essa construção C2C, o critério foi que os materiais e sistemas deveriam ser desmontáveis e que os materiais deveriam poder ser dissociados uns dos outros e flexíveis para novos formatos como mostra a Figura 27, onde cada peça foi concebida sabendo o seu o valor e a sua origem, quem forneceu e para onde pode ir.

Figura 27 – Critério C2C – Reutilização de Materiais - desmontável/ modularidade



Fonte: Extraído de Flock Circular. Disponível em: <http://www.flockcircular.com.br/>.

Nesse sentido, até a fundação da edificação foi feita com um sistema de pneus e britas que possibilita sua completa retirada sem perder a qualidade dos materiais; não se usou cola em nenhum momento na edificação, pois o sistema construtivo é modular, ou seja, o *design* da edificação permite sua desmontagem, *upgrades*, redução ou remontagem em outro local.

Foram utilizados em sua maioria, materiais reciclados ou reusados, como é o caso da madeira das fachadas como mostra a Figura 28, onde observa-se que essa madeira mais escura veio de fôrmas de concreto de uma outra obra, tanto quanto os pneus que são reutilizados, e em todos os materiais buscou-se por possibilidades mais saudáveis e livres de substâncias nocivas,

isso dentro de uma limitação do que era possível nos materiais existentes no mercado. Portanto, nem sempre se conseguiu achar os materiais com os padrões ideais, mas os esforços foram direcionados para substituir alguns padrões convencionais por outros de fornecedores mais alternativos, como por exemplo, a solução para substituição da tinta no ciclo técnico, Figura 29, que foi a adoção uma tecnologia ancestral japonesa de queima da madeira para proteção bacteriana.

Figura 28 – Critério C2C – Reutilização de Materiais



Fonte: Extraído de Flock Circular. Disponível em: <http://www.flockcircular.com.br/>.

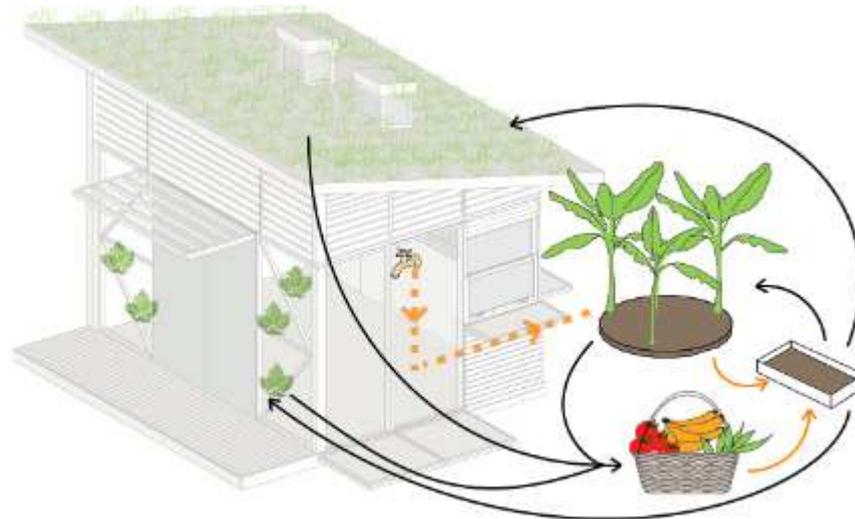
Figura 29 – Sistemas construtivos alternativos



Fonte: Extraído de Flock Circular. Disponível em: <http://www.flockcircular.com.br/>.

Além de estender o ciclo dos materiais foram também considerados outros ciclos de recursos, como de energia, de água e de nutrientes biológicos. Assim, a edificação está promovendo além da saúde, também a biodiversidade para os usuários e para o entorno como mostra a Figura 30, e o *design* da edificação foi projetado para potencializar o uso de energia renovável, para tanto se adotou a maior iluminação natural (Figura 31).

Figura 30 – Princípios C2C - Resíduo igual nutrientes

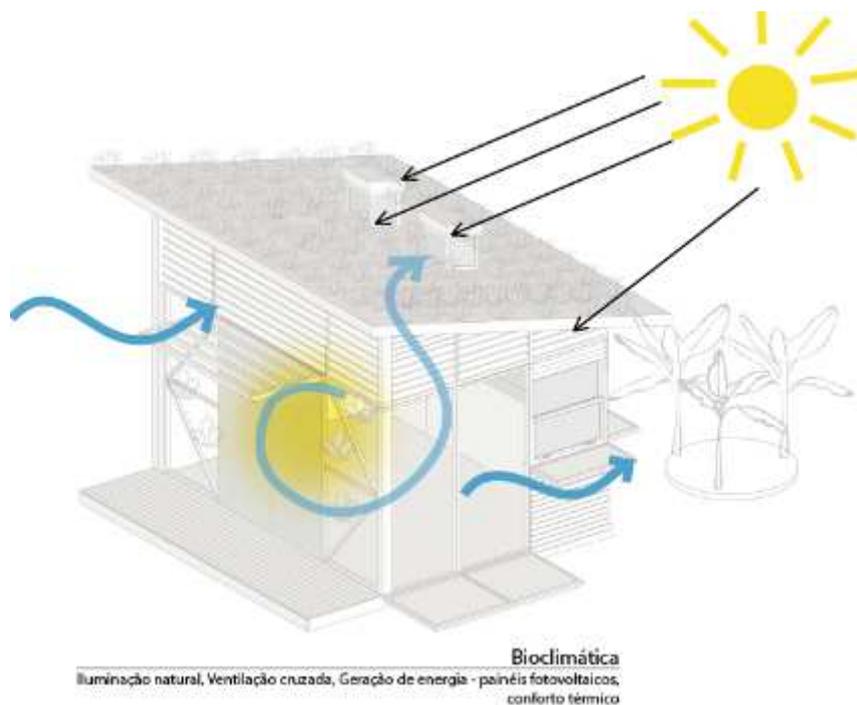


Fluxo de nutrientes

Produção de alimentos, Composteira, Águas cinzas - Ciclo de Bananeiras

Fonte: Extraído de Flock Circular. Disponível em: <http://www.flockcircular.com.br/>

Figura 31 - Critério C2C – Gestão de Energia



Bioclimática

Iluminação natural, Ventilação cruzada, Geração de energia - painéis fotovoltaicos, conforto térmico

Fonte: Extraído de Flock Circular. Disponível em: <http://www.flockcircular.com.br/>.

A ventilação natural foi potencializada por meio de técnicas da Arquitetura Passiva, por exemplo, o sistema de iluminação é zenital, como pode ser visto nas Figuras 31,32. Ao usar tubos de luz no teto, além de proporcionar uma luz indireta, eles também funcionam como chaminés para o ar quente que sobe pela disposição termodinâmica da construção numa espécie de ar condicionado natural (Figura 32). O *design* da ventilação é mostrado na Figura 31.

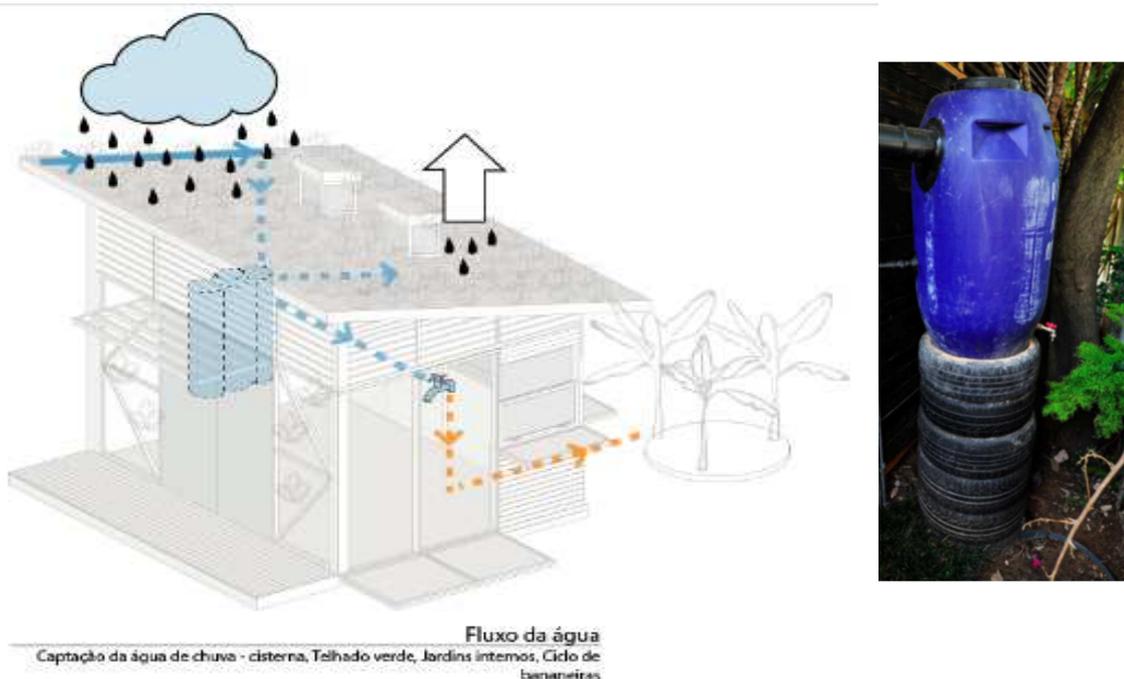
Figura 32 - Princípio C2C - Usar entrada solar ilimitada



Fonte: Extraído de Flock Circular. Disponível em: <http://www.flockcircular.com.br/>.

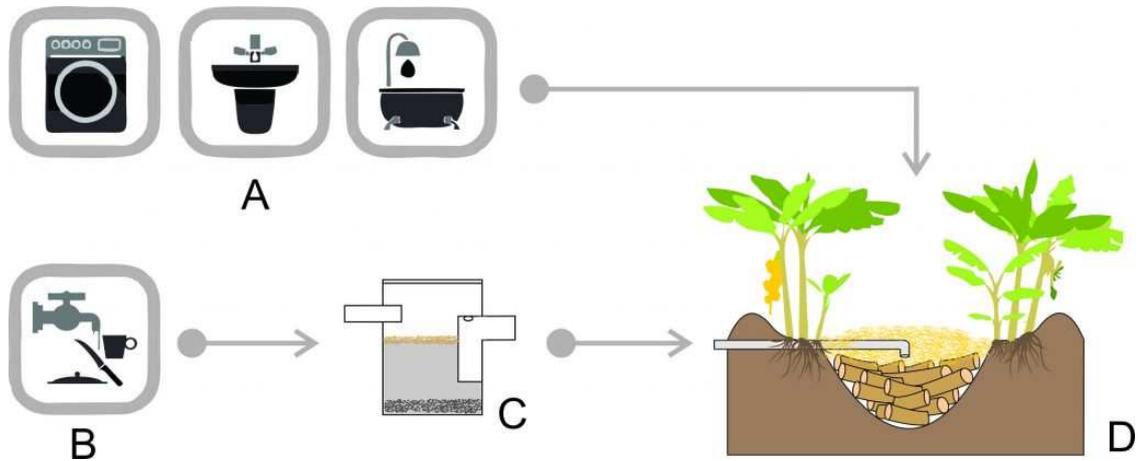
Quanto à gestão da água também se priorizou o fechamento do ciclo de água e nutrientes. Como se observa na Figura 33, a água que abastece o tanque dentro do Ateliê é captada da água da chuva e é armazenada em uma cisterna até surgir a necessidade de uso, após o que é tratada com um círculo de bananeiras como mostra Figura 34, que foram plantadas atrás do atelier. Como é possível observar, no círculo de bananeiras, a raiz filtra essa água que volta para o sistema de forma limpa e assim fecha o seu ciclo. A casa também é pensada para promover a saúde dos usuários, respeitando-se os ecossistemas ao seu redor.

Figura 33 - Critério C2C - Gestão da água



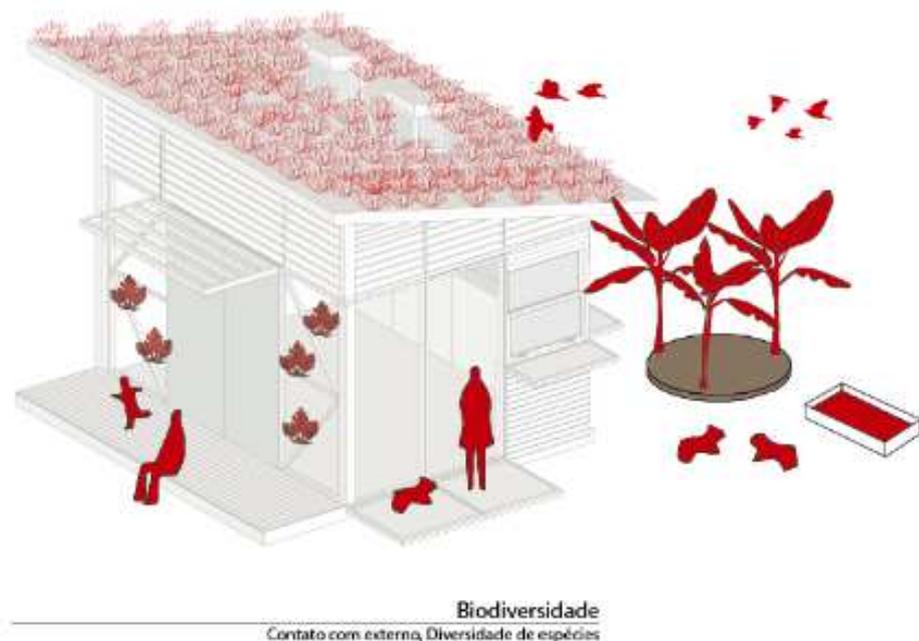
Fonte: Extraído de Flock Circular. Disponível em: <http://www.flockcircular.com.br/>.

Figura 34 – Critério C2C - Gestão da água e nutrientes - Círculo de Bananeiras



Fonte: Extraído de : <http://www.ambientaldaterra.com.br/circulo-de-bananeiras/>.

Figura 35 - Princípio C2C - Celebrar a diversidade



Fonte: Extraído de Flock Circular. Disponível em: <http://www.flockcircular.com.br/>.

A Figura 35 apresenta uma representação da interação e da diversidade de espécies, pois a ideia da casa é que se estabeleça uma conexão do que está dentro com o que está permanentemente nos arredores. A construção foi muito rápida, foram três dias de montagem, e mais quatro dias de acabamentos, como a parte elétrica, conexões hidráulicas e pintura, as quais foram providenciadas localmente. Todas as peças foram pré-produzidas e foram montadas já no local e, antes dessa montagem final, foi feita uma montagem no próprio escritório do desenvolvimento, para verificar se todos os encaixes estavam funcionando, depois desmontou-se e montou novamente no local final.

A obra não gerou resíduos, não houve a necessidade de contratação de nenhuma caçamba, pelo contrário, reutilizou-se materiais como os pneus e as madeiras e pôde-se desviá-los do destino que teriam em aterros sanitários e isso só foi possível por causa de um planejamento minucioso e extenso do projeto e da obra. A Figura 36 mostra o projeto 3D e a edificação construída.

Figura 36 - Projeto 3D/Edificação construída



Fonte: Extraído de Flock Circular. Disponível em: <http://www.flockcircular.com.br/>.

Apesar do avanço alcançado em várias questões para aplicação dos princípios e critérios C2C, sabe-se que ainda existem muitas coisas que podem ser feitas para otimizar as construções aqui no Brasil. Essa edificação, representa uma primeira fase, a fase de inventário; buscou-se saber o que tem de particular em cada material e tecnologia existentes no mercado e saber de quem e como eles são feitos e esse foi o momento de traçar os objetivos – aonde se quer chegar? – É possível construir uma casa e criar uma solução para uma construção que promova interações positivas entre o ser humano e a natureza? Com essa intenção em mente, trabalha-se para diminuir e otimizar aquilo que não se quer e evidencia-se como é positivo o aumento na utilização de materiais e tecnologias eco-eficientes aprimorando os sistemas e desenvolvendo possibilidades para atingir o objetivo desejado no médio e longo prazo.

O Quadro 10 mostra as aplicações dos princípios e dos critérios do *design* C2C na Casa Circular. Ao analisar os três princípios e os cinco critérios C2C quando se faz escolha de

materiais mais saudáveis isso impacta de forma positiva nas esferas econômica, social e ambiental porque se faz escolha de materiais sustentáveis que já tem aspectos de gestão de água e energia que como consequência gera menos resíduos. Ao reutilizar materiais que são saudáveis, isso permite que eles circulem de forma segura nos ciclos biológico e técnico e isso impacta positivamente porque evita a extração de recursos naturais e promove a gestão de resíduos. No critério de gestão de energia, ao fazer o máximo uso de energia solar e iluminação natural, consegue-se priorizar matrizes energéticas de fontes renováveis e obter crédito de energia, o mesmo acontece na gestão da água, que, devido à coleta de forma segura, pode ser utilizada para novas aplicações; e por fim, isso impacta de forma positiva os usuários porque promove o bem-estar, conforto térmico e acústico e faz conexão com o entorno.

Quadro 10 - Resultados da abordagem de *design* C2C na Casa Circular

PRINCÍPIO/ CRITÉRIO			
 <ul style="list-style-type: none"> • Queima das madeiras na parte externa como alternativa a pintura do ciclo técnico; • Inventário dos materiais – edificação como banco de materiais. 	<ul style="list-style-type: none"> • redução do uso de energia – escolha de materiais mais sustentáveis. 	<ul style="list-style-type: none"> • materiais mais saudáveis, opções alternativas de materiais. • redução na geração de resíduos, e na poluição do ar, solo e água. 	
 <ul style="list-style-type: none"> • reutilização de pneus, madeiras de outras obras, brita; • coleta de água para novos usos. 	<ul style="list-style-type: none"> • redução do uso de energia na extração de recursos naturais; 	<ul style="list-style-type: none"> • redução na geração de resíduos, e na poluição do ar, solo e água. 	
 <ul style="list-style-type: none"> • crédito de energia; 	<ul style="list-style-type: none"> • uso de placas fotovoltaicas; • uso máximo da luz natural (iluminação zenital); 	<ul style="list-style-type: none"> • diversidade nas fontes de energia; 	
 <ul style="list-style-type: none"> • ciclo de bananeiras para tratamento da água coletada para novos usos. • Coleta de água da chuva; 		<ul style="list-style-type: none"> • evita a escassez de água; • reaproveitamento da água. 	
 <ul style="list-style-type: none"> • fluxo de nutrientes saudável. 	<ul style="list-style-type: none"> • conforto térmico e acústico; 	<ul style="list-style-type: none"> • celebrar a diversidade de espécies do local; fazer conexão com o entorno. 	

Fonte: Elaborado pela autora.

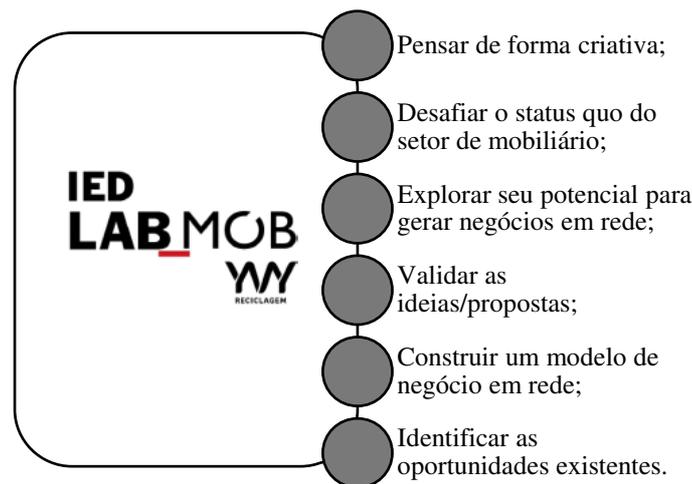
3.3 Resultados LABMOB

Em meados de 2018, o Centro de Inovação do IED Brasil e a YVY Reciclagem desafiaram-se para criar um projeto que promovesse uma releitura das cruzetas de madeira utilizadas nos postes da rede de distribuição elétrica, a partir de um viés de *design* e no contexto da Economia Circular²¹.

Santos *et al.* (2019) revisaram a importância da madeira como material sustentável, mostrando sua relevância nas cadeias de suprimentos sustentáveis. Além disso, por ser usada há séculos, é valorizada não só tecnologicamente, mas também culturalmente. Assim, essa matéria-prima deve ser privilegiada nos processos produtivos. A existência da parceria IED Brasil e a YVY Reciclagem permitiu que uma ampla gama de *stakeholders* trabalhassem em conjunto, uma vez que o IED define-se como um network de profissionais, estudiosos, ambientes, especialmente o universitário e a YVY Reciclagem traz o ambiente de negócios para essa mediação, inclusive apresentando *know-how* em projetos colaborativos.

Foi com esse espírito de descobertas e colaboração que convidaram *designers* e estudantes de *design* de mobiliário para participar do Laboratório de *Design* de Mobiliário. Além de criar proximidade com as cruzetas como uma matéria-prima, o LABMOB tem por objetivo capacitar os participantes a não apenas desenhar a partir deste material, mas também a empreender negócios que viabilizem a inserção de criações inovadoras e sustentáveis no mercado. A Figura 37 mostra os objetivos do LAB MOB.

Figura 37 - Objetivos do LABMOB



Fonte: LABMOB,2019.

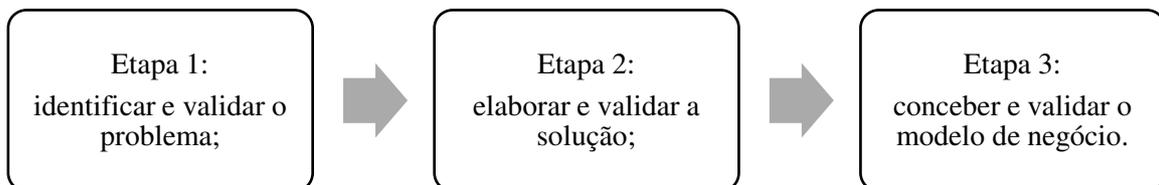
Os objetivos do LABMOB são desafiar o setor produtivo de móveis para criar uma coleção de mobiliário a partir de cruzetas de madeira utilizadas nos postes da rede de

²¹ EC – Novamente as partes interessadas envolvidas no projeto entendem EC apenas como fechamento de ciclo.

distribuição de energia elétrica; desenvolver novos modelos de negócios colaborativo para produção e comercialização do mobiliário; incorporar conceitos de Economia Circular no desenvolvimento da coleção de mobiliário e no modelo de negócio (Figura 37).

O LABMOB foi criado para desenvolver novas oportunidades para estudantes e *designers* de mobiliário trabalharem com uma matéria-prima nobre, porém ainda pouco difundida na criação de produção de mobiliário valorizados pelo *design*, bem como, auxiliá-los a ingressar no universo da Economia Circular e do Empreendedorismo em rede. Assim, colaborar com o desenvolvimento e fortalecimento de uma nova mentalidade empreendedora em sintonia com os desafios do século XXI. O LABMOB tem duração de 10 meses e está dividido em três etapas como mostra a Figura 38 e a Figura 39 mostra a linha do tempo do laboratório.

Figura 38 - Etapas do LABMOB

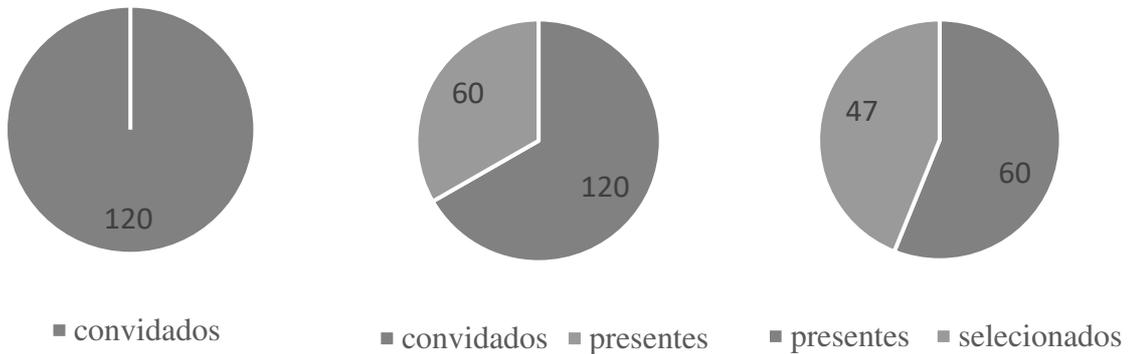


Fonte: LABMOB, 2019.

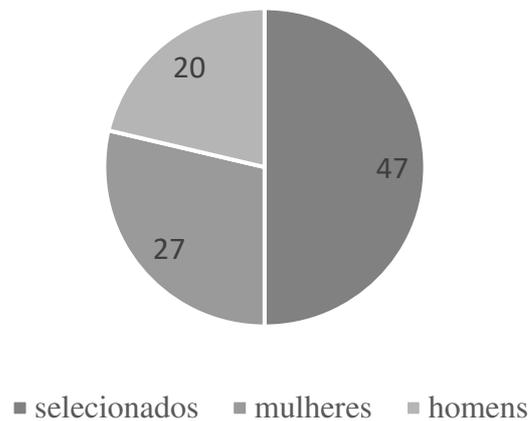
Figura 39 - Linha do tempo LABMOB



Fonte: LABMOB, 2019.

Figura 40 - Seleção dos participantes

Fonte: LABMOB, 2019.

Figura 41 - Perfil dos participantes

Fonte: LABMOB, 2019.

Nesse período de desenvolvimento (Figuras 40 e 41), as ações seguiram um cronograma onde no primeiro mês foi realizada a seleção dos participantes, no evento de lançamento 120 pessoas foram convidadas por meio da divulgação nas redes sociais, desse número, 60 pessoas se interessaram em participar do laboratório e 47 foram selecionadas. Assim, o grande interesse demonstrado indica a existência de profissionais – massa crítica – para o desenvolvimento do projeto. A distribuição dos selecionados mostra equalização do perfil, ou seja, sem questões de gênero.

A metodologia do LABMOB teve três etapas para desenvolvimento dos desafios de projeto propostos e de maio a setembro foram realizadas cinco *master class* de temas relacionados ao laboratório e com profissionais atuantes do mercado com o objetivo de apresentar ideias inovadoras. As *Master Class* foram:

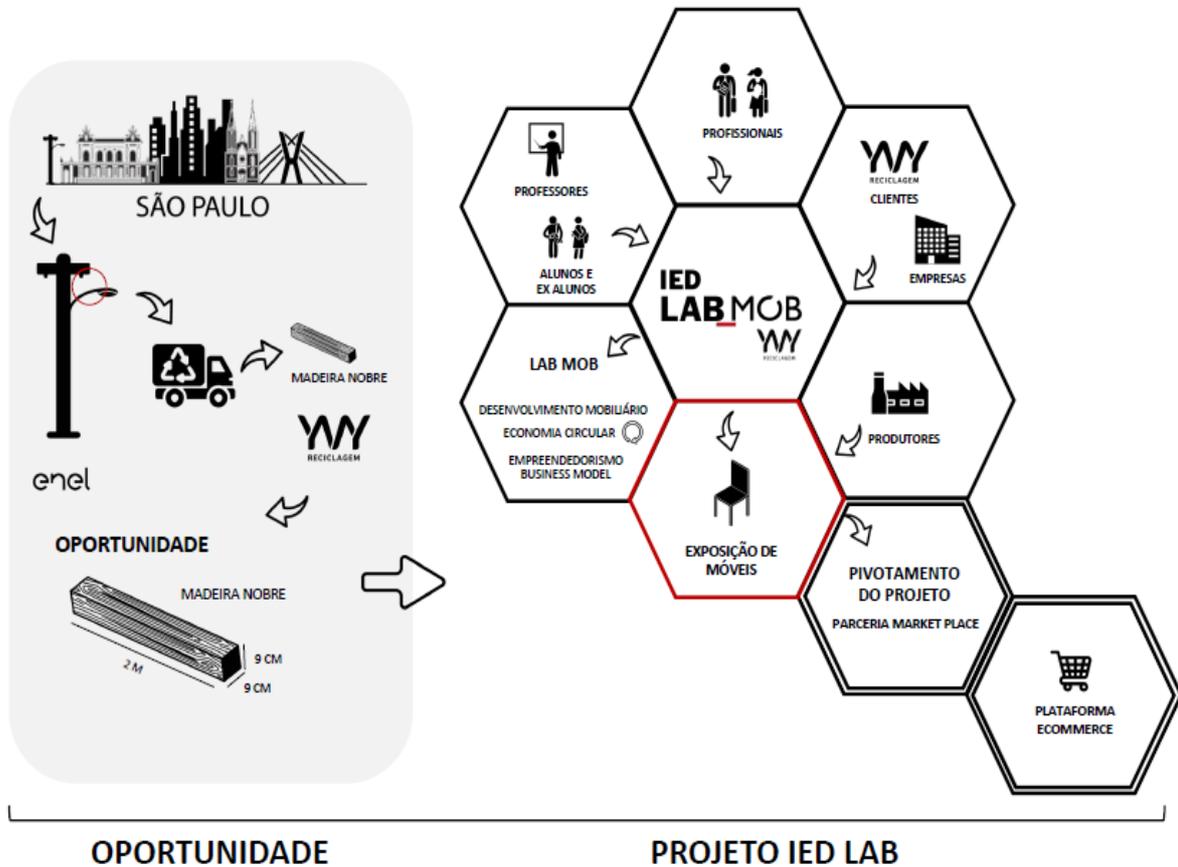
- *Master Class 1*: madeira maciça, móvel e *life style*;
- *Master Class 2*: economia criativa;

- *Master Class 3* empreendedorismo;
- *Master Class 4*: comercialização e distribuição;
- *Master Class 5*: novos negócios colaborativos em rede.

O desafio proposto foi utilizar a madeira de cruzetas dos postes da rede elétrica de São Paulo que resistiu ao tempo, mas perdeu seu sentido depois dos anos de uso. A ENEL começou a substituir os postes por opções mais sustentáveis e quem fez a coleta dessas cruzetas foi a YVY Reciclagem, porém seu foco foi reciclar metais e as cruzetas ficaram recolhidas nos galpões, esperando um destino que valorizasse sua origem e história. *Designers*, marceneiros, *makers* e arquitetos foram convidados a criar peças de mobiliário residencial a partir do reaproveitamento dessas madeiras descartadas como mostra a Figura 42. Observa-se portanto, que a YVY Reciclagem, mesmo com foco em reciclar metais, vislumbrou nas cruzetas de madeira de postes de distribuição de energia elétrica uma oportunidade de ressignificar esse material e valorizá-lo a partir do *design* com valor agregado e criar modelos de negócios circulares. A intenção foi criar um ecossistema para elaborar uma rede colaborativa e um modelo de negócio inovador, que possa coordenar fornecedores, *designers*, produção, comercialização e distribuição dos móveis. Em julho foram desenvolvidos os protótipos para serem expostos na *Design Week - DW*²². Como mencionado, o LABMOB teve três etapas, o Quadro 11 mostra as descobertas de cada uma delas.

²² O DW! é um festival urbano que tem o objetivo de promover a cultura do design e suas conexões com a arquitetura, arte, decoração, urbanismo, inclusão social, negócios, inovação tecnológica e outros temas da economia criativa. Extraído de: <http://designweekend.com.br/festival/o-que-e/>. Acesso em setembro de 2019.

Figura 42 - Oportunidade de reutilizar materiais



Fonte: LABMOB,2019.

Quadro 11 - Etapas do LABMOB

	ETAPAS	PROCESSO	DESCOBERTAS
1	IDENTIFICAR E VALIDAR O PROBLEMA	DESIGN EXPLORATÓRIO	<ul style="list-style-type: none"> diversidade de cores e texturas; diversidade de densidades; múltiplas possibilidades de corte e beneficiamento; infinitas possibilidades de combinação entre si.
2	ELABORAR E VALIDAR A SOLUÇÃO	PROTOTIPAGEM	<ul style="list-style-type: none"> estabelecimento de parcerias entre os participantes; aprendizado para transformar as “imperfeições” da matéria-prima em atributo positivo, capaz de gerar peças únicas; concepção de projetos com o mínimo de resíduos, ou de seu reaproveitamento em novas aplicações; Criação de uma rede de marceneiros, makers e outros prestadores de serviços com perfil receptivo e adequado para lidar com projetos a partir de <ul style="list-style-type: none"> matéria-prima reciclada.
3	CONCEBER E VALIDAR O MODELO DE NEGÓCIO	DESENHAR MODELO DE NEGÓCIO	<ul style="list-style-type: none"> Em andamento

Fonte: LABMOB, 2019.

A partir (Quadro 11) de um *design* e da mentalidade de inovação aberta, desenvolvem-se as etapas de conhecimento do material, desafios projetuais e processos produtivos, com o intuito de sempre encontrar uma nova alternativa para a próxima fase e, desta forma, continua-se a explorar e descobrir oportunidades. A exploração da matéria-prima revelou seu potencial e riqueza. Essas condições exigiram encontrar processos e ferramentas mais adequadas para realizar o beneficiamento da matéria-prima com o melhor aproveitamento possível e redução de desperdícios. Até a finalização da pesquisa a terceira etapa não tinha sido concluída.

A madeira que foi utilizada apresenta características que fazem dela única, a saber:

- reciclada;
- antiga, marcada pelo tempo e intempérie;
- de alta densidade e estabilidade;
- de espécies diversas, pouco conhecidas à primeira vista;
- com furos e rachaduras.

O laboratório permitiu um olhar generoso diante do desafio que é ser capaz de revelar que o aparente “defeito”, na realidade, quando assumido como um atributo, pode ser trabalhado pelo *designer* para se tornar virtude como mostra a Figura 43.

Figura 43 - Madeira de cruzetas



Fonte: LABMOB, 2019²³.

Figura 44 - Mesa de materiais LABMOB



Fonte: LABMOB, 2019

²³ Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/iedsaopaulo/albums/72157710510930872> Flick do IED SP - álbum DW! 2019 IED SP

Na Figura 43 observa-se à esquerda a madeira rústica e à direita as mesmas cortadas e com acabamento da plaina. Na etapa do *design* exploratório foi verificada uma diversidade de espécies nativas amazônicas, suas texturas, cores e densidade foram a maior inspiração, desafio e diferencial do projeto. O ponto de partida é a cruzeta: feita a partir de madeira tropical de alta densidade que, por ter estado exposta ao tempo, atingiu um equilíbrio com o meio ambiente, ou seja, trata-se de uma madeira bastante estável em sua materialidade. Os participantes tinham outros materiais para usar em seus projetos como parafusos, abraçadeiras de postes, isoladores de cerâmica entre outros (Figura 44). O problema consiste em dar destinação à altura de material tão nobre. Na etapa de prototipagem, identificaram-se novas possibilidades como parcerias entre os participantes.

Foram 22 projetos selecionados entre bancos, cadeiras, aparadores, mesas, luminárias e balanços, entre outros objetos. As Figuras 45,46,47, 48 e 49 mostram luminárias, bancos, mesas e aparadores desenvolvidos no LABMOB.

Figura 45 - Luminárias - LABMOB



Fonte: LABMOB, 2019.

Figura 46 - Cadeiras e poltronas LABMOB

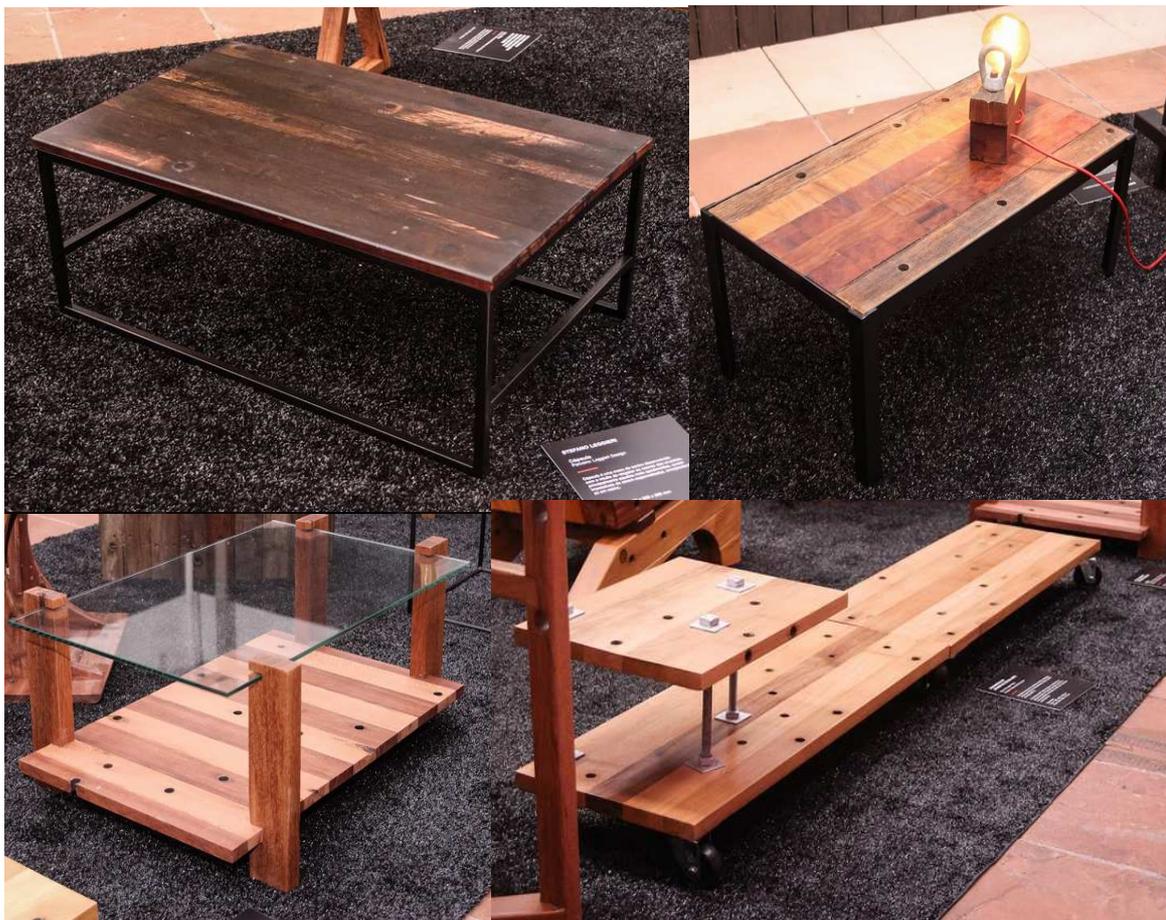


Fonte: LABMOB, 2019.

Figura 47 - Bancos - LABMOB



Fonte: LABMOB, 2019.

Figura 48 - Mesas - LABMOB

Fonte: LABMOB, 2019.

Figura 49 - Aparadores - LABMOB

Fonte: LABMOB, 2019.

As Figuras 45,46,47,48 e 49 apresentam os produtos resultantes do LABMOB usaram a abordagem do *Design for X* que permite aos *designers* criarem produtos mais eco-eficientes. A letra X, de *Design for X*, pode ser substituída conforme a intenção do projeto, como mostra o Quadro 12, ou seja, Manufatura, Desmontagem, Reciclagem, Meio Ambiente, entre outros.

Quadro 12 – Intenção do DfX nos produtos do LABMOB

LABMOB	Intenção do <i>Design for X</i>	
Bancos, Cadeiras, poltronas, aparadores, luminárias, outros.	<i>Design para</i>	Longevidade
		Modularidade
		Montagem
		Desmontagem
		Remanufatura
		Reciclagem

Fonte: Elaborado pela autora.

No Quadro 12 são mostradas as variáveis do X para o *Design for X*, os produtos desenvolvidos no LABMOB foram criados a partir de intenções de longevidade porque a vida útil de móvel é longa, modularidade porque várias peças podem ser feitas com esse conceito para tender as necessidades dos clientes, montagem e desmontagem,, algumas produtos foram criados com essa intenção e não foi usado cola, somente parafusos e encaixes e remanufatura e reciclagem.

Como já mencionado anteriormente, o produto da presente pesquisa é a análise de uma edificação que utilizou a abordagem de *design* C2C destinada a servir de exemplo para outros projetos na Construção Civil (moradia) e a participação de um laboratório de *upcycling* para criação de mobiliário (bens de consumo indispensáveis) a partir das cruzetas dos postes da rede de distribuição elétrica com foco para criação de produtos com valor agregado e que permitam a relação de simbiose industrial com a moradia.

Mesmo com os avanços tecnológicos no desenvolvimento de construções sustentáveis no setor, ainda se percebe um enorme impacto ambiental negativo; com as forças motrizes do crescimento populacional e a crescente concentração em centros urbanos, a demanda por recursos crescente, com custo ambiental alto. Por causa da demanda se fazem necessárias novas abordagens de produção para manter os recursos por mais tempo na cadeia produtiva.

A questão da moradia (Casa Circular) pode ser analisada sob dois aspectos:

- a forma como a sociedade se organiza cada vez mais concentrada nos centros urbanos em grandes aglomerados e isso amplia a escala dos desafios e barreiras decorrentes dessa ocupação, por exemplo, no que diz respeito ao abastecimento de água e energia;

- outro aspecto é o sistema construtivo em si, a escolha dos materiais utilizados, pois os materiais que são geralmente utilizados como o ferro e cimento, que são resultantes da mineração exigem uma grande quantidade de energia, que causa poluição e grande impacto ambiental, já que o setor apresenta uma dependência de recursos não renováveis.

O que diferencia a abordagem de *design C2C* na construção de moradias sustentáveis é a prioridade na utilização dos recursos locais com ênfase na reutilização de materiais, conceitos de modularidade, montagem e desmontagem, entre outros. Assim, a abordagem de *design C2C* pode ser aplicada como uma metodologia, pois contempla três princípios e cinco categorias de qualidade que analisam desde a saúde dos materiais até os impactos positivos para os usuários e para o entorno da edificação.

A questão de bens de consumo indispensáveis (móveis LABMOB) pode ser analisada sob dois aspectos:

- o crescimento populacional gera uma demanda maior de consumo e de recursos que implica em produção em massa e geração de resíduos;
- as escolhas dos materiais com os quais esses bens de consumo serão produzidos porque está diretamente relacionado com o impacto ambiental e novamente pode aplicado o reuso de resíduos com potencial de criar novos produtos com valor agregado o que impacta positivamente o meio ambiente pois demanda menos recursos naturais.

3.4 Aplicabilidade do *design C2C*

A construção por meio da abordagem de *design C2C* pode ser aplicada sob 3 aspectos:

- do aspecto do sistema construtivo em si, ou seja, dos impactos na escolha dos materiais e formas de construção no ambiente;
- do aspecto de como a edificação se relaciona com o ambiente;
- do aspecto dos efeitos na saúde dos usuários.

3.4.1 Da edificação

Foi adotada a abordagem de *design C2C* que enfatiza a importância de se escolher materiais com composição conhecida e reutilizar, sempre que possível, materiais locais. Na Casa Circular o critério de escolha dos materiais foi:

- Materiais saudáveis;
- Materiais já existentes.

Aqui entende-se por materiais saudáveis aqueles que se conhece sua composição e que possam facilmente retornar para o ciclo biológico (naturais) ou ciclo técnico (industriais); isso se faz necessário devido à toxicidade que alguns componentes trazem ou quando há uma mistura de materiais (híbrido) não se consegue fazer a separação de forma correta posteriormente. Já a utilização de materiais já existentes permite a valorização de materiais com potencial de uso e que ao invés de serem destinados para aterros sanitários e/ou lixões tem oportunidade de utilização e assim seu ciclo de vida é estendido por mais tempo. Outro objetivo é fazer a otimização do gasto energético e isso está alinhado a construir a edificação considerando o solo e a paisagem de acordo com a topografia e isso significa projetar a edificação com menor necessidade cortes na paisagem, terraplanagem e/ou aterros e além disso fazer uso máximo da iluminação natural e prever um sistema de ventilação que novamente trará ganhos energéticos .

- **Relação com o ambiente:**

Aplicando os três princípios da abordagem de *design* C2C na edificação a interação com o meio ambiente os objetivos são:

- Eficiência energética – fazer uso máximo da energia solar;
- Adequação bioclimática;
- Eco-integração - localizar a edificação de forma adequada;
- Fazer uso correto da água – coleta de água da chuva para novos usos.

O terceiro princípio C2C orienta fazer uso máximo da energia solar e isso significa aproveitar as oportunidades locais para projetar para a eficiência energética, potencializar o uso da iluminação natural por meio do posicionamento correto de portas, janelas e outras aberturas que permite a entrada de luz solar durante o dia, e isso pode ser aplicado também para a ventilação natural , se fazer valer dos ventos e novamente fazer a posição adequada de acordo com o vento predominante, também é importante posicionar a edificação com relação a incidência solar e tudo isso permite a eco-intergração com o entorno.

A adequação climática leva em consideração o clima, o solo e a vegetação de onde a edificação está localizada, isso interfere na impermeabilização e evita solos encharcados que têm um alto valor ambiental, edificações que precisam de sistemas de aquecimento e/ ou ventilação e que demandam um alto custo energético para o conforto térmico. Além disso, a adequação bioclimática promove uma integração com a paisagem.

Por fim, fazer uso correto da água, um dos critérios de qualidade C2C faz referência à administração da água e promover formas de coleta de água ou a plantação do círculo de bananeira permite a recuperação desse recurso valioso para novas aplicações.

- **Efeito na saúde dos usuários:**

A abordagem de *design* C2C que, como mencionado, está atrelada a escolha dos materiais e com aspectos de sistemas construtivos da arquitetura passiva (iluminação zenital) entre outras práticas evita a necessidade de uso de eletrodomésticos em demasia. Ao promover uma ventilação natural de forma adequada não necessita de aparelhos de ar condicionado que tem um impacto na saúde dos moradores, então é possível conseguir uma temperatura agradável e promover o bem-estar dos usuários ao:

- Evitar o uso de aparelhos de resfriamento/aquecimento e isso evita a contaminação química;
- Promover a ventilação e iluminação natural;
- Evitar o uso excessivo de eletrodomésticos e isso impacta na saúde dos moradores porque evita a contaminação eletromagnética e (excesso de emissão de ondas eletromagnéticas, com muitos aparelhos e uma rede elétrica exagerada) e economiza o uso de energia.

3.4.2 Dos móveis do LABMOB

Para os móveis criados no LABMOB utilizou-se a abordagem *Design for X* e a partir de resíduos do sistema de distribuição elétrica, as cruzetas de madeira foram transformadas em novos produtos com valor agregado. No caso em estudo os materiais e componentes pertencem ao ciclo técnico.

A aplicabilidade dos móveis pode se dar em vários aspectos:

- Quanto ao reuso: o *upcycling* permitiu criar novos produtos com valor agregado ao dar uma nova função para as cruzetas de madeira, pois tem potencial de utilização e ganharam uma nova função em bens duráveis que tem uma vida útil longa;
- Quanto ao *design*: por meio da abordagem do *design for X* criaram-se produtos com aspectos de modularidade, montagem e desmontagem, remanufatura e reciclagem e isso impacta no consumo de recursos e demandam menos matéria-prima virgem;
- Quanto a novos modelos de negócios: ao tornar um produto um serviço é de responsabilidade da empresa a coleta dos produtos, pois a ela interessa ter a posse dos materiais e/ou componentes;

- Quanto ao relacionamento com o cliente: estreitar relação com cliente por meio do retorno do produto a indústria, então aqui pode ser oferecido o serviço de aluguel, atualização (upgrade), serviços de manutenção, reparo, recompensa em forma de crédito para uma próxima compra.

3.5. O interesse do Consumidor

Para formação de ecossistemas industriais (AYRES; UDO, 1994), (LIFSET; GRAEDEL, 2002), quatro aspectos devem ser considerados: o tecnológico, o econômico, o organizacional e o legal. O aspecto tecnológico foi abordado neste trabalho e pode-se verificar que a obtenção de produtos com valor agregado alto foi possível. O fato de duas instituições, uma delas uma empresa conceituada na área de processamento de coprodutos e outra organização que atende e atua com vários *stakeholders* distintos formarem uma parceria, nos moldes da Simbiose industrial, indica o valor econômico da atividade. O arranjo organizacional também não se mostrou limitante, principalmente porque as duas instituições parceiras possuem locais apropriados para produção e laboratórios adequados. Nem mesmo o interesse de possíveis *stakeholders* terceirizados, como é o caso do *designer*, se mostrou deficiente. Por fim, a questão legal é “branda”, ou seja, não há regulamentação específica para o uso do coproduto justamente por ser a madeira um material sustentável. Contudo, é necessário avaliar se haverá interesse de aquisição de tais objetos, muito embora esta questão não faça parte do escopo deste trabalho, para que a parceria YVY - IED possa se manter por longo período ou, em outras palavras, se tornar sustentável.

Os resultados obtidos com o Estudo de Caso e com a Pesquisa - Ação foram significativos, portanto, indicam que a madeira pode ser aceita, de modo inovador, como coproduto no desenvolvimento de mobiliário e mesmo na produção de uma residência completa. Assim, foi feita pesquisa, através de questionários, como informado em Materiais e Métodos, para verificar se há público para os resultados obtidos. Esse questionário é incipiente, no sentido de que apenas mostra caminhos prováveis, mas não tenta ser abrangente; de fato, tenta apenas mostrar possíveis trabalhos futuros, necessários para garantir que o modelo de negócios seja adequado.

Ainda sobre o questionário, apesar da intenção da amostra ser aleatória, as respostas coletadas indicam um perfil feminino, com média de idade de 29,2 anos, com uma média de 18,8 anos de estudo, residente no Sudeste e com uma média de renda mensal de R\$11.650,53.

Do total das 62 respostas coletadas, quanto ao gênero: 37 respondentes eram do gênero feminino (59,7%) e 25 respondentes do gênero masculino (40,3%). Quanto à idade não houve nenhum respondente na faixa de 18 a 24 anos, 26 respondentes se encontram na faixa de 25 a 39 anos (41,9%), 32 respondentes se encontram na faixa de 40 a 59 anos (51,6%) e 4 respondentes se encontram na faixa de idade acima de 60 anos (6,5%). Quanto à “Anos de Estudo” não foram identificados respondentes com fundamental incompleto ou fundamental completo, três respondentes (4,8%) tem o Ensino Médio Completo, 12 respondentes com Superior Completo (19,4%), 20 respondentes com Pós-Graduação *Latu Sensu* completa (32,3%), 25 respondentes com Mestrado (40,3%) e dois respondentes com Doutorado (3,2%). Quanto à Renda mensal, dois respondentes (3,23%) ganham na faixa de R\$ 1.996,00 a R\$ 2.994,00, três respondentes (4,84%) ganham na faixa de R\$ 2.994,00 a R\$ 5.988,00, 10 respondentes (16,3%) ganham na faixa de R\$ 5.988,00 a R\$ 9.980,00, 16 respondentes (25,81%) ganham de R\$ 9.980,00 a R\$ 14.970,00, 16 respondentes (25,81%) ganham de R\$ 14.970,00 a 24.950,00, 10 respondentes (16,13%) ganham de R\$ 14.970,00 a 24.950,00 e cinco (8,06%) ganham mais de R\$ 24.950,00. Quanto a Localidade, do total da amostra, 49 respondentes (79%) vivem na região Sudeste, um respondente (1,61%) vive na região Sul, seis respondentes (9,7%) vivem na região Centro Oeste, seis respondentes (9,7%) vivem na região Norte e nenhum respondente foi indicado na região Nordeste.

Para analisar as dimensões Consciência Ambiental, Hábitos de Consumo, Intenção de Compra, *Design* de Produtos, Construções Sustentáveis e Novos Modelos de Negócios e Mobiliário utilizou-se a mediana para ver qual a resposta geral daquela dimensão conforme os valores de 6 a 1 mostrados na Tabela 3. Os respondentes concordaram totalmente com a importância da Consciência Ambiental e com Novos Modelos de Negócios. Concordaram parcialmente com a importância de adotar hábitos de consumo sustentáveis, em comprar produtos sustentáveis e que levariam em conta aspectos de construções sustentáveis e concordaram que o *design* de produtos pode sim, influenciar em produtos mais sustentáveis.

Tabela 4 - Resultados gerais das Dimensões

Sigla	Dimensão	Mediana	Sigla	Resposta
CA	Consciência Ambiental	6	CT	Concordo Totalmente
HC	Hábitos de Consumo	5	CP	Concordo Parcialmente
IC	Intenção de Compra	5	CP	Concordo Parcialmente
DP	<i>Design</i> de Produtos	4	C	Concordo
CS	Construções Sustentáveis	5	CP	Concordo Parcialmente
NMN	Novos Modelos de Negócios	6	CT	Concordo Totalmente
M	Mobiliário	-	-	qualitativa

Fonte: Elaborado pela autora.

Na dimensão Consciência ambiental, a mediana geral foi 6, concordo totalmente. Dos 62 respondentes, dez tiveram a mediana de 5,5 e dois com 4,5, para determinar o valor inteiro de 6 a 1 verifica-se o valor que mais aparece por meio da moda com resultados de 5 (concordo parcialmente) e 4 (concordo) respectivamente. Com isso, das dez afirmações apresentadas, em seis delas (60%) os respondentes concordaram totalmente (6) que tem preocupações quanto:

- a relação do homem com o meio ambiente,
- a poluição da água,
- o desmatamento de florestas nativas,
- ao esgotamento de recursos,
- a extinção dos animais;
- a quantidade de lixo gerada diariamente.

E para quatro afirmações (40%) concordaram parcialmente (5) em como:

- os hábitos de consumo impactam no dia-a-dia,
- buscar incentivar pessoas ao redor a adotarem hábitos de consumo mais sustentáveis,
- buscar informações sobre melhores práticas ambientais;
- fazer uso consciente de água e luz.

Na dimensão Hábitos de Consumo, a mediana geral é 5, concordo parcialmente. Dos 62 respondentes, três apresentaram a mediana 4,5 e pela moda verificou-se que a resposta deles em valor é 4, ou seja, concordam com as afirmações apresentadas. Com isso das treze afirmações, em duas (15,3%), concordam totalmente (6) com:

- fazer a separação do lixo para reciclagem;
- Em comprar produtos biodegradáveis.

Em oito delas (61,5%) os respondentes concordam parcialmente (5) em:

- evitar comprar de marcas denunciadas por práticas ilegais,
- recolher o lixo da rua,
- escolher produtos sempre que possível,
- se preocupar com seus hábitos de consumo,
- valorizar a produção local,
- adotar ou fazer uso de caneca ou copo de vidro na empresa para substituir o uso de descartáveis,
- buscar informações sobre a origem dos produtos;
- participar de eventos ligados a sustentabilidade.

E em três (23%), concordam (4) em:

- comprar produtos certificados
- escolher produtos que podem ser reciclados;
- em incentivar práticas sustentáveis na vizinhança.

Na dimensão Intenção de Compra, dos 62 respondentes, das onze afirmações apresentadas, em sete (63,6%) os respondentes concordaram parcialmente (5) que:

- procuram informações sobre os riscos ambientais do produto antes de comprá-lo;
 - que se esforcem para comprar produtos feitos de materiais recicláveis;
 - que preferem comprar produtos que possam ser reciclados posteriormente;
 - que preferem comprar produtos com selos de qualidade (PROCEL, etc.);
 - que se soubessem o impacto ambiental negativo que um determinado produto tem, não o comprariam;
 - que para evitar desperdícios, não compram em grandes quantidades de um mesmo produto em promoção, a não ser que tenham a real expectativa de utilizar o produto no curto prazo;
 - que comprariam produtos que fossem fáceis de montar e desmontar (para o usuário fazer).
- E em três afirmações (27,3%) os respondentes concordam (4) que:
- procuram comprar produtos pelo menor impacto ambiental, independentemente do preço;
 - que comprariam produtos que são fáceis de devolver para a empresa,
 - que comprariam produtos de segunda linha;
 - que caso precisem comprar folhas de papel, tem preferência pelas recicladas.

Nessa dimensão foi colocada uma questão de seleção, o respondente foi questionado sobre o principal obstáculo que impede o consumo de produtos ecologicamente corretos e podia selecionar até três das opções: Preço (P), Dificuldade de encontrar (DE), *Design* (D), Qualidade (Q), Tecnologia (T), Propaganda/*marketing* (PM), Divulgação (DI) (falta de informação e conhecimento sobre os produtos ecológicos) ou Outro (O).

Como conclusão geral, fazendo uma análise quantitativa: 57 respondentes (91,9%) apontaram a barreira do preço, 51 (82,3%) apontaram a barreira da dificuldade de encontrar, 49 (79,03) apontaram a barreira da divulgação (falta de conhecimento sobre produtos ecológicos), 13 (21%) apontaram o obstáculo da qualidade, dez (16,1%) apontaram barreiras com relação a propaganda/*marketing*, oito (12,9%) apontaram o que o *design* é um obstáculo, quatro (6,45%) apontaram que outros aspectos impedem na compra de produtos sustentáveis mas não descreveram quais seriam esses aspectos, dois (3,22%) apontaram que a tecnologia é uma barreira para aquisição de produtos sustentáveis. No Apêndice B pode-se ver as respostas na Tabela 4.

Na dimensão *Design* de Produtos, dos 62 respondentes, das dez afirmações apresentadas, em cinco (50%) os respondentes concordam parcialmente (5) que:

- têm preferência por produtos com design que permitam consertos ou “upgrades”;
- produtos que o *design* incorpore materiais reciclados;
- produtos com *design* modular ou com peças individuais para atualização ou substituição de peças;
- produtos com *design* que permitam desmontagem e montagem pelo usuário;
- produtos (móveis) que acompanham o crescimento dos filhos.
- Em quatro afirmações (40%) os respondentes concordam (4) que:
- no produto o mais importante é beleza e conforto – essa foi uma das perguntas negativas, onde os valores foram invertidos, ou seja, concordar totalmente significa que os usuários não levam em consideração comprar produtos sustentáveis;
- preferem produtos que possam ser alugados ou pegam emprestado as coisas que usam com pouca frequência;
- preferem que o *design* do produto seja concebido de materiais que seriam descartados;
- preferem produtos que viram serviço.

E em uma (10%) afirmação os respondentes discordaram (3) que:

- preferem comprar produtos com edições limitadas.

Nessa dimensão foi elaborada uma questão qualitativa perguntando ao respondente se existe algum atributo/qualidade/característica que o mesmo gostaria que o produto tivesse e não foi mencionado. A questão não era obrigatória, porém foram coletadas 12 respostas. Quanto à análise qualitativa, 12 (19,3%) respondentes apontaram que são importantes considerar outros aspectos/atributos na concepção dos produtos como:

- Ações do produtor para minimizar impactos do processo de fabricação e compensações;
- O grau de toxicidade dos plásticos utilizados em embalagens de plásticos;
- Fazer a relação do impacto ambiental do produto com outras soluções, considerando todo o ciclo de vida deles;
- Impacto social;
- Tempo de vida do produto;
- Procedência (matéria virgem ou aproveitada);
- Mais do que reciclabilidade, o produto precisa ser durável e ciclável;
- Facilidade em rastrear todo processo;

- Que as diferenças de um produto sustentável têm que ficar claras com relação aos disponíveis no mercado;
- Poderia distinguir impactos diretos e indiretos no ciclo de vida do produto;
- Se o produto passou por upcycle.

Na dimensão Construções Sustentáveis, a mediana geral é concordo totalmente (6), das 12 afirmações apresentadas, em setes (58,3%) os respondentes concordam parcialmente (5) que levariam em consideração aspectos de uma edificação/moradia quanto a:

- propriedades de biodegradabilidade, ou seja, se os resíduos pudessem facilmente ser absorvidos e transformados pela natureza após o seu descarte;
- propriedades de reciclabilidade, ou seja, se a mesma possui diferentes tipos de uso e funções durante a sua vida útil, sem grandes transformações (energia) e perdas;
- evitariam comprar uma edificação/moradia que não levassem em consideração a toxicidade, ou seja, se a mesma possuísse elementos tóxicos em sua composição, para o usuário e para o meio ambiente – essa é uma afirmação negativa, ou seja, os valores foram invertidos para verificar se as pessoas se preocupam com a toxicidade das edificações;
- propriedades de desempenho, ou seja, se o desempenho da edificação fosse compatível com o uso e com a vida útil do material;
- as origens do material, ou seja, se existisse relação entre as dimensões dos materiais e as dimensões dos ambientes projetados;
- as dimensões dos materiais, ou seja, se os elementos, sistemas e materiais utilizados na edificação possuíssem um padrão, permitindo facilidade de alteração, sem grandes adaptações e perdas;
- características das conexões secas, ou seja, se as conexões entre as partes da edificação pudessem ser separadas sem a sua destruição (conectores, parafusos);
- propriedades de pré-fabricação e industrialização, ou seja, se parte do processo construtivo da edificação é realizado em fábricas, ambiente de maior controle (qualidade, desperdício, etc.).

E em quatro afirmações (33,3%) os respondentes concordam totalmente (6) que que levariam em consideração aspectos de uma edificação/moradia quanto a:

- propriedades de durabilidade e qualidade, ou seja, se a vida útil da edificação é longa, e se sua qualidade é mantida durante este tempo;

- aspectos de projeto aberto que permitisse adaptação e flexibilidade, ou seja, se os espaços do projeto (da edificação) podem ser modificados com facilidade, sem obsolescência da edificação e dos materiais;
- propriedades de reciclabilidade no processo produtivo, ou seja, se as partes da edificação pudessem ser reutilizadas, e se os espaços pudessem ser transformados facilmente;
- propriedades de facilidade de montagem e desmontagem no sistema produtivo, ou seja, se o projeto da edificação foi concebido para montagem e desmontagem através de sistemas conscientes de interfaces.

E na última dimensão, Novos Modelos de Negócios, a mediana geral é concordo totalmente (6). Das seis afirmações apresentadas, em três (50%), os respondentes concordaram totalmente com:

- produtos com maior durabilidade (estratégia circular de extensão de vida – life extension - IDEO);
- preferem empresas que se preocupam com as embalagens. (estratégia circular de escolha inteligente de materiais - smart materials choice -IDEO);
- preferem empresas que ofereçam a coleta/ devolução dos produtos (estratégia circular de coleta - take back IDEO).
- E nas outras três afirmações (50%) concordaram parcialmente (5) com:
- produtos que viram serviço (estratégia circular – *design* como serviço - *design as a servisse* - IDEO);
- preferem que um produto vire um serviço inteligente com a utilização da Internet das Coisas (IoT) ao fornecer aos clientes um serviço de pagamento, por exemplo, lavagem em máquinas de lavar. A tarifa mensal é ajustada retrospectivamente com base nos dados reais de uso (estratégia circular – incorporar inteligência - *embedding intelligence* -IDEO).

Quanto a dimensão Mobiliário, o outro objeto de estudo desse trabalho, foi colocada a questão quanto a possibilidade de alugar móveis, 39 (62,9%) dos respondentes disseram que não alugariam móveis, 14 respondentes (22,6%) disseram que alugariam e nove (14,5%) considerariam a possibilidade de alugar. Numa outra questão foram colocadas as figuras dos móveis elaborados a partir das cruzetas de postes de iluminação (vide Apêndice A) no questionário e foi questionado se eles comprariam os móveis: 30 (48,4%) dos respondentes disseram que comprariam, 24 (38,7%) disseram que talvez comprassem os moveis e somente oito (12,9%) disseram que não comprariam. Na sequência foi revelado aos respondentes que os móveis das fotos foram feitos de cruzetas de postes e outros materiais oriundos da rede

elétrica e perguntado se os mesmos manteriam a decisão de comprar sabendo agora de qual material foram feitos: 50 (80,6%) respondentes disseram que manteriam sua decisão de compra dos móveis, cinco (8,06%) disseram que talvez comprariam e sete (11,3%) disseram que não comprariam os móveis mostrados. Foi solicitado para que eles indicassem conforme o número, qual ou quais móveis despertaram seu interesse, não era uma questão obrigatória, mas foram coletadas 50 respostas sobre o móvel que comprariam:

- 13 respondentes (26%) apontaram o móvel de número 1 – poltrona (longevidade);
- Sete respondentes (14%) apontaram o móvel de número 2 – poltrona (longevidade);
- 15 respondentes (30%) apontaram o móvel de número 3 – cadeira (longevidade);
- 12 respondentes (24%) apontaram o móvel de número 4 – poltrona (longevidade);
- Oito respondentes (16%) apontaram o móvel de número 5 – banqueta (longevidade);
- Sete respondentes (14%) apontaram o móvel de número 6; - banco (longevidade);
- Cinco respondentes (10%) apontaram o móvel de número 7 – banco (longevidade);
- Sete respondentes (14%) apontaram o móvel de número 8 – banco (longevidade);
- Sete respondentes (14%) apontaram o móvel de número 9 – banco (longevidade);
- Quatro respondentes (8%) apontaram o móvel de número 10 – banco multiuso (modularidade/ desmontagem/montagem/ recuperação e remanufatura);
- 12 respondentes (24%) apontaram o móvel de número 11 – mesa de centro (longevidade);
- Nove respondentes (18%) apontaram o móvel de número 12 – mesa de centro (longevidade);
- 11 respondentes (22%) apontaram o móvel de número 13 – mesa de centro (longevidade/ desmontagem/montagem);
- Cinco respondentes (10%) apontaram o móvel de número 14 – poltrona (longevidade);
- 21 respondentes (42%) apontaram o móvel de número 15, estante/aparador (modularidade/ desmontagem/montagem/ longevidade/ recuperação e remanufatura);
- 15 respondentes (30%) apontaram o móvel de número 16, estante/aparador (modularidade/ desmontagem/montagem/ longevidade/ recuperação e remanufatura);
- Quatro (8%) apontaram o móvel de número 17 – mesa de centro (longevidade);
- Três (6%) apontaram o móvel de número 18 – cadeira (longevidade).

O resultado obtido com este questionário, mesmo considerando que este parece ter atingido um público bastante específico – pessoas com alto grau de instrução e poder aquisitivo – indica que pode existir um público para a compra dos materiais e/ou estudos desenvolvidos durante este trabalho.

CONCLUSÃO

No Capítulo de Materiais e Métodos foi realizada uma pesquisa baseada nas palavras-chaves e a base de dados Scopus traz os principais atores para cada uma delas conforme Quadro 6. Analisando a seção Referências desse trabalho, dos 19 autores mostrados no Quadro 6, apenas sete não foram citados. Da palavra-chave Economia Circular não foram citados os autores Garcia e Navarro. Da palavra-chave Ecologia Industrial todos os autores foram citados. Da palavra-chave Produção de ciclo fechado dos quatro autores mencionados no Quadro, três não foram citados: Fan, Chen e Fang. Da palavra-chave *Cradle to Cradle*, dois autores não foram citados: De Brito e Silvestre.

Dos dois estudos de caso apresentado é possível verificar uma interconexão entre eles mostrada no Quadro 13.

Quadro 13 - Interconexão entre os estudos de caso

ABORD.	ESTUDO 1 – CASA CIRCULAR	ESTUDO 2 - LABMOB
C2C	Abordagem do <i>design</i> C2C por meio dos 3 princípios e 5 critérios	Abordagem do critério C2C - Reutilização de materiais
SI	Nutrientes biológicos	Nutrientes técnicos
CL	Fechamento do ciclo biológico – coleta de água, fonte renovável de energia circulam na casa.	Fechamento do ciclo técnico – móveis “alimentam” a casa.
UP	Nova utilização para resíduos de obras – madeiras, pneus.	Nova utilização para resíduos de sistemas de distribuição de energia – cruzetas de madeiras.
DfX	DfD, DfL, DfA, DfML, DfM	DfL, DfML, DfM

Fonte: Elaborado pela autora.

A interconexão dos estudos de casos mostrado no Quadro 13 permite observar a abordagem de *design Cradle to Cradle* usada na Casa Circular também permitiu aplicar um dos critérios – reutilização de materiais- no LABMOB. Verifica-se que os móveis (bens de consumo indispensáveis) do LABMOB permite a relação de simbiose industrial com a Casa Circular (ambiente moradia).

Outra análise feita é que se verificou a existência de uma interconexão entre os conceitos, o Quadro 14 mostra a sinergia entre eles.

Quadro 14 - Interconexão entre os conceitos

Interconexão dos conceitos	<pre> graph LR A[Design do produto] --> B[Cadeia de valor] B --> C[Modelos de negócios] C --> D[Formas de consumo] </pre>			
	Ênfase em práticas de manutenção, reuso/redistribuição/remanufatura/reciclagem, circularidade e otimização dos recursos, no uso de energias limpas e na eficiência dos processos. Premissa dessas abordagens é resíduo zero.			C2C EC
	Faz a quantificação dos impactos ambientais de um produto ou processo ao longo de seu ciclo de vida.		ACV	
	Propõe relações de mutualismo, na cooperação e no compartilhamento.		SI	
	Faz uso de materiais no fim de vida útil na sua forma original para criar um novo produto.		UP	
	Ênfase em ganhar durabilidade e fechar os ciclos dos recursos.		CL	
	Ênfase no reaproveitamento.		LR	

Fonte: Elaborado pela autora.

Observando o Quadro 14, percebe-se a interconexão dos conceitos por que no estudo de caso da Casa Circular a Logística Reversa se deu pelo reaproveitamento de madeiras, pneus e outros materiais de outras obras, foi feito o fechamento de ciclo (*closed loop*) tanto no ciclo técnico (materiais) quanto no ciclo biológico (nutrientes como água, energia, biodiversidade), com o *upcycling* das madeiras, pneus ganharam uma nova utilidade. A simbiose industrial será realizada pela troca dos nutrientes biológicos e pelos móveis de madeiras (LABMOB) e isso será mensurado pela Análise de Ciclo de Vida e permitiu uma abordagem de *design Cradle to Cradle* no contexto da Economia Circular. Já no estudo de caso do LABMOB, a YVY Reciclagem realizou a Logística Reversa, o fechamento de ciclo (*closed loop*) se deu pela YVY Reciclagem que vai alimentar as marcenarias do ecossistema com as cruzetas de madeira, os móveis criados pelo LABMOB foram a partir de um *upcycling* pois as madeiras ganharam um novo significado. A Simbiose Industrial será promovida pela “alimentação” da Casa Circular com os móveis do LABMOB. A Análise do Ciclo de Vida desses móveis tem uma extensão de sua vida útil e diminui os impactos ambientais e geração de resíduos e tudo isso no contexto da Economia Circular com as práticas de reuso, circularidade e otimização de recursos.

Outra análise, de cunho apenas qualitativo, se faz necessária para olhar os benefícios obtidos alinhados à sustentabilidade. O Quadro 15 mostra as abordagens e os seus benefícios associados.

Quadro 15 - Conceitos e benefícios sustentáveis associados

		IDEIAS PRINCIPAIS	BENEFÍCIOS
Gestão de operações	LR	<ul style="list-style-type: none"> • Prioridade na coleta e reinserção dos resíduos para a indústria, a fim de que possam serem inseridos novamente na cadeia produtiva ou reaproveitados; • Confere uma responsabilidade compartilhada entre todos os <i>players</i> (fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e dos órgãos públicos e de limpeza urbana para coleta de embalagens e produtos; • Ênfase no reaproveitamento; • É de responsabilidade dos fabricantes dos produtos fazer a reciclagem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiência na gestão de resíduos; • Ênfase em utilizar os recursos de forma eficiente; • Reciclagem; • Eliminação de resíduos; • Faz o gerenciamento de materiais perigosos; • Redução de fontes; • Reutilização de materiais; • Disposição final;
	CL	<ul style="list-style-type: none"> • Prioridade na circularidade dos recursos; • Ênfase na reciclagem de materiais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de resíduos; • Redução de desperdício; • Aumento do ganho de qualidade na otimização dos recursos usados nos sistemas produtivos.
	UP	<ul style="list-style-type: none"> • Faz uso da criatividade e inovação; • Faz uso de novos modelos e padrões mentais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Extensão da via útil, nova utilidade; • Ênfase na eficiência e na das operações.
	ACV	<ul style="list-style-type: none"> • Faz a quantificação dos impactos ambientais de um produto ou processo; • Considera a relevância da entrada de energia e materiais inseridos e das emissões ambientais; • Promove o desenvolvimento de produtos mais sustentáveis; • Faz a avaliação estratégica de produtos frente a concorrentes; • Faz análise de alternativas para reduzir os impactos dentro da cadeia de valor; • Permite o conhecimento do processo produtivo; • Permite fazer o gerenciamento de impactos na cadeia produtiva; • Exigência do cumprimento as leis e políticas ambientais (ex.: Política Nacional de Resíduos Sólidos); • Promove a comunicação da imagem do setor para a sociedade (Marketing verde); • Permite a elaboração de relatórios de sustentabilidade (ex.: <i>Global Initiative Reporting – GRI</i>); • Permite criar rótulos ambientais (ex.: Declarações Ambientais de Produto – DAP). 	<ul style="list-style-type: none"> • Foco na mensuração; • Permite uma precisão no cálculo de ações de compensação do passivo ambiental gerado; • Permite fazer o cálculo do desempenho ambiental da cadeia de valor.

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 15 - Conceitos e benefícios sustentáveis associados (continuação)

Gestão do sistema	SI	<ul style="list-style-type: none"> • Propõe relações de mutualismo, na cooperação e no compartilhamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da Pegada ecológica; • Otimização de recursos; • Prioridade no uso de energias limpas.
	C2C	<ul style="list-style-type: none"> • Propõe a gestão dos recursos em uma lógica circular de criação e reutilização, em que cada fim de ciclo se torna um novo berço para determinado material; • Estabelece sistemas em ciclos, permitindo que recursos sejam reutilizados inúmeras vezes e circulem em fluxos seguros e saudáveis para os seres humanos e para a natureza. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ênfase na eficácia do uso dos recursos; • Elimina o conceito de lixo e reaproveita os produtos usados, componentes e materiais para gerar valor em outras cadeias de produção.
	EC	<ul style="list-style-type: none"> • Propõe o ciclo biológico e ciclo técnicos nos materiais e nutrientes; • Prioridade na Manutenção do produto; • Reutiliza/redistribui- produto usado; • Permite atualizar e remanufaturar o produto; • Permite a reciclagem do produto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiência; • Eficácia; • Promove a circularidade dos recursos; • Promove a otimização dos recursos naturais; • Fomenta o uso de energias limpas.

Fonte: Elaborado pela autora.

Voltando à pergunta que orienta esse trabalho que é: Como propor uma análise das vantagens competitivas do conceito de *design Cradle to Cradle C2C* no contexto de processos e produtos?” fica evidente o aumento da complexidade de aplicação das práticas necessárias a ao longo da cadeia produtivas assim como aumenta a necessidade de inovações para promover o desenvolvimento sustentável, sendo que todos os conceitos mostrados no Quadro 13 podem ser aplicados em toda a cadeia de valor, seja de um produto ou serviço. É possível criar uma escala de evolução que permite o aperfeiçoamento dos conceitos de produção baseados na logística reversa, *closed loop*, *upcycle*, simbiose industrial, análise do ciclo de vida, *Cradle to Cradle* e Economia Circular. Sabe-se que muitos conceitos são complementares entre si e que são aplicados em conjunto nos sistemas produtivos e promovem resultados de aumento da sustentabilidade e em resposta à pergunta desse trabalho é possível ver inúmeros benefícios sustentáveis como mostrados no Quadro 16.

Cada vez mais estudado e questionado, é evidente que existe uma relação entre *Design* e Sustentabilidade, porém se faz necessário que os conceitos se transformem em ferramentas de fácil aplicação na criação de produtos e serviços. É de fundamental importância compreender esse contexto do aumento populacional, o mercado consumidor e o quanto isso impacta na produção de novos produtos. De fato, o campo do *Design* avançou, porém quando se vai além

da Função percebe-se maiores possibilidades quando a Forma segue a Evolução, ou seja, isso permite fazer melhor cada vez mais (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2008).

Por fim, considerando objetivos, geral e específicos, além da motivação em se obter um produto final, esta dissertação apresentou procedimentos eficientes, eficazes e efetivos para utilização de madeira reciclada.

Trabalhos futuros:

- Aplicar a abordagem de *design C2C* para resíduos de outros sistemas produtivos;
- Como nesse trabalho foi identificado um perfil de respondente bem característico pode-se aplicar questionário numa amostra maior e verificar as seguintes hipóteses:

H1: Consumidores do gênero feminino têm maior nível de conscientização ambiental; conforme dimensões analisadas;

H2: Consumidores com maior escolaridade têm maior nível de conscientização ambiental, conforme dimensões analisadas;

H3: Consumidores com maior poder aquisitivo têm maior nível de conscientização ambiental, conforme dimensões analisadas

H4: Consumidores com mais anos de estudo têm maior nível de conscientização ambiental, conforme dimensões analisadas;

H5: Consumidores que residem na região Sudeste tem maior conscientização ambiental conforme dimensões analisadas.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. "O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil" 3ºed. São Paulo, Edgard Bluncher Ltda, 144 p., pag 59, 2011.

ALLWOOD, J.M. Squaring the Circular Economy: The Role of Recycling within a Hierarchy of Material Management Strategies, in: Handbook of Recycling: State-of-the-Art for Practitioners, Analysts, and Scientists. pp. 445–477. doi:10.1016/B978-0-12-396459-5.00030-1, 2014.

ALVES, A. P. F. TREVISAN, M. Ecologia Industrial na Prática: oportunidades e limitações para a instalação de uma indústria de brita ecológica em Rio Grande/RS. Revista eletrônica de gestão, educação e tecnologia. V. 18 n. 1, p. 144-157Abr. 2014.

BACK, Nelson.; OLIGARI, André.; DIAS, Acires.; SILVA, Jonny Carlos da. Projeto integrado de produtos: Planejamento, concepção e modelagem. 1a. ed. Barueri, SP: Manole, 2008. 601 p.

BAKKER, A. Connor; WEVER, Renee; TEOH, Charity, DE CLERCQ, Sander. Designing Cradle to Cradle products: a reality check. February. International Journal of Sustainable Engineering 3(1):2-8, 2010.

BALDASSARRE, Brian, SCHEPERS Micky, BOCKEN, Nancy, CUPPEN, Eefje, KOREVAAR, Gijsbert, CALABRETTA, Giulia. Industrial Symbiosis: towards a design process for eco-industrial clusters by integrating Circular Economy and Industrial Ecology perspectives. Journal of Cleaner Production, 2019.

BARRO, Robert, (1991), Economic Growth in a Cross Section of Countries, *The Quarterly Journal of Economics*, 106, issue 2, p. 407-443, <https://EconPapers.repec.org/RePEc:oup:qjecon:v:106:y:1991:i:2:p:407-443..>

BASTOS, Marcos André. Implementação de um sistema Pay-as-you-throw (PAYT) no mercado de Vila do Conde e área envolvente. Dissertação de Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente. Faculdade de Ciências - Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, 2016.

BEVILACQUA, M., CIARAPICA, F.E., GIACCHETTA, G. Design for Environment as a Tool for the Development of a Sustainable Supply Chain. Springer-Verlag, London, 2012.

BEDANTE, Gabriel Navarro. A influência da consciência ambiental e das atitudes em relação ao consumo sustentável na intenção de compra de produtos ecologicamente embalados. 2004. 159 f. Dissertação (Pós-Graduação em Administração) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: 2004.

BITTENCOURT, R.M. “Aprendendo a projetar a edificação de madeira - 1ª parte (Um novo produto da prática arquitetônica)”. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRA. 5., 1995, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Gráfica do CEFET/MG, 1995(b). 171-180p

BOEIRA, Gabriela de Medeiros. [Eco] Briefing: ferramenta de levantamento da necessidade para o apoio ao desenvolvimento de produtos inovadores com foco nas questões ambientais. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

BIJSTERVELD, K. Cradle to cradle is een dwaalspoor. *Building Business Duurzaam*, no. 3, June 2008

BJØRN, A. HAUSCHILD, M.Z. **Absolute versus relative environmental sustainability** *Journal. Industry Ecology.*, v.17, pp. 321-332, 2013.

BLOMSMA, F.; BRENNAN, G. The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity. *Journal of Industrial Ecology*, v. 21, n. 3, p. 603-614. junte, 2017.

BOCKEN, N. M. P., BAKKER, C., PAUW, I. De. Product design and business model strategies for a circular economy. *J. Ind. Prod. Eng.* 1015, 20. doi:10.1080/21681015.2016.1172124, 2016.

BOONS, F., CHERTOW, M., PARK, J., SPEKKINK, W., SHI, H. Industrial symbiosis dynamics and the problem of equivalence: proposal for a comparative framework. *J. Ind. Ecol.* 21 (4), 938e952. <https://doi.org/10.1111/jiec.12468>, 2017.

BOONS, F., SPEKKINK, W., ISENMANN, R., BAAS, L., EKLUND, M., BRULLOT, S. Comparing industrial symbiosis in Europe: towards a conceptual framework and research methodology. In: *International Perspectives on Industrial Ecology*. <https://doi.org/10.4337/9781781003572.00013>, 2015.

BOR, A.-M., HANSEN, K, ALAN RIVIERE, A., ALVARADO, C., van den WITTENBOER, W. Usability of Life Cycle Assessment for Cradle to Cradle Purposes NL Agency, Utrecht, 2011.

BOULDING, K.E. The Economics of the Coming Spaceship Earth. In Jarrett, H. (Ed.) *Environmental Quality in a Growing* (pp. 3-14). Baltimore, MD: Resources for the Future/Johns Hopkins University Press, 1966.

BRAS, B. Incorporating environmental issues in product design and realization. *Indust. Environ.* 20 (1e2), 7e13, 1997.

BRUEL, Aurélien; KRONENBERG Jakub; TROUSSIER, Nadège; GUILLAUM, Bertrand. Linking Industrial Ecology and Ecological Economics. A Theoretical and Empirical Foundation for the Circular Economy. *Journal of Industrial Ecology*, volume 23, Number 1, 2018.

BRUNA BÁRBARA MACIEL AMORAS ORELLANA, UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE BIOMASSA DO DISTRITO FEDERAL PARA FINS ENERGÉTICOS, Tese, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 202 p., 2019.

CAETANO, M. O.; SELBACH, J. B. O.; GOMES, L. P. Composição gravimétrica dos RCD para a etapa de acabamento em obras residenciais horizontais. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 51-67, abr./jun. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000200079>

CHERTOW, M., Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annu. Rev. Energy Environ.* 25 (1), 313e337. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.313>, 2000.

CHERTOW, M. "Uncovering" industrial symbiosis. *J. Ind. Ecol.* 11 (1), 20. <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1110>, 2007.

CHERTOW, M., EHRENFELD, J. Organizing self-organizing systems: toward a theory of industrial symbiosis. *J. Ind. Ecol.* 16 (1), 13–27. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00450.x>, 2012.

CORBIN, J., STRAUSS, A., *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory*, 2008.

COUGHLAN, P.; COGHLAN, D. Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002. <http://dx.doi.org/10.1108/01443570210417515>

CHIU, Anthony S. F.; YOUNG, Geng. On the industrial ecology potential in Asian Developing Countries. *Journal of Cleaner Production* 12(8–10): 1037–1045, 2004.

DA SILVA, Rafaela Rodrigues; CASTELO BRANCO, Jeffer; THOMAZ, Silva Maria Tagé; CESAR, Augusto. Convenção de Minamata: análise dos impactos socioambientais de uma solução em longo prazo. *Rio de Janeiro*, v. 41, n. especial, p. 50-62, jun 2017.

DAVIS Sarah C.; KAUNECKIS Derek.; KRUSE Natalie A.; et al. Closing the loop: integrative systems management of waste in food, energy, and water systems. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, v. 6, p. 11 - 24, March 2016. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13412-016-0370-0#Abs1>>. Acesso em: 15 de agosto de 2019.

DE CLERCQ, Sander. *Towards Sustainable Business Uniforms*, graduation thesis (unpublished), Delft University of Technology, 2008.

DEMARTINI, M., PINNA, C., ALIAKBARIAN, B., TONELLI, F., TERZI, S. Soft Drink Supply Chain Sustainability: A Case Based Approach to Identify and Explain Best Practices and Key Performance Indicators. *Sustainability* 10, 3540. doi:10.3390/su10103540, 2018.

DRESS & SOMMER GROUP - ANUAL REPORT, 2017.

DUFLOU, J.R., SELIGER, G., KARA, S., UMEDA, Y., OMETTO, A., WILLEMS, B.. Efficiency and feasibility of product disassembly: a case-based study. *CIRP Ann. Manuf. Technol.* 57 (2), 583e600, 2008.

EHRENFELD, John. 2004. Industrial ecology: A new field or only a metaphor? *Journal of Cleaner Production* 12(8–10): 825–831.

EHRENFELD, John; GERTLER. *Industrial Ecology in Practice: The Evolution of Interdependence at Kalundborg*. *Journal Industry Ecology*, 1997.

ERKMAN, S. *Industrial ecology: an historical view industrial Maturation Multiplier*, P.O. Box 474, 1211 Geneva 12, Switzerland, 1997.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. *UMA ECONOMIA CIRCULAR NO BRASIL: Uma abordagem exploratória inicial*. 2017.

- EMF. GROWTH WITHIN: A Circular Economy vision for a competitive Europe, 2015.
- EMF. Rumo à Economia Circular: O racional de negócio para acelerar a transição. 2015.
- EMF. Towards the Circular Economy Vol.2: Opportunities for the consumer goods sector, Ellen MacArthur Foundation. doi:10.1162/108819806775545321, 2013.
- EMF. Towards the circular economy: An economic and business rationale for an accelerated transition, 2012.
- FAGUNDES, H. A. V. Produção de Madeira Serrada e Geração de Resíduos do Processamento de Madeira de Florestas Plantadas no Rio Grande do Sul. 2003. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- FROSCH, R.; GALLOPOULOS, N. Strategies for manufacturing. *Scientific American* 261(3): 144–152, 1989.
- GELDERMANS, R. J., 2016. Design for change and circularity – accommodating circular material & product flows in construction. *Energy Procedia* 96, 301 – 311.
- GEISSDOERFER, M., SAVAGET, P., BOCKEN, N., HULTINK, E.J. The Circular Economy e a new sustainability paradigm? *J. Clean. Prod.* 143, 757e768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>, 2017.
- GEISSDOERFER, M., MORIOKA, S.N., DE CARVALHO, M.M., EVANS, S. Business models and supply chains for the circular economy. *J. Clean. Prod.* 190, 712–721. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.04.159, 2018.
- GENG, Y.; DOBERSTEIN, B. Developing the circular economy in China: Challenges and opportunities for achieving ‘leapfrog development’. *The International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 15(3): 231–239, 2008
- GENG, Y., Q. Zhu, B. Doberstein, and T. Fujita. 2009. Implementing China’s circular economy concept at the regional level: A review of progress in Dalian, China. *Waste Management* 29(2): 996– 1002
- GERTSAKIS, J.; LEWIS, H.; RYAN, C. *Introduction to EcoReDesign: improving the environmental performance of manufactured products*. Centre for Design at RMIT, 1997.
- GIEC. *Bian 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrie Rapport d’évaluation du Group-ed’expert intergouvernemental sur l’évolution du climat*. GIEC, Geneve, Suisse, pp. 103. Tchertchian, N., Liang, H., Millet, D., 2009. Influence of the multiple lifecycles on the environmental impact of a product. In: *The proceeding of ICED09: 17th International Conference on Engineering Design*. pp. 185e196.
- GHISELLINI, Patrizia; CIALANI, Catia; ULGIATI, Sergio. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production* 114: 11–32, 2016.
- GO, Tze Fong; WAHAB, Dzuraidah Abd; HISHAMUDDIN, Hawa. Multiple generation life-cycles for product sustainability: the way forward. *Journal of Cleaner Production*, 2015.

GOLEV A, CORDER G D. Developing a classification system for regional resource synergies. *Miner Eng*, 29: 58–64, 2012.

GÓES, Maria de Fátima Barbosa; MUÑHOZ, Rosama; NETO, Manoel Duarte. *A Ecologia Industrial na Cosntrução Civil: um estudo exploratório emu ma Área de Proteção Ambiental*. ANPAD. Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Admiistração, 2003.

GONÇALVES, Taynara Martins; BARROSO, Ana Flavia da Fonseca. *A economia circular como alternativa à economia linear*. XI Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe, 2019.

GRAY, C., CHARTER, M. *Remanufacturing and Product Design: Designing for the 7th Generation*. The Centre for Sustainable Design, Farnham. <http://www.cfsd.org.uk/Remanufacturing%20and%20Product%20Design.pdf> (Acesso em setembro de 2019), 2008

HENN, C.L. *Design for environment in perspective*. In: Fiksel, J. (Ed.), *Design for Environment: Creating Eco-efficient Products and Processes*. McGraw-Hill, New York, pp. 473e490, 1996.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). *Relatório 2019*.

ILGIN, M.A., GUPTA, S.M., 2010. Environmentally conscious manufacturing and product recovery (ECMPRO): a review of the state of the art. *J. Environ. Manag.* 91 (3), 563e591.

HILDEBRANDT, J.; O'KEEFFE S.; BEZAMA, A.; THRAN, D. *Revealing the Environmental Advantages of Industrial Symbiosis in Wood-Based Bioeconomy Networks An Assessment From a Life Cycle Perspective*, *Journal of Industrial Ecology*, Volume 23, Number 4, 8080-822, 2018, DOI: 10.1111/jiec.12818

IJOMAH, W.L., MCMAHON, C.A., HAMMOND, G.P., NEWMAN, S.T., 2007. *Development of design for remanufacturing guidelines to support sustainable manufacturing*. *Robot. Computer-Integr. Manuf.* 23 (6), 712e719.

ISENMANN, R. *Industrial ecology: shedding more light on its perspective of understanding nature as a model*. *Sustainable Development*. v. 11, n. 3, p. 143-158, 2003. Disponível em:<http://www.homepages.ucl.ac.uk/~ucessjb/S3%20Reading/isenmann%202003.pdf> Acessado em dezembro de 2019.

JACOBSEN, N. B. *Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark. A Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects*. *Journal of Industrial Ecology*. V.10, N.1–2. 2006.

JAWAHIR, J.S., WANIGARATHNE, P.C., Wang, X. *Chapter 12: product design and manufacturing processes for sustainability*. In: Kutz, M. (Ed.), *Mechanical Engineering Handbook: Manufacturing and Management*, third ed. John Wiley, Hoboken, NJ, pp. 414e443, 2005.

KAEBERNICK, H., KARA, S., 2007. *Chapter 7: reuse and recycling technologies*. In: Kutz, M. (Ed.), *Environmentally Conscious Mechanical Design*. John Wiley & Sons, US.

KARAKAYA, E., HIDALGO, A., NUUR, C. *Motivators for adoption of photovoltaic systems at grid parity: A case study from Southern Germany*. *Renew. Sustain. Energy Rev.* doi: 10.1016/j.rser.2014.11.077, 2015,

KEOLEIAN, G.A., MENERY, D. Life Cycle Design Guidance Manual. EPA Publication No. EPA 600/R-92/226. U.S. Government Publishing Office, Washington, DC, 1993.

KIPERSTOK, A.; MARINHO M. Ecologia Industrial e Prevenção da Poluição: Uma Contribuição Ao Debate Regional. Bahia Análise & Dados, SEI, V.10, nº4, p271- 279, Março, 2001.

KIPERSTOK, Asher et al. Prevenção da Poluição. Brasília: SENAI/DN, 2002.

KIRCHHERR, J., REIKE, D., HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An Analysis of 114 definitions. Resour. Conserv. Recycl. doi: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005, 2017a

KIRCHHERR, J., REIKE, D., HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resour. Conserv. Recycl. 127, 221–232. doi: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005, 2017b.

KITCHENHAM, B. Procedures for Performing Systematic Reviews. Joint Technical Report Software Engineering Group, Keele University (TR/SE-0401), United Kingdom and Empirical Software Engineering, National ICT Australia Ltd, Australia (0400011T.1), 2004.

KIPERSTOK, A.; MARINHO M. Ecologia Industrial e Prevenção da Poluição: Uma Contribuição Ao Debate Regional. Bahia Análise & Dados, SEI, V.10, nº4, p271-279, Março, 2001. Disponível no site: http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art10.pdf Acessado em dezembro de 2019.

KUSZ, J.P. (2006) Book review. *Design Issues*, 22(1) Winter 2006, pp. 77-78.

KUTZ, M. Environmentally Conscious Mechanical Design. John Wiley & Sons, US, 2007.

LEITÃO, Alexandra. Economia Circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting, Vol. 1, N. 2, set 2015.

LIEDER, M., RASHID, A. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *J. Clean. Prod.* 115 (1), 36–51, 2016.

LIFSET, R. GRAEDEL, T. E. Industrial ecology: Goals and definitions. In *A handbook of industrial ecology*, edited by R. U. Ayres and L. W. Ayres, 3–15. Cheltenham, UK: Edward Elgar.

LIFSET, R. Frontiers in footprinting. *Journal of Industrial Ecology* 18(1): 1–3, 2014.

LYLE, J.T. Regenerative design for sustainable development, The Wiley series in sustainable design. doi:10.1016/0169-2046(95)90009-8, 1994.

LOMBARDI, D.R., LAYBOURN, P. Redefining industrial symbiosis: crossing academic-practitioner boundaries. *J. Ind. Ecol.* 16 (1), 28e37. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00444.x>, 2012.

LÜDEKE-FREUND, F., GOLD, S., BOCKEN, N. A review and typology of circular economy business model patterns. *J. Ind. Ecol.* 1e72, 00(0). <https://doi.org/10.1111/jiec.12763>, 2018.

LUZ, Beatriz. (Org.). *Economia circular Holanda: Brasil: da teoria à prática*. 1. ed. --Rio de Janeiro: Exchange 4 Change Brasil, 2017.

MASANET, E., HORVATH, A., Assessing the benefits of design for recycling for plastics in electronics: a case study of computer enclosures. *Mater. Des.* 28, 1801e1811., 2007.

MASSARD, Guillaume; OLIVIER, Jacquat, ZÜRCHER, Daniel. *International survey on eco-innovation*, 2015.

MARTENS, P.; AMELUNG, B. Cradle to Cradle is ondoorzichtige hype. (in Dutch) Trouw [National newspaper]., December 2007.

MAYYAS, A., QATTAWI, A., OMARA, A., SHAN, D., Design for sustainability in automotive industry: a comprehensive review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 16, 1845e1862., 2012.

MELO, Leonardo Menezes.; MERINO, Eugênio André Diaz.; MERINO, Gisele. Schidt Aves Diaz. Uma Revisão Sistemática Sobre Desing For X. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Bauru, Ano 12, nº 4, out-dez/2017, p. 78-99. DOI: 10.15675/gepros.v12i4.1744

MELLO, R; BITTENCOURT, R M. *Projetar em Madeira*, IV Seminário Nacional sobre Ensino e Pesquisa em Projeto de Arquitetura - PROJETAAR 2009 - São Paulo/SP. 2009 acesso <http://hdl.handle.net/123456789/1486>

MERLI, R., PREZIOSI, M., ACAMPORA, A., How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. *J. Clean. Prod.* doi:10.1016/j.jclepro.2017.12.112, 2017.

MCDONOUGH, William, BRAUNGART, Michael. *Cradle to Cradle: Remarking the Way We Make Things*. North Point Press, New York, 2002.

MCDONOUGH, William., BRAUNGART, Michael. *Cradle to Cradle*. São Paulo: G. Gilli, 2008.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J.; BEHRENS III, W. W. *Limites do Crescimento: Um relatório para o projeto do Clube de Roma sobre o dilema da humanidade*. São Paulo: Editora Perspectiva, 1973.

MEDEIROS, Caroline Ramos, DASILVA, José Augusto Ferreira , *Gestão dos resíduos da construção civil: estudo de caso no município de Macaé, RJ*, Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, Campos dos Goytacazes/RJ, v.10 n.1, p. 225-251, jan./jun. 2016, DOI: 10.19180/2177-4560.v10n12016p225-251

MIDÕES, André de Carvalho *Mobiliário modular componível para cozinhas: panorama do descarte de materiais nas etapas de produção industrial, projeto e montagem*, Dissertação FAUUSP. 129 p.: il., 2017.

MULROW, J.S., DERRIBLE, S., ASHTON, W.S., CHOPRA, S.S. Industrial symbiosis at the facility scale. *J. Ind. Ecol.* 21 (3), 559e571. <https://doi.org/10.1111/jiec.12592>,2017.

NAYHA, Annukka, *Transition in the Finnish forest-based sector: Company perspectives on the bioeconomy, circular economy and sustainability*, *Journal of Cleaner Production* 209 (2019)

1294-1306 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.260>

NIERO M., HAUSCHILD, M. Z., HOFFMEYERS. B., et al. Combining Eco-Efficiency and Eco-Effectiveness for Continuous Loop Beverage Packaging Systems: Lessons from the Carlsberg Circular Community. *Journal of Industrial Ecology*, v, 21, ed. 3 Exploring the Circular economy, p. 742 -753, June 2017. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/jiec.12554> >. Acesso em 15 de agosto de 2018.

OLIVEIRA, Mara Lucia Carneiro; DE FARIA, Sueli Correa. Indicadores de saúde ambiental na formulação e avaliação de políticas de desenvolvimento sustentável. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)*, n. 11, p. 16-22, 2008.

OQUIST, P. The epistemology of action research. *Acta Sociologica*, v. 21, n. 2, p. 143-163, 1978. <http://dx.doi.org/10.1177/000169937802100204>

PAINULY, J.P. Barriers to renewable energy penetration: A framework for analysis. *Renew. Energy* 24, 73–89. doi:10.1016/S0960-1481(00)00186-5, 2001.

PAIVA, I. V. L. Análise da viabilidade econômica e ambiental para a criação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil em uma abordagem simbiótica: um estudo para a região metropolitana de Natal. Dissertação. Universidade Federal do RN, 155f, 2016.

PAN, S.Y., DU, M.A., HUANG, I. TE, LIU, I.H., CHANG, E.E., CHIANG, P.C. Strategies on implementation of waste-to-energy (WTE) supply chain for circular economy system: A review. *J. Clean. Prod.* 108. doi:10.1016/j.jclepro.2015.06.124, 2014.

PAUW, de I.C. KARANA, E., KANDACHAR, P., POPPELAARS,F.. Comparing biomimicry and Cradle to Cradle with ecodesign: a case study of student design projects. *J. Clean. Prod.*, 78 (2014), pp. 174-183

PEREIRA, C. D. S. et al. Metr pole e meio ambiente: aplica o do modelo DPSIR na RMBS. In: BRANDAO, M. V. M.; MORELL, M. G. G.; SANTOS, A. R. (Org.). *Baixada Santista: transforma es na ordem urbana*. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metr poles, 2015. p. 355-373.

PRESTON, Felix. 2012. A global redesign? Shaping the circular economy. London: Chatham House, Energy, Environment and Resource Governance (EERG), 1–20.

PIGOSSO, D.C.A., ZANETTE, E.T., FILHO, A.G., OMETTO, A.R., ROZENFELD, H., 2010. Ecodesign methods focused on remanufacturing. *J. Clean. Prod.* 18 (1), 21e31.

RAMASWAMY, R. Industrial Ecology: A New Platform for Planning Sustainable Societies. In *Proceedings of the 2003 Berlin conference on the human dimensions of global environmental change*. Berlim. 2004. Anais

REED, B. Forum: Shifting from “sustainability” to regeneration. *Build. Res. Inf.* 35, 674–680. doi:10.1080/09613210701475753, 2007,

RSA, Investigating the role of design in the circular economy. Report 01: June 2013.

RODRIGUES, S. C. PEIXOTO, J. A. A. XAVIER, L. de S. Forma o de cadeia verde de suprimento a partir da gestão sustentável de resíduos industriais – um exemplo no setor de

reciclagem. *Sistemas & Gestão*. N.8, p 44-57 – 2013.

ROSE, C.M. *Design for Environment: a Method for Formulating Product End of Life Strategies*. Doctoral Dissertation. Stanford University, 2000.

SÁ, Gabriela Braga de. *Perfil e percepção socioambiental do setor madeireiro no Município de Cajazeiras, Estado da Paraíba*. 2018. Dissertação. Universidade Federal de Campina Grande. 71f

SCOTT, C.R. *The Future Life Cycle of Inteligente Facades*, In: *Proceedings of 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture: ARCHITECTURE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT*. UCL Presses, p.363 - 368 (6). ISBN 978-2-87463-276-1, 2011.

SHAO, J. *Are present sustainability assessment approaches capable of promoting sustainable consumption? A cross-section review on information transferring approaches*. *Sustain. Prod. Consum.* doi:10.1016/j.spc.2016.05.001, 2016.

SMOL, M., KULCZYCKA, J., HENCLIK, A., GORAZDA, K., WZOREK, Z., 2015. *The possible use of sewage sludge ash (SSA) in the construction industry as a way towards a circular economy*. *J. Clean. Prod.* doi:10.1016/j.jclepro.2015.02.05

SINDING, K. *Environmental management beyond the boundaries of the firm: Definitions and constraints*. *Business Strategy and the Environment* 9(2): 79–91,2000.

SILVA, Catarina Estefânia de Albuquerque Morais da. *Marketing Verde e o alinhamento empresa-consumidor*. 2012. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Empresariais) Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior de Economia e Gestão. Lisboa: 2012.

STAHEL, Walter. *The utilization-focused service economy: Resource efficiency and product-life extension*. In *The greening of industrial ecosystems*, edited by B. R. Allenby and D. J. Richards, 178– 190. Washington, DC: National Academy of Engineering ,1994.

SU, B., HESHMATI, A., GENG, Y.; YU, X. *A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation*. *Journal of Cleaner Production* 42: 215–227,2013.

SUN, L., SPEKKINK, W., CUPPEN, E., KOREVAAR, G. *Coordination of industrial symbiosis through anchoring*. *Sustainability* 9 (4). <https://doi.org/10.3390/su9040549>, 2017.

TANIMOTO, A. H. *Proposta de simbiose industrial para minimizar os resíduos sólidos no Pólo Petroquímico de Camaçari*. Salvador: Universidade Federal da Bahia. 2004 Dissertação.

TAVARES, S. F.; INO, A.; OMETTO, A. R. *Construção em Madeira e Edificação Circular: potencialidades para a sustentabilidade*. *10º International Workshop Advances in Cleaner Production*, - “Ten years working together for a sustainable future” 2017.

TAVARES, S. F.; INO, A.; OMETTO, ARc. *Construção em Madeira e Edificação Circular: potencialidades para a sustentabilidade*. 6 th International Workshop | Advances in Cleaner Production – Brazil – May 24th to 26th http://www.advancesincleanerproduction.net/sixth/files/sessoes/5A/5/tavares_sf_et_al_academ.pdf, 2017.

TEIXEIRA, M.G. SANTOS, E. R. B. Aplicação de conceitos da ecologia industrial na produção de roupas a partir de uniformes descartados. *Revista Sodebras*. Volume 10 – n. 117. Pag. 267 à 271. Setembro, 2015.

TCHERTCHIAN, N., LIANG, H., MILLET, D., 2009. Influence of the multiple life cycles on the environmental impact of a product. In: *The Proceeding of ICED09: 17th International Conference on Engineering Design*, pp. 185e196. Retrieved from: http://www.designsociety.org/publication/28780/influence_of_the_multiple_life_cycles_on_the_environmental_impact_of_a_product(accessed 24.12.13.)

THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. 15. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

TRUCOST. **Impacts of the Cradle to Cradle Certified Products Program**. Technical report, 2014.

TOXOPEUSA M.E., KOEIJERA B.L.A. de.; MEIJER A.G.G.H. Cradle to Cradle: Effective Vision vs. Efficient Practice? *Procedia CIRP* v. 29, p. 384 – 389. The 22nd Conference on Life Cycle Engineering. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827115001110?via%3Dihub>.

ÜNAL, E., URBINATI, A., CHIARONI, D. Managerial practices for designing circular economy business models. *J. Manuf. Technol. Manag.* JMTM-02-2018-0061. doi:10.1108/JMTM-02-2018-0061, 2018.

VANHAMÄKI S.; VIRTANEN, M.; LUSTE S.; MANSKINEN, K. Transition towards a circular economy at a regional level: A case study on closing biological loops, *Resources, Conservation & Recycling* 156 (2020) 104716, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104716>

WESTBROOK, R. Action research: a new paradigm for research in production and operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 15, n. 12, p. 6-20, 1995.

WEN, Z., MENG, X. Quantitative assessment of industrial symbiosis for the promotion of circular economy: a case study of the printed circuit boards industry in China's Suzhou New District. *J. Clean. Prod.* 90, 211–219, 2015.

WHITE, Ph.; Belletire, S.; St. Pierre, L.; (2007) *Okala; Learning Ecological Design*. Second Edition. IDSA, Phoenix, AZ.

ZIMRING, C. A. Upcycling in History: Is the Past a Prologue to a Zero-Waste Future? *The Case of Aluminum. RCC Perspectives: Transformations in Environment and Society*, 3, 45-52. <https://doi.org/10.5282/rcc/7542>, 2016.

ZHANG, B., YANG, S.; BI, J. Enterprises' willingness to adopt/develop cleaner production technologies: An empirical study in Changshu, China. *Journal of Cleaner Production* 40: 62–70, 2013.

ZHANG, H., HARA, K., YABAR, H., et. al. Comparative analysis of socio-economic and environmental performances for Chinese EIPs: Case studies in Baotou, Suzhou, and Shanghai.

Journal Sustainability Science, v. 4(2), p. 263-279, September 2009

ZHIJUN, F., NAILING, Y, Putting a circular economy into practice in China. Sustain. Sci. doi:10.1007/s11625-006-0018-1, 2007.

APÊNDICE A

Pesquisa Dissertação de Mestrado

Você está sendo convidado a participar da pesquisa (Comportamento do consumo de produtos fabricados em madeira) e sua seleção foi com *survey* enviada eletronicamente.

Sua contribuição muito engrandecerá nosso trabalho pois participando desta pesquisa você nos trará uma visão específica pautada na sua experiência sobre o assunto.

Esclarecemos, contudo, que sua participação não é obrigatória. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição proponente.

Os objetivos deste estudo são verificar o perfil dos consumidores quanto a:

- conscientização ambiental;
- hábitos de consumo;
- intenção de compra de produtos sustentáveis;
- construções sustentáveis;
- design de produtos;
- novos modelos de negócios.

As informações obtidas por meio desta pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Os dados serão divulgados de forma a não possibilitar sua identificação, protegendo e assegurando sua privacidade. A qualquer momento você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação. Ao final desta pesquisa, o trabalho completo será disponibilizado no site do Programa de Mestrado.

Em caso de dúvida ou para entender melhor a pesquisa, você poderá entrar em contato, em qualquer momento que julgar necessário, com os pesquisadores. Os e-mails para contatos são os seguintes: e-mail: malu@lsi.usp.br e janaina.leite@cpspos.gov.sp.br.

Questões com * são obrigatórias

Declaro que entendi os objetivos de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Gênero (*)

- Feminino
- Masculino
- Não binário

Idade (*)

- 18 a 24 anos
- 25 a 39 anos.
- 40 a 59 anos.
- 60 anos ou mais.

Escolaridade (*)

- Fundamental incompleto.
- Fundamental completo.
- Médio completo.
- Superior completo.
- Pós-graduação Latu Senso completa.
- Mestrado.
- Doutorado.

Renda (*)

Somando a sua renda com a renda das pessoas que moram com você, quanto é aproximadamente a renda familiar mensal?

- De R\$ 998,00 a R\$ 1.996,00
- De R\$ 1.996,00 a R\$ 2.994,00
- De R\$ 2.994,00 a R\$ 5.988,00
- De R\$ 5.988,00 a R\$ 9.980,00
- De R\$ 9.980,00 a R\$ 14,970,00.
- De R\$ 14.970,00 a 24.950,00
- Mais de R\$ 24.950,00

Região do país onde mora (*) Sudeste Sul Centro Oeste Norte Nordeste**Consciência ambiental, hábitos de consumo, intenção de compra de produtos sustentáveis.**

O questionário que se segue enquadra-se no âmbito de Mestrado em Gestão em Sistemas Produtivos do Centro Paula Souza e tem como objetivo investigar o comportamento do consumidor quanto a sua conscientização ambiental, hábitos de consumo, intenção de compra de produtos sustentáveis.

Nesta Primeira Seção, serão apresentadas afirmações sobre Consciência ambiental e hábitos de consumo. Indique, por favor, em que medida se traduz seu comportamento para cada uma das afirmações a seguir.

Por favor, tente ser o mais objetivo possível ao assinalar o seu grau de concordância com cada uma das afirmações numa escala que vai de “discordo totalmente (1), discordo parcialmente (2), discordo (3), concordo (4), concordo parcialmente (5), concordo totalmente (6) e não sei/não se aplica (0)”.

1 2 3 4 5 6 0

Consciência Ambiental

1. Preocupo-me com o meio ambiente.
2. Preocupo-me com a poluição da água.
3. Preocupo-me com o desmatamento de florestas nativas.
4. Preocupo-me com o esgotamento dos recursos.
5. Preocupo-me com a extinção de animais.
6. Preocupo-me com a quantidade de lixo gerado diariamente.
7. Preocupo-me como o meu hábito de consumo impacta o dia-a-dia.
8. Busco incentivar as pessoas ao meu redor a adotar hábitos sustentáveis, como reciclagem.
9. Busco informações sobre melhores práticas ambientais.
10. Uso consciente da luz e água (controlo a água e luz).

Hábitos de Consumo

1. Evito comprar de marcas denunciadas por práticas ilegais.
2. Recolho o lixo na rua.
3. Escolho produtos certificados sempre que possível.
4. Faço separação de lixo para reciclagem.
5. Compro produtos certificados.
6. Incentivo práticas sustentáveis na vizinhança.
7. Preocupo-me com os hábitos de consumo.
8. Valorizo a produção local.
9. Escolho produtos que podem ser reciclados.
10. Compraria produtos biodegradáveis.
11. Adotei /adotaria o uso de caneca, copo de vidro na empresa para substituir os descartáveis.
12. Busco informações sobre a origem dos produtos.
13. Participo de eventos ligados a sustentabilidade (feiras, exposições, workshops, etc).

Intenção de compra (produtos sustentáveis)

1. Procuro me informar sobre os riscos ambientais do produto antes de comprá-lo
2. Esforço-me para comprar produtos feitos de materiais recicláveis.
3. Prefiro comprar produtos que possam ser reciclados posteriormente
4. Prefiro comprar produtos com selos de qualidade (PROCEL, ...)
5. Caso soubesse o impacto ambiental negativo que um determinado produto tem, não o compraria.
6. No sentido de evitar desperdícios, procuro não comprar grandes quantidades de um produto em promoção, a não ser que eu tenha a real expectativa de utilizar o produto no curto prazo.
7. Procuro comprar produtos pelo menor impacto ambiental, independentemente do preço.
8. Compraria produtos que são fáceis de devolver para a empresa
9. Compraria produtos que fossem fáceis de montar e desmontar (para o usuário fazer).
10. Compro produtos de segunda linha.
11. Caso precise comprar folhas de papel, tenho preferência pelas recicladas.
12. Em sua opinião, qual o principal obstáculo que impede o consumo de produtos ecologicamente corretos?

Preço,

Dificuldade de encontrar,

- Design,
- Qualidade,
- Tecnologia,
- Propaganda/marketing,
- Divulgação (falta de informação e conhecimento sobre os produtos ecológicos),
- Outro.

Design de Produtos

1. O mais importante é beleza e conforto.
2. Prefiro produtos com design que permitam ser consertados ou atualizados.
3. Prefiro produtos que possam ser alugados ou pego emprestado as coisas que uso com pouca frequência.
4. Prefiro que o design do produto seja concebido de materiais que seriam descartados.
5. Prefiro que o design do produto incorpore materiais reciclados.
6. Prefiro produtos com design modular ou com peças individuais para atualização ou substituição de peças.
7. Prefiro produtos que viram serviço.
8. Prefiro produtos com design que permitam desmontagem e montagem pelo usuário
9. Prefiro móveis que acompanhem o crescimento do meu filho.
10. Existe algum atributo/qualidade/característica que você gostaria que o produto tivesse e não foi mencionado? Qual?
11. Prefiro comprar produtos com edições limitadas.

Construções Sustentáveis

Nesta Segunda Seção vamos pensar em construções sustentáveis pois elas permitem a sua permanência por mais tempo e aumenta a extensão do seu tempo de vida, pois leva em consideração tanto aspectos como os materiais quanto aspectos de projeto (espaço e uso), antecipando suas diferentes opções de uso.

Coloca como desafio pensar e projetar quais são as pré-condições para o desempenho dos materiais, produtos, serviços e edificações, de acordo com as necessidades do cliente no presente e no futuro, aproximando-se de conceitos de design para adaptabilidade e reciclagem, e projeto flexível.

Um dos objetos de estudo desse trabalho é a Casa Circular, um atelier de 30 m² localizada em São Paulo, ela foi projetada de forma que a edificação é um banco de materiais

onde os mesmos foram escolhidos com uma intenção positiva sempre pensando no próximo ciclo. Nesse sentido, nessa edificação foram reutilizadas madeiras que eram resíduos de outras obras.

Indique, por favor, em que medida cada uma das afirmações a seguir traduz a sua concordância sobre a importância das propriedades do material da madeira e das propriedades do sistema construtivo da madeira.

Por favor, tente ser o mais objetivo possível ao assinalar o seu grau de concordância com cada uma das afirmações numa escala que vai de “discordo totalmente (1), discordo parcialmente (2), discordo (3), concordo (4), concordo parcialmente (5), concordo totalmente (6) e não sei/não se aplica (0)”.

1 2 3 4 5 6 0

1. Você compra/compraria uma edificação/moradia se os resíduos pudessem facilmente ser absorvidos e transformados pela natureza após o seu descarte.
2. Você compra/compraria uma edificação/moradia se a mesma possui diferentes tipos de uso e funções durante a sua vida útil, sem grandes transformações (energia) e perdas.
3. Você compra/compraria uma edificação/moradia se a mesma possuísse elementos tóxicos em sua composição, para o usuário e para o meio ambiente.
4. Você compra/compraria uma moradia se a vida útil da edificação é longa, e se sua qualidade é mantida durante este tempo.
5. Você compra/compraria uma moradia se o desempenho da edificação fosse compatível com o uso e com a vida útil do material.
6. Você compra/compraria uma moradia se existisse relação entre as dimensões dos materiais e as dimensões dos ambientes projetados.
7. Você compra/compraria uma moradia se os elementos, sistemas e materiais utilizados na edificação possuíssem um padrão, permitindo facilidade de alteração, sem grandes adaptações e perdas.
8. Você compra/compraria uma moradia se as conexões entre as partes da edificação pudessem ser separadas sem a sua destruição (conectores, parafusos).
9. Você compra/compraria uma moradia se os espaços do projeto (da edificação) podem ser modificados com facilidade, sem obsolescência da edificação e dos materiais.
10. Você compra/compraria uma moradia se as partes da edificação pudessem ser reutilizadas, e se os espaços pudessem ser transformados facilmente.
11. Você compra/compraria uma moradia se o projeto da edificação foi concebido para montagem e desmontagem através de sistemas conscientes de interfaces.

12. Você compra/compraria uma moradia se parte do processo construtivo da edificação é realizado em fábricas, ambiente de maior controle (qualidade, desperdício, etc.).

Modelos de Negócios

Na Terceira Seção, análise os modelos de negócio de estratégia circular – IDEO. Um exemplo é providenciado para facilitar a análise.

Indique, por favor, em que medida cada uma das afirmações a seguir traduz a sua concordância em relação aos modelos de negócios citados.

Por favor, tente ser o mais objetivo possível ao assinalar o seu grau de concordância com cada uma das afirmações numa escala que vai de “discordo totalmente (1), discordo parcialmente (2), discordo (3), concordo (4), concordo parcialmente (5), concordo totalmente (6) e não sei/não se aplica (0)”.

1 2 3 4 5 6 0

1. Prefiro que um produto vire serviço. A Nike recentemente lançou assinatura de tênis para crianças nos EUA. Você recebe dois pares por mês e conforme a criança cresce você devolve os calçados para a Nike e pega novos pares. (*design as a service* - IDEO).
2. Prefiro que um produto vire serviço inteligente. A Bundles usa a tecnologia Internet das Coisa (IoT) para fornecer aos clientes um serviço de pagamento por lavagem em máquinas de lavar. A tarifa mensal é ajustada retrospectivamente com base nos dados reais de uso (*enbidding intelligence* - IDEO).
3. Prefiro produtos com maior durabilidade (extensão de vida). A Caterpillar oferece recondicionamento e remanufatura de motores e outras peças. (*life extension* - IDEO).
4. Prefiro empresas que se preocupem com as embalagens. Os clientes da Splosh se inscrevem para receber sachês de produtos de limpeza concentrados que se dissolvem com segurança como parte do produto ou podem ser enviados de volta para refil (*smart materials choice* - IDEO).
5. Prefiro empresas que ofereçam a coleta/ devolução dos produtos. A Desso oferece aos clientes o serviço de coleta das placas de carpete para a fabricação de novos. (IDEO - *take back*).
6. Prefiro empresas que ofereçam produtos modulares. O design modular e as peças de reposição do Fairphone facilitam a reparação por qualquer pessoa, permitindo que seus telefones durem o máximo possível. (IDEO – *modularity*).
7. Já pensou em alugar móveis? (mesa, banco, estante, etc.)

SIM NÃO se SIM qual produto?

8. Se fosse possível assinar um serviço de decoração de ambientes?

SIM NÃO se SIM qual ambiente?

Mobiliário

Nesta Quarta Seção, vamos pensar em móveis de madeira. Responda abaixo as perguntas.

1. Olhe essas fotos desses móveis. Independente do preço, você compraria?

SIM NÃO se NÃO por quê?





Esses móveis que você acabou de ver são de cruzetas de postes de distribuição elétrica. São de madeiras nativas da Amazônia, algumas já extintas e outras ameaçadas. Elas resistiram a 50 anos ou mais no tempo e agora elas contam uma nova história. Você mantém sua decisão anterior?

SIM NÃO

se NÃO, por quê?

Qual (is) móvel (is) você gostou mais? O que eles transmitem para você?

Sentiu falta de algum móvel? Qual?

APÊNDICE B

Tabela 5 - Resposta quantitativa – Principais barreiras que impedem o consumo de produtos ecologicamente corretos.

Respondente/Obstáculo	P	DE	D	Q	T	PM	DI	O
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
59								
60								
61								
62								

Fonte: Elaborada pela autora.