



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO - CTC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

VANDO FERREIRA LOPES

**MÉTODO PARA A IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS DE  
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL, ECONÔMICA E SOCIAL EM  
COMPONENTES DE PRODUTOS.**

FLORIANÓPOLIS  
2020

Vando Ferreira Lopes

**MÉTODO PARA A IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS DE  
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL, ECONÔMICA E SOCIAL EM  
COMPONENTES DE PRODUTOS.**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Mecânica da Universidade Federal de  
Santa Catarina para a obtenção do título de Doutor  
em Engenharia Mecânica.

Orientador: João Carlos Espíndola Ferreira, Ph. D.

Florianópolis  
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Lopes, Vando Ferreira

Método para a identificação de requisitos de sustentabilidade ambiental, econômica e social em componentes de produtos. / Vando Ferreira Lopes ; orientador, João Carlos Espíndola Ferreira, 2021.  
190 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia Mecânica. 2. Sustentabilidade. 3. Projeto de Produto. 4. Produtos Sustentáveis. 5. Método EcoCicatriz. I. Ferreira, João Carlos Espíndola . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. III. Título.

Vando Ferreira Lopes

**MÉTODO PARA A IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS DE  
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL, ECONÔMICA E SOCIAL EM  
COMPONENTES DE PRODUTOS.**

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

**Professora Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto, Dra. Eng. - Relatora**  
Universidade Federal do Paraná - Curitiba, PR

**Professor André Ogliari, Dr. Eng.**  
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

**Professor Fábio Antônio Xavier, Dr. Eng.**  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

**Professor Marcelo Gitirana Gomes Ferreira, Dr. Eng.**  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Florianópolis, SC

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de doutor em Engenharia Mecânica.

---

**Professor Paulo de Tarso Rocha de Mendonça, Ph.D.**  
Coordenador do Programa

---

**Professor João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D.**  
Orientador

Florianópolis, 10 de março de 2020.

**Aos meus amores, aos que passaram e aos que virão...**

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve o apoio financeiro e estrutural da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC por meio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – POSMEC.

Agradeço ao Grupo de Integração da Manufatura – GRIMA do qual faço parte e ao Professor João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D, pela orientação, dedicação e visão sistêmica da tese.

Sou grato aos Professores da Banca sendo a Professora Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto, Dra. Eng, Relatora, ao Professor André Ogliari, Dr. Eng, ao Professor Fábio Antônio Xavier, Dr. Eng, e ao Professor Marcelo Gitirana Gomes Ferreira, Dr. Eng, pelo tempo dedicado a leitura e análise do documento e de antemão, às sugestões com vistas a melhorias.

Há Professores das disciplinas cursadas a quem agradeço pela contribuição acadêmica os quais cito o Professor Rolf Bertrand Schroeter, Dr. Eng, o Professor Orestes Estevam Alarcon, Dr. Eng., o Professor Acires Dias, Dr. Eng., e ao Professor Armando Albertazzi Gonçalves Jr., Dr. Eng.

Ao Professor Luiz Salomão Ribas Gomez, Dr. Eng. pela visão do Design sobre as coisas e a Alessandra Vidal Dias.

As pessoas que contribuíram com produtos, tempo, paciência e análise: Wanilson Carrafa, Marcos Carrafa, Fernando Oliveira, Daiane Paggi, Mariel Ganzer Ferreira Lopes, Marcelo Ferreira Lopes, Rangel Bordin e ao escritório de Advocacia Cielo.

Se estende o agradecimento a Rúbens David Alvares da Silva e a João Henrique Boing de Souza. Este trabalho finaliza pela convivência e contribuição pessoal de vocês dois. E ainda, a Alexsandro de Liz e Silva e Mauricio Fonseca Da Costa.

Agradeço a Marcelo Niehues Schlickmann pelo tempo dedicado as conversas e aos ajustes do tema.

Muitas pessoas fizeram parte de todo o processo do doutoramento as quais manifesto minha gratidão: Julian Fernando Ordoñez Duran, Paola Paola Andrea De Antonio Boada, Lucas Benini, Mayara Santos de Oliveira, Débora Raquel Simioni, João Acosta, Mariele Canal Bonfante, Jackeline de Sousa da Silva, Débora Tavares, Rôse Maria Makowski e Renato Gregolon Scortegagna, Lucas Werner, Márcio Bess, Danilo Ribamar Sá Ribeiro, Lúcio Galvão Mendes, Guilherme Branco Loureiro, Gislene Salim Rodrigues, Marcos Sardá Vieira, Andrei Bonamigo, George Souza, Renan Manozzo Galante, Ângelo Guimarães Della Croce e Dioni Damázio. Ainda, faz parte do grupo de colaboração: D. Odete, Rafael Prado, Giovanni Carlini, Emilio Rudolfo Wrasse, Jéssica Ceolin de Bona, Gustavo Soares Izidoro e Silvana Meneghini.

Agradeço a minha família por meio dos meus irmãos Márcio, Marcelo e Fernando e dos meus sobrinhos Ana Clara, Bernardo, Antônio e Joaquim. Desejo que os tempos sejam mais sustentáveis para vocês!

A Teoria do Big Bang, muito obrigado.

**“A sorte só favorece a mente preparada.”**  
Louis Pasteur

## RESUMO

O contexto da sustentabilidade no âmbito dos aspectos ambientais, econômicos e sociais envolve a adoção de critérios e conceitos derivados de várias fontes das quais duas são utilizadas neste trabalho: uma derivada da Engenharia Mecânica e outra proveniente do Design de Produto. Conceitos de DFE (*Design for Environment*), foram agrupados, analisados e simplificados de modo que constituem o método EcoCicatriz®. O usuário é quem define as condições prévias de análise para a sustentabilidade do produto decorrentes da ação sobre os componentes. A aplicação acontece em produtos e componentes reais. O método proposto possui entradas derivadas de dados de produtos, uma matriz binária, uma matriz de importância das diretrizes e uma matriz de importância das dimensões de sustentabilidade as quais oferecem os valores utilizados na determinação da Função Sustentabilidade. Então, por meio de pesos e de uma análise multicritério, o indicador composto denominado EcoCicatriz®, identifica o componente menos sustentável o qual será submetido a melhorias em uma primeira instância. Este resultado indica um “ponto de início de ações” dirigidas a sustentabilidade. O método proposto foi aplicado em produtos com características de forma e função diversas, de implementos agrícolas a artesanato e ainda, a um alimento. Esta condição não ortodoxa de aplicação, possibilitou analisar a aplicabilidade, a quantificação e a sistemática do método de modo a considerar mais uma proposta dirigida ao alcance sustentável de produtos. Os resultados consistiram em uma Função Sustentabilidade que coliga dados de entrada provenientes do usuário e o indicador EcoCicatriz® que mensura graus de menor ou maior sustentabilidade apresentado por um componente. A inferência de dados resulta no grau de sustentabilidade o qual informa sob as narrativas do usuário, que a sustentabilidade ocorre no âmbito individual e é amorfa na aplicação quando diretrizes singulares são consideradas na constituição de cada produto.

**Palavras Chave:** Sustentabilidade Ambiental, Projeto Para o Meio Ambiente (DFE - *Design For Environment*), EcoCicatriz®, Manufatura Sustentável, Tripé da Sustentabilidade.

## ABSTRACT

The context of sustainability in the ambit of environmental, economic and social aspects involves the adoption of criteria and concepts derived from various sources, two of which are used in this work: one derived from Mechanical Engineering and the other derived from Product Design. DFE (Design for Environment) concepts have been grouped, analyzed and simplified in such a way as to constitute the EcoScar method. The user is the one who defines the preconditions of analysis for the sustainability of the product resulting from the action on the components. The application takes place in real products and components. The proposed method has inputs derived from product data, a binary matrix, a matrix of importance of the guidelines and a matrix of importance of the dimensions of sustainability, which offer the values, used in determining the Sustainability Function. Then, by means of weights and a multicriteria analysis, the composite indicator called EcoScar, identifies the least sustainable component that will be subjected to improvements in the first instance. This result indicates a “starting point for actions” aimed at sustainability. The proposed method was applied to products with characteristics of different shape and function, from agricultural implements to handicrafts and even to a food. This unorthodox application condition, made it possible to analyze the applicability, quantification and systematics of the method in order to consider yet another proposal aimed at the sustainable reach of products. The results consisted of a Sustainability Function that collects input data from the user and the EcoScar indicator that measures degrees of lesser or greater sustainability presented by a component. The inference of data results in the degree of sustainability that informs, under the user's narratives, that sustainability occurs at the individual level and is amorphous in its application when singular guidelines are considerate in the constitution of each product.

**Keywords:** Environmental Sustainability, Design For Environment (DFE), EcoScar, Sustainable Manufacturing, Triple Bottom Line.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Método EcoCicatriz® e a sistemática de criação.....	25
<b>Figura 2</b> – Normas técnicas utilizadas na revisão da literatura.....	38
<b>Figura 3</b> – Um paralelo entre o DSR e a definição de problema do autor. Os quadros à direita sinalizam dados do estudo.....	39
<b>Figura 4</b> – Heurísticas de entrada e o método como artefato.....	39
<b>Figura 5</b> – A entrada das diretrizes de DFE junto ao DSR.....	40
<b>Figura 6</b> – Objetivos e resultados previstos.....	40
<b>Figura 7</b> – Principais atividades.....	41
<b>Figura 8</b> – Resultados possíveis.....	41
<b>Figura 9</b> – Atuação do pesquisador.....	42
<b>Figura 10</b> – Base empírica envolvendo pesquisador e o usuário do método.....	42
<b>Figura 11</b> – Colaboração entre pesquisador e pesquisado junto ao trabalho.....	43
<b>Figura 12</b> – A implementação.....	43
<b>Figura 13</b> – Avaliação de resultados.....	44
<b>Figura 14</b> – A abordagem do trabalho.....	44
<b>Figura 15</b> – Especificidades comparadas entre DSR e pesquisa ação.....	45
<b>Figura 16</b> – Etapas do Design Science Research e a relação com a Tese.....	45
<b>Figura 17</b> – O tempo e a evolução da manufatura tradicional à sustentável, considerando a adoção dos 6Rs, com início nos anos 1980 até 2050 relacionando o valor percebido pelos <i>stakeholders</i> (partes interessadas).....	49
<b>Figura 18</b> – Ciclo de adesão.....	60
<b>Figura 19</b> – Estratégias de Life Cycle Design e as fases do ciclo de vida. Os asteriscos junto às palavras “manufatura” e “montagem” representam os acréscimos do autor.....	72
<b>Figura 20</b> – Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos - PRODIP.....	74
<b>Figura 21</b> – Modelo PRODIP com intervenção da Sustentabilidade com a aplicação do método DFE.....	75
<b>Figura 22</b> – Processo de Desenvolvimento de Produtos – PDP.....	76
<b>Figura 23</b> – Adoção de conceitos de sustentabilidade junto ao PDP. É acrescentado o Projeto para o Meio Ambiente – DFE.....	77
<b>Figura 24</b> – Método com os doze passos de Munari.....	77
<b>Figura 25</b> – Método de Munari atendendo as dimensões de sustentabilidade. Os acréscimos de Projeto para o Meio Ambiente – DFE.....	78
<b>Figura 26</b> – Composição simplificadas do método.....	81
<b>Figura 27</b> – Fases da seleção das diretrizes de sustentabilidade.....	86
<b>Figura 28</b> – O processo de simplificação das diretrizes.....	88
<b>Figura 29</b> – Criação da função Sustentabilidade. Etapas da formação do método EcoCicatriz®.....	93
<b>Figura 30</b> – Sistemática de aplicação do método EcoCicatriz®.....	99
<b>Figura 31</b> – Processo de verificação do componente na condição de laço.....	101
<b>Figura 32</b> – Produto Cubo – Fictício.....	102
<b>Figura 33</b> – Mapa conceitual do produto Cubo e componentes.....	102
<b>Figura 34</b> – Identificação do componente C menos sustentável.....	105
<b>Figura 35</b> – Melhorias possíveis no componente C3.....	105
<b>Figura 36</b> – Conjunto Frontal.....	110
<b>Figura 37</b> – Componentes do Conjunto Frontal analisados (a, b, c, d, e e f).....	111
<b>Figura 38</b> – Componentes do Conjunto Frontal.....	111
<b>Figura 39</b> – Identificação do componente com a maior EcoCicatriz®.....	112
<b>Figura 40</b> – Melhorias possíveis do componente C5.....	113
<b>Figura 41</b> – Concha (a e b).....	113
<b>Figura 42</b> – Componentes da Concha.....	114

<b>Figura 43</b> – Identificação do componente com a maior EcoCicatriz®.....	115
<b>Figura 44</b> – Melhorias possíveis do componente C2.....	115
<b>Figura 45</b> – Caixa de Transmissão (a e b).....	116
<b>Figura 46</b> – Componentes da Caixa de Transmissão.....	116
<b>Figura 47</b> – Identificação dos componentes com a maior EcoCicatriz®.....	118
<b>Figura 48</b> – Melhorias possíveis dos componentes C2 e C7.....	118
<b>Figura 49</b> – Banco (a e b).....	119
<b>Figura 50</b> – Componentes do Banco.....	119
<b>Figura 51</b> – Identificação do componente com a maior EcoCicatriz®.....	121
<b>Figura 52</b> – Melhorias possíveis do componente C4.....	121
<b>Figura 53</b> – Suco de Frutas Prensadas (a e b).....	122
<b>Figura 54</b> – Componentes do Suco de Frutas Prensadas.....	122
<b>Figura 55</b> – A identificação do componente com a maior EcoCicatriz®.....	123
<b>Figura 56</b> – Melhorias possíveis do componente C3.....	124
<b>Figura 57</b> – Artesanato (a e b).....	124
<b>Figura 58</b> – Componentes do Artesanato.....	125
<b>Figura 59</b> – Identificação do componente com a maior EcoCicatriz®.....	126
<b>Figura 60</b> – Melhorias possíveis do componente C4.....	126
<b>Figura 61</b> – Apito - Manufatura (a e b).....	127
<b>Figura 62</b> – Componentes para a manufatura do apito.....	127
<b>Figura 63</b> – Identificação do componente com a maior EcoCicatriz®.....	129
<b>Figura 64</b> – Melhorias possíveis dos componentes C1, C2 e C3.....	129
<b>Figura 65</b> – Melhorias junto ao produto (c e d).....	129
<b>Figura 66</b> – Componentes – Caixa de Plástico versus Caixa de Papelão Ondulado.....	130
<b>Figura 67</b> – Norma ISO 18602 – embalagem e os padrões ambientais.....	131
<b>Figura 68</b> - Componentes do Fardo de Aparas.....	132
<b>Figura 69</b> - Cenário 1 – Papel – Os contornos em negrito indicam o componente sob análise.....	133
<b>Figura 70</b> - Cenário 2 - Impureza.....	133
<b>Figura 71</b> - Cenário 3 – Material Proibitivo.....	133
<b>Figura 72</b> - A intercambiabilidade do método EcoCicatriz®, que permite uma modularização de diretrizes de sustentabilidade.....	141
<b>Figura 73</b> - Questão pentadimensional do método EcoCicatriz®: dimensões ambientais, econômicas, sociais, culturais e políticas.....	153
<b>Figura 74</b> - A condição hexa-dimensional da sustentabilidade.....	154
<b>Figura 75</b> - O produto sujeito as 6 dimensões de sustentabilidade disposto graficamente em um cubo.....	154
<b>Figura 76</b> - Objetivos e o método EcoCicatriz®.....	156
<b>Figura 77</b> - O PDCA e a relação com o método EcoCicatriz®.....	174
<b>Figura 78</b> - Usuários considerados no método EcoCicatriz®.....	184
<b>Figura 79</b> - Mapa visual pré-formatado do Método EcoCicatriz® - Frente.....	186
<b>Figura 80</b> - Mapa visual pré-formatado do Método EcoCicatriz® - Verso.....	187
<b>Figura 81</b> - Certificado de Registro de Marca da EcoCicatriz® - Frente.....	188
<b>Figura 82</b> - Certificado de Registro de Marca da EcoCicatriz® - Verso.....	189

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Artigos encontrados na revisão da literatura. Apresentação da lacuna (“ <i>gap</i> ”), a qual dá indícios quanto à contribuição do método EcoCicatriz®.....	35
<b>Tabela 2</b> – Matriz Binária.....	95
<b>Tabela 3</b> – Matriz de Importância das diretrizes.....	95
<b>Tabela 4</b> – Matriz de Importância das dimensões.....	96
<b>Tabela 5</b> – Terceira Matriz – O cálculo da EcoCicatriz®.....	96
<b>Tabela 6</b> – Dados de Entrada do produto Cubo.....	102
<b>Tabela 7</b> – Matriz Binária a qual relaciona os componentes com as diretrizes do Cubo.....	103
<b>Tabela 8</b> – Matriz de Importância das diretrizes e o grau de importância estabelecido.....	103
<b>Tabela 9</b> – Matriz de Importância das Dimensões.....	104
<b>Tabela 10</b> – A Função Sustentabilidade do Cubo.....	104
<b>Tabela 11</b> - Resultados da aplicação da equação 5.....	104
<b>Tabela 12</b> - Matriz de Importância das diretrizes ACME 1.....	108
<b>Tabela 13</b> – Matriz de Importância das Dimensões ACME 1.....	109
<b>Tabela 14</b> – Matriz Binária, a qual relaciona os componentes com as diretrizes – Conjunto Frontal.....	111
<b>Tabela 15</b> – A Função Sustentabilidade – Conjunto Frontal.....	112
<b>Tabela 16</b> – Matriz Binária a qual relaciona os componentes com as diretrizes – Concha.....	114
<b>Tabela 17</b> - A Função Sustentabilidade - Concha.....	114
<b>Tabela 18</b> – Matriz Binária a qual relaciona os componentes com as diretrizes – Caixa de Transmissão.....	117
<b>Tabela 19</b> - A Função Sustentabilidade – Caixa de Transmissão.....	117
<b>Tabela 20</b> – A Função Sustentabilidade - Banco.....	120
<b>Tabela 21</b> - A Função Sustentabilidade - Embalagem.....	123
<b>Tabela 22</b> - A função Sustentabilidade - Artesanato.....	125
<b>Tabela 23</b> - A Função Sustentabilidade - Apito.....	128
<b>Tabela 24</b> - A relação entre os artigos pesquisados e o trabalho desenvolvido.....	144
<b>Tabela 25</b> - Matriz Binária com a relação dos componentes e dos princípios da Indústria 4.0. Os valores são ilustrativos e dependem do contexto do usuário na aplicação.....	149
<b>Tabela 26</b> – Matriz de relação à qual a apresenta o grau de importância de um princípio em relação ao outro. Os valores alocados são ilustrativos e dependem do contexto do usuário.....	150

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a denominação e o conceito principal que o caracteriza.....	57
<b>Quadro 2</b> – O DFX (Design for “x”), os termos utilizados e conceitos principais.....	63
<b>Quadro 3</b> – Princípios simples de projeto utilizando conceitos de DFE – Projeto para o Meio Ambiente.....	64
<b>Quadro 4</b> - Diretrizes Sa ambientais.....	89
<b>Quadro 5</b> - - Diretrizes Sa ambientais.....	90
<b>Quadro 6</b> - Diretrizes Se econômicas.....	90
<b>Quadro 7</b> - Diretrizes Se econômicas.....	91
<b>Quadro 8</b> - Diretrizes Se econômicas.....	91
<b>Quadro 9</b> - Diretrizes Se econômicas.....	91
<b>Quadro 10</b> - Diretrizes Ss sociais.....	92
<b>Quadro 11</b> – Usuários e produtos envolvidos na aplicação do método EcoCicatriz®.....	106
<b>Quadro 12</b> – Diretrizes definidas para a análise – ACME 1.....	108
<b>Quadro 13</b> – Diretrizes definidas para a análise – ACME 2.....	120
<b>Quadro 14</b> – Diretrizes definidas para a análise – ACME 3.....	122
<b>Quadro 15</b> – Diretrizes definidas para a análise – ACME 4.....	125
<b>Quadro 16</b> – Diretrizes definidas para a análise – ACME 5.....	128

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – As 4 questões de classificação, análise e estudo dos artigos decorrentes do operador booleano utilizado.....	36
<b>Gráfico 2</b> – Número de diretrizes encontradas e as diretrizes utilizadas junto ao método.....	87
<b>Gráfico 3</b> – Diretrizes e a associação com as dimensões de sustentabilidade.....	88
<b>Gráfico 4</b> – Componente potencial.....	103
<b>Gráfico 5</b> – Componentes e os respectivos valores da EcoCicatriz®.....	105
<b>Gráfico 6</b> – Diretrizes e a importância de acordo com o usuário.....	109
<b>Gráfico 7</b> – As dimensões e a importância para o usuário.....	110
<b>Gráfico 8</b> – Componentes e a EcoCicatriz® calculada – Conjunto Frontal.....	112
<b>Gráfico 9</b> – Componentes e a EcoCicatriz® calculada - Concha.....	115
<b>Gráfico 10</b> – Componentes e a EcoCicatriz® calculada – Caixa de Transmissão.....	117
<b>Gráfico 11</b> – Componentes e a EcoCicatriz® calculada - Banco.....	120
<b>Gráfico 12</b> – Componentes e a EcoCicatriz® calculada – Embalagem primária.....	123
<b>Gráfico 13</b> – Componentes e a EcoCicatriz® calculada - Artesanato.....	126
<b>Gráfico 14</b> – Componentes e a EcoCicatriz® calculada – Apito.....	128

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ACV</b>	Avaliação do Ciclo de Vida
<b>ASTM</b>	Sociedade Americana de Testes e Materiais - <i>American Society for Testing and Materials</i>
<b>BOM</b>	Lista de Materiais - <i>Bill of Materials</i>
<b>CES</b>	Câmara de Educação Superior
<b>CFP</b>	Pegada de Carbono - <i>Carbon Footprint</i>
<b>CNE</b>	Conselho Nacional de Educação
<b>DFA</b>	Projeto para a Montagem - <i>Design for Assembly</i>
<b>DFC</b>	Projeto para Conformidade - <i>Compliance</i>
<b>DFD</b>	Projeto para Desmontagem - <i>Design for Disassembly</i>
<b>DFE</b>	Projeto para o Meio Ambiente - <i>Design for Environment</i>
<b>DFM</b>	Projeto para Processabilidade - <i>Design for Manufacturability</i>
<b>DFO</b>	Projeto para Ordenamento - <i>Design for Orderability</i>
<b>DFR</b>	Projeto para Resistência - <i>Design for Reliability</i>
<b>DFS</b>	Projeto para Utilização - <i>Design for Serviceability</i>
<b>DFSL</b>	Projeto para a Segurança e Prevenção de Falhas - <i>Design for Safety and liability prevention</i>
<b>DFT</b>	Projeto para a Testabilidade - <i>Design for Testability</i>
<b>DOE</b>	Planejamento de Experimentos - <i>Design of Experiments</i>
<b>DSR</b>	<i>Design Science Research</i>
<b>EPA</b>	Agência de Proteção Ambiental - <i>Environmental Protection Agency</i>
<b>GRI</b>	Iniciativa Global de Informação - <i>Global Reporting Initiative</i>
<b>ICA</b>	Indicadores de Condições Ambientais
<b>IDA</b>	Indicador de Desempenho Ambiental
<b>IDO</b>	Indicador de Desempenho Operacional
<b>INPI</b>	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
<b>IPCC</b>	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
<b>LCA</b>	Análise de Ciclo de Vida - <i>Life Cycle Analysis</i>
<b>LCD</b>	Projeto do Ciclo de Vida - <i>Life Cycle Design</i>
<b>MIT</b>	Instituto de Tecnologia de Massachusetts - <i>Massachusetts Institute of Technology</i>
<b>MMA</b>	Ministério do Meio Ambiente
<b>NBR</b>	Norma Brasileira
<b>OCDE</b>	Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico - <i>Organization for Economic Cooperation and Development</i>
<b>ODM</b>	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
<b>ODS</b>	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas
<b>PDP</b>	Processo de Desenvolvimento de Produtos
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto

<b>PMBOK</b>	Guia PMBOK - <i>Project Management Body of Knowledge</i>
<b>PMI</b>	Instituto de Gerenciamento de Projetos - <i>Project Management Institute</i>
<b>PNRS</b>	Política Nacional de Resíduos Sólidos
<b>PNUD</b>	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
<b>PNUMA</b>	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - <i>United Nations Environment Program</i>
<b>PPCS</b>	Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis
<b>PRODIP</b>	Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos
<b>PROINFRA</b>	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
<b>QFD</b>	Implementação da Função de Qualidade - <i>Quality Function Deployment</i>
<b>UICN</b>	União Internacional para a Conservação da Natureza
<b>UNFCCC</b>	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
<b>VDI</b>	Associação de Engenheiros Alemães - <i>Verein Deutscher Ingenieure</i>
<b>WBCSD</b>	O Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável - <i>World Business Council for Sustainable Development</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>EcoC</b>	[Adimensional]	EcoCicatriz®
<b>C_ideal</b>	[Adimensional]	Componente Ideal
<b>Ci</b>	[Unidade]	Componente i
<b>Cn</b>	[Unidade]	Componente n
<b>S</b>	[Unidade]	Diretriz
<b>S a</b>	[Unidade]	Diretriz Ambiental
<b>Se</b>	[Unidade]	Diretriz Econômica
<b>Ss</b>	[Unidade]	Diretriz Social
<b>Dwi</b>	[Adimensional]	Peso das Diretrizes
<b>Di</b>	[Adimensional]	Diretriz em Linha
<b>Dj</b>	[Adimensional]	Diretriz em Coluna
<b>Twi</b>	[Adimensional]	Peso das Dimensões
<b>Ti</b>	[Adimensional]	Dimensões em Linha
<b>Tj</b>	[Adimensional]	Dimensões em Coluna
<b>D</b>	[Adimensional]	Dimensão

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
1.1 FATORES MOTIVACIONAIS PARA ESTE TRABALHO.....	23
1.2 PROBLEMA DE DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	24
<b>1.2.1 Problema de pesquisa.....</b>	<b>24</b>
<b>1.2.2 Delimitação da pesquisa.....</b>	<b>26</b>
1.3 HIPÓTESE DE PESQUISA.....	26
1.4 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
1.5 CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA E PRÁTICA.....	28
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	30
<b>2 MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	<b>31</b>
2.1 REVISÃO DA LITERATURA .....	33
2.2 UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA <i>DESIGN SCIENCE RESEARCH</i> .....	38
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>46</b>
3.1 SUSTENTABILIDADE – CONCEITOS GERAIS.....	46
3.2 SUSTENTABILIDADE – PRODUTOS.....	49
3.3 SUSTENTABILIDADE – INDICADORES.....	50
3.4 SUSTENTABILIDADE - O TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE.....	52
3.5 SUSTENTABILIDADE - POLÍTICAS PÚBLICAS.....	55
3.6 SUSTENTABILIDADE - POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	59
3.7 SUSTENTABILIDADE - AS NORMAS TÉCNICAS.....	60
3.8 SUSTENTABILIDADE – DFE.....	61
<b>3.8.1 Sustentabilidade – Aplicação em Produtos.....</b>	<b>65</b>
<b>3.8.2 Sustentabilidade - Cicatriz e Apoptose.....</b>	<b>69</b>
<b>3.8.3 Sustentabilidade - Projeto do Ciclo de Vida.....</b>	<b>71</b>
3.9 SUSTENTABILIDADE - O REPERTÓRIO METODOLÓGICO QUE ENVOLVE A ENGENHARIA MECÂNICA E O DESIGN DE PRODUTOS.....	73
<b>4 A PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO DO MÉTODO ECOCICATRIZ®.....</b>	<b>81</b>
4.1 O USUÁRIO DO MÉTODO.....	82
4.2 A UTILIZAÇÃO DA NARRATIVAS E <i>BRIEFINGS</i> .....	82
4.3 POTENCIAL DE APLICAÇÃO.....	84
4.4 SELEÇÃO DAS DIRETRIZES.....	85
4.5 ESTABELECIMENTO DA FUNÇÃO SUSTENTABILIDADE.....	92
<b>5 APLICAÇÃO DO MÉTODO.....</b>	<b>99</b>
5.1 - APLICAÇÃO DO MÉTODO ECOCICATRIZ® – TESTE EM UM PRODUTO FICTÍCIO.....	101
5.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO ECOCICATRIZ® – TESTE EM PRODUTOS EXISTENTES.....	106
<b>5.2.1 Empresa de Implementos Agrícolas - ACME 1.....</b>	<b>107</b>
<b>5.2.2 Empresa ACME 2.....</b>	<b>118</b>
<b>5.2.3 Empresa ACME 3.....</b>	<b>121</b>
<b>5.2.4 Empresa ACME 4.....</b>	<b>124</b>
<b>5.2.5 Empresa ACME 5.....</b>	<b>127</b>
<b>5.2.6 Empresa ACME 6.....</b>	<b>130</b>
<b>5.2.7 Empresa ACME 7.....</b>	<b>131</b>
<b>6 ANÁLISES.....</b>	<b>135</b>
6.1 ANÁLISE REFERENTE AO MÉTODO ECOCICATRIZ®.....	135
6.2 ANÁLISE REFERENTE AO MÉTODO ECOCICATRIZ® – APLICAÇÃO JUNTO AOS PRODUTOS .....	137
6.3 ANÁLISE REFERENTE AO MÉTODO ECOCICATRIZ® – ASPECTOS ADICIONAIS.....	140

6.4 O MÉTODO ECOCICATRIZ® E A RELAÇÃO COM OS ARTIGOS PESQUISADOS.....	143
6.5 O MÉTODO ECOCICATRIZ® E A RELAÇÃO COM METODOLOGIAS EXISTENTES.....	145
6.6 O MÉTODO ECOCICATRIZ® E UMA POSSÍVEL APLICAÇÃO JUNTO A INDÚSTRIA 4.0.....	147
6.7 O MÉTODO ECOCICATRIZ® E A RELAÇÃO PERCEBIDA JUNTO AOS CONCEITOS DE CICATRIZ E APOPTOSE.....	150
<b>7 DISCUSSÃO, E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>152</b>
7.1 CONCLUSÕES.....	152
7.2 CONCLUSÕES QUANTO AOS OBJETIVOS DA TESE .....	155
7.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	157
7.4 RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	158
<b>8 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>161</b>
<b>9 APÊNDICE A.....</b>	<b>171</b>
<b>10 APÊNDICE B.....</b>	<b>174</b>
<b>11 APÊNDICE C.....</b>	<b>186</b>
<b>12 APÊNDICE D.....</b>	<b>188</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Indicadores apontam que a população mundial deve crescer 21% nos próximos 30 anos, passando dos atuais 7,7 bilhões de indivíduos para 9,7 bilhões em 2050 (ONU, 2019). Estes indicadores demográficos sinalizam que mais produtos serão demandados porque as necessidades e desejos humanos continuarão existindo. A questão consiste em responder: como atender a demanda de produtos de modo que as dimensões ambientais, econômicas e sociais, não sejam negligenciadas.

Considera-se que o conceito de sustentabilidade não deve ser embasado não apenas pela racionalidade e pelo rigor de variáveis matemáticas que apresentem resultados previsíveis, claros e definitivos, fáceis de serem estabelecidos e mensurados. Variações de narrativas políticas, culturais, condições sociais, ambientais e econômicas de países, empresas e pessoas oferecem instabilidades e se tornam coadjuvantes na busca de um roteiro que permite aplicar diretrizes de sustentabilidade no contexto em que se apresentam.

No que diz respeito aos países, o conceito toma forma por meio de acordos de colaboração e políticas de controle internacionais. Nas empresas por meio de normas, projetos e práticas de manufatura voltados às questões ambientais, econômicas e quando possíveis, sociais. No que diz respeito às pessoas (consumidores, usuários), consideram o termo de acordo com desejos, necessidades reais ou criadas, valores éticos e morais e o poder de aquisição de novos produtos associados às práticas culturais de consumo.

Esta pesquisa está centrada em produtos e componentes, embora, a locação de diretrizes relacionadas a serviços possam ser consideradas em um segundo estudo.

Ser sustentável não significa apenas trocar o produto A pelo produto B. É necessário considerar as consequências desta troca, a região da troca e o contexto de quem a faz. Em alguns casos, deve-se avaliar se a troca é realmente necessária. Previsões do que possa acontecer quanto às mudanças a montante e a jusante da manufatura e da logística envolvidas precisam ser consideradas no que diz respeito aos impactos positivos ou negativos.

O início de toda análise procura atender o artigo 225 da Constituição Federal Brasileira: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1995).

Ainda que contenha semelhança textual com o Relatório Brundtland (BRUNDTLAND, 1987), em uma das premissas o artigo exhibe no parágrafo 1º, inciso V, que cabe ainda ao Poder Público: controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e

substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente (BRASIL, 1995). Observa-se que há menção ao controle de processos de manufatura. Sendo assim, o desenvolvimento desta temática atenta a uma necessidade já manifestada na Constituição, contribuindo no emprego de técnicas e métodos que permitam aos usuários tornarem produtos sustentáveis. O termo “usuário” é aqui utilizado no intuito de indicar qualquer pessoa, empresa ou instituição que trabalhe com sustentabilidade em produtos.

A complexidade da manufatura acarreta riscos em maior ou menor grau em termos econômicos, ambientais e sociais (ELKINGTON, 1999). Sendo assim, todo produto, independente do material a partir do qual ele seja produzido ou finalidade de uso, causa impactos ao meio ambiente, seja em função do processo produtivo, da obtenção das matérias-primas, de utilização e descarte final. Esse impacto pode ocorrer local, regional ou globalmente. A resposta de absorção do impacto varia desde a estrutura ambiental, a manufatura e aspectos culturais.

Desde as primeiras manifestações com relação ao meio ambiente apresentadas por Rachel Carson, autora do livro “Primavera Silenciosa” na década de 1970 (CARSON, 2002), aos dias atuais, a sustentabilidade adquire definições de acordo com os produtos, dependendo da cultura na qual está inserida e das políticas e acordos vigentes.

Termos como ecologia e economia antecederam o que viria a ser chamado atualmente de sustentabilidade. Esta expressão é utilizada agora em todos os contextos possíveis em que cada usuário apresenta a definição de sustentabilidade, de acordo com narrativas e contextos (KRIPPENDORFF, 2006). Pode-se considerar certa utopia (lugar ou estado ideal) quanto à sustentabilidade pelo fato de que não há como finalizar a aplicação do conceito. Ou seja, não há como voltar atrás para recuperar. É imprescindível que a sustentabilidade considere o momento presente e esteja voltada ao futuro.

A procura por produtos sustentáveis acontece conforme a necessidade ou escassez de determinado recurso ou matéria-prima. Algumas leis criadas, como por exemplo o Código de Mineração de 2011 (BRASIL, 2011) ou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), modificaram o panorama quanto à utilização e extração de recursos naturais de forma deliberada. Sendo assim, torna-se perceptível o impacto causado tanto na extração quanto na produção e descarte final do produto. Esta última condição requer outros encaminhamentos quanto a tratamentos e formas de utilização de componentes e matérias-primas onde a visão “*end-of-pipe*” (“fim de tubo”, que corresponde a uma solução que não atinge a raiz do problema) ainda norteia uma parte das teorias balizadoras de sustentabilidade. Ou seja, a

sustentabilidade pode gerar inovações radicais com relação a novas formas de manufatura (KENNEDY *et al.*, 2016).

O produto origina todo o processo de busca pela sustentabilidade porque se entende que partem todas as ações (LEONARD, CONRAD, 2011). Na existência, há extração, manufatura, consumo e descarte. O intuito deste trabalho consiste em diminuir a subjetividade e parcialidade que muitas vezes acometem as questões de sustentabilidade por meio de estudos voltados ao produto e, de forma direta, sobre os componentes.

O intuito deste estudo consiste em propor um método, que considere os componentes do produto como indicadores de sustentabilidade em um curto espaço de tempo e reconhecido pelo usuário, sendo aplicado de forma simples, por meio da utilização de diretrizes e com entendimento da sistemática facilitado. Deve utilizar recursos de hardware e software para agrupar dados, calcular relações e apresentar resultados em um curto espaço de tempo.

O trabalho inicia com a aplicação das metodologias de DfX (*Design for X*), e se apropria dos conceitos de DfE (*Design for Environment*). Leva-se em consideração o tripé da sustentabilidade (*Triple Bottom Line*) de modo a atender as dimensões ambientais, econômicas e sociais.

Os conceitos de cicatriz e apoptose são adicionados ao método. São egressos da biologia e relacionados com *design* e projeto de produto junto a área de biomimética. Este termo consiste em procurar soluções técnicas por meio da observação e imitação de elementos presentes na natureza. A cicatriz está voltada ao componente com o menor grau de sustentabilidade. O termo apoptose (isto é, morte celular programada) gera um contraponto e uma busca da condição ideal de um componente mais sustentável. Procura-se alternativas onde o produto apresente componentes mais sujeitos a condição de apoptose do que de cicatriz.

De acordo com Ashby e Johnson (ASHBY, JOHNSON, 2011), sustentabilidade requer soluções diferentes. Desta forma, a análise neste trabalho ocorre “de dentro para fora”, dos componentes em direção ao produto. Do mesmo autor, parte-se de uma condição de inovação: “produtos evoluem por meio da inovação”, mais especificamente, de uma “inovação incremental a qual é percebida quando existe a possibilidade de uso junto a uma oferta com relação à forma, função ou utilidade”.

O desenvolvimento de produtos mais sustentáveis está crescendo em importância devido ao aumento da regulamentação com relação aos materiais e processos utilizados, o interesse dos consumidores quanto à procedência e descarte, e o acesso às informações com relação ao ciclo de vida. Por outro lado, mercados demandam mais inovação na área da sustentabilidade no intuito de tornarem-se mais competitivos. Ser sustentável pode alcançar

mercados em expansão e consumidores melhor informados a respeito das características dos produtos de consumo.

Neste trabalho, ao mesmo tempo em que a Engenharia Mecânica é vista como responsável pela criação de produtos e aumento da produção, procurou-se um tema o qual em essência busca diminuir o consumo de produtos e de energia sem comprometer os ganhos de mercado e financeiros. Mas é importante que os produtos aptos e entrar no mercado consumam menos materiais e energia ao longo do tempo. Assim, no intuito de propor alternativas para esta questão, este trabalho manteve ação sobre o produto e componentes, e realizou a aplicação do método de modo a identificar como esta contradição pode ser atenuada, e a posição do engenheiro possa ser colocada à disposição da sustentabilidade.

Para Ashby e Johnson (2011), na busca por diferenciação do produto, considera-se que há produtos tecnicamente maduros. Ou seja, com poucas diferenças de desempenho técnico e de preço. Logo, se conceitos de sustentabilidade forem levados em consideração, eles podem garantir esta diferença. Um produto sustentável pode apresentar distinção de outros produtos tendo em vista alguns movimentos do mercado hoje em busca de alternativas mais benéficas do ponto de vista ambiental, econômico e social.

Os movimentos anteriormente citados como o Relatório Brundtland, os riscos econômicos e o desenvolvimento de produtos, consideram o fato do uso do termo sustentabilidade em relação às questões ambientais, sociais e econômicas. Empresas, mercados e consumidores estão mais bem informados em relação aos produtos, embora trabalhem em diferentes frentes (normas, substituição e proibição) para garantir adequações sustentáveis a produtos de qualquer natureza.

Em um cenário com muitas narrativas e contextos, fica complexa a escolha do método que atenda o maior número de diretrizes possíveis sem tornar o processo muito complexo para os criadores de produtos. Mas, em que consiste esta escolha? O autor entende que a escolha vem da possibilidade de acesso a um método simples e multicritério tendo o usuário como delimitador de parâmetros de sustentabilidade e como fonte de dados. A narrativa é utilizada de modo a significar um tipo de sequência de informações, dados, entendimentos e histórias repassadas pelo usuário sobre o produto e componentes (DAMÁSIO, 2018).

Assim como os produtos mudam ao longo do tempo na forma, função e utilidade, as diretrizes de sustentabilidade precisam acompanhar estas mudanças. O conceito se modifica como os produtos, processos de manufatura e o mercado. De um consumidor da década de 1970 ao consumidor da primeira década do século 21 há variações importantes no que diz respeito a desejos e necessidades na aquisição de produtos. Logo, as narrativas dos consumidores são

diferentes. Percebe-se, mediante a leitura de trabalhos e livros voltados a sustentabilidade, que neste século, os recursos são finitos e novas práticas de projeto de produtos devem ser definidas.

O método EcoCicatriz® é apresentado como um catalizador de conceitos de sustentabilidade com objetivo de produzir efeitos positivos sobre o produto e componentes, tendo como referência o “triplo objetivo” compartilhado por Heywood (2017) o qual sugere “um equilíbrio entre as três dimensões”. Tendo como referência o mesmo autor: “não há uma única e positiva definição para o conceito de sustentabilidade. De maneira direta, sustentar, grosso modo, pode significar garantir que algo continue a existir, independentemente para quem ou quando e de que forma”.

### 1.1 FATORES MOTIVACIONAIS PARA ESTE TRABALHO

Há uma definição de sustentabilidade apresentada por Barbosa (BARBOSA, 2012) a qual compreende “a geração de sustento para si próprio, num sistema que se retroalimenta, se conserva e se mantém, impedindo o fim”. Este entendimento vai de encontro com o pensamento do autor em se tratando do projeto de produtos que possam apresentar graus de sustentabilidade diversos quando relacionados aos componentes.

Esta pesquisa é motivada na procura de soluções mais sustentáveis para aplicar em produtos presenciados ao longo dos anos de trabalho tanto na academia quanto na iniciativa privada. Uma busca com observações diárias de produtos e componentes, as características, a forma de acondicionamento e a relação com as dimensões ambientais, econômicas e sociais.

O intuito consiste em pesquisar e desenvolver métodos que atendam as lacunas tanto de projeto de produto quanto em melhorias em produtos já existentes. Esta ação considera as áreas de Engenharia Mecânica concomitante ao Design de Produto. A lacuna (*gap*) consiste em indicar “onde a sustentabilidade possa iniciar” tendo como referência o componente menos sustentável de acordo com os parâmetros do usuário.

Os atributos do produto em relação à sustentabilidade são vistos de modo a recomendar soluções mais sustentáveis junto aos requisitos de projeto e, relacionadas às diretrizes vigentes as quais estão presentes na literatura pesquisada.

Outro fator consiste na criação de um indicador composto que permite comparar a aplicação de diretrizes de sustentabilidade visando alcançar resultados quantitativos. A referência, norteadada por um *briefing*, considera o contexto do produto e do usuário que está se valendo do método para fins de comparação entre a condição mais ou menos sustentável do produto em análise. Há um direcionamento da ação do usuário sobre os componentes do produto.

Almeja-se uma aproximação mais amigável entre a análise dos componentes do produto e os conceitos de sustentabilidade de modo que a aplicação seja realizada de forma customizada, de acordo com cada narrativa e contexto conhecidos.

Percebe-se que uma ideia de produto desencadeia uma sequência de ações as quais podem ser ou não sustentáveis. Esta questão, por sua vez, faz com que produtos e componentes gerem níveis de entropia no sistema em que estão inseridos de modo que as relações entre as dimensões ambientais, econômicas e sociais, possam ser identificadas e inseridas nas especificações de projeto.

## 1.2 PROBLEMA E DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

### 1.2.1 Problema de pesquisa

Para a realização desta pesquisa questões dirigem as ações:

1. Como um produto pode se tornar mais sustentável a partir de uma análise quantitativa e qualitativa dos componentes por meio de indicadores e diretrizes?
2. Há métodos de fácil acesso e entendimento, que quantifiquem e direcionem, a tomada de ações iniciais voltadas a sustentabilidade?
3. A sustentabilidade de um produto, carrega consigo a sustentabilidade dos componentes?
4. Em relação a questão anterior, a singularidade do componente pode definir diferentes graus de sustentabilidade do produto em si?

Tanto na Engenharia Mecânica quanto em Design de Produtos há diretrizes voltadas à aplicação dos conceitos de sustentabilidade. A questão consiste em compreender quais são os componentes pertencentes a um produto que atendem em maior ou menor grau estes conceitos.

Outra questão envolve a quantidade de recomendações que muitas publicações indicam – citadas no Capítulo 2 -, que foram analisadas durante a pesquisa. A quantidade disponível torna o processo de aplicação de diretrizes complexo se levado em consideração os significados, a abrangência e a apresentação junto as áreas de Engenharia Mecânica e Design. A intenção deste trabalho consiste em simplificar a aplicação sem comprometer resultados, embora possa ocorrer uma curva de incerteza em todo o processo (KAHNEMAN, 2012). Isto porque cada produto passa a ser uma narrativa específica tanto em se tratando dos componentes quanto das escolhas de diretrizes realizadas pelo usuário.

Considera-se a percepção de diretrizes de sustentabilidade e a convergência sobre os componentes do produto (BROWN, 2017) realizadas pelo usuário. Autores como Back *et al.*

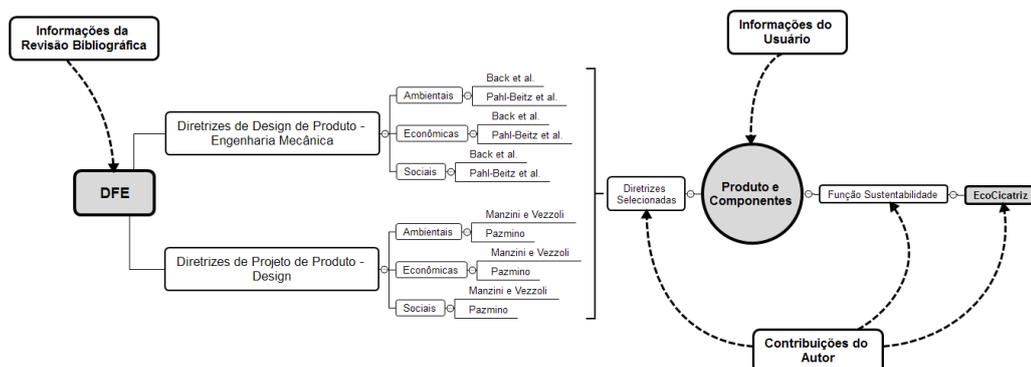
(2008) e Pahl *et al.* (2007) tratam de questões relacionadas ao projeto dentro da engenharia, com diretrizes de sustentabilidade específicas e aplicáveis. Por outro lado, publicações como Manzini e Vezzoli (2011), Vezzoli (2010) e Pazmino (2015) tratam das questões do design e a sustentabilidade de produtos por meio da utilização de recomendações, parâmetros e análises voltadas ao ciclo de vida de produtos.

Um outro ponto relevante consiste na definição de sustentabilidade realizada pelo usuário subsidiada pelo contexto no qual o produto está inserido. O termo adquire definições conforme as narrativas de cada pessoa, de cada empresa e de cada região do planeta. Logo, como adotar um conceito em que esta adoção não incorra em risco de simplificação demasiada ou de generalização que possa comprometer a aplicação dos conceitos? A quantidade de significados da sustentabilidade permite seguir várias configurações e métodos em se tratando de melhorias sobre componentes e produtos.

Desta forma o problema de pesquisa consiste em: como propor um método que considere as narrativas dos usuários junto as escolhas de diretrizes voltadas aos componentes do produto de modo a quantificar o grau de sustentabilidade adquirido e, com o resultado, propor melhorias direcionadas junto ao componente menos sustentável?

Sendo assim, esta pesquisa trata de identificar diretrizes sobre sustentabilidade, refinar os termos, simplificar as frases e, assim, caracterizar a relação entre as dimensões citadas por Elkington (1999), considerando que a sustentabilidade ocorre quando existe uma relação entre as condições ambientais, econômicas e sociais aplicadas a contextos em estudo. Para fins de entendimento, as dimensões não são excludentes e devem ser aplicadas de forma conjunta. A Figura 1 apresenta a abordagem de criação do método EcoCicatriz® e a posição do produto e dos componentes com as condições a montante e a jusante.

**Figura 1 – Método EcoCicatriz® e a sistemática de criação.**



**Fonte:** do autor.

Percebe-se que a convergência ocorre no resultado da Função Sustentabilidade proposta e o resultado, o indicador combinado EcoCicatriz®, apresenta o componente mais crítico conforme a sistemática apresentada na Figura 1.

### **1.2.2 Delimitação da pesquisa**

A pesquisa é aplicada junto a produtos e componentes existentes no mercado. Considera diretrizes de DFE derivadas das áreas de Engenharia Mecânica e Design de Produto como parâmetros de desenvolvimento e criação do método.

A sequência consiste na avaliação do método junto a empresas e produtos locais, no estado de Santa Catarina, na região do meio-oeste, de modo a avaliar a sistemática (pessoas, processos e tecnologias) e os resultados.

Quanto as dimensões dos produtos analisados em primeira instância, considera-se os de porte médio (implementos agrícolas) e os objetos pequenos (banco, embalagens e brinquedos) (TAI, 2017).

Questões relacionadas a montante do produto (extração de matéria-prima, logística, produção, dentre outras) e a jusante (distribuição e mercado, logística reversa, e outras etapas) não são consideradas no desenvolvimento deste trabalho, embora, possam ser estudadas e acrescentadas no futuro.

### **1.3 HIPÓTESE DE PESQUISA**

Este trabalho parte do pressuposto que, a utilização de conceitos de DFE tratados em áreas como Projeto de Produto característico da Engenharia Mecânica e Design de Produto, proveniente do Design, voltados à sustentabilidade possam convergir de forma sistematizada por meio de um método que resulte em um indicador que indique o grau de sustentabilidade dos componentes. Definido o componente menos sustentável, pode ocorrer o desencadeamento de ações voltadas à melhoria da condição atual de modo a torná-lo mais sustentável em comparação a primeira avaliação.

Percebe-se que a busca pela melhoria do produto no âmbito da sustentabilidade deve ser gradual, quantificável e levar em consideração as narrativas existentes no produto e componentes de modo a garantir forma, função e utilidade.

Nesse contexto, a seguinte hipótese da pesquisa é apresentada:

**“A sustentabilidade ambiental, econômica e social de um produto é definida pelo grau de sustentabilidade dos componentes”.**

Logo, um produto que se apresenta como sustentável em rótulo e aparência externa pode conter componentes que não atendem as diretrizes definidas pelo usuário.

Ainda, de modo a complementar a frase anterior, produtos podem aumentar o grau de sustentabilidade se componentes menos sustentáveis possam ser melhorados ou mesmo removidos sem apresentar ônus de função mediante a aplicação de um método quantitativo.

Outro argumento que subsidia a hipótese consiste em considerar que um único componente carrega consigo a insustentabilidade de um produto. Esta condição exonera do produto em si a responsabilidade total de graus de sustentabilidade inferiores e passa a requerer uma análise completa de todos os elementos constituintes.

Para colaborar ao entendimento da hipótese, pontos são apresentados de modo a refutar ou não a proposição:

- Em um produto sustentável, todos os componentes podem ser sustentáveis;
- Em um produto sustentável, todos os componentes podem ser não sustentáveis;
- Em um produto sustentável, os componentes podem apresentar graus de sustentabilidade diferentes.

#### 1.4 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Durante a pesquisa bibliográfica foram encontradas publicações descrevendo técnicas, métodos e ferramentas utilizadas para o desenvolvimento de produtos tanto na Engenharia Mecânica quanto no Design voltados ao projeto do produto. Desta forma, tendo como referencial teórico práticas e diretrizes de DFE (*Design for Environment*), o objetivo deste trabalho consiste em: **sistematizar elementos metodológicos para proporcionar maior grau de sustentabilidade em produtos considerando-se as dimensões ambiental, econômica e social dos componentes.**

Tendo como referência o objetivo geral o qual norteia a intenção do trabalho, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- Pesquisar conceitos, metodologias, normas e dados qualitativos e quantitativos junto a literatura, voltados ao subsidio de uma sistemática dirigida ao processo de sustentabilidade ambiental, econômica e social de produtos e componentes;

- Desenvolver um método que permita quantificar o grau de sustentabilidade ambiental, econômica e social em produtos de forma sistematizada e simplificada, considerando as narrativas e contextos do usuário em uma única plataforma;
- Incorporar ao método dados do produto e componentes, das diretrizes e dimensões de sustentabilidade por meio da comparação do grau de importância entre os conceitos de forma qualitativa e quantitativa;
- Aplicar o método junto a casos reais e, com evidência em resultados, propor indicadores a fim de identificar o componente menos sustentável e desta forma, recomendar melhorias.

### 1.5 CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA E PRÁTICA

No contexto da revisão bibliográfica realizada, houve a necessidade em associar áreas afins de desenvolvimento na criação de produtos (Engenharia Mecânica e Design) aos conceitos de sustentabilidade ambiental, econômica e social.

Desta forma, os conceitos de sustentabilidade nas áreas de engenharia podem ser considerados no contexto da vulnerabilidade dos recursos naturais ou de fontes esgotáveis e não renováveis ao considerar as demandas atuais. Embora, *grosso modo*, tudo seja esgotável.

Partindo do ensino dos conceitos de projeto de produto se considera a inserção de questões ambientais nos projetos pedagógicos de cursos de engenharia importantes e alinhadas as resoluções do Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior (CNE/CES) (OLIVEIRA, TONINI, SANTOS, 2017). Dentre as Diretrizes Curriculares Nacionais de Cursos de Graduação em Engenharia, estabelecidas pela Resolução do CNE/CES de 11 de março de 2002, no item XI do art. 4º, exige-se que a formação do engenheiro deve ter por objetivo munir o profissional de competências e habilidades para “avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental” (BRASIL, 2002). Institui-se desta forma que o perfil dos egressos de cursos de engenharia devem utilizar uma sólida formação profissional técnico-científica e “considerar os aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade” (BRASIL, 2002). A Resolução do CNE/CES nº 02, de 15 de junho de 2012, complementa as informações e estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental, passando a integrar o marco legal da Educação Ambiental no Brasil, apresentando-se como referência para a

promoção da discussão acerca da sustentabilidade em todos os níveis e modalidades do ensino formal (BRASIL, 2012). A informação é corroborada por Oliveira, Tonini e Santos (OLIVEIRA, TONINI, SANTOS, 2017).

Outra contribuição atende às áreas de design de produto onde, de acordo com Tai (HSUAN-NA, 2017), uma das atribuições do design consiste em apresentar produtos voltados a “atender às necessidades e exigências das pessoas que os vendem e, principalmente, dos que usam”. Logo, se há criação de algo, faz-se necessário considerar a sustentabilidade em todas as dimensões. Há uma relação direta entre designers e engenheiros onde ambos trabalham no desenvolvimento de produtos, cada um de acordo com a formação e conhecimento específico. Assim, os conceitos de ambas as áreas são considerados neste estudo. Há considerações importantes no design de produto que são utilizadas como, por exemplo, diretrizes de DFE, o conceito de *briefing* e metodologias de simplificação. Como contribuição à área apresenta-se o método que pode ser aplicado sem restrição em produtos já existentes e em desenvolvimento. O vocabulário foi adaptado de modo que ambas as áreas possam se comunicar sem ruídos na intervenção sobre o produto.

A associação das áreas de Engenharia e Design junto ao desenvolvimento de produto sustentáveis convergem ações às empresas de modo a considerar que a sustentabilidade corporativa baseia-se em dois princípios orientadores apontados por Oliveira, Tonini e Santos (2017) dos quais as práticas de negócios sustentáveis são fundamentais para a criação de valor em longo prazo para os acionistas, em um mundo de recursos cada vez mais limitados e ainda, os fatores de sustentabilidade representam oportunidades e riscos que empresas devem abordar. São princípios genéricos que perfazem as políticas de sustentabilidade empresariais.

Desta forma, o método proposto consiste em oferecer um suporte de forma sistematizada à aplicação dos conceitos de sustentabilidade em componentes de produtos. A contribuição e o ineditismo (a relação entre as narrativas do usuário, das diretriz, dos graus de importância e dos componentes) consistem em oferecer uma alternativa para análise de sustentabilidade tendo como ponto de partida o usuário e o entendimento de sustentabilidade, subsidiado por uma sistemática com entradas informadas pelo usuário, operações e análise de dados e resultados. O resultado final indica um “ponto de entrada”, uma recomendação de “início de aplicação” voltada à sustentabilidade partindo dos componentes do produto.

De modo a compreender a contribuição da proposta em relação as partes interessadas, este trabalho está voltado a consumidores, desenvolvedores, engenheiros, designers e empresas interessadas em sustentabilidade de produtos e componentes. Sendo assim, para fins didáticos e metodológicos, são denominados “usuários” (ABNT NBR ISO 9241-11:2011).

Integrando as informações anteriores a proposta consiste em oferecer um suporte de forma sistematizada voltado a aplicação de conceitos de sustentabilidade em componentes de produtos onde o resultado pode ser um “ponto de entrada, uma recomendação para a proposição de melhorias”.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

A tese é formada por 7 capítulos ordenados da seguinte forma: Introdução; Método de Pesquisa; Fundamentação Teórica; A Criação do Método para a Determinação da EcoCicatriz®; Aplicação do Método; Análise e Discussões; Conclusões, Recomendações e Sugestões para Trabalhos Futuros, Referências, Anexos e Apêndices.

O primeiro capítulo trata da introdução sobre o tema, indicando fatores que contribuíram para o desenvolvimento. É delimitada a pesquisa e criada a hipótese que norteia todo o método proposto. Os objetivos são definidos nesta etapa. O segundo capítulo apresenta o método de pesquisa utilizado, enquanto o terceiro capítulo, contempla da fundamentação teórica utilizada como referência tanto na criação das análises de sustentabilidade de produtos e componentes. As normas técnicas utilizadas que contribuíram para o vocabulário do método, são descritos e analisados neste contexto.

O quarto capítulo apresenta o método proposto, e reúne todas as considerações sobre a estrutura e inspiração. São evidenciadas as questões do usuário, a entrada de dados provenientes das narrativas e contextos e a formação da função Sustentabilidade. O capítulo quinto aplica o método EcoCicatriz® em produtos existentes nas diretivas dos usuários. É nesta etapa que o indicador composto EcoCicatriz® é determinado para cada componente. No sexto capítulo efetua-se a análise tanto do método quanto dos resultados da aplicação sobre os produtos.

As conclusões e recomendações fazem parte do sétimo capítulo, e as referências bibliográficas são apresentadas no oitavo capítulo seguido pelos apêndices de informações complementares.

## 2 MÉTODO DE PESQUISA

Um guia importante para uma investigação consiste na adoção do método científico, o qual permite delimitar o assunto por razões de tempo e abrangência e, ainda, indicar processos possíveis para o levantamento de dados. A criação de uma estrutura voltada à interpretação gera uma hipótese de acordo com a narrativa que se pretende seguir. A experimentação faz parte do processo em conjunto com a aplicação e análise do que foi encontrado. Elabora-se então uma teoria a qual possa elucidar ou até mesmo propor novos questionamentos.

O método de pesquisa inicia com dados de revisão bibliográfica indicando um parâmetro a ser pesquisado e prossegue com a revisão da literatura. Referências e autores são citados de modo a identificar a lacuna que existe e se possível, antever formas de mitigação em se tratando de melhorias em produtos e componentes. As Normas Técnicas pesquisadas e posteriormente analisadas, são utilizadas na criação do vocabulário e no amparo de termos relacionados a sustentabilidade. Nesta questão, são citadas como uma forma de complemento e associação com demandas corporativas na utilização das normas ISO 14000 dentre outras relacionadas as questões de sustentabilidade.

Para contribuir junto a criação do método, os conceitos e diretrizes do Método de Pesquisa *Design Science Research* é utilizado junto a sistemática criada onde de forma gráfica, apresenta os procedimentos utilizados. Justifica a utilização a percepção complementar entre o resultado proposto pelo DSR e a pesquisa-ação de forma paralela.

Com referência a tais parâmetros, este trabalho atendeu a critérios como os mencionados por Thiollent (2013), o qual instrui que a pesquisa possa ser caracterizada tendo em vista a abordagem do problema, a natureza, os objetivos que pretendem ser atendidos e os procedimentos técnicos que fazem parte da área em estudo (DRESCH, LACERDA, MIGUEL, 2015).

Com relação à abordagem do problema, é uma pesquisa quantitativa, com uma análise prévia das diretrizes de forma qualitativa, no intuito de colocar em números e índices de comparação os entendimentos e informações coletadas do usuário em relação ao produto. A coleta ocorrerá em forma de matrizes sujeitas à classificação e comparação de acordo com o grau de importância, análise do componente mais crítico e recomendação de melhorias.

Em se tratando da natureza, entende-se com uma pesquisa aplicada em casos reais, objetivando a geração de conhecimento e parâmetros para a melhoria de um componente mais crítico de um produto.

Tendo em vista as condições da abordagem e da natureza envolvidos neste trabalho, as características podem ser apresentados da seguinte forma:

- Por meio de pesquisa e revisão bibliográfica decorrente da obtenção de informações e conceitos sobre o tema oriundos de publicações em periódicos, livros e artigos científicos, publicações em revistas populares sobre sustentabilidade, sites de empresas, órgãos governamentais e institucionais que tratem de sustentabilidade tanto em fontes nacionais quanto internacionais. Assim, o intuito consiste em identificar as lacunas de pesquisa a partir da literatura de modo a analisar as possíveis abordagens utilizadas que atendam a hipótese de pesquisa de acordo com Dresch, Lacerda e Miguel (2015).
- É uma pesquisa-ação em que o pesquisador intervém junto às aplicações do método por meio de análise e comunicação da pesquisa junto ao usuário. Desta forma, todos estão envolvidos na busca por melhorias contínuas dos produtos e componentes. Há um método (caminho, ordem e um resultado - COR) envolvido na determinação do componente mais crítico. Outra característica que justifica a pesquisa ação é a configuração de um trabalho de natureza empírica, cuja concepção e realização devem ocorrer em estreita relação com a resolução de um problema (de sustentabilidade de um componente), no qual o pesquisador e os participantes (usuários) representantes da situação pesquisada estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 2013).
- Entende-se como descritiva, pois apresenta as características de determinado fenômeno (produto) e o estabelecimento de relações entre variáveis (diretrizes e a relação), envolvendo o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados (Design e Engenharia Mecânica), e obtém estes parâmetros por meio das informações decorrentes do usuário.
- É exploratória, visando gerar mais conhecimento do problema (condição do produto e dos componentes) de menos ou mais sustentabilidade por meio de pesquisas bibliográficas e estudos de casos e pesquisas-ação provenientes da literatura.

Este trabalho foi desenvolvido tendo como referência e condução à curiosidade sobre o tema sustentabilidade e os desdobramentos na vida cotidiana de pessoas e empresas. Sendo este um conceito amplo, contemporâneo, e que é debatido e questionado quanto à eficácia e aplicação. Devido ao número elevado de publicações, das variáveis descobertas e do número de diretrizes encontradas considerando produtos e componentes, tornou-se difícil a determinação exata em

decorrência das áreas de engenharia e design serem abrangentes, dos contextos e narrativas dos autores serem diferentes e das inúmeras formas de avaliação existentes.

A pesquisa iniciou com a exploração de conceitos sobre o tema no intuito de encontrar uma única definição. Entretanto, há muitas definições e cada uma obedece a uma narrativa muito específica (DAMÁSIO, 2018), (KRIPPENDORF, 2006). Atendeu-se as questões qualitativas (a escolha de diretrizes pelo usuário), transformou-as em quantitativas, e criou-se um indicador que pode sugerir mudanças em componentes importantes dos produtos.

É constituída com o propósito de atender as questões de desenvolvimento no que refere à produção de produtos mais sustentáveis, o que acaba influenciando o processo de produção. A utilidade do método consiste na aplicação direta nos produtos, de forma sistematizada, e com resultado passível de aplicação.

## 2.1 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão bibliográfica esteve voltada ao enquadramento do tema Sustentabilidade, mais especificamente em DFE (*Design for Environment*) aplicada a produtos e componentes no intuito de compreender a abrangência do tema quanto à apresentação de indicadores ou métricas.

Reitera-se que, mesmo em se tratando de produtos, a pesquisa procurou identificar métodos de medição específicos para componentes dentro das áreas de Engenharia Mecânica e de Design de Produto, considerando o projeto conceitual envolvendo a Matriz de Pugh (BACK et al., 2008), a qual é uma das referências na Função Sustentabilidade.

Os autores Cerchione e Esposito (2017) indicam algumas premissas relacionadas à sistematização da pesquisa, de modo que as definições foram utilizadas para nortear a consulta às bases de dados disponíveis.

Desta forma, a revisão bibliográfica utilizou as seguintes diretivas:

- Bases de dados consultadas: SciELO, Web of Science, Scopus, Science Direct e Google Scholar.
- Palavras-Chave utilizadas: “*Design for Environment*”, “*Products*”, “*Components*”, “*Indicators*”, “*Multicriteria*” e “*Triple bottom line*”.
- Operadores utilizados com termos em inglês:
  - ✓ Operador 1: *Design for Environment AND Products AND Components AND Indicators AND Multicriteria AND Triple Bottom Line.*

A utilização de AND (E lógico), o qual retorna documentos que contenham ambos os termos pesquisados (FERENHOF, FERNANDES, 2016), foi providencial de modo a identificar todos os termos (em conjunto) nos artigos. Busca-se encontrar todas as palavras-chave reunidas no mesmo contexto.

Percebeu-se que quando a palavra-chave “*components*” é retirada, a busca expande e os resultados indicam o produto - *product*. Configura-se de certa forma uma lacuna a ser explorada se levados em consideração todos os termos. Sendo assim, um novo operador booleano foi utilizado para a pesquisa.

- ✓ Operador 2: *Design for Environment AND Products AND Indicators AND Multicriteria AND Triple Bottom Line*.

Com o operador 2, os resultados foram mais abrangentes.

Critérios de Exclusão: foram rejeitados artigos que não traziam no escopo métricas de sustentabilidade relacionadas a produtos ou aos componentes e a relação entre as dimensões ambiental, econômica e social de sustentabilidade.

O termo “*components*” se apresentou como uma lacuna em que a sustentabilidade pode ser aplicada de forma direta a um componente. Tradicionalmente, o produto é considerado como o elemento de estudo.

- Período pesquisado: 2014 a 2019.

Foram encontrados artigos de revisão e artigos de pesquisa, sendo 43 resultados potenciais, sendo utilizados 22 artigos para pesquisa e determinação de lacuna (ver Tabela 1).

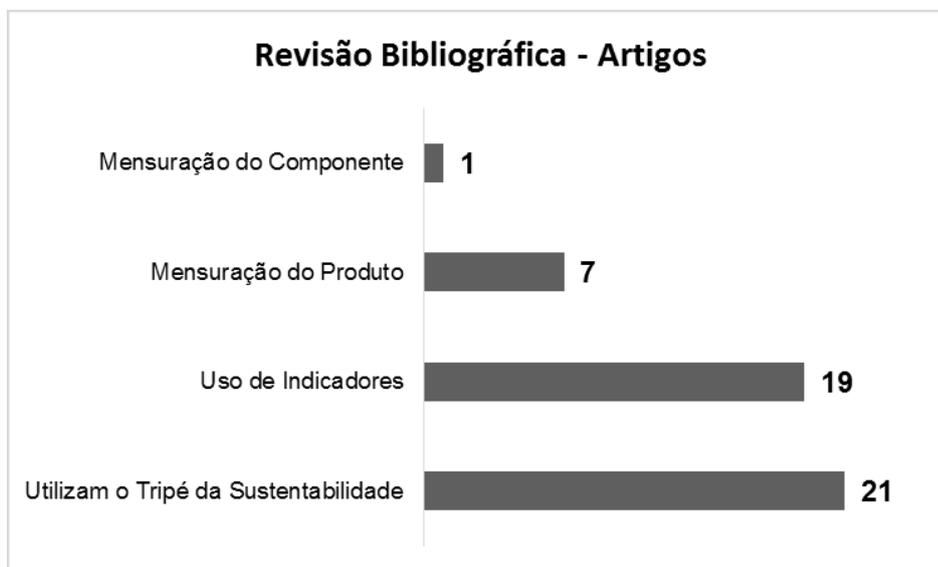
**Tabela 1** – Artigos encontrados na revisão da literatura. Apresentação da lacuna (“gap”), a qual dá indícios quanto à contribuição do método EcoCicatriz®.

Ano	Autores	Título	Mensura o Produto	Mensura o Componente	Apresenta Indicadores	Apresenta o Tripé da Sustentabilidade
2014-1						
2015-1	SUBRAMANIAN, N., GUNASEKARAN, A.	<i>Cleaner supply-chain management practices for twenty-first-century organizational competitiveness: Practice-performance framework and research propositions.</i>			X	X
2015-2	GIRET, A., TRENTESAUX, D., PRABHU, V.	<i>Sustainability in manufacturing operations scheduling: A state of the art review.</i>				X
2015-3	GONZALEZ E. D. R. S SARKIS, J. HUISNGH, D. HUATUCO, L. MACULAN, N. MONTOYA-TORRES, J. ALMEIDA, C.M.V.B. BHINGE, R., MOSER, R., MOSER, E., LANZA, G., DORNFELD, D.	<i>Making real progress toward more sustainable societies using decision support models and tools: introduction to the special volume.</i>			X	X
2015-4	PAVLÁKOVÁ DO'CEKALOVÁ, M., KOCMANOVÁ, A.	<i>Sustainability optimization for global supply chain decision-making.</i>			X	X
2016-1	PIRES, S. P., SÉNÉCHAL, O., LOURES, E. F. R., JIMENEZ, J. F.	<i>Composite indicator for measuring corporate sustainability.</i>			X	X
2016-2	NIKOLAOU, I. E., KAZANTZIDIS, L.	<i>An approach to the prioritization of sustainable maintenance drivers in the TBL framework.</i>	X		X	X
2016-3	PETRILLO, A., DE FELICE, F., JANNELLI, E., AUTORINO, C., MINUTILLO, M., LAVADERA, A. L.	<i>A sustainable consumption index/label to reduce information asymmetry among consumers and producers.</i>	X		X	X
2016-4	JAEHN, F.	<i>Life cycle assessment (LCA) and life cycle cost (LCC) analysis model for a stand-alone hybrid renewable energy system.</i>	X	X	X	X
2016-5	MARTINEZ-HERNANDEZ, E.	<i>Sustainable Operations.</i>			X	X
2017-1		<i>Trends in sustainable process design—from molecular to global scales.</i>				X
2017-2	GALDEANO-GÓMEZ, E., AZNAR-SÁNCHEZ, J.A., PÉREZ-MESA, J.C., PIEDRA-MUÑOZ, L.	<i>Exploring Synergies Among Agricultural Sustainability Dimensions: An Empirical Study on Farming System in Almería (Southeast Spain).</i>	X		X	X
2017-3	TSALIS, T., AVRAMIDOU, A., NIKOLAOU, I. E.	<i>A social LCA framework to assess the corporate social profile of companies: Insights from a case study.</i>			X	X
2017-4	DE LUCA, A. I., IOFRIDA, N., LESKINEN, P., STILLITANO, T., FALCONE, G., STRANO, A., GULISANO, G.	<i>Life cycle tools combined with multi-criteria and participatory methods for agricultural sustainability: Insights from a systematic and critical review.</i>			X	X
2018-1	VANEGAS, C. A. L., CORDEIRO, G. A., PAULA, C. P. de, ORDOÑEZ, R. E. C., ANHOLON, R.	<i>Analysis of the utilization of tools and sustainability approaches in the product development process in Brazilian industry.</i>				X
2018-2	PETIT, G., SABLAYROLLES C., BRIS, G. Y.	<i>Combining eco-social and environmental indicators to assess the sustainability performance of a food value chain: A case study.</i>			X	X
2018-3	DE LUCA, A. I., FALCONE, G., STILLITANO, T., IOFRIDA, N., STRANO, A., GULISANO, G.	<i>Evaluation of sustainable innovations in olive growing systems: A Life Cycle Sustainability Assessment case study in southern Italy</i>	X		X	X
2018-4	TORRES-RUIZ, A., RAVINDRAN, A. R.	<i>Multiple criteria framework for the sustainability risk assessment of a supplier portfolio</i>	X		X	X
2019-1	GIANNETTI, B.F., SEVEGNANI, F., ALMEIDA, C.M.V.B., AGOSTINHO, F., GARCIA, R.R.M., LIU, G.	<i>Five sector sustainability model: A proposal for assessing sustainability of production systems</i>			X	X
2019-2	ZARTE, M., PECHMANN, A., NUNES, I. L.	<i>Decision support systems for sustainable manufacturing surrounding the product and production life cycle e A literature review</i>			X	X
2019-3	AGOSTINHO, F., SILVA, T. R., ALMEIDA, C. M.V.B., LIU, G., GIANNETTI, B. F.	<i>Sustainability assessment procedure for operations and production processes (SUAPRO)</i>	X		X	X
2019-4	NIKOLAOU, I. E., TSALIS, T. A., EVANGELINOS, K. I.	<i>A framework to measure corporate sustainability performance: A strong sustainability-based view of firm</i>			X	X
2019-5	SANTOS, B. M. dos, GODOY, L. P., CAMPOS, L. M. S.	<i>Performance evaluation of green suppliers using entropy-TOPSIS-F</i>			X	

Fonte: do autor.

Tendo como referência a Tabela 1, o Gráfico 1 apresenta informações das quatro questões observadas e identificadas nos artigos.

**Gráfico 1** – As 4 questões de classificação, análise e estudo dos artigos decorrentes do operador booleano utilizado.



**Fonte:** do autor.

Dentre os artigos pesquisados, percebe-se que 21 tratam do conceito do tripé da sustentabilidade no desenvolvimento (SUBRAMANIAN, GUNASEKARAN, 2015; GONZALEZ, 2015; GIRET, TRENTESAUX, PRABHUCA, 2015; BHINGE et al., 2015; CARAYANNIS, GRIGOROUDIS, GOLETSIS, 2016; NIKOLAO, KAZANTZIDISA, 2016; PIRES et al., 2016; DOČEKALOVÁ, KOČMANOVÁ, 2016; PETRILLO et al, 2016; JAEHN, 2016; TSALIS, AVRAMIDOU, NIKOLAOU, 2017; GALDEANO-GÓMEZ et al, 2017; DE LUCA et al., 2017; MARTINEZ-HERNANDEZ, 2017; VANEGAS et al., 2018; PETIT, SABLAYROLLES, BRIS, 2018; DE LUCA et al., 2018; TORRES-RUIZ, RAVINDRAN, 2018; NIKOLAOU, TSALIS, EVANGELINOS, 2019; ZARTE, PECHMANN, NUNES, 2019; GIANNETTIA et al., 2019; AGOSTINHO et al., 2019), e um aponta as questões ambientais da sustentabilidade (SANTOS, GODOY, CAMPOS, 2019). No entanto, utiliza o conceito de indicadores, o que correspondeu a 19 artigos (SUBRAMANIAN, GUNASEKARAN, 2015; GONZALEZ, 2015; BHINGE et al., 2015; CARAYANNIS, GRIGOROUDIS, GOLETSIS, 2016; NIKOLAOUA, KAZANTZIDISA, 2016; PIRES et al., 2016; DOČEKALOVÁ, KOČMANOVÁ, 2016; PETRILLO et al, 2016; JAEHN, 2016; TSALIS, AVRAMIDOU, NIKOLAOU, 2017; GALDEANO-GÓMEZ et al, 2017; DE LUCA et al., 2017; PETIT, SABLAYROLLES, BRIS, 2018; DE LUCA et al., 2018; TORRES-RUIZ, RAVINDRAN,

2018; NIKOLAOU, TSALIS, EVANGELINOS, 2019; ZARTE, PECHMANN, NUNES, 2019; GIANNETTIA et al., 2019; AGOSTINHO et al., 2019; SANTOS, GODOY, CAMPOS, 2019).

A quantificação direta dos produtos ocorreu em 7 artigos (PIRES et al., 2016; PETRILLO et al, 2016; NIKOLAOU, 2017; GALDEANO-GÓMEZ et al, 2017; DE LUCA et al., 2017; TORRES-RUIZ, RAVINDRAN, 2018; AGOSTINHO et al., 2019), enquanto que sobre os componentes apenas 1 artigo trabalhou nesta temática (PETRILLO et al, 2016). Estes artigos foram utilizados como parâmetros para subsidiar as diretrizes utilizadas junto aos autores de projeto de produto selecionados para a sistemática a ser desenvolvida.

Outra revisão bibliográfica consistiu na leitura e estudo de normas técnicas que abrangessem o conceito de sustentabilidade de forma direta (citam o termo) ou indireta (indicam diretrizes para).

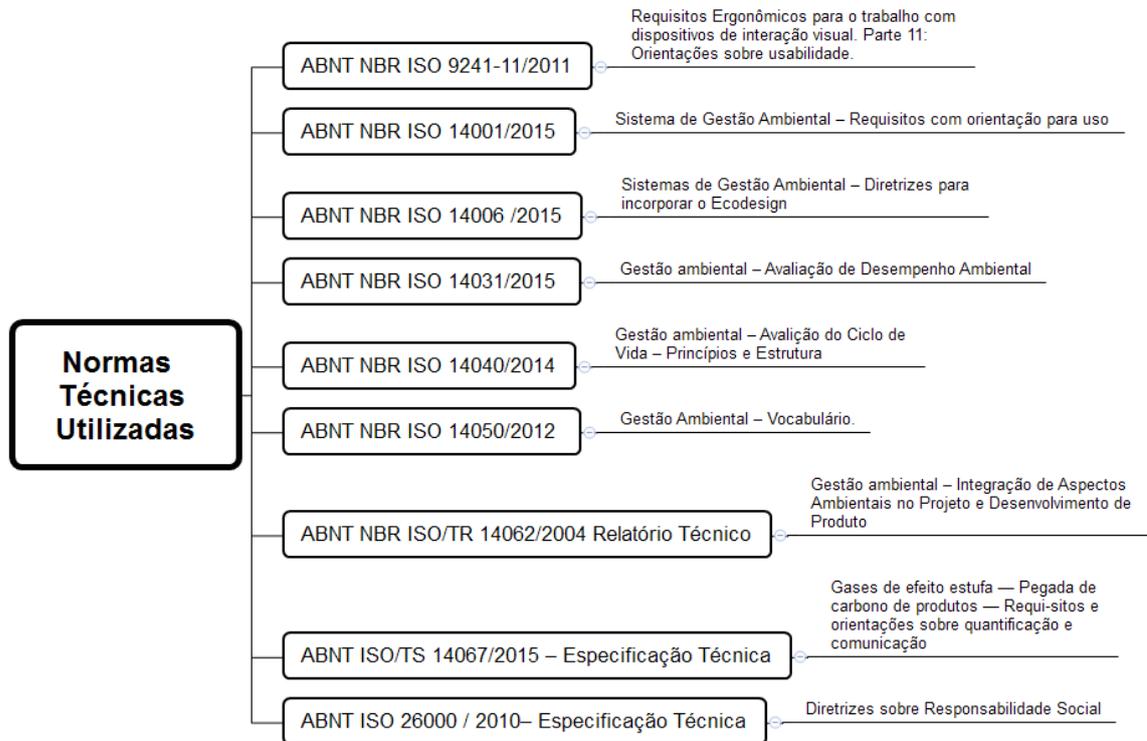
Utilizando-se dos parâmetros definidos por Cerchione e Esposito (2017), são estabelecidas as seguintes diretrizes:

- Bases de dados consultadas: Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (ABNT, 2015).
- Espaço de tempo utilizado: conforme a disponibilidade das normas e o ano de validação. Outra condição observada era se a norma estava ou não em vigor.
- Palavras-chave utilizadas: *Guidelines, Products, Components, Measurement, Vocabulary, Conditions, References, Application, Use, Triple Bottom Line, Users, Ecodesign, Procedures, Flows, Frontier and Systems*. Cada palavra-chave corresponde a um desdobramento no que diz respeito aos conceitos pertinentes a cada uma delas.

Reitera-se que não foi encontrado dentre as normas pesquisadas diretrizes voltadas de forma exclusiva à quantificação de componentes e a relação como indicadores de sustentabilidade de um produto (normas).

As normas pesquisadas foram: ABNT NBR ISO 9241-11/2011; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14001/2015; ABNT NBR ISO 14006/2015; ABNT NBR ISO 14031/2015; NBR ISO 14040/2014; ABNT NBR ISO 14050/2012; ABNT NBR ISO/TR 14062/2004; ABNT ISO/TS 14067/2015; e ABNT ISO 26000/2010, (ABNT, 2004, 2011, 2014, 2015). A Figura 2 apresenta as normas técnicas utilizadas.

**Figura 2** – Normas técnicas utilizadas na revisão da literatura.



**Fonte:** do autor.

Ao longo de desenvolvimento do trabalho outros artigos foram utilizados e referenciados de acordo com o tema e a necessidade de justificativa bibliográfica.

## 2.2 UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA *DESIGN SCIENCE RESEARCH*.

A adoção consiste em utilizar uma sistemática que permita desenvolver um método que permita levar a modificação de algo (componentes de um produto) por meio de melhorias. Em paralelo com a proposta do trabalho, subsidia de forma metodológica e gráfica a junção de conceitos de sustentabilidade. A direção do trabalho está orientada na solução de problemas.

O DSR apresenta uma forma sistemática “projetar ou conceber coisas”, de acordo com Bax (2013). O conceito surgiu na década de sessenta e sendo utilizado por Fuller e Gregory e consistia na busca sistemática para projetar artefatos ou melhorias possíveis. Desta forma, Richard Buckminster Fuller utilizou em projetos sobre arquitetura, engenharia e sustentabilidade (RODRIGUES, 2018).

Esta questão - solução de problemas de forma sistemática subsidiado pelo DSR - tem o usuário como fornecedor de dados e informações decorrentes dos produtos e componentes juntamente com as diretrizes e a relação de importância existente entre os conceitos. As

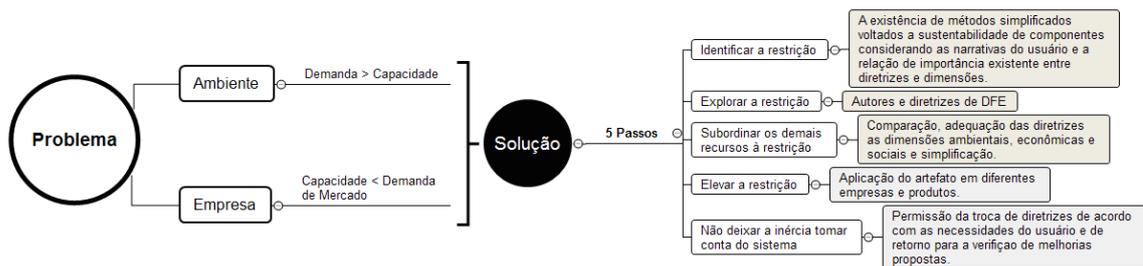
informações estão atreladas as narrativas e ao contexto tanto do usuário quanto do produto e são norteadas pelo conhecimento do pesquisador em cada caso de aplicação o que leva a criação de um artefato.

O método proposto apresenta características de pesquisa ação permeado por diretivas de DSR. A coleta de dados bibliográficos levou em consideração a revisão da literatura tendo como parâmetros operadores subsidiados pelas palavras-chave conforme citados junto ao item 2.1.

Uma das características da pesquisa está atrelada a aplicação do método na busca de resultados de modo que a teoria e a prática possam estar próximas sem comprometer o rigor e a confiabilidade. Desta forma, o artefato é projetado e construído e a aplicação possibilita a prescrição de soluções (BROGIN, 2019).

A identificação do problema é apresentada junto a Figura 3 a qual relaciona o método DSR e o estudo.

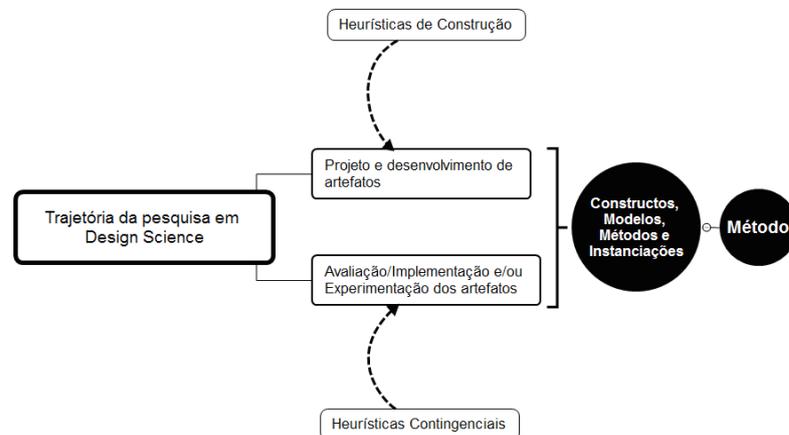
**Figura 3** – Um paralelo entre o DSR e a definição de problema do autor. Os quadros à direita sinalizam dados do estudo.



**Fonte:** adaptado pelo autor de Dresch, Lacerda e Antunes (DRESCH, LACERDA, ANTUNES, 2015).

A trajetória de pesquisa é apresentada junto a Figura 4 a qual sinaliza as entradas heurísticas e o resultado que consiste no método.

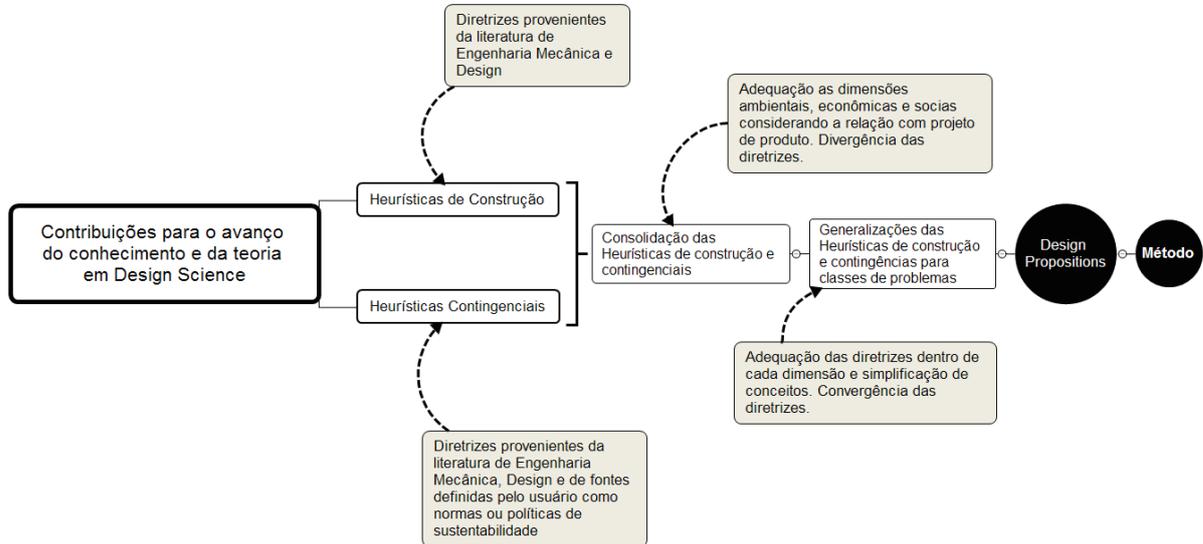
**Figura 4** – Heurísticas de entrada e o método como artefato.



**Fonte:** adaptado pelo autor de Dresch, Lacerda e Antunes (DRESCH, LACERDA, ANTUNES, 2015).

De forma mais detalhada, a Figura 5, apresenta as entradas da pesquisa junto ao método DSR ao indicar as entradas formadas pelas diretrizes de DFE.

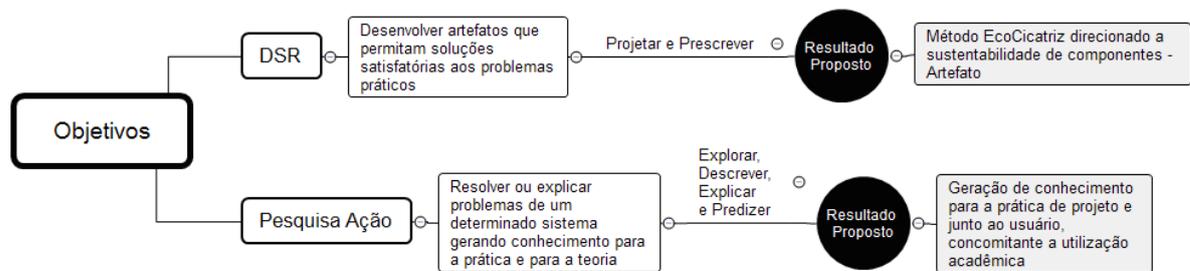
**Figura 5** – A entrada das diretrizes de DFE junto ao DSR.



**Fonte:** adaptado pelo autor de Dresch, Lacerda e Antunes (DRESCH, LACERDA, ANTUNES, 2015).

Os objetivos são apresentados junto a Figura 6.

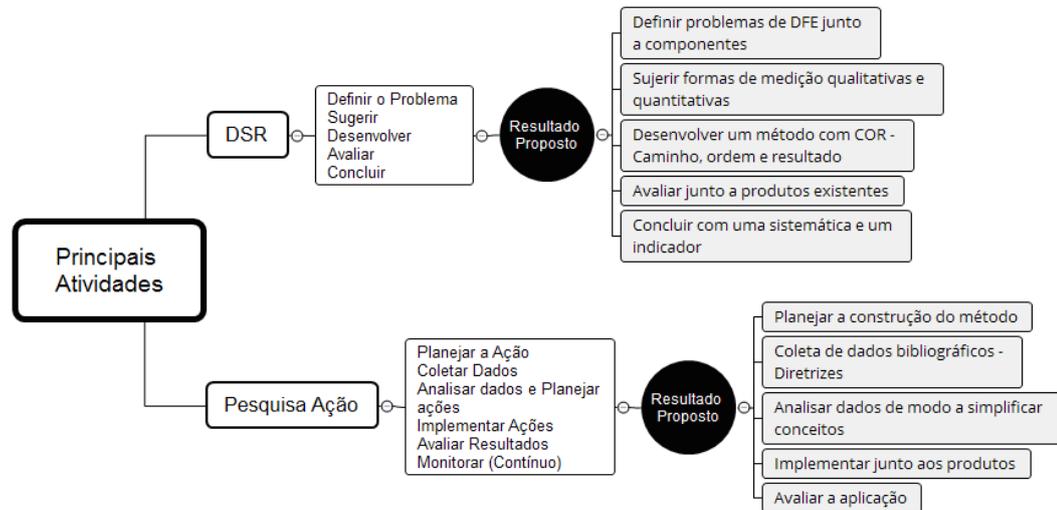
**Figura 6** – Objetivos e resultados previstos.



**Fonte:** adaptado pelo autor de Dresch, Lacerda e Antunes (DRESCH, LACERDA, ANTUNES, 2015).

As principais atividades relacionam a aplicação de DSR junto a resultados provenientes da pesquisa ação. A Figura 7 apresenta possíveis resultados.

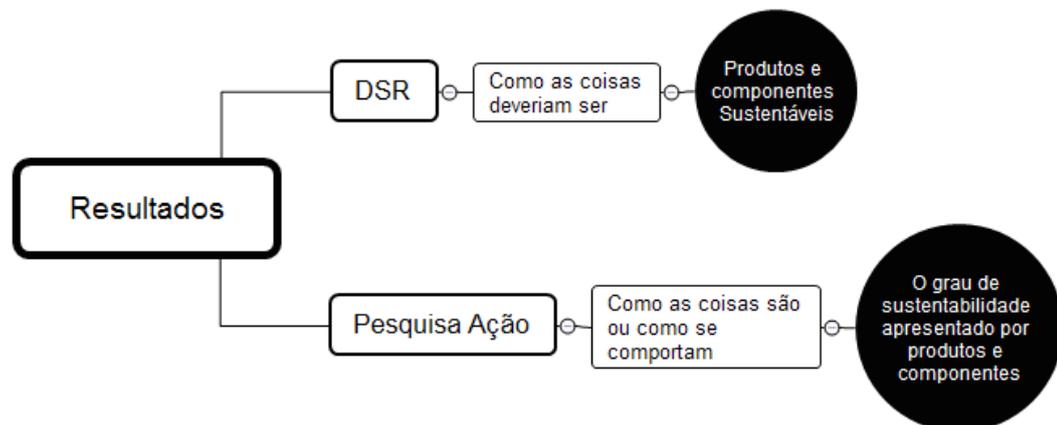
**Figura 7 – Principais atividades.**



**Fonte:** adaptado pelo autor de Dresch, Lacerda e Antunes (DRESCH, LACERDA, ANTUNES, 2015).

A pesquisa ação e a DSR apresentam resultados subsidiados a forma da pesquisa realizada. Ou seja, a pesquisa ação apresenta uma condição presente do produto e componentes e a DSR uma condição ideal. Esta condição se configuraria em um “ideal de sustentabilidade”. A Figura 8 indica estas características.

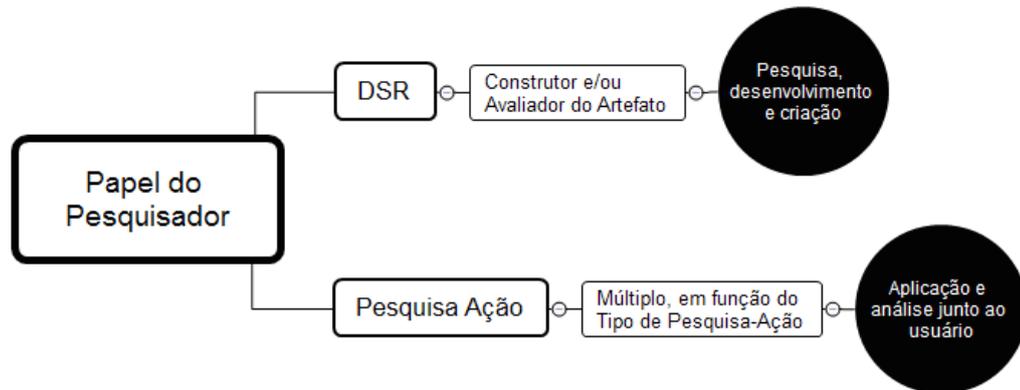
**Figura 8 – Resultados possíveis.**



**Fonte:** adaptado pelo autor de Dresch, Lacerda e Antunes (DRESCH, LACERDA, ANTUNES, 2015).

O pesquisador atua em duas frentes tanto no desenvolvimento quanto na aplicação do método. A Figura 9 aponta como esta situação ocorre.

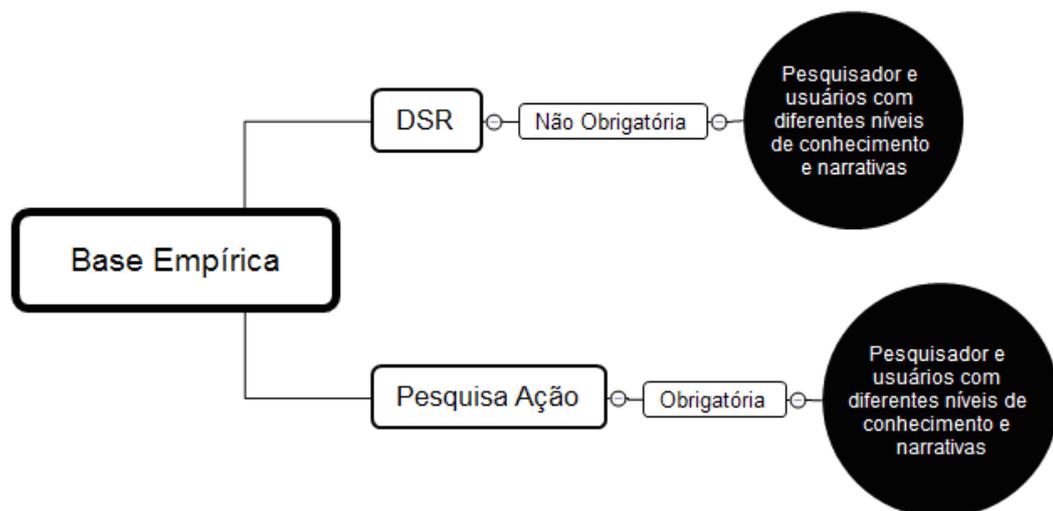
**Figura 9** – Atuação do pesquisador.



**Fonte:** adaptado pelo autor de Dresch, Lacerda e Antunes (DRESCH, LACERDA, ANTUNES, 2015).

Em se tratando da base empírica junto a aplicação em produtos definidos pelo usuário, há uma variação de conhecimento entre usuários e pesquisador. Sob este aspecto, o DSR atende a linha de trabalho mantida pelo trabalho a qual consiste em garantir acesso a métodos de compreensão e utilização facilitadas. A Figura 10 apresenta a condição empírica da pesquisa ação do DSR.

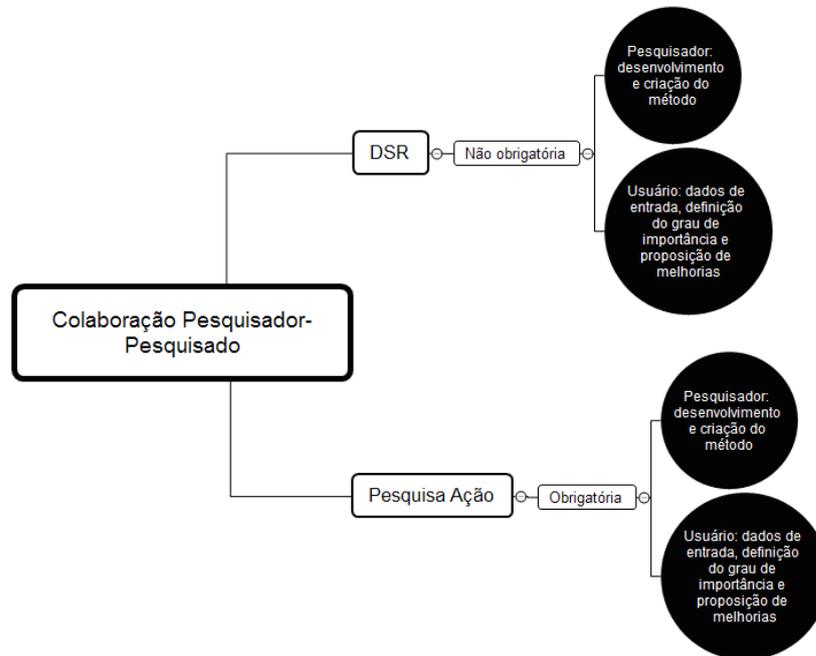
**Figura 10** – Base empírica envolvendo pesquisador e o usuário do método.



**Fonte:** adaptado pelo autor de Dresch, Lacerda e Antunes (DRESCH, LACERDA, ANTUNES, 2015).

A colaboração entre pesquisador e pesquisado pode ser compreendida por meio da Figura 11.

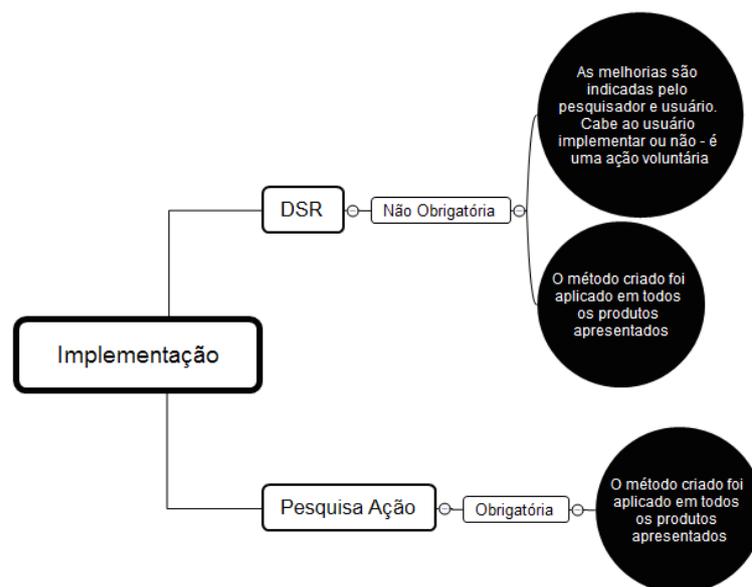
**Figura 11** – Colaboração entre pesquisador e pesquisado junto ao trabalho.



**Fonte:** adaptado pelo autor de Dresch, Lacerda e Antunes (DRESCH, LACERDA, ANTUNES, 2015).

Informações quanto a implementação são apresentados junto a Figura 12. Reitera-se que o método foi implementado em todos os produtos e as ações de melhoria propostas ficaram a encargo do usuário.

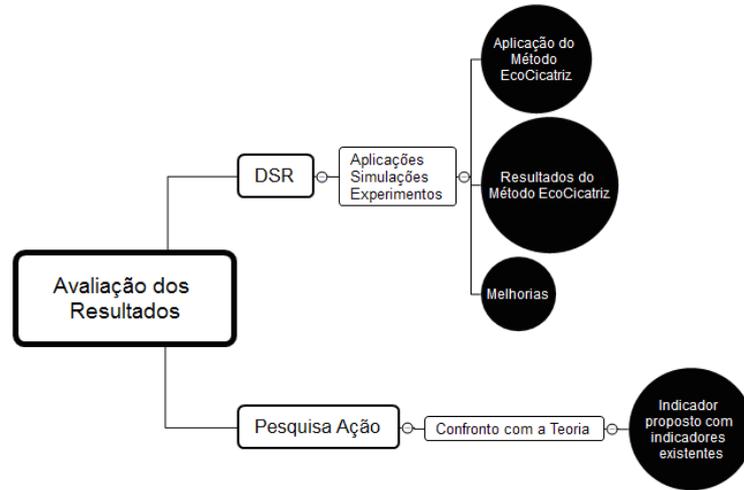
**Figura 12** – A implementação.



**Fonte:** adaptado pelo autor de Dresch, Lacerda e Antunes (DRESCH, LACERDA, ANTUNES, 2015).

Em se tratando da avaliação dos resultados, a Figura 13 indica como foram previstos.

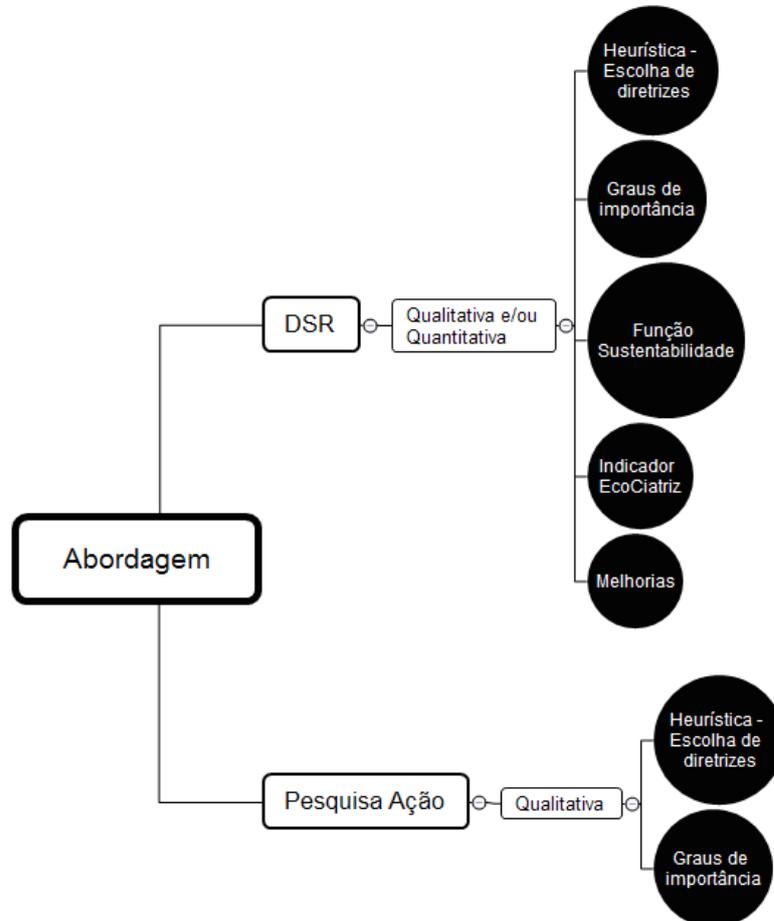
**Figura 13** – Avaliação de resultados.



**Fonte:** adaptado pelo autor de Dresch, Lacerda e Antunes (DRESCH, LACERDA, ANTUNES, 2015).

A Abordagem pode ser entendida junto a Figura 14.

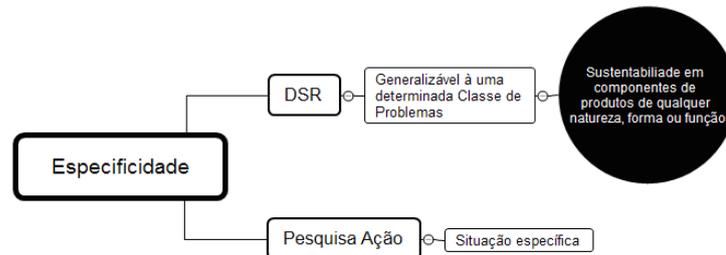
**Figura 14** – A abordagem do trabalho.



**Fonte:** adaptado pelo autor de Dresch, Lacerda e Antunes (DRESCH, LACERDA, ANTUNES, 2015).

A utilização do DSR considera a especificidade que subsidia a aplicação do método desenvolvido. A Figura 15 apresenta esta condição.

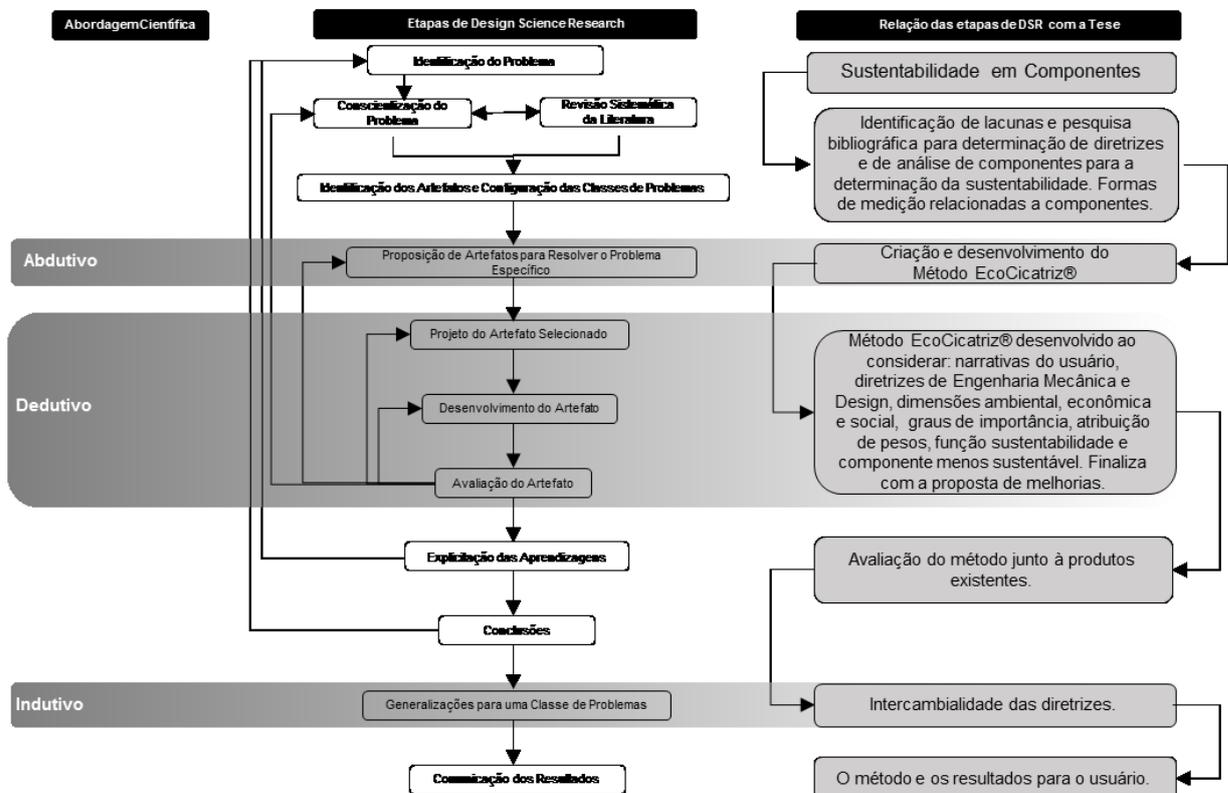
**Figura 15** – Especificidades comparadas entre DSR e pesquisa ação.



**Fonte:** adaptado pelo autor de Dresch, Lacerda e Antunes (DRESCH, LACERDA, ANTUNES, 2015).

O método proposto se utiliza de conceitos de sustentabilidade presente em projeto de produto - DFE. Parte do pressuposto que componentes de um produto permitem quantificar os graus de sustentabilidade existentes tendo como referência o usuário e o contexto, o que passa a ser um dos resultados. A Figura 16 oferece uma relação entre a proposta e o método DSR.

**Figura 16** – Etapas do *Design Science Research* (DSR) e a relação com a Tese.



**Fonte:** adaptado pelo autor de Dresch, Lacerda e Antunes (DRESCH, LACERDA, ANTUNES, 2015).

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 SUSTENTABILIDADE – CONCEITOS GERAIS

O conceito de sustentabilidade muda ao longo do tempo e carrega consigo os traços culturais e sociais do momento e do contexto em que se configura. As perspectivas mudaram em virtude do alcance das pesquisas e dos dados sobre o clima e meio ambiente compartilhados em vários meios de informação e comunicação. Não é por acaso que quando o tema é “sustentabilidade” o conceito aponte imediatamente para as questões do meio ambiente.

Entende-se que algumas datas colaboraram para pontuar acontecimentos e ações tomadas em prol da sustentabilidade. Como um resgate histórico, apresentam-se as datas de conhecimento público de modo a entender que o conceito é relativamente novo, mas as bases advêm de longa data. A primeira ocorre no ano de 1947 na Suíça com a fundação da União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN).

Em Londres, no ano de 1952, ocorreu a primeira catástrofe ambiental com registro, em que o ar poluído proveniente das chaminés matou milhares de pessoas. A concentração de dióxido de carbono na atmosfera começou a ser sistematicamente mensurada no ano de 1957 (OLIVEIRA, TONINI, SANTOS, 2017).

No ano de 1962 Raquel Carson lançou “Primavera Silenciosa” (CARSON, 2002), que colaborou com o início dos movimentos ecologistas e ativistas em prol das questões ambientais.

O dia 22 de abril de 1970 foi intitulado como o Dia da Terra e, em 1972, o relatório denominado “Limites do Crescimento” (criado pelo MIT) apresentou o Clube de Roma formado por empresários locais preocupados com questões políticas, econômicas, sociais e ambientais.

Em Haia, na Holanda, em 1974, aconteceu o I Congresso Internacional de Ecologia. Em 1975 em Belgrado foi realizado o Encontro Internacional de Educação Ambiental, seguido pela I Conferência Intergovernamental para Educação Ambiental, que ocorreu em 1977, em Tbilissi, na Geórgia (OLIVEIRA, TONINI, SANTOS, 2017).

No ano de 1980 ocorreu a Primeira Conferência Asiática sobre Educação Ambiental em Nova Délhi, na Índia. Em 1984 a Câmara do Comércio Internacional trouxe o tema às empresas. E no ano de 1987 o Relatório da Comissão Mundial, ou Comissão Brundtland, denominado Nosso Futuro Comum (*Our Common Future*) foi apresentado e, a partir de então, foi citado em muitos artigos, trabalhos e livros a respeito de sustentabilidade. Em 1988 criou-se o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate*

*Change*) que é uma organização científico-política no âmbito das Nações Unidas (ONU) com o objetivo de avaliar os estudos científicos sobre o clima (OLIVEIRA, TONINI, SANTOS, 2017), (MMA, 2019).

Em 1991 foi criado o *Global Environmental Facility*, Fundo de Proteção ao Meio Ambiente estabelecido pelas ONU e pelo Banco Mundial, dirigido aos países em desenvolvimento que apresentavam problemas ecológicos. No ano de 1992, no Rio de Janeiro, aconteceu a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e o Desenvolvimento, intitulada RIO 92. Neste evento a Educação Ambiental é reconhecida mundialmente. Dando sequência à RIO 92, ocorreu na Argentina em 1993 o Congresso Sul-Americano de continuidade à ECO/92 (MMA, 2019).

Na mesma década de 1990 ocorreu a Conferência para o Desenvolvimento Social em Copenhague no ano de 1995. Em Berlin, Alemanha, aconteceu a Conferência Mundial do Clima em 1996. No Japão, em dezembro de 1997, houve a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, na qual foi elaborado o Protocolo de Kyoto (cidade sede) com o objetivo de reduzir a emissão de gases, visando diminuir o efeito estufa. Foi estabelecido que os países de maior industrialização fossem obrigados a reduzir o volume de gases emitidos, no mínimo 5% se comparados com a década de 1990, entre os anos de 2008 e 2012 (OLIVEIRA, TONINI, SANTOS, 2017).

No ano de 2002, em dezembro, a Assembleia Geral das Nações Unidas, durante a 57ª sessão, estabeleceu a Resolução nº 254, a qual declara que 2005 seria o início da Década da Educação para o Desenvolvimento Sustentável, cabendo à UNESCO a responsabilidade pela implementação da iniciativa. Ainda em 2002, em Johannesburgo, África do Sul, por meio do Plano de Implementação, a Agenda 21 tornou-se mais sólida. No Rio+10 foram assinados e aprovados a Declaração Política da Cúpula Mundial de Desenvolvimento Sustentável (MMA, 2019).

Em datas mais recentes, em setembro de 2015, na sede da ONU em Nova York, ocorreu o encontro da Cúpula de Desenvolvimento Sustentável. Novos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram definidos como parte de uma nova agenda de desenvolvimento sustentável que deve finalizar o trabalho dos ODM (Objetivos de Desenvolvimento do Milênio). A agenda é conhecida como a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2019).

Sustentabilidade vem do latim “*sustentare*”, que significa sustentar, suportar, conservar em bom estado, manter e resistir. Logo, sustentável é tudo que é capaz de ser suportado, mantido (SICHE *et al.*, 2016). O Relatório Brundtland (BRUNDTLAND, 1987)

apresenta pela primeira vez o conceito formal de desenvolvimento sustentável: “Um crescimento para todos, assegurando ao mesmo tempo a preservação dos recursos para as futuras gerações”. Logo, abre um novo horizonte ao discurso ambiental. As questões de sustentabilidade passam a romper antigos modelos econômicos, sendo as primeiras a integrar o meio ambiente com o futuro econômico, social e cultural das sociedades humanas (KAZAZIAN, 2009).

Alguns aspectos levantados por Cavalcanti (2012) com relação ao desenvolvimento sustentável indicam que para se chegar à sustentabilidade se deve minimizar o uso de matéria-prima e energia, minimizar os impactos ambientais, maximizar o bem-estar ou a utilidade social e atingir uma situação de uso dos recursos de modo semelhante ao realizado pela natureza. O mesmo entendimento é corroborado por Balaceanu e Apostol (2014).

A despeito de todos os esforços empreendidos pela humanidade no sentido de buscar formas mais compatíveis de relacionamento com o meio ambiente, os resultados obtidos até agora consideram alguns indicadores mais populares (ou mais divulgados) como créditos de carbono e produção de CO<sub>2</sub>. De certa forma, as características abrangentes dos indicadores e dos sistemas de medição da sustentabilidade oferecem, em alguns momentos, incertezas quanto à eficácia e aplicação voltada à melhoria da manufatura dos produtos. Faz-se necessária uma transição entre os conceitos de sustentabilidade e as condições apresentadas pelos processos de manufatura de produtos (LANKOSKI, 2016).

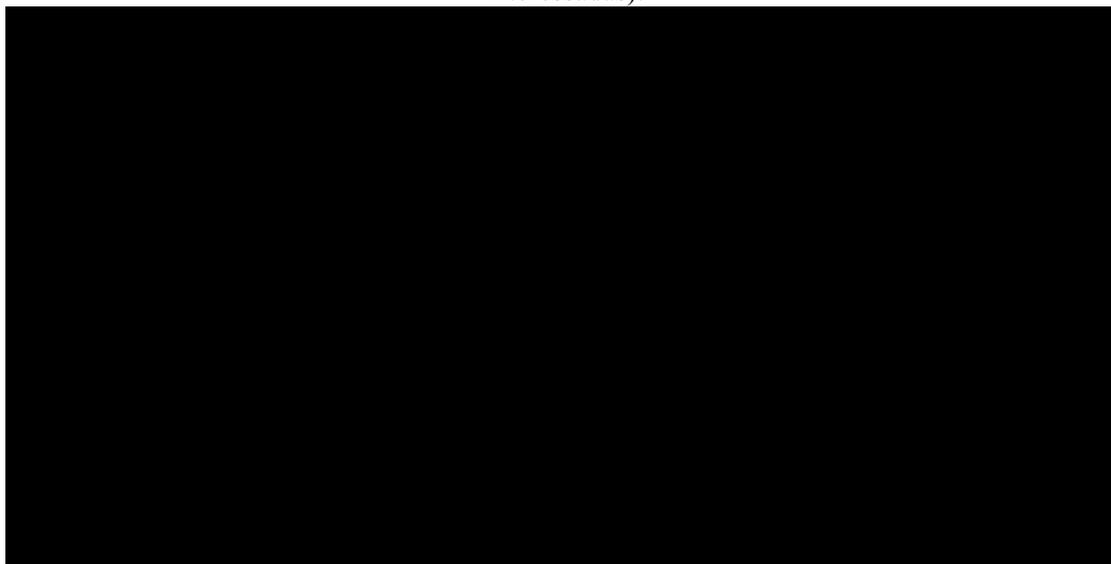
Outras linhas relacionadas à sustentabilidade sugerem que manufatura, produtos e componentes possam utilizar um quarto (25%) da energia e das matérias-primas empregadas atualmente (LOVINS, 2013), sendo este índice conhecido como Fator 4. De acordo com os autores, esta condição deve permitir, por exemplo, dobrar o padrão de vida global e, ao mesmo tempo, cortar o uso dos recursos pela metade (WEIZSÄCKER, 1998). Entretanto, em tempos atuais, tendo como referência leituras que tratam de sustentabilidade, questiona-se de qual seria o valor mais apropriado de economia e, em alguns casos, da necessidade do próprio consumo (BAUMAN, 2013).

Outra definição consiste de que sustentável é tudo aquilo que é capaz de ser suportado e mantido (SICHE *et al.*, 2016). Para Kazazian (2009), sustentabilidade deve romper com os antigos modelos econômicos de modo a integrar o meio ambiente com o futuro econômico, social e cultural das sociedades humanas. Este romper significa a mudança de narrativas e contextos os quais já estão enraizados nas culturas que habitam o planeta.

No intuito de apresentar cronologicamente como o termo sustentabilidade tem sido aplicado aos processos, a Figura 17 expõe a relação entre as partes interessadas (empresas,

comunidades e governos) e o tempo desde a década de 1980 ao ano de 2050. Ela parte da “manufatura tradicional”, “manufatura enxuta” e “manufatura verde” chegando à “manufatura sustentável”. Nota-se que a utilização dos “R’s” (remanufaturar, reprojeter, recuperar, reciclar, reusar e reduzir) baliza as aplicações em cada em delas.

**Figura 17** – O tempo e a evolução da manufatura tradicional à sustentável, considerando a adoção dos 6Rs, com início nos anos 1980 até 2050 relacionando o valor percebido pelos *stakeholders* (partes interessadas).



**Fonte:** adaptado de Faulkner e Badurdeen (2014).

Percebe-se por meio de uma breve análise da Figura 3 que a reciclagem é um dos pontos praticados atualmente, seguida pela recuperação (matéria-prima). Logo, questões como o aumento da produtividade e a utilização de recursos (renováveis ou não) devem ser realizadas por meio de mudanças fundamentais tanto na manufatura quanto nas características dos produtos.

Deve-se considerar que, para alcançar à sustentabilidade, é importante minimizar o uso de materiais e energia, minimizar os impactos ambientais, maximizar o bem-estar ou a utilidade social, e atingir uma situação máxima de uso dos recursos, de modo semelhante ao realizado pela natureza (CAVALCANTI, 2012). O mesmo entendimento é compartilhado por Balaceanu e Apostol (2013).

### 3.2 SUSTENTABILIDADE – PRODUTOS

O conceito de sustentabilidade é global, com aplicações locais e pontuais, de acordo com as condições dos produtos analisados. Esta condição global faz com que a utilização do conceito contemple a situação atual de cada produto. Não há como reproduzir conceitos

aplicados em um contexto e da mesma forma em outro, devido às variações existentes o que consiste em definir o grau de sustentabilidade requerida e possível, em cada situação.

Considera-se que a sustentabilidade é uma questão de “enquadramento” ou de “fronteira” do produto e componentes. O conceito pode ser mais ou menos sustentável de acordo com a condição de contorno ou fronteira estabelecida pelo usuário sobre o produto e componentes. Sustentabilidade está atrelada ao que é priorizado ou não, e depende das narrativas e contextos (KRIPPENDORFF, 2006).

Tratar de sustentabilidade sobre produtos equivale a considerar entendimentos pré-concebidos sobre o tema provenientes de cada usuário (DAMÁSIO, 2018). Há muitas visões sobre o tema, o que configura um elevado grau de diversidade de entendimentos e desejos. Por exemplo, querer ser sustentável sem fazer concessões de estilo de vida poluidor (CAPRA, LUISI, 2014).

Algumas questões são importantes de modo a repensar a questão de sustentabilidade de um produto e retirar o *status quo* (GOMPERTZ, 2015): a quem interessa que um produto seja sustentável ou não? Quem é o formador de opinião do mercado que aponte que produtos sustentáveis são os melhores para serem consumidos? E ainda, haveria um “grau” de sustentabilidade o qual seja unânime e aceito em todas as instâncias tanto do consumidor quanto da manufatura? As normas técnicas definem algumas condições pontuais ou apenas indicam caminhos? Este trabalho procura quantificar a sustentabilidade dos componentes de um produto, tendo como referência as perguntas sugeridas no início do parágrafo.

Entende-se que o conceito de sustentabilidade considerado neste trabalho possa ser aplicado tanto em produtos em fase de criação quanto em produtos já existentes: (a) no primeiro caso incorporando o maior número de diretrizes junto aos componentes desde a fase conceitual; (b) no segundo caso reavaliando os produtos e recomendando a adoção de diretrizes que permitam a incorporação sem rupturas de ordem funcional ou estrutural.

### 3.3 SUSTENTABILIDADE - INDICADORES

No contexto do tema sustentabilidade depara-se com uma quantidade significativa de formatos de medição e de interpretação de resultados. Logo, muitas vezes a intenção das pesquisas está voltada à criação e desenvolvimento de formas de medir que sejam apropriadas e que permitam a tomada de decisão com relação a produtos e processos mais sustentáveis. Medições quantitativas são mais adequadas para a gestão de processos de manufatura (SLACK,

2009), e não há como tomar decisões tendo como referência apenas valores empíricos e sem significado prático (BELLEN, 2006).

Indicadores são usados na avaliação da sustentabilidade em processos de manufatura, sendo um importante passo para converter objetivos teóricos (intenções políticas e normativas) do desenvolvimento sustentável em prática. A utilização de indicadores permite resumir e condensar dados complexos em informações significativas, e acompanhar o progresso de melhorias e desempenho de boas práticas sustentáveis ao longo do tempo (TAN *et al.*, 2016).

A mensuração da sustentabilidade pode considerar, por exemplo, os modelos como os citados por Araújo (2010): Fiksel, McDaniel e Mendenhall, e Thoresen, ambos de 1999; World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) de 2000; Olsthoorn *et al.* e Veleva e Ellenbecker de 2001; Schwartz, Beloff e Beaver e Institution of Chemical Engineers (IChemE) de 2002; Environmental Protection Agency (USA) de 2003; NBR ISO 14031 e Azapagic de 2004; Hey e Noonan e Labuschagne, Brente e Erck ambos de 2005; Verein Deutscher Ingenieure (VDI) e Global Reporting Initiative (GRI) de 2006.

São modelos que incluem tanto índices estratégicos quanto operacionais. Partindo-se da análise da referência anterior, observa-se que apenas o modelo de Labuschagne, Brente e Erck considera ações voltadas à pesquisa e desenvolvimento de produtos sustentáveis. Desta forma, entende-se que o indicador proposto no trabalho atenda ao produto e o processo de produção e deva cooperar com os modelos existentes.

Uma forma de medição por meio de indicadores considera características conceituais e de abrangência tendo como referência a economia circular e diretrizes (KRISTENSEN, MOSGAARDA, 2020). A forma macro considera os níveis globais com por exemplo a Pegada Ecológica (*ecological footprint method*), os níveis nacionais como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e os regionais os quais podem ocorrer por meio do “imposto verde”. Dentro desta forma há o nível de cidade e considera, por exemplo, práticas de controle de poluição. Os indicadores meso (médio) ocorrem entre empresas definidos através das normas e procedimentos de determinada categoria. Os indicadores micro, consideram fatores internos da empresa incidindo sobre a manufatura e os produtos. O conceito é adotado como direcionamento junto a abordagem e criação do método desenvolvido pelo autor.

A complexidade que envolve mensurar as dimensões de sustentabilidade está relacionada à busca de uma ferramenta que capture todas as variáveis conhecidas que envolvam o produto e a manufatura (VENEGAS, SALGADO; ALVARADO, 2016). Reitera-se que cada uma das dimensões auxilia na constituição da sustentabilidade, mas não o define de forma isolada (BELLEN, 2006), (ELKINGTON, 1999).

Este trabalho, conforme será apresentado mais adiante, compreende um indicador composto (ABNT NBR ISO 14006, 2015) denominado EcoCicatriz®. É oriundo de um processo multicritério de escolha de diretrizes, e resultado de uma equação usada para determinar a função Sustentabilidade. A formulação atende às questões apresentadas na norma ABNT NBR ISO 14031 (2015).

Para corroborar as funções do indicador, consideram-se os pontos recomendados por Bellen (2006) como a “avaliação de condições e tendências em relação às metas e aos objetivos” e, ainda, a “comparação entre lugares e situações”. Merece atenção a condição de “prover informações de advertência” por se tratar do que configura a EcoCicatriz®.

Ainda, Bellen (2006) afirma que o objetivo dos indicadores é “agregar e quantificar informações de modo que a significância fique mais aparente”, de maneira a “simplificar as informações complexas, melhorando o processo de comunicação”. Desta forma, os indicadores são elementos importantes na maneira como a sociedade entende o mundo, toma decisões e projeta a ação, podendo ser instrumentos de mudanças e aprendizado. Define ainda que são um “modelo da realidade, mas não a própria realidade”. Contudo, devem ser “legítimos e estabelecidos em uma metodologia lógica de quantificação”.

### 3.4 SUSTENTABILIDADE - O TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE

O *triple bottom line* (tripé da sustentabilidade) é formado pelas palavras *people* (pessoas), *planet* (planeta) e *profit* (lucro), e corresponde aos resultados do alcance da sustentabilidade (ELKINGTON, 1999). São medidos em termos sociais, ambientais e econômicos por meio de indicadores internos no âmbito da empresa e externos realizados por empresas parceiras, organizações não governamentais e órgãos de fiscalização vinculados ao governo. O objetivo consiste em apresentar dados pertinentes de sustentabilidade na manufatura e nos produtos. As informações geradas podem ser dirigidas para as empresas parceiras e fornecedoras de insumos e, ainda, para a imprensa quando há interesse em divulgar ações voltadas à preservação ambiental (LOVINS, 2013).

Os consumidores podem receber informações quanto aos produtos, o consumo energético e formas de descarte. Para a comunidade têm-se ações de cunho social quanto ao atendimento de necessidades básicas dos trabalhadores, questões éticas e de transparência na gestão sempre como objetivo a menor taxa de utilização dos recursos naturais. Os acionistas recebem informações quanto a investimentos e ganhos decorrentes da manufatura e venda de

produtos mais sustentáveis atendendo a condição de “governança sustentável”, ainda que muitas ações estejam voltadas à economia de recursos de produção e de investimentos em controles e acompanhamento de perdas (VEZZOLI, 2010).

O conceito foi criado nos anos 1990 por John Elkington, co-fundador da organização não governamental internacional SustainAbility. O significado pode ser mais bem compreendido por meio da obra intitulada “*Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business*” (ELKINGTON, 1999), a qual trata desde a necessidade de uma agenda voltada para a sustentabilidade, bem como a transição necessária do crescimento econômico focado na quantidade para desenvolvimento sustentável considerando o equilíbrio das três dimensões, inclusive, sobre o aspecto social (LOVINS, 2013).

Apresenta-se a expansão do modelo de negócios tradicional para um novo modelo que passa a considerar o desempenho ambiental, social e financeiro das empresas de forma integrada. Vale ressaltar que apenas alcançar bons resultados em um ou dois aspectos do tripé não são suficientes para garantir a sustentabilidade. Logo, a correlação é o que garante o melhor resultado quanto à utilização racional de insumos dentro dos processos de manufatura configurando uma condição “tridimensional” da sustentabilidade (LEONARD, CONRAD, 2011).

Então, considerando-se a necessidade de equilíbrio entre as dimensões, entende-se que a sustentabilidade precise ser “cumulativa”. Isto significa que não há como finalizar processos sustentáveis sem incluir as mudanças e melhorias que vão surgindo ao longo do tempo. Há uma soma de melhorias. Sendo assim, não há um limite aparente quanto à sustentabilidade de um produto se considera-se que a cada estudo modificações e melhorias podem torná-lo mais ou menos sustentável. Há uma complexidade envolvida em todo o contexto produto-processo de manufatura, e acredita-se que isto ocorre em virtude de não haver um ponto que indique a finalização. Todavia, esta “não finalização” gera um desconforto quanto à aplicação, uma vez que entra em conflito com a possibilidade de sempre encontrar-se maneiras de melhorar um produto com vistas à sustentabilidade.

Para corroborar as questões levantadas por John Elkington, Lovins (2013) indica que é necessário que as empresas sejam “triplamente estratégicas”, em uma alusão ao *triple bottom line*. No entanto, o mesmo autor evidencia a existência de uma grande complexidade em se tratando de sustentabilidade, e que as formas de ação precisam considerar um alcance mais sistêmico.

A sustentabilidade ambiental considera os impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente, denominado “capital natural”. Foram os ambientalistas, atores desta

abordagem, que desenvolveram o modelo denominado *pressure, state e response* (PSR) para indicadores ambientais, e que o defendem para outras esferas (BELLEN, 2006). Ainda nesta dimensão, o design procura aplicar conceitos de *Life Cycle Design* (LCD) considerando também a utilização de elementos monomateriais para a confecção dos artefatos e a diminuição da quantidade de matéria-prima utilizada. Para Vezzoli e Manzini (2011), os conceitos de *Life Cycle Design* procuram minimizar a utilização dos recursos, escolher os recursos e processos de baixo impacto ambiental, aperfeiçoar (melhorar) a vida dos produtos, estender a vida dos materiais e, ainda, facilitar a desmontagem, manutenção, reparo e reuso de materiais. Estas questões são apontadas como critérios ambientais a serem considerados estratégicos para a mitigação do impacto ambiental (BARBOSA, 2012).

O conceito de sustentabilidade, observado a partir da perspectiva econômica, vê o mundo em termos de estoques e fluxo de capital (BELLEN, 2006). A sustentabilidade econômica abrange a alocação e distribuição eficiente dos recursos naturais dentro de uma escala apropriada. Reitera-se que esta visão não está restrita apenas ao convencional capital monetário ou econômico, mas considera o capital de diferentes tipos, incluindo o ambiental e/ou natural, capital humano e capital social de acordo com os conceitos do tripé da sustentabilidade. Desta forma, para os economistas, o problema da sustentabilidade se refere à manutenção do capital em todas as formas (MANZINI, VEZZOLI, 2011), (HARARI, 2018), (BARBOSA, 2012).

Quanto à sustentabilidade social, ela considera o bem-estar humano, a condição (física, psicológica e de segurança) e os meios utilizados para aumentar a qualidade de vida. Ela aproveita o raciocínio econômico, o qual deve preservar o capital social e humano, e que o aumento deste montante de capital deve gerar receita. Desta forma, a riqueza é apenas uma parte dentro do contexto da sustentabilidade (BELLEN, 2006). O conceito acaba atendendo a várias interpretações e compreensões de modo a torná-lo relativo e sujeito a medições de toda ordem. Logo, este trabalho procura considerar o trabalho laboral diretamente sobre o produto do qual faz parte. Faz-se importante citar que a dimensão social entendida e sujeita à medição que é considerada nesta tese não se refere ao “desempenho social” de produtos sustentáveis (MATTIODA, 2015). E, ainda, reitera-se que o conceito não é equivalente ao de responsabilidade social das empresas.

Ainda, a respeito do aspecto social da sustentabilidade, uma forma mais filosófica e interessante de considerar o conceito é relatada por Henry David Thoreau (1817-1862) em que, na obra *Walden ou A Vida nos Bosques* (THOREAU, 2010), publicada em 1854, escreve que: “o preço de qualquer coisa é a quantidade de vida que você troca por isso”. Há uma frase mais

completa na qual “o custo de uma coisa é a quantidade de vida que é necessário para ser trocado por ela, imediatamente ou em longo prazo”. Parafraseando Thoreau, uma forma de reescrever esta frase no contexto da sustentabilidade e que atende ao entendimento deste trabalho seria: “o valor (preço) social de um produto na manufatura é a quantidade de tempo e energia gasta (troca, oferece) para a produção”. O valor social de um produto está atrelado à quantidade de tempo e energia de pessoas que são utilizados no projeto e manufatura.

Uma análise quanto à abrangência das dimensões indica que a dimensão ambiental ainda é imperativa diante das questões de sustentabilidade. Isso significa que quando o termo é considerado, estas questões tomam a primeira linha das discussões. Como referência a esta condição, pode-se citar os acordos entre países diante das conferências ambientais, do clima e de práticas voltadas à sustentabilidade.

### 3.5 SUSTENTABILIDADE - POLÍTICAS PÚBLICAS

Entende-se que não há como tratar de sustentabilidade sem considerar as questões políticas que envolvem o tema. Não são ações pontuais voltadas apenas a uma região específica. Ela estende-se por todo o planeta e, sendo assim, há que se considerar leis, tratados ou acordos que venham definir as ações governamentais. Busca-se controlar substâncias poluentes, a utilização de recursos naturais e até mesmo a criação de diretrizes para boas práticas de conservação de recursos naturais e mitigação de danos ambientais (CAPRA, LUISI, 2014).

Quanto à utilização de impostos para incentivo da sustentabilidade empresarial, o Brasil ocupa a 18ª posição entre os países mais ativos. Neste quesito os três primeiros países são os Estados Unidos, o Japão e o Reino Unido. Alguns exemplos destas ações governamentais podem ser o Programa Bolsa Verde, o qual atende as famílias que vivem em áreas de conservação ambiental e que se encontram na situação de extrema pobreza, e o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), que objetiva aumentar a participação das fontes alternativas de energia (ANEEL, 2018).

Ainda há ações de federações empresariais como por exemplo A CNI – Confederação Nacional da Indústria - que desenvolvem normas que atendem às necessidades e demandas de diferentes setores industriais. Estes mesmos órgãos reúnem entidades de classe de modo a debater a melhor forma de interpretar e utilizar as diretrizes apresentadas pelas leis criadas. Neste caso, cita-se como exemplo de diretrizes recentes a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, tratada adiante. O escopo é fazer com que as empresas repensem os processos e permitam a reutilização e destinação adequada dos resíduos

das atividades de manufatura. De certa forma, há uma indução à adequação das empresas à nova proposta (BRASIL, 2018).

De modo a acompanhar as políticas que envolvem a sustentabilidade no país, é apresentado o Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis –PPCS- (ONU, 2018). É um plano que trata de diretrizes para minimizar impactos ambientais que sejam negativos ao consumo e à manufatura. Tem como referência os conceitos de ciclo de vida de produtos e procura garantir a gestão sustentável dos recursos em todo o processo de produção (ONU, 2018).

O lançamento aconteceu em 2011 pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2018), após estudos que iniciaram em 2008. Tem como referencial o Processo de Marrakesh, iniciado com o Plano de Implementação de Johannesburgo, o qual é um documento resultante dos tratados da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável de 2002. Nesse evento o consumo e a produção sustentáveis foram definidos como objetivos globais para alcançar a sustentabilidade dos países parceiros do acordo (MMA, 2018).

A criação de um documento do Governo Brasileiro envolveu a elaboração de uma minuta a qual foi revisada entre 2009 e 2010, envolvendo uma equipe do MMA, o Comitê Gestor de Produção e Consumo Sustentáveis – instituído pela Portaria MMA nº 44, de 2008, (MMA, 2018). Em seguida se elaborou o projeto de cooperação “Eficiência de Recursos e Produção e Consumo Sustentáveis”, entre o Ministério do Meio Ambiente e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente –PNUMA – (ONU, 2018). O projeto foi assinado em 2010 e está em vigência e apresenta como objetivo: “promover no Brasil um forte e contínuo processo de disseminação de ações alinhadas com o conceito de consumo e produção sustentáveis, estabelecido pelo Processo de Marrakesh, integrado aos esforços nacionais para abordar as mudanças climáticas, a redução da pobreza, o desenvolvimento econômico e a conservação da biodiversidade e dos recursos naturais”.

O plano está em tramitação desde 2010. No ano de 2014 o relatório com os eixos temáticos foi elaborado resultando no 1º Ciclo de Implementação do Plano, o qual atendeu o período de 2011 a 2014. O 2º Ciclo de Implementação do Plano ocorrerá entre 2016 a 2019/20, e o 3º Ciclo na sequência até 2030. O documento pesquisado intitulado Plano de Ação para a Produção e Consumo Sustentáveis (MMA, 2018) é uma das fontes de pesquisa bibliográfica, e se encontra sob consulta pública para novas readequações.

O documento PPCS está pautado na Agenda de Desenvolvimento 2030, considerando os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), os quais foram aprovados na Cúpula das Nações Unidas Sobre Desenvolvimento Sustentável que aconteceu nos dias 25 a 27 de setembro

de 2015. O evento contou com a participação do setor privado, governos, da sociedade civil, da academia, da mídia e das Nações Unidas. Deve-se considerar que os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável apresentam em formação os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). De modo a entender o alcance, o Quadro 1 apresenta de forma resumida os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

**Quadro 1** – Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), a denominação e o conceito principal que o caracteriza.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)		
Nº	Objetivo	Conceito
1	<b>Erradicação da Pobreza</b>	Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares
2	<b>Erradicação da Fome</b>	Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável
3	<b>Saúde de Qualidade</b>	Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades
4	<b>Educação de Qualidade</b>	Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos
5	<b>Igualdade de Gênero</b>	Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas
6	<b>Água Potável e Saneamento</b>	Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos
7	<b>Energias Renováveis</b>	Garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos
8	<b>Empregos Dignos e Crescimento Econômico</b>	Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos
9	<b>Inovação e Infraestrutura</b>	Construir infraestrutura resiliente, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação
10	<b>Redução das Desigualdades</b>	Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles
11	<b>Cidades e Comunidades Sustentáveis</b>	Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis
12	<b>Consumo Responsável</b>	Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis
13	<b>Ação Contra a Mudança Global do Clima</b>	Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos (*). (*) Reconhecendo que a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima [UNFCCC] é o fórum internacional intergovernamental primário para negociar a resposta global à mudança do clima.
14	<b>Vida Debaixo da Água</b>	Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável
15	<b>Vida Sobre a Terra</b>	Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade
16	<b>Paz e Justiça</b>	Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis
17	<b>Parcerias Pelas Metas</b>	Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável

**Fonte:** adaptado de PPCS (MMA, 2016), (ONU, 2018).

O desenvolvimento trabalho estabelece condições de modo a atender ao Objetivo 9, que consiste em “construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação” atendendo ao seguinte item (ONU, 2018), (PNUD, 2018):

- 9.4 – Até 2030, modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente corretos; com todos os países atuando de acordo com as respectivas capacidades.

O foco consiste em considerar o “uso de recursos” no que concerne aos componentes e ao produto de que fazem parte.

Em conjunto com o Objetivo 9 - Inovação e Infraestrutura -, o Objetivo 12 - Consumo Responsável – Assegurar padrões de produção e de consumo sustentável -, será considerado nos seguintes itens (ONU, 2018), (PNUD, 2018):

- 12.5 – Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, educação, reciclagem e reuso.

Neste caso, atende-se aos aspectos da sustentabilidade voltada ao produto e componentes com vistas à melhoria de material e energia consumidos.

- 12.9 – Apoiar países em desenvolvimento a fortalecer as capacidades científicas e tecnológicas para mudar para padrões mais sustentáveis de produção e consumo.

O trabalho utiliza o item 12.9 como referência, e apresenta uma alternativa metodológica voltada a tornar produtos mais sustentáveis, com utilização na academia e a manufatura de bens de consumo.

Em se tratando dos Desafios para o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2017), junto aos 17 itens apresentados no Quadro 1, o trabalho procura atender aos itens:

- Item 7: voltado à industrialização (manufatura) sustentável e à inovação por meio dos produto e de componentes;
- Item 10: assegurar produção (manufatura) sustentável de componentes mais sustentáveis.

### 3.6 SUSTENTABILIDADE - POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é uma lei (Lei nº 12.305/10) que procura organizar a forma com que o país atende as questões referentes ao lixo. Exige dos setores públicos e privados transparência no gerenciamento de resíduos e rejeitos oriundos do processo de manufatura dos produtos ou serviços. Em 2010 a lei nº 12.305 foi sancionada e a PNRS foi instituída e regulamentada pelo decreto 7.404/10 (BRASIL, PNRS, 2018).

No capítulo I, o qual trata de Disposições Gerais, o Art. 4º A Política Nacional de Resíduos Sólidos reúne “o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com estados, Distrito Federal, municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos” (BRASIL, PNRS, 2018).

Situado nesta mesma linha, o Capítulo II, Artigo 3º, o parágrafo XVII apresenta a instrução que infere do produto na totalidade. O parágrafo preconiza que “é de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta lei” (BRASIL, PNRS, 2018).

O estudo e a utilização da PNRS estiveram voltados às questões a serem aplicadas aos produtos analisados neste trabalho. Entende-se que o método EcoCicatriz® possa ser configurado de modo a atender questões relacionadas especificamente ao rejeito e ao resíduo e a geração causada ou não pelos componentes. Por sua vez, as diretrizes podem ser substituídas por diretrizes oriundas na norma, como, por exemplo, os apresentados no Título III, Das Diretrizes Aplicáveis Aos Resíduos Sólidos, no capítulo I, Disposições Preliminares, no qual o Art. 9º indica algumas diretrizes “na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e descarte final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, PNRS, 2018). Percebe-se que estas diretrizes possam aderir ao método EcoCicatriz® de modo a usufruir da mesma sistemática.

### 3.7 SUSTENTABILIDADE - AS NORMAS TÉCNICAS

A utilização das normas técnicas neste trabalho considera a necessidade de equalizar o vocabulário utilizado juntamente com a adoção de diretrizes de sustentabilidade voltadas ao produto. Contudo, elas foram adotadas na comparação dos escopos e diretrizes com a hipótese do trabalho e o método EcoCicatriz®. O estudo envolveu a busca por diretrizes que tratam da sustentabilidade aplicada diretamente sobre produtos.

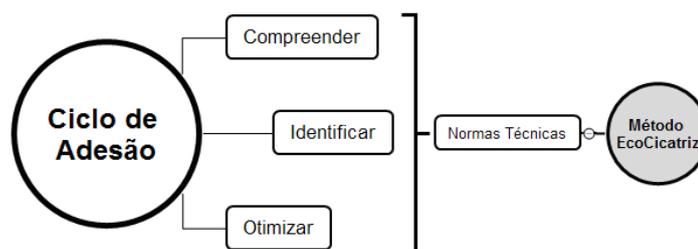
Todavia, para a pesquisa bibliográfica e o desenvolvimento é levado em consideração que uma norma é um “documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece, para uso comum e repetitivo, regras, diretrizes ou características para atividades ou resultados, visando a obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto” (ABNT, 2018).

A utilização das normas permite o fornecimento de especificações de classe mundial para produtos, serviços e sistemas e garantem a qualidade, a segurança e a eficiência por meio de análise técnica e científica. Desta forma, se considera o conceito de produto no texto atende ao escopo deste trabalho.

O desafio da pesquisa ao considerar normas técnicas consistiu em identificar pontos de integração entre “as normas e método proposto.

A decisão em utilizar normas técnicas no desenvolvimento deste trabalho considerou um conceito chamado de “aderência” (junção, união), (BROWN, 2017), ou seja, procurar identificar o que faz um usuário utilizar uma norma. O chamado “ciclo de adesão” adotado com vistas a produtos consiste em: compreender o que é o produto e o que pode ser otimizado dos componentes, identificar o componente e pontuar a criticidade e, por último, melhorar de acordo com as possibilidades do usuário. Sendo assim, a aderência pretendida no trabalho é que o método EcoCicatriz® possa estar associado a normas técnicas que atendam as questões do produto sob a ordem ambiental, econômica e social conforme Figura 18.

**Figura 18** – Ciclo de Adesão.



**Fonte:** adaptado pelo autor (BROWN, 2017).

Orientando-se na utilização das normas da série ISO 9000 na década de 1990 pelas empresas, muitos processos de melhoria adentraram na manufatura pela adoção das diretrizes definidas e auditadas pela norma. Desta forma, foi introduzida a sistematização de procedimentos voltados à qualidade.

Tendo como referência o mesmo pressuposto, normas da série ISO 14000 fazem o mesmo percurso, introduziu nas empresas uma sistematização com vistas às questões ambientais. A aderência acontece por necessidade, obrigatoriedade, economia e condições do mercado. No entanto, há flexibilidade das normas quanto à aplicação e lacunas são percebidas. Uma das lacunas que justifica o desenvolvimento deste trabalho consiste em propor uma sistematização que atue diretamente sobre os componentes de um produto a qual permita compreender, identificar e melhorar o componente menos sustentável.

Duas fontes bibliográficas utilizadas neste trabalho justificam a adoção das normas técnicas. A primeira é o guia “*Product Environmental Footprint (PEF) Guide* (MANFREDI *et al.*, 2012), o qual procura fornecer informações para conduzir um estudo da “Pegada Ambiental do Produto” (PEF) de forma sequencial, na ordem das etapas metodológicas que deverão ser concluídas para o cálculo.

A segunda fonte é o Guia Qualidata (RODRIGUES *et al.*, 2016). Denominado de O Guia de Qualidade de Conjuntos de Dados para o SICV Brasil, tem como objetivo orientar a submissão de conjunto de dados para o Banco de Dados de Inventário de Ciclo de Vida (SICV Brasil). Capacita o usuário dos dados a adequá-los de acordo com os requisitos mínimos exigidos de documentação. É utilizado na tese como referência na criação do indicador EcoCicatriz® no entendimento de “critério de corte”, o qual foi substituído por “fronteira do sistema”, utilizado para considerar apenas o produto e nenhuma condição a montante ou a jusante do mesmo.

As Normas Técnicas utilizadas e os itens considerados junto ao desenvolvimento do método, são apresentados no Apêndice B.

### 3.8 SUSTENTABILIDADE - DFE

Tendo como referência as perguntas citadas por Barbosa (2012) em se tratando de duas questões simples realizadas em aeroportos internacionais junto aos passageiros (“de onde você é?” e “para onde você vai?”), de forma semelhante a mesma ação poderia ser realizada junto a um produto: “de onde você é?” e “para onde você vai?” e, desta forma, estender aos

componentes. É algo muito simples, porém significativo em se tratando de sustentabilidade. A questão incide em conhecer todas as respostas possíveis e voltadas às narrativas dos usuários.

Partindo da mesma questão, e estendendo um pouco mais sobre os produtos, outras perguntas poderiam ser realizadas como, por exemplo: como vai voltar? No que você pode se transformar e atender a outras demandas? Cabe a quem desenvolveu o produto buscar respostas possíveis.

Desta forma, de acordo com a norma ABNT NBR ISO 14006 – 2015, itens 3.3 p. 2 (ABNT, 2015), produto “consiste em qualquer bem ou serviço”.

Este trabalho não faz uma associação entre produto e serviço. O foco incide sobre o produto e componentes. Para justificar esta escolha, o autor se utiliza de um argumento de Brown (2017), que relata que “em certo sentido, todo produto já é um serviço”. A condição é percebida no momento da compra a qual engloba questões relacionadas a atualizações, consertos e manutenções inerentes ao produto.

O DFE (*Design for Environment* - Projeto para o Meio Ambiente) é aplicado muitas vezes durante o projeto conceitual de produtos, mas é considerado ao longo do processo de desenvolvimento. O surgimento ocorreu no intuito de atender as diretrizes da norma ISO 14000 (BACK *et al.*, 2008) e aos novos tratados e protocolos assinados pelos países nos encontros voltados às questões ambientais. Questões relacionadas ao consumo e produtos também são consideradas.

Para Rozenfeld *et al.* (2006), este conceito atende a estratégia de descontinuidade de produtos no mercado. Quando se trata de “descontinuidades” são relevadas as questões de reciclagem, reutilização, desmontagem e descarte atrelados ao ciclo de vida. Logo, há uma formalização quanto às informações que devam considerar a sustentabilidade como um dos critérios a considerar no desenvolvimento de produtos. Faz-se uma relação direta com o ciclo de vida de produtos, e contém informações que apontam as características em relação ao meio ambiente. No entanto, não é estático e pode ser modificado quando novas condições de mercado ou inovações tecnológicas venham a surgir.

O projeto para o meio ambiente procura contemplar a desmontagem, a reciclagem, a remanufatura e, quando possível, a reutilização dos componentes dos produtos. O DFE pode trabalhar em conjunto com o DFD, ou seja, Projeto para a Desmontagem (*Design for Disassembly*) ou demais conceitos de DFx (PAZMINO, 2015). A correlação entre eles permite adequar determinada abordagem, qualidade ou característica esperada em um produto. O Quadro 2 apresenta DFx e as definições básicas.

**Quadro 2** – O DFX (*Design for “x”*), os termos utilizados e os conceitos principais.

Projeto para X - DFX		
DF	X	Direcionado para
A	<b>Assembly (Montagem)</b>	Facilitar a montagem, evitar erros de montagem, projetar peças multifuncionais, etc.
D	<b>Disassembly (Desmontagem)</b>	Permitir a desmontagem de produtos de forma rápida e sem a utilização de equipamentos especiais.
C	<b>Compliance (Conformidade)</b>	Cumprir as normas necessárias para manufatura e uso como, por exemplo, quantidade de substâncias tóxicas ou com biodegradabilidade.
E	<b>Environment (Ambiente)</b>	Diminuir as emissões e os resíduos do produto desde a fabricação até seu descarte.
M	<b>Manufacturability (Processabilidade)</b>	Integrar o design do produto com os processos de fabricação, como processamento e montagem.
O	<b>Orderability (Ordenamento)</b>	Integrar o design no processo de manufatura e distribuição, de forma a satisfazer as expectativas do consumidor.
R	<b>Reliability (Resistência)</b>	Atender às operações em condições de ambiente agressivo, como meios corrosivos ou de descarga eletrostática.
SL	<b>Safety and liability prevention (segurança e prevenção de falhas)</b>	Atender aos padrões de segurança, evitar usos equivocados, prevenção de falhas e de ações legais delas decorrentes.
S	<b>Serviceability (Utilização)</b>	Facilitar a instalação inicial, o reparo e a modificação em campo ou em uso.
T	<b>Testability (Testabilidade)</b>	Facilitar testes tanto no processo de fabricação como em campo.

**Fonte:** adaptado de Giannetti (2006) e Rozenfeld (2006).

No entanto, mediante a apresentação dos DFx, faz-se necessária uma breve definição de projeto, utilizada neste estudo. O termo projeto pode ter diversos significados como definições estéticas (cores e formas) ou pode também significar em nível mais técnico o detalhamento de materiais, formatos e tolerâncias de cada componente individual de um produto ou o estabelecimento de parâmetros de sistemas como, por exemplo, o cálculo de uma estrutura ou posicionamento de tubos ou engrenagens (BAXTER, 2011).

Ainda em se tratando de DFE, um dos objetivos consistem em oferecer junto ao projeto do produto condições que minimizem a utilização de recursos naturais ou a degradação de áreas de extração de matérias-primas (entradas). Riscos à saúde e à segurança, juntamente com a geração de resíduos, também fazem parte do escopo (saídas).

De modo a nortear o desenvolvimento da metodologia proposta nesta tese, são observados 12 princípios, os quais geram diretrizes, apresentados por Back *et al.* (2008), os quais são apresentados no Quadro 3.

**Quadro 3** – Princípios simples de projeto utilizando conceitos de DFE – Projeto para o Meio Ambiente.

Projeto para o Meio Ambiente - DFE		
Nº	Princípio	Descrição
1	Utilizar mínima quantidade de materiais	Menos material reduz o consumo de matéria-prima e de energia nos processamentos e leva a soluções mais leves e com menos probabilidade de falhas.
2	Utilizar o mínimo de materiais diferentes	Esta orientação permite economia no número de ambientes, no armazenamento de matéria-prima, minimiza as operações de desmontagens e identificações na reciclagem.
3	Minimizar defeitos	Utilizar materiais e processo de fabricação que minimizem defeitos, cavacos e resíduos tóxicos
4	Facilitar desmontagem	Facilitar a desmontagem, evitando rebites, colas, soldas e materiais compósitos.
5	Adotar materiais e processos únicos	Adotar materiais e processos de fabricação que requeiram o mínimo de processos adicionais de revestimentos superficiais ou pinturas.
6	Avaliar o ciclo de vida	Avaliar o ciclo de vida do produto e adotar materiais e componentes com durabilidade e tecnologias compatíveis.
7	Minimizar a obsolescência	Adotar as tecnologias, materiais e soluções com o mínimo de razão de obsolescência.
8	Modularizar	Adotar soluções que resultem em módulos reutilizáveis, remanufaturáveis, recondicionáveis ou facilmente recicláveis.
9	Melhorar embalagens	Minimizar a necessidade de embalagens para armazenamento e transporte.
10	Facilitar a limpeza e diminuir a corrosão	Evitar materiais e processos que provoquem corrosão e dificultem limpeza e a desmontagem para o reparo, recondicionamento, remanufatura ou reciclagem de módulos ou componentes.
11	Distinguir processos de desmontagem destrutivos de não-destrutivos	Facilitar a distinção entre processos de desmontagem destrutivos e não-destrutivos, bem como evitar a utilização de ferramentas especiais ou mão-de-obra especializada e em posturas desconfortáveis e demoradas.
12	Responder as questões quanto ao projeto de produtos	Projetar o produto tendo em mente as seguintes perguntas: O que faz com que a remanufatura ou reciclagem de um produto se torne mais difícil que o outro? Quais são as operações de maior custo? O que torna a atividade econômica de reciclagem mais atraente? O que mais dificulta a desmontagem? Quais são as principais dificuldades de limpeza? Quais são as necessidades ou dificuldades de inspeção? O que mais dificulta no reparo, remanufatura ou recondicionamento? O que torna a remontagem difícil?

Fonte: adaptado de BACK *et al.* (2008).

Estes princípios devem nortear toda a ação que envolva a adoção de metodologias de projeto tanto sob a ótica da Engenharia Mecânica quanto de Design. As correlações entre os conceitos foram analisadas, e há o intuito de que venham a convergir em um número menor de diretrizes voltadas à sustentabilidade.

De acordo com Pazmino (2015), a qual considera a área de Design de Produto, devem ser observadas ao todo 52 diretrizes, apesar da intenção estar voltada à simplificação em um número reduzido e pouco subjetivo que permita a quantificação e comparação de valores.

### 3.8.1 Sustentabilidade – Aplicação em Produtos

O estudo sobre o produto considera o aspecto de renovação da matéria-prima que o constitui. Logo, faz-se necessária a redução do peso, do volume, dos componentes sem comprometer as qualidades técnicas e a aceitabilidade pelos consumidores. Naturalmente, há mudanças no processo de manufatura as quais devam priorizar a redução de insumos (materiais, energia e mão-de-obra). Sendo assim, a redução na fonte tem como premissa reduzir o impacto dos produtos no meio ambiente (KAZAZIAN, 2009). A tendência do desenvolvimento do design de produto está mudando de “berço à sepultura” (*cradle-to-grave*) para “berço-ao-berço” (*cradle-to-cradle*) (GO et al., 2015). No entanto, como esta condição pode ser mensurada? O escopo do trabalho enquadra o produto e componentes sem especulações a montante e a jusante da manufatura.

Produtos radicalmente novos representam um total de 5% do que é lançado no mercado em se tratando dos conceitos e inovação incremental e radical (MORRIS, 2009). Portanto, entende-se que o trabalho possa ter mais resultados ao considerar os produtos já existentes e, a partir, desenvolver a análise com relação à sustentabilidade. Cabe então citar alguns conceitos que consideram a interação com produtos de modo a considerar características tanto de ordem ecológica quanto construtivas.

O sistema-produto caracterizado por Vezzoli e Manzini (2011) é o conjunto integrado de produto, serviço e comunicação com que as empresas se apresentam ao mercado. Ou seja, o produto passa a ser visto como um sistema de interação entre manufatura, design industrial e consumidor. Há também as definições da ISO 14000.

Outro conceito, o *ecobenchmarking*, é aplicado ao Design. O significado atende a questão em produtos ecologicamente corretos. Todavia, as diretrizes envolvem a adoção de critérios de sustentabilidade que tendem a aumentar os níveis de complexidade que afetam o desenvolvimento de produtos. Ele procura identificar os componentes e os materiais de um produto de modo a permitir a redução do impacto ao meio ambiente. Também proporciona a comparação de diferentes decisões de design com vistas à sustentabilidade ambiental e não considera de forma direta conceitos econômicos e sociais (MORRIS, 2009).

Há ressalvas com relação às condições do produto que devam ser entendidas. Deve-se ter o cuidado em diminuir a quantidade de materiais de um produto e o consumo de energia (ULRICH, EPPINGER, 2011). O resultado não pode levar a um produto frágil a ponto de ser descartado e se transformar em resíduo em curto espaço de tempo (MORRIS, 2009).

Mais um conceito atrelado ao produto é o conceito de “*take-back*” (MORRIS, 2009). É um conceito de cunho mercadológico, e a intenção é de aumentar a durabilidade de um produto. Desta maneira, entende-se que quanto maior a durabilidade maior a sustentabilidade adquirida de um produto. O termo está vinculado à durabilidade de produto e, caso apresente problemas, ele é retornado ao fabricante que o conserta.

Para possuírem esta característica (*take-back*), os produtos devem ser robustos, com facilidade para desmontar e montar, com conserto fácil dos componentes, e ter uma expectativa de vida mais longa. No entanto, sabe-se que deverá ocorrer uma parceria entre empresas e consumidores (logística reversa) em razão da durabilidade não estar atrelada aos conceitos de obsolescência. Outra característica se refere à utilização de recursos renováveis na constituição. Quanto à definição do termo, se considera renovável quando os elementos apresentam a característica de se reconstituir por processos naturais ou pela própria regeneração, geralmente no prazo de algumas décadas. Há indicações que o prazo de até 20 anos seja uma referência em se tratando do tempo de regeneração (PFITSCHER, 2014).

Os termos ecoconcepção ou ecodesign indicam a maneira ecológica de conceber ou desenhar, cuja finalidade é minimizar os impactos de um produto sobre o meio ambiente, durante todo o ciclo de vida, conforme uma abordagem multicritérios partindo da criação do produto. Ecoeficiência, definida pela Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OCDE), significa a eficiência com a qual os recursos naturais são utilizados para atender as necessidades do ser humano: trata-se de produzir bens e serviços com preços competitivos, satisfazendo as necessidades humanas e melhorando a qualidade de vida, reduzindo ao mesmo tempo os impactos ambientais e o consumo de recursos durante todo o ciclo de vida (KAZAZIAN, 2009). Vale ainda considerar a definição abrangente de ecoeficiência de Despeisse *et al.* (2016), o qual atribui ferramentas para orientar a aplicação dentro das empresas que envolveriam a definição de padrões de boas práticas para produção sustentável, a utilização de uma ferramenta de auto-avaliação e grade de maturidade e, para finalizar, um quadro de readequação de fábrica.

Considera-se o chamado “efeito halo” (modo de avaliar algo com interferência de algum viés que modifica o resultado) (KAHNEMAN, 2012) quando o produto adquire o prefixo “eco”, sendo transformado em “ecoproduto”. A adoção deste termo faz com que produtos adquiram a

condição “sustentável”, o qual nem sempre é garantida ou projetada pelos componentes utilizados. Neste contexto, faz-se necessário indicar quais as diretrizes que ele atende ou não, e quais possam conferir menos ou mais sustentabilidade. O efeito halo é a possibilidade de que a avaliação de um item, produto ou indivíduo possa, sob um algum viés, interferir no julgamento sobre outros importantes fatores, contaminando o resultado geral (KAHNEMAN, 2012).

Considera-se a visão de produto além dos termos de uso, da função, forma, materialidade e utilidade. O importante neste caso é compreender diretrizes que o tornem mais sustentável. Na verdade, que tornem os componentes mais sustentáveis. O produto e os componentes são vistos como o início de todo o processo voltado a mensurar e atender as dimensões de sustentabilidade.

Uma definição de produtos que atende à demanda deste trabalho considera a apresentada por Manzini e Vezzoli (2011), os quais categorizam produtos como:

- **1 Bens de consumo (monouso)**

Bens consumidos durante o uso. Cita-se como exemplo alimentos, embalagens e detergentes. Medida sustentável potencial: minimizar o consumo de recursos e optar pelos de baixo impacto ambiental.

Bens monouso, os quais podem ser reutilizados, reciclados ou substituídos. Medida sustentável potencial: aumentar a vida útil de modo a substituir com outros reutilizáveis ou tornando-os reutilizáveis em partes. Por exemplo, embalagens e produtos descartáveis.

- **2 Bens duráveis (multiuso)**

Bens que requeiram poucos recursos (energia e materiais), ou nenhum, durante o uso e a manutenção. Medida sustentável potencial: minimizar o consumo e o impacto dos recursos nas atividades produtivas e de distribuição juntamente com o aumento da vida útil.

Bens que precisem de recursos (energia e materiais) em uso e na manutenção. Medida sustentável potencial: redução do consumo de recursos durante o uso. O aumento da vida útil neste caso não se torna produtora.

Outra definição de produto apresentada por Ashby e Johnson (2011) considera atributos como os atributos estéticos que são relacionados diretamente aos sentidos como visão, tato, gosto, olfato e audição. Ainda, os atributos de associação que remetem a uma época, lugar, evento, pessoa ou cultura. Para o autor há atributos percebidos os quais descrevem a reação a um material ou produto, se é sofisticado ou moderno. É o que é percebido a princípio, e relacionados de forma direta ao contexto, às experiências e às narrativas (neste campo que se configura a sustentabilidade). Para finalizar tem-se os atributos emocionais, que descrevem a

sensação que um material ou produto provoca como felicidade, tristeza, dentre outros. Ashby, Balas, Coral (2016) definem o termo como “ergonomia emocional”

De acordo com a ISO 14006 (2015), a qual trata de diretrizes para incorporação do “ecodesign”, um produto é “qualquer bem ou serviço”. Apesar da forma genérica e abrangente do conceito, procura complementar a definição de produto onde o mesmo pode ser: serviços, informações, materiais e equipamentos e materiais processados. Considera que materiais e equipamentos são tangíveis, a quantidade é uma característica enumerável, materiais processados são geralmente tangíveis, e a quantidade é uma característica contínua. O trabalho utiliza no desenvolvimento que um produto é “qualquer bem”. Há situações no decorrer do desenvolvimento que matérias-primas para fins de análise são consideradas produtos.

Sobre a análise incidindo em “produtos já existentes” a ISO 14006 (2015) apresenta no item 5.3 (Planejamento) uma indicação que cita que “ao projetar ou reprojetar um produto, a avaliação da significância dos aspectos ambientais pode ser feita com base em modelos anteriores do produto, de um produto similar no mercado ou de uma referência hipotética.” Acrescenta-se que a análise desenvolvida no trabalho considera de maneira concomitante aspectos econômicos e sociais de avaliação.

Percebe-se que a reação a um produto existente é diferente de um produto virtual. A interação é significativa pelo fato de poder ver, tocar e analisar de modo a observar todos os lados de um produto. A percepção de texturas e materiais pode levar a tomadas de decisão sobre a otimização, ou seja, madeira, metais, polímeros, causam reações diferentes junto aos usuários, e “carregam” narrativas culturais a respeito de sustentabilidade (KAHNEMAN, 2012), (BROWN, 2017).

Considera-se ainda que o produto é constituído de componentes (sujeitos a análise direta do método) independente do grau de complexidade do projeto no que diz respeito à quantidade ou disposição na forma e na função. Como características, um componente pode ser removível, identificável, quantificável, funcionalmente independente e pode desempenhar uma função particular no produto (função de entrada ou de saída). Neste estudo considera-se “componentes” mecanismos que possam ser estudados de forma isolada, sendo constituintes de produtos de grande complexidade construtiva e componentes de matérias-primas sujeitas à análise de comparação Esta definição é apresentada por Ulrich e Eppinger (2012) e por Krippendorff (2006).

Todos os componentes que fazem parte de um produto são relevantes e contribuem para a contribuição à forma, função e utilidade. A simplificação não deve comprometer esta relevância. Não significa em termos reducionistas (mais simples) apenas retirar sem critério ou

análise da função que determinado componente exerce (GOMPertz, 2015). Não significa apenas retirar o que possa ser considerado irrelevante.

No contexto do produto, é importante conhecer a política da empresa em relação às questões de sustentabilidade de modo a levar em consideração quais as dimensões (ambiental, econômica ou social) devam ser priorizadas e a importância no mercado.

A tese atua sobre produtos já existentes por considerar que mudanças são incrementais por serem mais fáceis e rápidas de serem realizadas e apresentarem resultados no curto prazo. É natural a resistência dos usuários quando se trata de mudanças radicais dos processos e dos produtos sem uma justificativa plausível quanto à modificação. Muitas justificativas são necessárias para responder as mudanças como, por exemplo, consumo de energia em excesso, matéria-prima escassa e/ou uma exigência do mercado por meio de uma lei. Quando há consolidação de determinado produto, a mudança se torna mais complexa. Ainda, não é toda empresa que possui um departamento exclusivo para desenvolvimento de projetos novos. Logo, ela observa o que tem e realiza pequenos ajustes.

“O projeto sustentável é um processo multidisciplinar que deve ter início na concepção de um projeto e não pode ser acrescentado depois” (HEYWOOD, 2017). Neste trabalho esta condição é entendida como verdadeira. No entanto, via de regra considera que produtos possam ser transformados em mais sustentáveis, mesmo que já estejam sendo comercializados. Por sua vez, a multidisciplinaridade da sustentabilidade está relacionada à quantidade de áreas de conhecimento que precisam ser entendidas e conhecidas no desenvolvimento de produtos.

Quanto à escolha de materiais, não há uma única metodologia que possa ser aplicada na escolha de materiais sustentáveis. Há fatores que influenciam na escolha como: desempenho, disponibilidade, a capacidade de reuso e, ainda, a energia incorporada (isto é, quantidade de energia utilizada no processamento a transporte de materiais) (HEYWOOD, 2017).

### **3.8.2 Sustentabilidade - Cicatriz e Apoptose**

A utilização da biônica – hoje biomimética - (LIDWELL, HOLDEN, BUTLER, 2010) neste trabalho permite analogias utilizando os termos cicatriz e apoptose (que dá origem ao termo EcoCicatriz®). O não atendimento de diretrizes de sustentabilidade pré-definidas pelo usuário é o que gera a EcoCicatriz®. A apoptose confere ao produto uma “condição de reaproveitamento”, ou seja, os componentes poderão ser reutilizados ou a matéria-prima poderá ser reaproveitada. Há um antagonismo entre os conceitos de cicatriz e apoptose sugeridos no trabalho.

Sob a ótica da medicina, cicatriz ou fibrose são áreas de tecido fibroso resultantes de uma lesão da derme, geralmente em consequência de uma lesão ou por corte cirúrgico. Além do impacto estético, a perda da integridade da pele e tecidos subcutâneos facilitam infecções, são mais vulneráveis à perda sanguínea e diminuem a sensibilidade na área. Cicatrizes podem também comprometer o funcionamento e proteção de órgãos. Ainda, a cicatrização ou fibroplasia é o processo de reparo, feito por miofibroblastos que migram para a ferida e produzem fibras colágenas recobrando a área com tecido conjuntivo fibroso. O tecido epitelial preexistente fica temporariamente ou permanentemente substituído por cartilagem fibrosa. O processo de cicatrização ocorre em quatro fases importantes: limpeza, retração, tecido de granulação e reepitelização (AZEVEDO, 2015).

A apoptose é conhecida como “morte celular programada” (a definição correta é “morte celular não seguida de autólise”), sendo um tipo de “autodestruição celular” que ocorre de forma ordenada, e demanda energia para a execução (diferentemente da necrose). Ocorre durante várias situações fisiológicas e patológicas, constituindo um mecanismo de remoção de células lesadas, e de renovação celular e tecidual. A morte celular por apoptose é um fenômeno complexo caracterizado por condensação cromatínica, fragmentação do DNA e formação dos corpos apoptóticos, sendo que a morte e proliferação celular estão intimamente conectadas. Alguns reguladores do ciclo celular podem influenciar tanto a divisão quanto a morte celular programada (GRIVICICH *et al.*, 2007).

Entretanto, com relação ao produto, é observada a utilização dos termos relacionados à obsolescência planejada, em paralelo ao conceito de apoptose, definida por Brooks Stevens em meados de 1950 (LEONARD, CONRAD, 2011). O conceito prescreve que um produto deva ser um pouco mais novo, um pouco melhor e sujeito a modificações mais rápidas que o necessário de modo a “instigar no comprador o desejo de possuir algo em virtude do descarte de produtos ou falhas nos componentes” (ASHBY, 2011).

A cicatriz, ou no caso, o indicador EcoCicatriz®, deverá informar qual componente não atende a determinado número de diretrizes estabelecidas pelo usuário. Sendo assim, a EcoCicatriz® gerada por um produto estará vinculada ao componente menos sustentável. Esta forma de raciocínio parte dos conceitos de confiabilidade de um sistema. Ou seja, “o componente de menor sustentabilidade é o que define a sustentabilidade de um produto”. Esta condição é a que corrobora a hipótese do trabalho.

Almeja-se mostrar que as modificações, além de garantirem um valor de sustentabilidade adquirida, também geram uma EcoCicatriz® menor, passível de verificação no laço (“loop”) proposto pelo método e explicado na sequência. Logo, é preciso fazer com que

os componentes dos produtos tenham uma EcoCicatriz® menor que o do produto originalmente analisado. Desta forma, mitiga-se o efeito rebote que consiste em garantir sustentabilidade em um parâmetro, mas perder em outro (ASHBY, 2011).

Naturalmente, quanto menor a EcoCicatriz®, maior a possibilidade de apoptose, isto é, do produto em atender a totalidade das diretrizes, ou dos componentes serem novamente reutilizados.

O componente menos sustentável é identificado como, por exemplo, o de menor atendimento de diretrizes. Logo, tendo como base as diretrizes de DFE, este componente é reavaliado e, se possível, o material é modificado ou reduzido ou, até mesmo, o componente é substituído desde que não ocorra um comprometimento em forma, função e utilidade.

### **3.8.3 Sustentabilidade - Projeto do Ciclo de Vida**

A adoção do termo LCD (*Life Cycle Design* - Projeto do ciclo de vida) e não LCA (*Life Cycle Assessment* – Avaliação do Ciclo de Vida) tem um propósito que é semântico. LCA é uma técnica utilizada para avaliar os impactos ambientais associados a todas as fases da vida de um produto que vai desde a extração da matéria-prima à eliminação ou reciclagem. Ela origina uma condição conhecida como do berço à sepultura (*cradle-to-grave*). Naturalmente, procura fazer um levantamento de insumos energéticos e o consumo de materiais. Sendo assim, contribui para o “reprojeto” e melhorias na manufatura, tendo como contrapartida os impactos ambientais que possam ser gerados (PAHL *et al.*, 2011). Entende-se que a LCA colabora por meio de soluções de engenharia e de rotinas testadas e pré-estabelecidas em muitos produtos (BLENGINI *et al.*, 2012). Reitera-se que a estrutura conceitual permite a adoção de conceitos de design de produto de modo a aumentar o valor percebido pelo cliente (MESTRE, 2013).

Como mencionado anteriormente, esta tese considera, além dos aspectos ambientais, os econômicos e sociais. Sendo assim, entende-se que a adoção de técnicas de LCD por apresentarem a denominação “design” (projeto) nas definições, permeiam as técnicas voltadas à Engenharia Mecânica e ao Design de Produtos. Por outro lado, de acordo com Pahl *et al.* (2007), cada produto está sujeito a um ciclo de vida em que o aspecto econômico industrial pode orientar o ciclo em função do tempo, do faturamento, das perdas ou lucros de um produto.

O objetivo do LCD consiste na redução da carga ambiental associada a todo o ciclo de vida dos produtos de forma integrada (ONAT *et al.*, 2016). Intencionalmente procura apresentar uma ideia ou visão sistêmica do produto de modo a reduzir as entradas de insumos ao mínimo

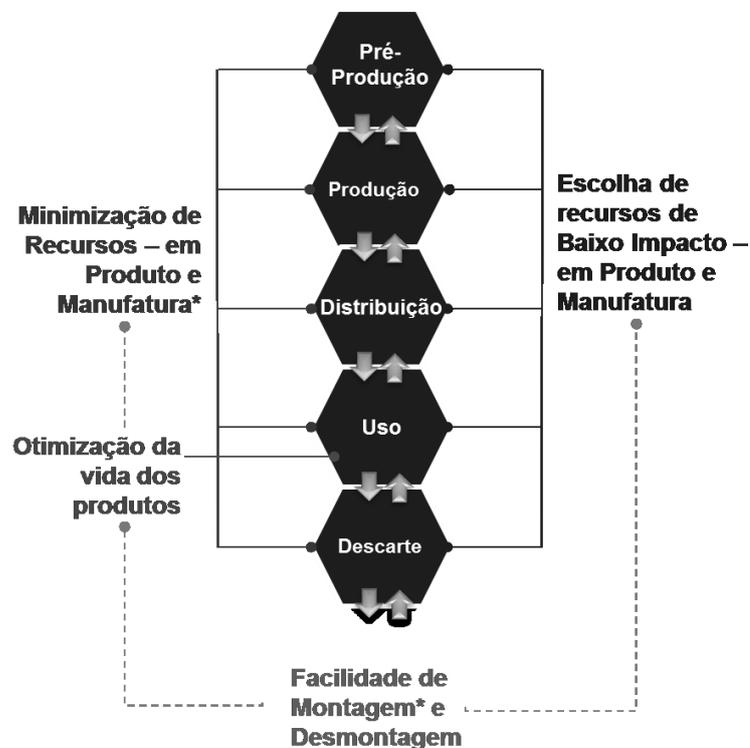
possível no que diz respeito ao consumo tanto em termos quantitativos quanto qualitativos (VEZZOLI, MANZINI, 2011).

Reitera-se novamente que este trabalho considera o produto e componentes de modo a considerar uma condição apresentada por Vezzoli e Manzini (2011), os quais argumentam que: “não é taxativamente necessário operar em todas as fases (*cradle-to-grave*), mas, pode-se projetar com o objetivo de minimizar o impacto ambiental, seja no caso de um sistema-produto inteiramente controlado por quem produz (e projeta), seja no caso em que o controle é apenas parcial”.

As estratégias do LCD consistem em minimizar os recursos por meio da redução de materiais e energia. Ainda, pela escolha de recursos e processos de baixo impacto ambiental, pela otimização da vida dos produtos e da extensão da vida dos materiais. A tese, por questão de escolha do pesquisador e por perceber que há trabalhos avançados sobre o tema não vincula o LCD ao método desenvolvido.

A Figura 19 apresenta as estratégias utilizadas pelo LCD e algumas das condições de contorno atendidas pela tese no que diz respeito à ação dentro das empresas.

**Figura 19** – Estratégias de *Life Cycle Design* e as fases do ciclo de vida. Os asteriscos junto às palavras “manufatura” e “montagem” representam os acréscimos do autor.



**Fonte:** adaptado de (VEZZOLI, MANZINI, 2011).

### 3.9 SUSTENTABILIDADE - O REPERTÓRIO METODOLÓGICO QUE ENVOLVE A ENGENHARIA MECÂNICA E O DESIGN DE PRODUTOS

O estudo proveniente de Lopes (2014) utilizou técnicas voltadas ao Projeto para a Montagem (*Design for Assembly* - DFA) (PAHL et al., 2011) como ponto inicial da análise. No entanto, entende-se como oportuno incluir a metodologia de Projeto para o Meio Ambiente (*Design for Environment* - DFE), em virtude de considerar variáveis voltadas à redução do impacto ambiental. Ainda, com base nas mesmas diretrizes, este trabalho enquadra as questões econômicas e sociais em análise.

Todavia, diante dos conceitos encontrados na literatura, percebe-se que há uma gama de métodos (há também a utilização do termo “modelo”) voltados ao desenvolvimento de novos produtos. Durante a pesquisa percebeu-se que técnicas com recomendações para a adequação sustentável de “produtos existentes e consolidados no mercado” não foram encontradas até o presente momento ou ainda, uma forma de quantificar o alcance quanto à adoção destas diretrizes.

Adota-se como uma análise prévia o estudo de algumas metodologias para o desenvolvimento de produtos tanto provenientes da Engenharia Mecânica quanto do Design de Produtos os autores Vezzoli e Manzini (2010), Vezzoli (2010) e Pazmino (2015). Dentro da área de Engenharia Mecânica (Projeto de Produto) as obras utilizadas foram: Pahl et al. (2007) e Back et al. (2008). Quanto aos artigos foram utilizados para fins de comparação e adequação metodológica: Shapira, Ketchie e Nehe (2017); Hallstedt (2017) e Stoycheva (2018).

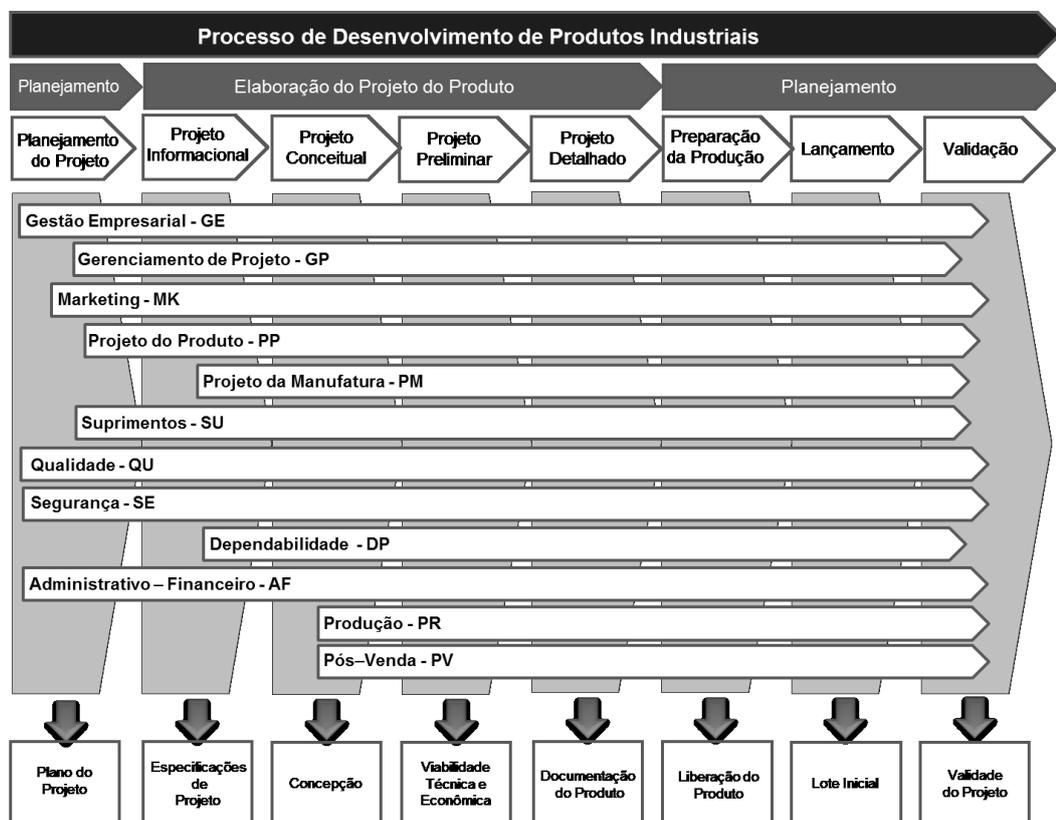
No Design de Produto há evidências de que este tem sido utilizado na sustentabilidade tanto para lidar da melhor forma com os principais componentes e ainda tendo em conta a incerteza presentes no ciclo de vida (MA, KREMER, 2016). Entretanto, no intuito de colaborar, o autor aloca nas etapas os principais conceitos de sustentabilidade. Esta ação considera a sustentabilidade ambiental, econômica e social. Na sequência há uma breve descrição de cada metodologia e características principais, juntamente com acréscimos feitos pelo autor em se tratando de sustentabilidade.

O modelo de Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (PRODIP) (BACK et al, 2008) apresenta na estrutura o Planejamento do Produto, em que há definição de ideias de produtos a serem desenvolvidas em cada etapa. Seleccionadas as ideias, cabe ao Planejamento do Projeto estabelecer o plano para o desenvolvimento. Logo, o Projeto Informacional estabelece as especificações de projeto voltadas à execução técnica do produto. Soluções conceituais (alternativas) são definidas junto ao Projeto Conceitual (BACK *et al.*, 2008). Ainda

sobre o projeto conceitual, há formas de considerar o risco em termos da sustentabilidade (ANAND *et al.*, 2016)

Selecionado o conceito se encaminha para o Projeto Preliminar em que a geometria, a forma, os materiais a serem utilizados, o leiaute e o processo de fabricação são definidos. Sendo assim, cabe ao Projeto Detalhado finalizar com testes quando necessários e encaminhar a documentação do produto. A manufatura é definida na Preparação da Produção, a qual considera desde o lote piloto à liberação do produto. Na sequência há o Lançamento do produto no mercado e a Validação junto aos usuários em que o processo finaliza (BACK *et al.*, 2008). A Figura 20 apresenta o modelo na totalidade.

**Figura 20** – Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos - PRODIP.

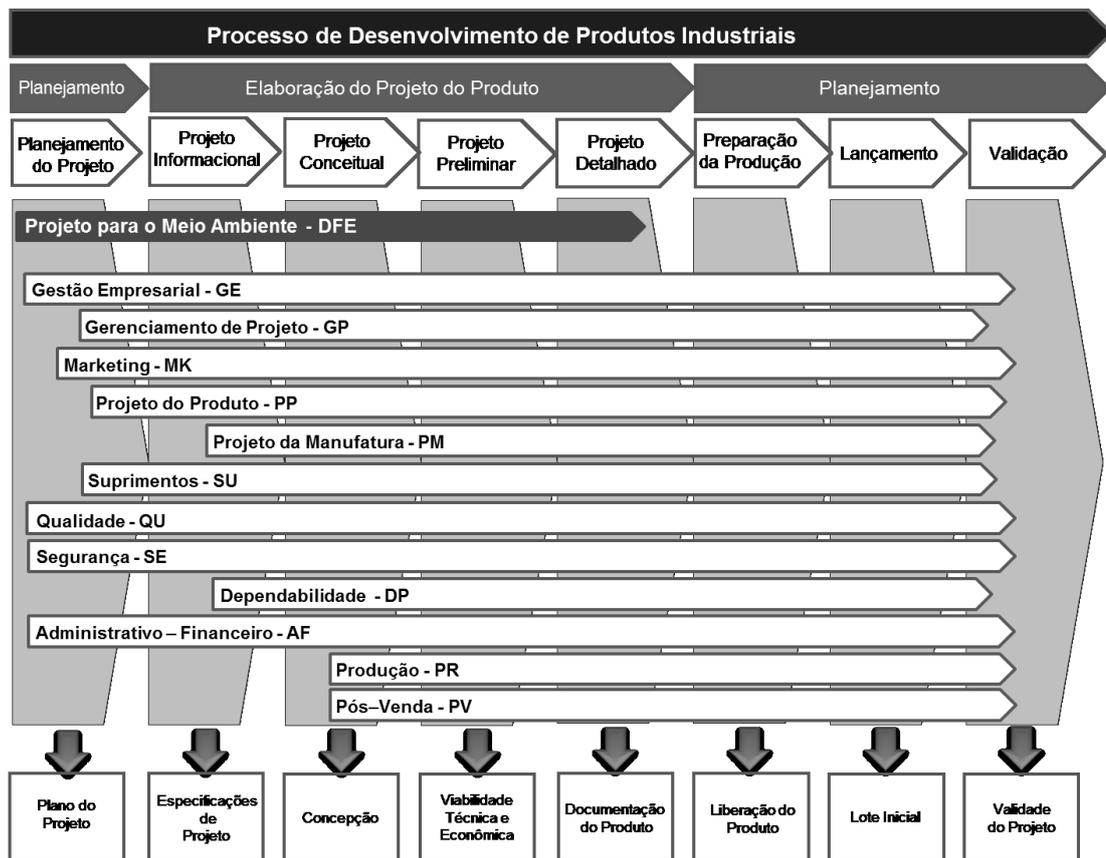


Fonte: (BACK *et al.*, 2008).

O modelo foi desenvolvido considerando-se metodologias existentes e alocadas de forma sistemática. Cita-se, por exemplo, os conceitos voltados à gestão de projetos presentes no PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) de acordo com o PMI (*Project Management Institute*) e a matriz da casa da qualidade da metodologia QFD (*Quality Function Deployment*). Cita-se ainda a utilização da matriz morfológica e matrizes multicritério e o método da síntese de funções (BACK *et al.*, 2008).

No entanto, a intenção desta tese consiste em propor junto ao método PRODIP uma condição de DFE para que as dimensões de sustentabilidade ambiental, social e econômica possam ser consideradas. A Figura 21 apresenta de forma gráfica onde estes conceitos poderão contribuir.

**Figura 21** – Modelo PRODIP com intervenção da Sustentabilidade com a aplicação do método DFE.



Fonte: adaptado de Back *et al.* (2008).

Outro modelo pesquisado é o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP). O escopo consiste em elencar as especificações de projeto do produto e do processo de manufatura. Tanto o mercado quanto as tecnologias são considerados na abordagem. Com relação ao produto, pode atuar tanto em melhorias quanto na descontinuidade junto ao mercado consumidor (ROZENFELD *et al.*, 2006).

É um processo de negócio, realizado em sequência lógica, sendo capaz de transformar informações tecnológicas e de mercado em produtos/serviços de acordo com as estratégias da empresa. Além disso, objetiva atender as necessidades de mercado por meio da criação de bens e informações para a manufatura (ROZENFELD *et al.*, 2006).

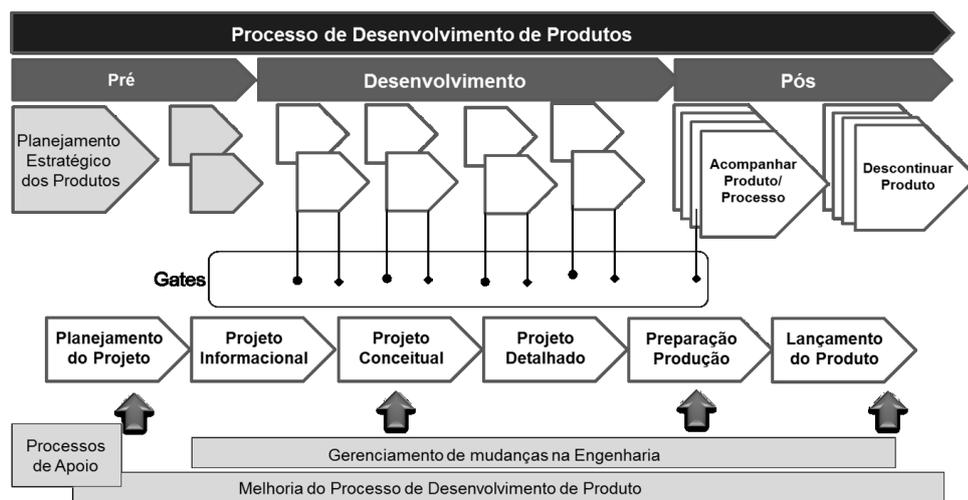
A aplicação está voltada a:

- Engenharia e análise de valores;

- Prototipagem rápida;
- Engenharia virtual e simulação;
- Desenvolvimento sustentável;
- Ecodesign (quanto a esta aplicação, não foram encontradas informações consistentes junto ao método).

A formalização do modelo de gestão do PDP possibilita que todos os envolvidos em desenvolvimento de produtos tenham uma visão comum desse processo. A estrutura engloba a gestão estratégica, a gestão operacional do desenvolvimento e os ciclos de resolução de problemas, de melhoria e de aprendizagem, considerando-se todo o ciclo de vida do produto. Apresenta etapas e atividades operacionais voltadas ao desenvolvimento do projeto, conforme apresentado na Figura 22.

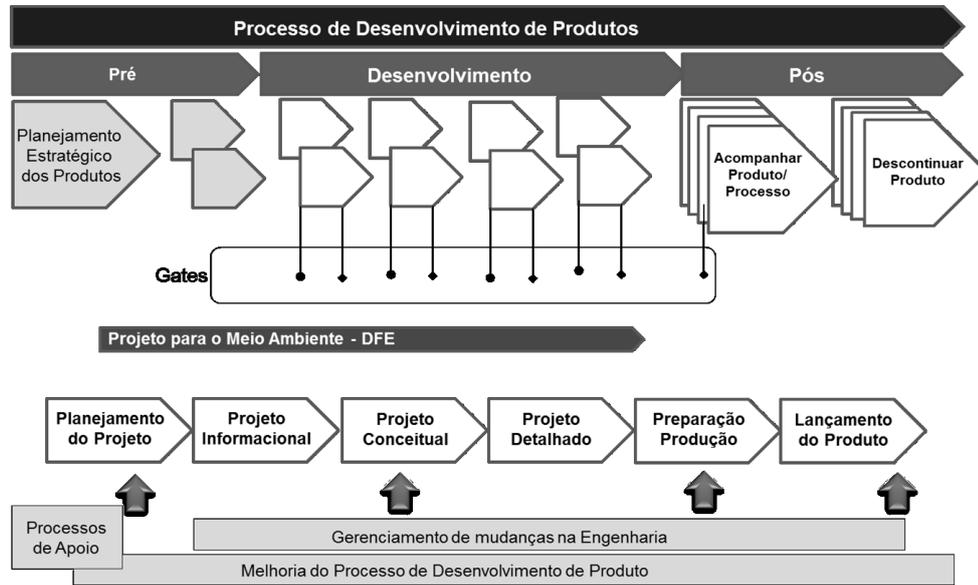
**Figura 22**– Processo de Desenvolvimento de Produtos – PDP.



**Fonte:** ROZENFELD *et al.* (2006).

Novamente propõe-se uma intervenção no modelo com relação aos aspectos voltados à sustentabilidade. A Figura 23 apresenta como pode ser a contribuição ao acrescentar conceitos de DFE.

**Figura 23** – Adoção de conceitos de sustentabilidade junto ao PDP. É acrescentado o Projeto para o Meio Ambiente – DFE.



**Fonte:** do autor, adaptado de Rozenfeld *et al.* (2006).

As metodologias de Design de Produto são apresentadas de forma resumida com os conceitos principais. Sendo assim, as metodologias Análise Sincrônica ou Paramétrica, Mapa Conceitual, Mapa Mental, Navalha de Occam, Carga de Desempenho e Biônica atendem as condições de elaboração da tese.

No entanto, será apresentado primeiramente um método formal desenvolvido por Munari (MUNARI, 2002), voltado ao Design de Produto composto por doze etapas, o qual pode subsidiar a análise de sustentabilidade a ser apresentada na tese. O método é apresentado na Figura 24.

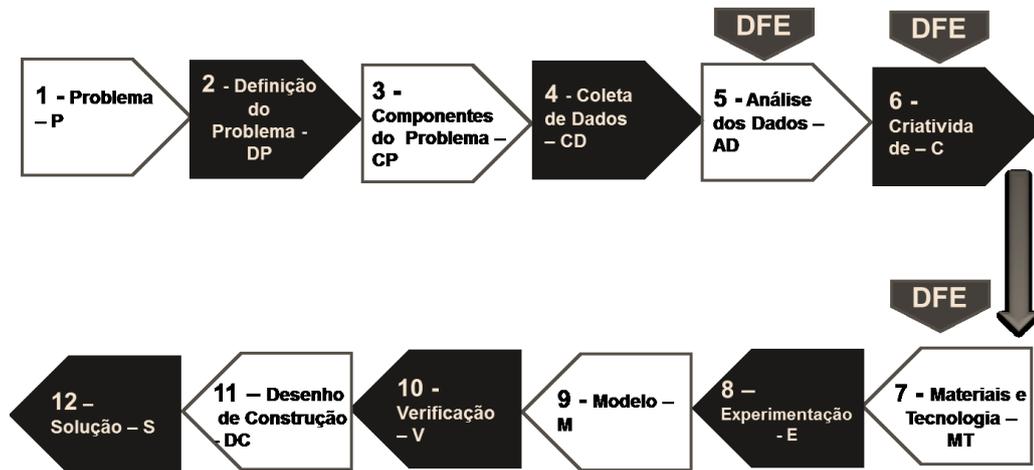
**Figura 24** – Método com os doze passos de Munari.



**Fonte:** Munari (2002).

Na Figura 25 há uma representação de como métodos de sustentabilidade poderiam ser alocados.

**Figura 25** – Método de Munari atendendo as dimensões de sustentabilidade. Os acréscimos de Projeto para o Meio Ambiente – DFE.



Fonte: adaptado pelo autor de Munari (MUNARI, 2002).

A Navalha de Occam é também conhecida como lei da parcimônia, lei da economia e princípio da simplicidade. O termo “navalha de Occam” se refere a Guilherme de Occam, monge franciscano e filósofo de lógica do século XVI que supostamente utilizava esse princípio com muita frequência (LIDWELL, 2010). Neste trabalho considera-se que a simplicidade é melhor que a complexidade em se tratando de aspectos de design. Os princípios podem apresentar variações que podem ser adaptadas de acordo com as características dos produtos sob análise e a natureza dos processos. Foi aplicada na simplificação das diretrizes.

Quanto menor for o esforço para executar uma tarefa, maior será a possibilidade de a tarefa ser realizada com sucesso, sendo também conhecido como o princípio do caminho de menos resistência e princípio do menor esforço definidos pelo método da Carga de Desempenho. Ele representa quanto de atividade física e mental é necessária para alcançar um objetivo. A carga de desempenho consiste em dois tipos: carga cognitiva (atividade mental) e carga cinemática (atividade física), (LIDWELL, 2010); (KAHNEMAN, 2012). Incidiu sobre a redução do número de diretrizes, na escolha pelo usuário e na definição da sequência a ser seguida.

O método da Visibilidade considera que a usabilidade de um sistema melhora quando o estado e os métodos de uso estão claramente visíveis (LIDWELL, 2010). De acordo com o princípio da visibilidade, os sistemas são mais fáceis de usar quando indicam claramente o status, as ações que podem ser desempenhadas e as consequências de cada uma delas depois de

realizadas. Considera-se que as pessoas têm mais capacidade de reconhecer a solução quando estão selecionando dentre um conjunto de opções do que ao tentar lembrá-las de memória (AMBROSE; HARRIS, 2011). É aplicada na sistemática do método, entradas e saídas de dados.

O uso de imagens melhora o reconhecimento e a memorização de sinais e controles, e permitem repassar a informação de forma mais simplificada e eficiente definida pelo método da Representação Icônica do produto e dos componentes por meio do Mapa Conceitual. Tanto símbolos quanto ícones oferecem uma espécie de atalho visual, resultando em uma comunicação rápida e no entendimento de um pedaço de informação (AMBROSE; HARRIS, 2012). A representação icônica caracteriza-se pelo uso de imagens pictóricas para facilitar as etapas de encontrar, reconhecer, aprender e memorizar ações, objetos e contextos em uma mídia e, no caso deste trabalho, um melhor entendimento das operações de produção (LIDWELL, 2010).

Uma das funções da Análise Sincrônica ou Paramétrica é de comparar produtos em desenvolvimento com produtos existentes ou concorrentes (BAXTER, 2011). Esta comparação considera a análise de variáveis mensuráveis. Parâmetros relacionados às dimensões de sustentabilidade ambiental, social e econômica são mensurados quando consideradas as diretrizes atendidas (PAZMINO, 2016). A análise sincrônica pode ser relacionada com o laço (ciclo fechado de análise do método).

Neste trabalho, a análise sincrônica ou paramétrica é aplicada ao final do processo, quando o produto já sofreu as modificações tanto de quantidades de componentes quanto de manufatura. Logo, ele diverge do cânone tradicional que indica que ele deve ser aplicado na fase informacional, quando há dados do projeto que precisam ser coletados.

O Mapa Conceitual é utilizado para representar graficamente partes do conhecimento adquirido sobre um determinado tema. Desenvolvido na década de 1960 por Joseph Novack, é apresentado como uma estratégia, método ou recurso esquemático com fundamentos vinculados na base construtivista e na teoria de aprendizagem de David Ausubel (PAZMINO, 2016). É constituído por elementos como o conceito, as palavras de enlace e as preposições. Será utilizado na tese como uma das propostas para apresentar a metodologia. Outra vantagem é que ele pode ser aplicado em todas as fases do projeto e uma ferramenta de fácil acesso.

O método voltado para a organização de ideias por meio de palavras-chave, cores, imagens, símbolos e figuras em uma estrutura que irradia a partir de uma ideia ou conceito principal é o Mapa Mental. Neste estudo ele pode originar de um produto em direção às metodologias e os dados obtidos na manufatura. Criado na década de 1970 por Tony Buan, é um método que permite a percepção de vários elementos que compõem a totalidade do elemento

em análise, os desdobramentos e as relações, de modo a considerar que a mente humana trabalha de forma mais eficiente com imagens (PAZMINO, 2016).

Os conceitos da Biomimética (BENYUS, 2016) (citados por alguns autores como “biônica”) são utilizados em critérios de design no intuito de utilizar analogias (comparações) biológicas e botânicas a fim de solucionar problemas de engenharia e também de design (MORRIS, 2009). Sendo também conhecido como análise de sistemas naturais (PAHL *et al.*, 2007), é uma técnica que estuda sistemas naturais considerando forma, função e materiais com o objetivo de identificar princípios de solução que adaptados possam contribuir para solucionar problemas de projeto. Não apenas compara ou aplica resultados oriundos do mundo natural, mas também faz uma análise de “princípios de funcionamento e solução” de processos biológicos (PAZMINO, 2016).

Sendo assim, os critérios de biomimética são utilizados de modo a subsidiar os conceitos de cicatrização (EcoCicatriz®) e apoptose (desintegração), provenientes dos conceitos da medicina. Esta adequação será em forma de analogias as quais serão utilizadas de maneira informal ou obedecendo a critérios pré-definidos podendo ser naturais (que é o caso do estudo), pessoais e remotas (MORRIS, 2009).

#### 4 A PROPOSTA DE SISTEMATIZAÇÃO DO MÉTODO ECOCICATRIZ®

Para Elkington (1999), a sustentabilidade é reconhecida pelas organizações quando essas percebem a importância para os negócios. Para o autor desta tese, a sustentabilidade é reconhecida quando permite ser aplicada e gerar algum valor para o usuário por intermédio do produto. Os conceitos podem variar com o tempo e com a época em que são percebidos, assim como as prioridades de um usuário podem variar de acordo com mercados, produtos, ou formas de gestão.

O intento da criação do método EcoCicatriz® consistiu na indicação de um caminho possível para a incorporar as questões de sustentabilidade em produtos dentro dos limites da lógica e da aplicabilidade junto aos usuários.

As definições do usuário precedem o desenvolvimento de modo a indicar a quem se destina e qual a importância na entrada de dados e a tomada de decisão. O produto, os componentes, as diretrizes de sustentabilidade e as relações que ocorrem na sequência são definidos pelo usuário.

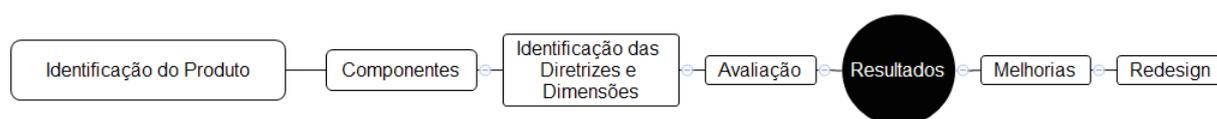
Narrativas são utilizadas para nortear a entrada de informações, subsidiadas por *briefings* que apresentam o produto no estado inicial. Um potencial de aplicação é informado de modo a entender a quem se destina e as características dos produtos em análise.

Contudo, as diretrizes são pesquisadas, selecionadas, relacionadas em critérios que consideram as três dimensões de sustentabilidade (isto é, ambiental, econômica e social) de modo a formar um único depositório voltado à escolha e aplicação junto ao produto pelo usuário.

A Função Sustentabilidade indica o componente mais crítico por meio do indicador composto EcoCicatriz®. Sendo assim, o elemento mais crítico é identificado e melhorias são propostas.

A Figura 26 apresenta uma síntese da composição do método.

**Figura 26** – Composição simplificadas do método.



**Fonte:** do autor.

Na sequência é apresentada uma descrição detalhada de como a construção do método EcoCicatriz® foi realizada.

#### 4.1 O USUÁRIO DO MÉTODO

No intuito de considerar o maior contingente de pessoas e empresas (organizações), adotou-se o termo “usuário” a fim de representar possíveis “utilizadores” do método (BROWN, 2019). Logo, a utilização permite atender a demandas, necessidades e narrativas específicas de cada grupo, como apresentado na Figura 26.

Para justificar a adoção do termo, a norma ISO 9241-11/2011 define usuário como: “pessoa que interage com o produto” (ABNT, 2011). Todavia, este trabalho está voltado para multiusuários que estejam propensos e de maneira voluntária, a aplicar conceitos de sustentabilidade nos produtos se valendo de diretrizes e de um indicador que possa balizar os resultados alcançados.

Procura-se atender a alguns elementos “mutuamente complementares” conforme a definição de Brown (2019) os quais são: o *insight* como início do processo de melhoria, a observação direcionada das diretrizes, e a empatia entre pesquisador e usuário com o objetivo da aplicação de ecodesign voltado à melhoria dos produtos analisados. Em contrapartida, permite-se a utilização de um método simples que possa ser aplicado em diferentes contextos, considerando que há muitos produtos anônimos produzidos em massa (SUDJIC, 2010).

#### 4.2 A UTILIZAÇÃO DE NARRATIVAS E *BRIEFINGS*

Narrativas colaboram na entrada de dados sobre o produto e componentes, estando vinculadas ao contexto do usuário. Elas precederam o método na escolha dos produtos e a definição de características de forma, função e, ainda, na coleta de alguma informação vinculada à sustentabilidade.

Em definição, narrativas são sequências significativas que se relacionam no tempo e no espaço (DAMÁSIO, 2018). Para Krippendorff (2006), uma narrativa pode contribuir para o design observando que são criações humanas, assim como o design, são assiduamente construções cooperativas, são contadas na expectativa de serem compreendidas, e permitem que os narradores e ouvintes algum sentido. De certa forma, as narrativas de sustentabilidade definem os conceitos utilizados pelos usuários.

Sendo assim, seguindo o mesmo entendimento do autor, a narrativa pode ser composta por 5 componentes característicos (KRIPPENDORFF, 2006):

- Resumo: uma sinopse do que é a narrativa.
- Orientação: onde ocorrem, os principais atores envolvidos e as circunstâncias.
- Sequenciamento narrativo: um relato ponto a ponto do que aconteceu.
- Avaliação: a sessão aprendeu, por que a história é importante e consequências.
- Conclusão: o convite para o ouvinte deixar o mundo imaginário da história para o presente.

Para complementar, há 4 conceitos de narrativas (KRIPPENDORFF, 2006):

- Narrativa suavizadora: as interfaces são sempre muito mais detalhadas do que os usuários reconhecem e qualquer narrativa poderia descrever.
- Sequenciamento narrativo: sugere a regra de que a ordem de narrar uma série de eventos implica sucessão, causalidade, intencionalidade ou implicação lógica.
- Incorporação narrativa: embora o sequenciamento seja primário, as narrativas também fornecem a inserção de histórias em outras histórias, muito parecidas com cláusulas embutidas em sentenças.
- Esquemas narrativos: ou funções semânticas. Tipicamente, confia-se em estruturas explicativas mais simples, nas quais caracteres, ações e coisas são inseridas de modo a cumprir uma lógica, semelhante a inserir números em uma fórmula matemática.

Este trabalho se utiliza tanto de esquemas narrativos quanto da incorporação narrativa das características dos produtos, dos componentes e do usuário.

Em se tratando de *briefing* e, em alguns casos, também chamado de programa de necessidades, este consiste em um resumo de informações que são agrupadas de maneira coerente de modo a facilitar a consulta durante a análise do produto e dos componentes. A função está voltada a propor uma orientação (HSUAN-AN, 2017). Neste trabalho, o *briefing* é representado pela figura do produto e componentes. Para Ashby (2011), são as diretrizes básicas de um projeto as quais estabelecem certos requisitos e implicam em uma lista de características relacionadas ao produto.

As informações são relatadas por escrito no intuito de documentar, apresentar objetividade e abrangência. De certa forma, indica uma percepção do usuário em relação ao produto que está sendo analisado. Em alguns casos é a primeira vez em que um documento descritivo do produto

é elaborado. Não é um documento estanque, porém flexível a ponto de se adaptar as informações repassadas pelo usuário (NEGRÃO, CAMARGO, 2008)

Quanto ao usuário, o *briefing* completo atende as demandas de informação. As etapas consistem em (HSUAN-AN, 2017):

- Objeto: o produto que será analisado;
- Usuário: Pessoa ou empresa envolvida na análise;
- Atividade: características quanto à manufatura e demais informações que possam ser relevantes em se tratando de sustentabilidade;
- Ambiente: onde ocorre a manufatura do produto e dos componentes;
- Problema projetual: tornar o componente do produto em mais sustentável.

O trabalho seguiu as recomendações de *briefing* junto aos produtos analisados. O *briefing* utilizado apresenta os aspectos técnicos do produto, ou seja, questões com relação do número de componentes, materiais utilizados, quantidades e custo. Seguido por aspectos como embalagem, percepções de vida útil, de mudança de componentes e de forma básica. Caso seja pertinente, dados do processo de manufatura podem ser considerados.

#### 4.3 POTENCIAL DE APLICAÇÃO

A prática para o desenvolvimento de produtos sustentáveis recomenda um método sistemático e economicamente viável, o qual necessita de poucos recursos como um usuário e um computador para armazenar as informações. Toda a base de lançamento de dados se utiliza de planilhas do software Excel da Microsoft. Esta condição atende ao que preconiza Rocha *et al.* (2016): métodos devem ser acessíveis e sustentáveis economicamente.

No contexto de metodologias praticadas por grandes empresas, geralmente avaliando impactos ambientais (HERZOG, 2016), pretende-se difundir formas de medição e melhoria de produtos e componentes utilizando investimentos reduzidos (hardware, software e pessoas), no intuito de alcançar resultados em curto espaço de tempo. Estes devem estar relacionados às diretrizes definidas pelo usuário com vistas à redução de materiais, componentes e energia consumida. É importante considerar que o método proposto é uma heurística, com uma abordagem em diversas frentes as quais consideram o produto e componentes com relação às narrativas do usuário (KOHL *et al.*, 2016).

Quanto à complexidade dos produtos que o método deve atender, há uma maneira de classificar o alcance de acordo com Pazmino (2015). No entanto, esta escala depende de alguns

fatores como: a tecnologia envolvida e as características funcionais, de usabilidade, de manufatura e até mesmo as semânticas. Sendo assim, um produto de baixa complexidade é um objeto manufaturado por meio industrial ou artesanal, com poucos componentes. Neste caso, são projetos de pequena duração e de rápido desenvolvimento. Logo, com base nesta informação seriam produtos de até 10 componentes levando em consideração a experiência do autor.

Sendo assim, produtos de média complexidade são manufaturados por meio industrial, com um número maior de componentes, e com um período de desenvolvimento de projeto maior. Em termos numéricos, tal produto possui entre 11 e 50 componentes, tendo ou não componentes comerciais e manufaturados na constituição (PAZMINO, 2015).

Naturalmente, produtos de alta complexidade são manufaturados por meio industrial com um número de componentes superior a 51 unidades. O desenvolvimento exige multidisciplinaridade de conhecimento e atua com fabricantes e fornecedores dos componentes (PAZMINO, 2015).

Reitera-se apenas que projetos de grande complexidade, ou seja, com um número superior a 51 componentes nos produtos, sejam fracionados em partes menores.

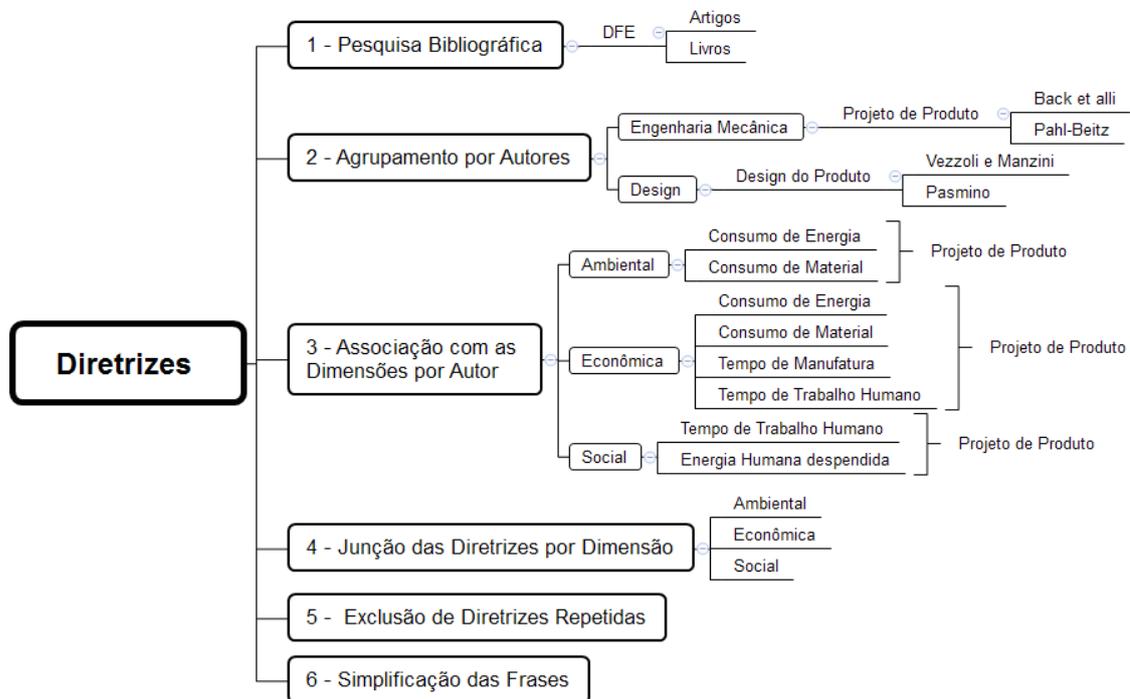
#### 4.4 SELEÇÃO DAS DIRETRIZES

Com relação à quantidade existente de diretrizes de DFE voltadas à sustentabilidade em produtos, este trabalho agrupou as encontradas nas abordagens de estudo que consistiram o projeto de produto tanto nas áreas de Engenharia Mecânica quanto na área do Design. Estas diretrizes foram selecionadas de acordo com o encontrado nos conceitos de DFE presentes nas áreas citadas. São consideradas contribuintes na criação do método.

As diretrizes presentes nos artigos pesquisados foram consideradas para a base da formação do método em conjunto com as diretrizes para a sustentabilidade (DFE) citadas por Back *et al* (2008) e Pahl *et al.* (2007) (projeto de produto), e as de Manzini e Vezolli (2011) e Pazmino (2015) do design de produto. A junção foi realizada de modo a conciliar os conceitos de desenvolvimento de produtos sustentáveis presentes tanto em metodologias da Engenharia Mecânica quanto do Design.

A Figura 27 apresenta as fases ocorridas durante a seleção.

**Figura 27** – Fases da seleção das diretrizes de sustentabilidade.



**Fonte:** do autor.

Na primeira fase a pesquisa bibliográfica localizou diretrizes voltadas ao DFE presentes nas obras dos autores citados – Design e Engenharia Mecânica. Os artigos presentes na revisão bibliográfica subsidiaram as questões de vocabulário, formas possíveis de quantificação e guias para um método possível.

Durante a segunda fase, as diretrizes foram agrupadas por autores. Cada um com especificidades da área. Alguns citaram recomendações de DFE em tabelas e outros colocaram os conceitos dispersos nas obras por meio de itens associados a produtos e casos de aplicação. Os Quadros 18, 19, 20 e 21 do Apêndice A apresentam as diretrizes de cada autor.

Na terceira fase, por associação conceitual, as diretrizes foram enquadradas de acordo com as dimensões ambientais, econômicas e sociais. Para sistematizar esta questão se identificou qual condição de sustentabilidade determinada diretriz atendia. Em se tratando de condições, foram consideradas as seguintes: na dimensão ambiental consumo de energia e de material, na dimensão econômica foram considerados consumo de energia, de material, tempo de manufatura e de trabalho humano. Por fim, na dimensão social as questões de tempo de trabalho humano e energia humana despendida, foram levadas em questão, Figura 27.

Para finalizar a terceira fase, foram agrupadas junto a cada dimensão as diretrizes que incidem sobre o projeto de produto.

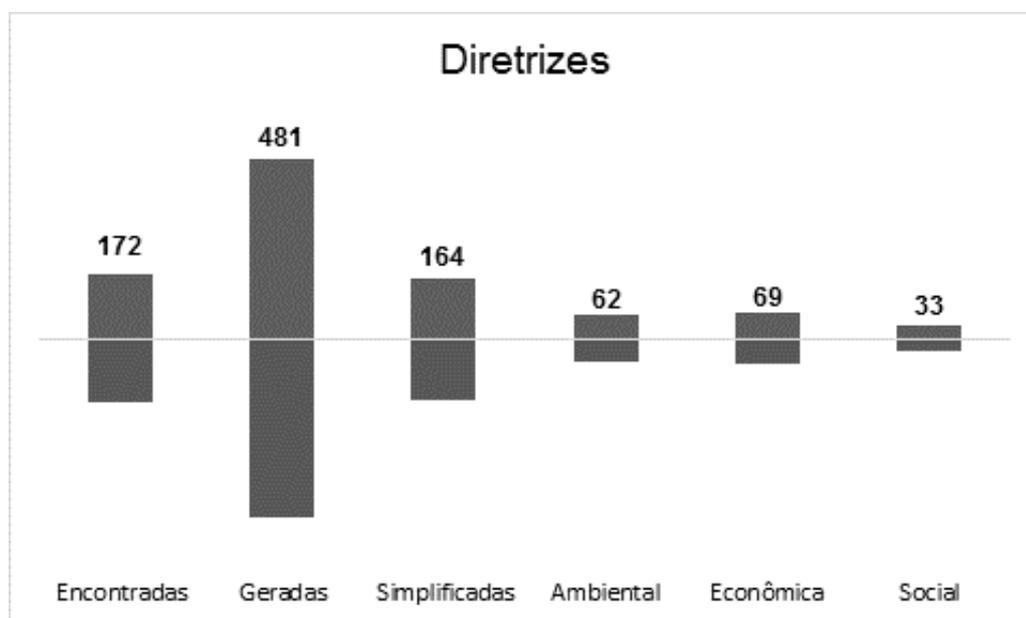
Na sequência, as diretrizes foram agrupadas por dimensão (ambiental, econômica e social) configurando a quarta fase. Observa-se a partir deste momento que os autores não são mais visíveis, passando a haver três blocos de diretrizes.

As diretrizes repetidas em conteúdo e em significado foram retiradas, perfazendo desta forma a quinta fase.

Para finalizar, as diretrizes restantes foram submetidas a um processo de simplificação dos conteúdos, com o cuidado de manter o conceito, constituindo a sexta fase. Para fins de simplificação, conceitos provenientes das teorias de Design como a Navalha de Occam, Análise Sincrônica ou Paramétrica foram utilizadas (LIDWELL; HOLDEN; BUTLER, 2010).

Ao todo foram reunidas 481 diretrizes provenientes da revisão literatura. Mediante os procedimentos de simplificação e adequação de vocabulário, 164 foram selecionadas para subsidiarem o usuário junto ao método EcoCicatriz® e distribuídas junto as dimensões. O Gráfico 2 apresenta estes valores.

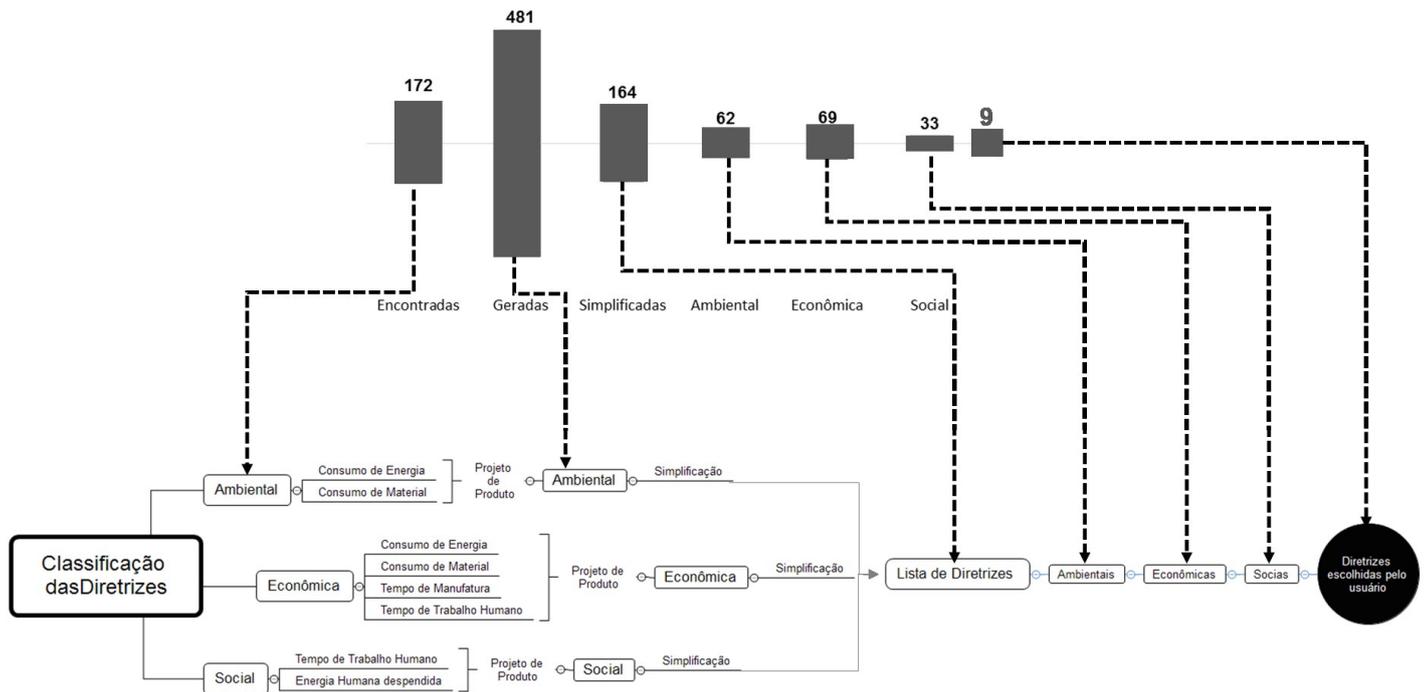
**Gráfico 2** – Número de diretrizes encontradas e as diretrizes utilizadas junto ao método.



**Fonte:** do autor.

A Figura 28 apresenta uma composição a qual indica como o processo de simplificação ocorreu.

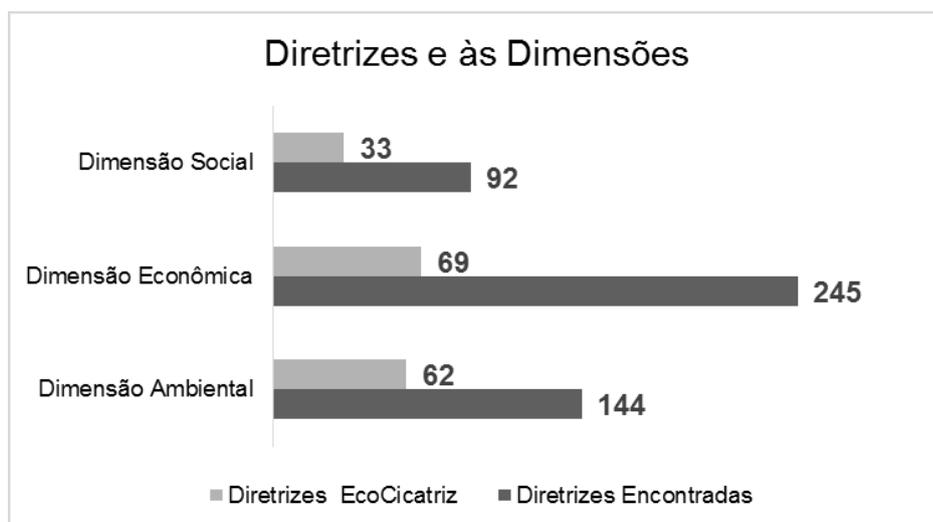
**Figura 28** – O processo de simplificação das diretrizes.



**Fonte:** do autor.

No que concerne às dimensões ambientais, econômicas e sociais, o Gráfico 3 apresenta o número de diretrizes associadas a cada uma, e o número utilizado para a escolha do usuário na aplicação do método EcoCicatriz®.

**Gráfico 3** – Diretrizes e a associação com as dimensões de sustentabilidade.



**Fonte:** do autor.

Mediante os procedimentos utilizados, foram formadas 3 listas, correspondendo a cada uma das dimensões. A sustentabilidade ambiental é referenciada pelas letras “S a”, a econômica por “Se” e a social por “Ss”. Os Quadros 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 apresentam as diretrizes juntamente com as referências bibliográficas de onde foram selecionadas.

**Quadro 4 – Diretrizes Sa ambientais.**

	<b>Dimensão Ambiental - S a</b>	<b>Pazmino</b>	<b>Pahl-Beitz</b>	<b>Back et alli</b>	<b>Manzini e Vezzoli</b>
1	Compactado para transporte				x
2	Compartilhado	x			
3	Confiável e Durável	x	x	x	x
4	De matérias-primas de baixo custo				x
5	De mono material	x			x
6	De fácil acesso as partes nocivas, valiosas e reusáveis	x			
7	De fácil limpeza	x	x		x
8	De material seguro	x			
9	De matérias-primas disponíveis	x	x	x	x
10	De matérias-primas não escassas	x	x	x	x
11	De pouca variação	x			
12	De pouco volume	x			
13	De poucos materiais diferentes			x	x
14	De uso coletivo				x
15	De vida útil longa	x	x	x	
16	Desligado automaticamente				x
17	Desmaterializado				x
18	Desmontado		x	x	x
19	Digitalizado				x
20	Dimensionado de forma otimizada		x		x
21	Durável	x		x	
22	Ecocompatível	x			x
23	Econômico na utilização de energias	x	x	x	x
24	Econômico no consumo de energia	x	x	x	x
25	Embalado sem excessos				x
26	Estruturado por nervuras				x
27	Fixado com menos elementos	x	x		
28	Leve	x			
29	Mais leve para a remoção e movimentação				x
30	Menos espesso				x
31	Miniaturizado	x			

**Fonte:** do autor.

**Quadro 5 - Diretrizes Sa ambientais.**

	<b>Dimensão Ambiental - Sa</b>	<b>Pazmino</b>	<b>Pahl-Beitz</b>	<b>Back et alli</b>	<b>Manzini e Vezzoli</b>
32	Minimamente obsoleto tecnológico			x	
33	Minimamente revestido				x
34	Minimamente embalado			x	
35	Modelado e projetado virtualmente				x
36	Modularizado	x	x	x	x
37	Modularizado de modo a concentrar elementos poluentes ou recicláveis	x			
38	Montado no local de uso				x
39	Não corrosivo	x		x	
40	Não gerador de resíduo	x	x	x	x
41	Não obsoleto materialmente			x	x
42	Projetado com limites e tolerâncias		x	x	
43	Projetado junto com a embalagem				x
44	Projetado para a funcionalidade		x		
45	Projetado para consumo rápido				x
46	Projetado para não desgastar	x			
47	Projetado para utilizar menos material		x		x
48	Projetado sem materiais compósitos			x	x
49	Projetado sem materiais corrosivos e perecíveis	x	x		
50	Projetado para consumo passivo de recursos.				x
51	Reaproveitado	x	x		x
52	Reciclado	x		x	x
53	Reciclado durante a utilização	x	x		
54	Recondicionado			x	x
55	Remanufaturado ou reformado	x	x	x	
56	Renovável	x	x	x	x
57	Reparado	x	x	x	x
58	Reposto	x			x
59	Reprocessado		x		x
60	Reutilizado por inteiro	x			x
61	Sem acabamentos secundários (pinturas, revestimentos, dentre outros)	x		x	
62	Tecnologicamente compatível		x	x	x

Fonte: do autor.

**Quadro 6 – Diretrizes Se econômicas.**

	<b>Dimensão Econômica - Se</b>	<b>Pazmino</b>	<b>Pahl-Beitz</b>	<b>Back et alli</b>	<b>Manzini e Vezzoli</b>
1	Baixa geração de perdas e refugos			x	x
2	Com baixa utilização de recursos naturais e energia	x	x	x	x
3	Com pouca embalagem.				x
4	Confiável e durável	x		x	
5	De alta densidade de transporte a armazenamento				x
6	De baixa variabilidade	x			
7	De baixo impacto ambiental	x	x	x	x
8	De fácil acesso as partes nocivas, valiosas e reusáveis	x			
9	De fácil limpeza	x	x		x
10	De fácil remoção de peso				x
11	De materiais e componentes duráveis.	x		x	
12	De materiais seguros	x			
13	De material aproveitável	x		x	x
14	De material com vida útil estendida	x	x	x	
15	De material não obsoleto			x	x
16	De matérias-primas de baixo custo				x
17	De matérias-primas abundantes	x	x	x	x

Fonte: do autor.

**Quadro 7** – Diretrizes Se econômicas.

Dimensão Econômica - Se	Pazmino	Pahl-Beitz	Back et alli	Manzini e Vezzoli
18 De uso coletivo.				x
19 De uso compartilhado	x			
20 De volume reduzido	x			
21 Desmaterializado				x
22 Desmontado com postura adequada			x	
23 Desmontado de forma destrutiva.			x	
24 Desmontado de forma não destrutiva			x	
25 Desmontado de forma simples e pessoal não treinado			x	
26 Desmontado para o reparo			x	
27 Desmontado sem ferramentas especiais			x	
28 Desmontável			x	x
29 Digitalizado				x
30 Ecocompatível	x			x
31 Estruturado por nervuras				x
32 Funcional	x	x	x	x
33 Leve	x			
34 Menos espesso				x

Fonte: do autor.

**Quadro 8** – Diretrizes Se econômicas.

Dimensão Econômica - Se	Pazmino	Pahl-Beitz	Back et alli	Manzini e Vezzoli
35 Miniaturizado	x			
36 Modular	x	x	x	x
37 Modularizado de modo a concentrar elementos poluentes ou recicláveis	x			
38 Mono material	x			x
39 Montável no local de uso				x
40 Não corrosivo e perecível	x		x	
41 Não gerador de resíduo	x	x	x	x
42 Projetado para a separação			x	
43 Projetado com limites e tolerâncias		x	x	
44 Projetado com a embalagem integrada				x
45 Projetado com consumo passivo de recursos				x
46 Projetado com o mínimo de elementos de fixação			x	
47 Projetado com o mínimo de materiais		x		x
48 Projetado para a menor utilização de material			x	x
49 Projetado para a reposição	x			x
50 Projetado para manutenção e reparação			x	

Fonte: do autor.

**Quadro 9** – Diretrizes Se econômicas.

Dimensão Econômica - Se	Pazmino	Pahl-Beitz	Back et alli	Manzini e Vezzoli
51 Projetado para utilização dos materiais descartados				x
52 Projetado, modelado e prototipado de forma virtual				x
53 Reaproveitado	x	x		x
54 Reciclado	x		x	x
55 Reciclado durante a utilização	x	x		
56 Recondicionado			x	x
57 Reformado	x	x	x	
58 Remanufaturado	x	x	x	
59 Renovável	x	x	x	x
60 Reprocessado		x		x
61 Resistente ao desgaste				
62 Reutilizado por inteiro	x			x
63 Reutilizável	x			x
64 Sem acabamentos secundários (pinturas, revestimentos, dentre outros)	x		x	
65 Sem excessos de dimensionamento		x		x
66 Sem excessos de embalagens			x	
67 Sem revestimentos superficiais e pinturas.	x		x	
68 Tecnicamente compatível.		x	x	x
69 Transportado com mínimo de consumo				x

Fonte: do autor.

**Quadro 10 – Diretrizes Ss sociais.**

Dimensão Social - Ss		Pazmino	Pahl-Beitz	Back et alli	Manzini e Vezzoli
1	Compactado com alta densidade de transporte e armazenagem.				x
2	Compartilhado com outros produtos				x
3	De limpeza fácil	x	x		x
4	Desmaterializado				x
5	Desmontado com postura adequada			x	
6	Desmontado de forma destrutiva.			x	
7	Desmontado de forma não destrutiva			x	
8	Desmontado para o reparo			x	
9	Desmontado por pessoal não treinado			x	
10	Desmontado sem ferramentas especiais			x	
11	Digitalizado				x
12	Fixado com menos elementos	x	x		
13	Mais durável com vida estendida	x	x	x	
14	Mais leve em massa	x			
15	Mais leve para a remoção e movimentação				x
16	Projetado para manutenção e reparação			x	
17	Menos obsoleto				x
18	Menos variável	x			
19	Menos volumoso	x			
20	Miniaturizado	x			
21	Modelado e prototipado virtualmente				x
22	Modulado	x	x	x	x
23	Montado no local de uso				x
24	Projetado para ser separado		x	x	x
25	Reciclado durante a utilização	x		x	x
26	Reformado				x
27	Remanufaturado				x
28	Reutilizado por inteiro	x			x
29	Sem acabamentos secundários (pinturas, revestimentos, dentre outros)	x		x	
30	Sem dimensionamento excessivo		x		x
31	Sem partes que não sejam estritamente funcionais		x		
32	Tecnologicamente limpo.				x
33	Usado coletivamente				x

**Fonte:** do autor.

Ao analisar cada quadro, nota-se que há repetição de diretrizes em diferentes dimensões. Esta condição ocorre em virtude da mesma diretriz atender as dimensões em diferentes narrativas e incorrer a graus de sustentabilidade distintos. Embora, recomenda-se ao usuário escolher diretrizes diferentes para a análise mas, trabalhar com a mesma diretriz junto as três dimensões não acarreta em comprometimento da aplicação do método.

#### 4.5 ESTABELECIMENTO DA FUNÇÃO SUSTENTABILIDADE

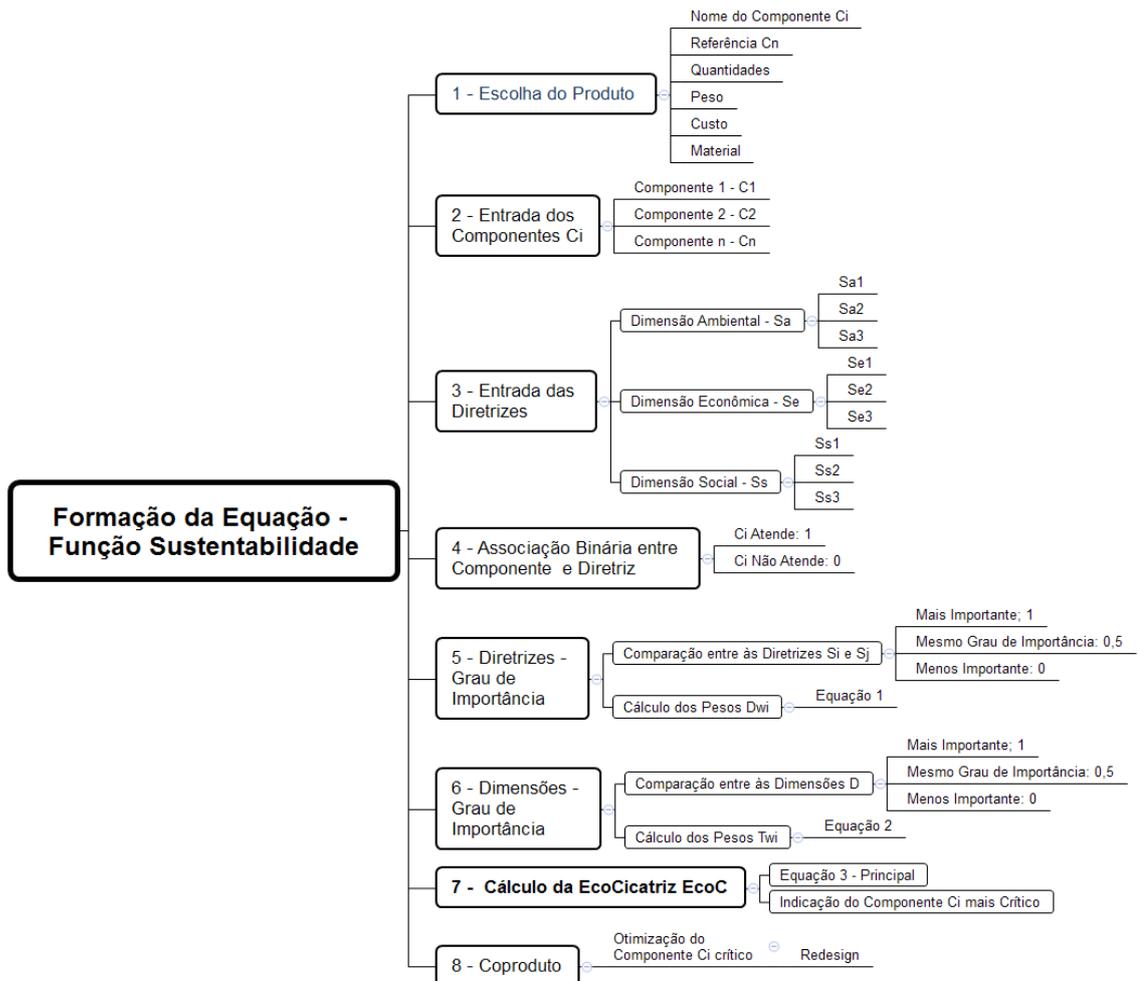
A equação para determinar a denominada Função Sustentabilidade foi criada para transformar questões qualitativas em quantitativas e, a partir do resultado, apresentar uma linha de ação para a melhoria do produto e componentes. De certa forma, sistematiza a entrada de

dados, cria um roteiro, executa a função e permite a comparação de resultados o que leva a uma análise em menor tempo e ágil.

Outra questão que envolve a equação é a criação de um modelo que permita a aplicação em muitos casos por meio da utilização da mesma sistemática de análise de modo a oferecer um padrão de aplicação.

A definição da função Sustentabilidade, a qual aponta o indicador combinado EcoCicatriz® (EcoC), considerou como referência a Matriz de Pugh (PUGH, 1989), apresentada por Back *et al.* (2008) e por Pahl *et al.* (2007) utilizada na classificação de produtos. A Figura 29 permite identificar a condição a montante com a entrada de dados, e a jusante com o resultado pretendido, sendo composta por 8 fases.

**Figura 29** – Criação da função Sustentabilidade. Etapas da formação do método EcoCicatriz®.



Fonte: do autor.

As seis primeiras fases são acompanhadas pelos dados do produto e considerações do usuário. A sétima fase corresponde à aplicação da função Sustentabilidade, em que ocorre o cálculo do indicador EcoCicatriz®. Na oitava fase ocorrem as melhorias sobre o componente C menos sustentável e a interação entre o pesquisador e o usuário.

A escolha do produto a ser analisado fica a cargo do usuário. A princípio não há uma diretiva sobre esta questão, mas, uma pergunta pode ser feita no intuito de nortear a decisão: qual produto você gostaria de otimizar de modo a tornar mais sustentável tendo em vista os componentes? A pergunta deve girar em torno do conceito de “mais sustentabilidade”. A partir desta escolha se define a fronteira sobre o produto e componentes.

Nas fases 1 e 2 são citados o nome do produto, o nome dos componentes (Ci), quantidades, peso, custo e material. Caso o usuário entenda como importante, ele pode alocar mais informações. Os componentes passam então a ser referenciados por letras e números, como por exemplo: C1, C2, Cn.

As diretrizes são escolhidas na fase 3. Neste ponto, tendo como referência a lista de diretrizes pertencentes a cada uma das dimensões ambientais (Sa), econômicas (Se) e sociais (Ss), três diretrizes de cada uma são escolhidas perfazendo, um total de nove. Esta escolha deve envolver as características do produto ou o que se espera do desempenho quanto à sustentabilidade. As diretrizes passam a ser referenciadas por Sa1, San, Se1, Sen, Ss1, Ssn de acordo com as dimensões que representam. Deve-se mencionar que três diretrizes são escolhidas de cada dimensão porque se está utilizando a chamada “Regra dos 3” (LUPTON, 2017), compreendida como mais um recurso metodológico oriundo da área de Design.

Definidas as diretrizes de sustentabilidade, dispostas em coluna, os componentes Ci em linha, por meio de uma escolha binária a qual indica se o componente atende (1) ou não atende (0) a diretriz correspondente, forma-se a primeira matriz. A característica é binária e a relação do componente com a diretriz é definida pelo usuário. O resultado consiste em indicar o número de diretrizes (ambientais, econômicas e sociais) atendidas. A chamada Matriz Binária, conhecida como matriz de dominância, (Tabela 2) utilizada nesta etapa permite com que o somatório das colunas identifique o atendimento das diretrizes pelo componente em questão (BACK *et al.*, 2008); (PAHL *et al.*, 2007). Há uma classificação, não definitiva, de um componente potencial sujeito a um valor maior do indicador EcoCicatriz®.

**Tabela 2** – Matriz Binária.

Diretrizes S	Componentes C				
	C1	C2	C3	C4	C5
Sa1					
Sa2					
Sa3					
Se1					
Se2					
Se3					
Ss1					
Ss2					
Ss3					

**Legenda:**  
 Atende: 1  
 Não Atende: 0

**Fonte:** do autor.

A segunda matriz relaciona as diretrizes, denominada Matriz de Importância das Diretrizes, e apresenta o grau de importância de uma diretriz em relação a outra. Estes valores são definidos pelo usuário. São dispostas tanto em linha quanto em coluna. Os valores seguem a seguinte escala: mais importante = 1; mesma importância = 0,5; menos importante = 0 (zero). A Tabela 3 apresenta a estrutura desta matriz onde as diretrizes são representadas pela letra “S maiúscula” seguidas de um número.

**Tabela 3** – Matriz de Importância das diretrizes.

		Diretrizes										Soma da linha	Pesos
		Sa1	Sa2	Sa3	Se1	Se2	Se3	Ss1	Ss2	Ss3	Di	Dwi	
Diretrizes	Sa1												
	Sa2												
	Sa3												
	Se1												
	Se2												
	Se3												
	Ss1												
	Ss2												
	Ss3												
	$\Sigma D_j$												

**Fonte:** do autor.

Os pesos  $D_{wi}$  de cada diretriz são determinados junto a esta matriz. Desta forma, se estabelece a Equação (1).

$$D_{wi} = \frac{D_i}{\sum_{j=1}^n D_j} \quad (1)$$

Onde:

$D_i$ : soma das linhas;

$D_j$ : soma das colunas;

$D_{wi}$ : peso das diretrizes.

Para a comparação entre as dimensões ambiental, econômica e social, é criada a terceira matriz (Matriz de Importância das Dimensões), em que se define o grau de importância entre as dimensões. A Tabela 4 apresenta a estrutura da matriz:

**Tabela 4** – Matriz de Importância das dimensões.

	Dimensões			Soma da Linha	Pesos
Dimensões	Ambiental	Econômica	Social	Ti	Twi
Ambiental					
Econômica					
Social					
	$\Sigma T_j$				

**Fonte:** do autor.

A disposição dos valores estabelecidos pelo usuário ocorre em linhas e colunas, e compreendem uma escala em que a comparação entre as dimensões considera: mais importante = 1; mesma importância = 0,5; menos importante = 0 (zero). Nesse contexto tem-se a Equação (2).

$$Twi = \frac{Ti}{\sum_{j=1}^n Tj} \quad (2)$$

Onde:

Ti: soma das linhas;

Tj: soma das colunas;

Twi: peso das dimensões.

Na sequência, se apresenta a terceira matriz, a qual calcula a EcoCicatriz®, constituindo a sétima fase. A Tabela 5 apresenta a constituição.

**Tabela 5** – Terceira Matriz – O cálculo da EcoCicatriz®.

Diretrizes	Twi Peso das Dimensões	Dwi Peso das Diretrizes	Cij						Twi x Dwi x Cij					
			C1	C2	C3	C4	C5	C_ideal	C1	C2	C3	C4	C5	C_ideal
S1								1						
S2								1						
S3								1						
S4								1						
S5								1						
S6								1						
S7								1						
S8								1						
S9								1						
								$\Sigma$						

**Fonte:** do autor.

A constituição dessa matriz considera as diretrizes elencadas, o peso das dimensões  $T_{wi}$ , o peso das Diretrizes  $D_{wi}$  e a Matriz Binária dos componentes  $C$ . Ainda, apresenta o Componente  $C_{ideal}$  ( $C_{ideal}$ ).

O Componente  $C_{ideal}$  atende a todas as diretrizes definidas pelo usuário. Junto a Matriz Binária o valor equivale a 1. Reitera-se que não faz parte do produto e a função consiste em gerar uma referência a ser comparada junto aos demais componentes. O valor do  $C_{ideal}$  é resultado do somatório dos valores das Diretrizes  $S$  calculados junto a Função Sustentabilidade Ideal ( $FS_i$ ) apresentada na Equação 3.

$$FS_i = \sum_{i=1}^n T_{wi} * D_{wi} * C_{ideal} \quad (3)$$

Onde:

$FS_i$ : Função Sustentabilidade de um Componente  $C_{ideal}$ ;

$T_{wi}$ : Peso das Dimensões;

$D_{wi}$ : Peso das Diretrizes;

$C_{ideal}$ : indica a relação do Componente  $C_{ideal}$  com as Diretrizes  $S$  pré-estabelecidas.

O cálculo segue com a Equação 4 a qual equaciona as variáveis de modo a definir a Função Sustentabilidade de um Componente  $C$  aleatório.

$$FS = \sum_{i=1}^n T_{wi} * D_{wi} * C_{i,j} \quad (4)$$

Onde:

$FS$ : Função Sustentabilidade de um Componente  $C$  aleatório;

$T_{wi}$ : Peso das Dimensões;

$D_{wi}$ : Peso das Diretrizes;

$C_{i,j}$ : Matriz de Relação do componente com as diretrizes pré-estabelecidas.

A EcoCicatriz® de um componente é definida pela Equação 5.

$$EcoC = FS_i - FS \quad (5)$$

Onde:

$EcoC$ : EcoCicatriz® de um Componente  $C$ ;

$FS_i$ : considera  $\sum C_{ideal}$  (Componente  $C_{ideal}$ ); e,

$FS$ : considera  $\sum C_{ij}$  (Componente  $C$ ) aleatório.

À diferença entre os dois valores é a EcoCicatriz® de um determinado Componente C. Ou seja, quanto maior o valor da EcoC mais crítico é o componente o que significa que ele atendeu a um número menor de diretrizes se comparado aos demais.

Dois gráficos são gerados: o primeiro aponta o componente crítico e o segundo o valor da EcoCicatriz®.

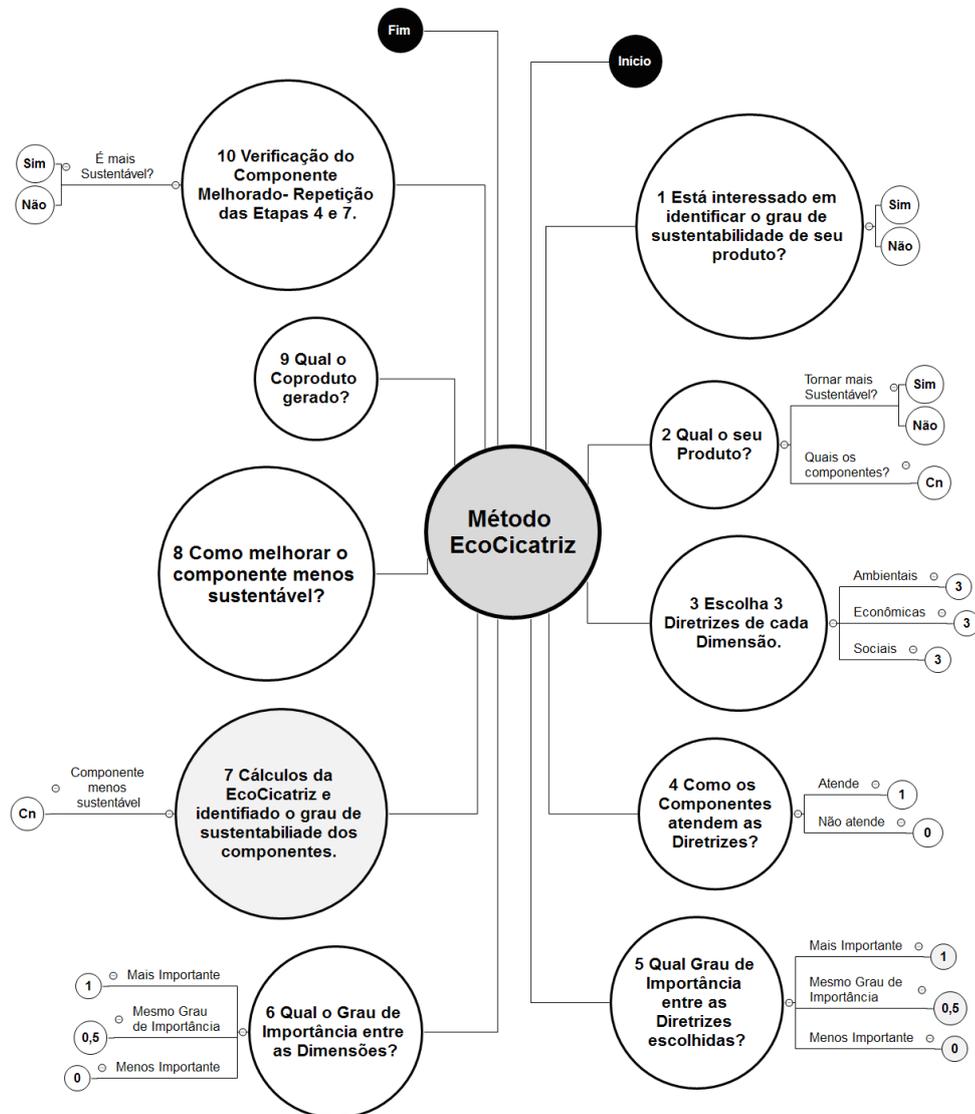
A análise finaliza com indicações dos requisitos de projeto voltados a melhoria do componente com a maior EcoCicatriz®. A ação seguinte consiste em modificar, alterar ou redefinir as características do componente como forma, função, materiais, peso, texturas, cores, encaixes e até mesmo a substituição. O componente melhorado pode ser submetido à análise das diretrizes, retornando a segunda fase, o que faz com que um laço de verificação das novas características possam ser reavaliadas.

## 5 APLICAÇÃO DO MÉTODO

A aplicação do método EcoCicatriz® ocorre em 10 etapas. Primeiramente, posterior ao contato inicial com o usuário, se realiza o *briefing* do produto, em que características de forma, função e utilidade são apresentadas (SCHNEIDER, 2010). É obtida uma síntese de informações repassadas pelo usuário com o acompanhamento do pesquisador.

A sistemática de aplicação, pode ser entendida conforme a apresentação mostrada na Figura 30. A leitura deve ser realizada em sentido horário (da direita para a esquerda em movimento circular) e aponta as fases pelas quais o usuário desenvolve todo o processo de aplicação do método EcoCicatriz®.

**Figura 30** – Sistemática de aplicação do método EcoCicatriz®.



Fonte: do autor.

Na etapa 1 o usuário manifesta interesse em aplicar os conceitos de sustentabilidade junto a um produto. Na etapa 2 são feitos os levantamentos sobre o produto escolhido e os componentes. Uma figura que represente o produto e componentes é criada no intuito de identificar todos os elementos. Fotos e desenhos esquemáticos podem ser incorporados ao *briefing* que ocorre nesta etapa. Em todo momento há uma validação junto ao usuário quanto à assertividade da composição.

A etapa 3 consiste na escolha das diretrizes que mais atendem ao produto em questão. Esta ação é realizada pelo usuário. São escolhidas 3 diretrizes de cada uma das dimensões ambientais, econômicas e sociais. As diretrizes escolhidas são marcadas com “x” nas 3 listas disponibilizadas. Diante desta etapa vale considerar que, de acordo com Albert Einstein apud Gompertz (GOMPERTZ, 2015) sobre a reunião de conceitos e sentidos, tem-se: “O jogo combinatório parece ser a característica essencial do pensamento produtivo”. Objetiva-se combinar ideias, realizar algumas conexões possíveis e editar as mais favoráveis para que uma narrativa possa ser apresentada. Foi com base nesta reflexão que a combinação das diretrizes foi proposta.

A associação entre os componentes com as diretrizes são realizadas na etapa 4. Forma-se a Matriz Binária a qual apresenta se o componente atende ou não determinada diretriz sob o entendimento do usuário.

O grau de importância entre uma diretriz  $S_i$  e outra diretriz  $S_j$  é determinada na etapa 5. Novamente o usuário faz as inferências necessárias alocando valores 0 (zero), 0,5 e 1 de acordo com a importância percebida. Calcula-se os pesos  $D_{wi}$ .

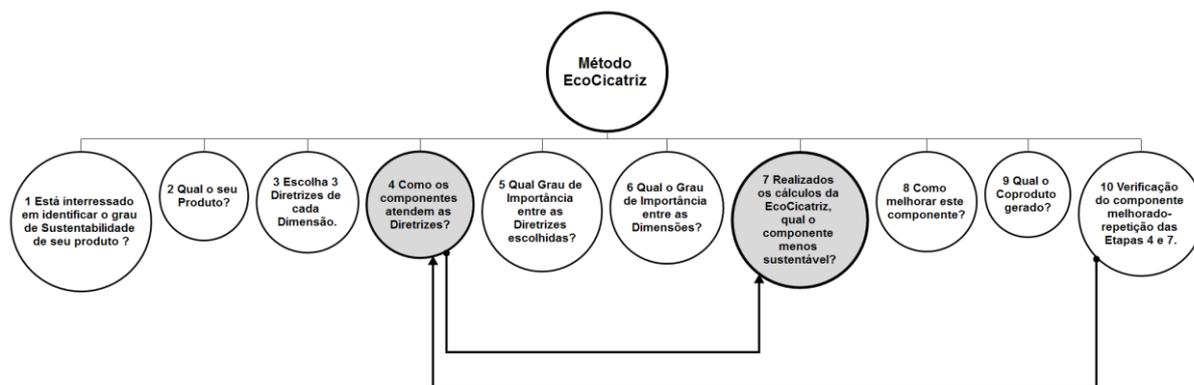
A Matriz de Importância das Dimensões são avaliadas na etapa 6. Seguindo o mesmo procedimento da etapa 5, o grau de importância é determinado. De certa forma, o usuário é sujeito a considerar todas as dimensões, e não apenas os critérios de ordem ambiental que estão presentes neste tipo de análise. Os pesos  $T_{wi}$  são calculados, de acordo com a Tabela 6.

A etapa 7 compreende o cálculo realizado pela função Sustentabilidade. Todas as matrizes com entrada de dados e análises estão reunidas em formato de pesos atribuídos. Determina-se a EcoCicatriz® e o componente C menos sustentável é identificado. Graficamente se percebe as diretrizes atendidas ou não.

A melhoria ocorre na etapa 8, onde o componente C é avaliado de modo que a EcoCicatriz® seja diminuída e se torne mais sustentável. O componente C pode ser trocado, o material substituído ou, até mesmo, o projeto reavaliado. Desta forma se identifica um “ponto de início” voltado a ações de sustentabilidade.

Na etapa 9 um produto modificado e mais sustentável é apresentado originando em coproduto. O componente C melhorado pode ser avaliado de modo a atestar a nova condição e verificar se atende as diretrizes propostas caso seja de interesse do usuário. A etapa 10 apresenta esta condição. Ao efetuar esta operação, o método EcoCicatriz® gera um laço de realimentação em que a etapa 4 desencadeia uma nova análise. A Figura 3 apresenta como esta ação ocorre.

**Figura 31** – Processo de verificação do componente na condição de laço.

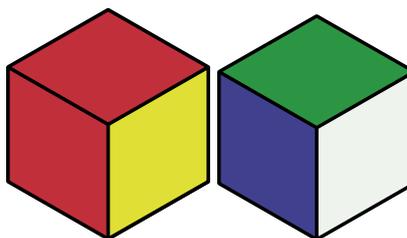


Fonte: do autor.

O método EcoCicatriz® deve contribuir com a transição dos componentes em direção à maior sustentabilidade possível, dentro das condições tecnológicas existentes. De acordo com Vezzoli (2017), “a transição para a sustentabilidade é percebida por vários caminhos. O intuito é indicar mais um caminho possível”.

### 5.1 - APLICAÇÃO DO MÉTODO ECOCICATRIZ® – TESTE EM UM PRODUTO FICTÍCIO

O método EcoCicatriz® é demonstrado por meio de uma aplicação em um produto fictício. Esta questão permite com que o entendimento da metodologia esteja ao alcance de usuários de diversos níveis de compreensão em se tratando de produtos e componentes. A Figura 32 apresenta o produto em formato de um cubo, os dados são fictícios e utilizados para fins de demonstração e de entendimento da sistemática.

**Figura 32** – Produto Cubo – Fictício.

Fonte: do autor.

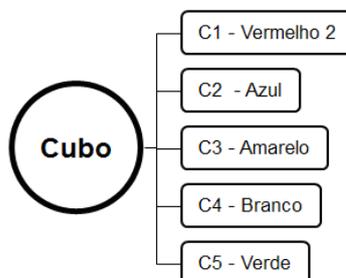
Os dados de entrada do produto Cubo são apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6** – Dados de Entrada do produto Cubo.

Componentes	Referência	Quantidades	Peso (massa)	Custo	Material
Vermelho	C1	2	40g	R\$ 4,00	PP
Azul	C2	1	20g	R\$ 2,00	PP
Amarelo	C3	1	20g	R\$ 2,00	PP
Branco	C4	1	20g	R\$ 2,00	PP
Verde	C5	1	20g	R\$ 2,00	PP

Fonte: do autor.

Na sequência, uma representação gráfica equivalente a um “mapa conceitual”, Figura 33, indica os componentes correspondentes, juntamente com a referência, C1, C2, Cn, e assim sucessivamente. Cabe ao usuário apresentar os componentes.

**Figura 33** - Mapa conceitual do produto Cubo e componentes.

Fonte: do autor.

As diretrizes são definidas pelo usuário e o Quadro 11 apresenta uma escolha possível.

**Quadro 11** – Diretrizes escolhidas pelo usuário.

Atendem as Dimensões	Diretrizes
Ambiental	S1
	S2
	S3
	S4
Econômica	S5
	S6
	S7
Social	S8
	S9

Fonte: do autor.

Seguindo a sistemática, forma-se a Matriz Binária em que os componentes são associados às diretrizes de acordo com o atendimento ou não do conceito. A Tabela 7 apresenta a disposição dos dados.

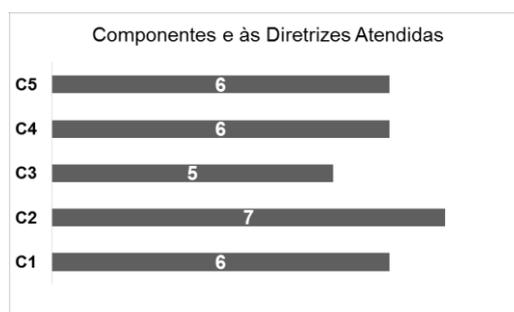
**Tabela 7** – Matriz Binária a qual relaciona os componentes com as diretrizes do Cubo.

Atendem as Dimensões	Diretrizes	Componentes C				
		C1	C2	C3	C4	C5
Ambiental	S1	1	1	0	1	1
	S2	1	0	1	0	1
	S3	1	1	0	1	1
	S4	0	1	1	0	0
Econômica	S5	1	1	1	1	1
	S6	0	0	0	0	0
	S7	1	1	1	1	1
Social	S8	0	1	0	1	0
	S9	1	1	1	1	1

Fonte: do autor.

No intuito de exemplificar, um gráfico – Gráfico 4 - pode ser gerado de modo a identificar um componente potencial, mas não definitivo, que apresentará a maior EcoCicatriz®.

**Gráfico 4** – Componente potencial.



Fonte: do autor.

A Matriz de Importância das diretrizes permite a relação entre as diretrizes escolhidas pelo usuário determinando desta forma o grau de importância. Os pesos Dwi são calculados. A Tabela 8 apresenta estes dados.

**Tabela 8** – Matriz de Importância das diretrizes e o grau de importância estabelecido.

	Diretrizes									Soma da linha	Pesos
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9		
Diretrizes	S1	1	1	0	0	0,5	1	1	0	4,5	0,0978
	S2	1	1	0	0	1	0,5	0	0	3,5	0,0761
	S3	1	0	1	1	1	0,5	1	0	4,5	0,0978
	S4	0	0	1	1	1	1	1	0,5	5,5	0,1196
	S5	0	1	1	1	1	1	1	1	7	0,1522
	S6	0,5	0,5	0	1	1	1	0,5	1	5,5	0,1196
	S7	1	0	0,5	1	1	0,5	0,5	1	5,5	0,1196
	S8	1	0	1	0,5	1	1	0,5	0	5	0,1087
	S9	0	1	0	1	1	1	1	0	5	0,1087

Fonte: do autor.

Seguindo o mesmo sistemática, a Matriz de Importância das Dimensões permite calcular o grau de importância e o peso das dimensões a ser aplicado para o cálculo da EcoCicatriz®. A Tabela 9 apresenta como a dinâmica é realizada.

**Tabela 9** - Matriz de Importância das Dimensões.

Dimensões			Soma da Linha	Pesos	
Dimensões	Ambiental	Econômica	Social	Ti	Twi
Ambiental		1	1	2	0,33333
Econômica	1		1	2	0,33333
Social	1	1		2	0,33333

**Fonte:** do autor.

Um dos pontos importantes do método EcoCicatriz® consiste na reunião dos dados de entrada e o cálculo da função Sustentabilidade. O resultado calcula a EcoCicatriz® de modo a indicar o componente C menos sustentável.

A Tabela 10 apresenta os dados e o cálculo realizado.

**Tabela 10** - A Função Sustentabilidade do Cubo.

Atendem as Dimensões	Diretrizes	Twi	Dwi	Cij					Twi x Dwi x Cij						
		Peso das Dimensões	Peso das Diretrizes	C1	C2	C3	C4	C5	C_ideal	C1	C2	C3	C4	C5	C_ideal
Ambiental	S1	0,33	0,0978	1	1	0	1	1	1	0,0323	0,0323	0	0,0323	0,0323	0,0323
	S2	0,33	0,0761	1	0	1	0	1	1	0,0251	0	0,0251	0	0,0251	0,0251
	S3	0,33	0,0978	1	1	0	1	1	1	0,0323	0,0323	0	0,0323	0,0323	0,0323
	S4	0,33	0,1196	0	1	1	0	0	1	0	0,0395	0,0395	0	0	0,0395
Econômica	S5	0,33	0,1522	1	1	1	1	1	1	0,0502	0,0502	0,0502	0,0502	0,0502	0,0502
	S6	0,33	0,1196	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,0395
	S7	0,33	0,1196	1	1	1	1	1	1	0,0395	0,0395	0,0395	0,0395	0,0395	0,0395
Social	S8	0,33	0,1087	0	1	0	1	0	1	0	0,0359	0	0,0359	0	0,0359
	S9	0,33	0,1087	1	1	1	1	1	1	0,0359	0,0359	0,0359	0,0359	0,0359	0,0359
<b>Σ</b>										0,2152	0,2654	0,1901	0,226	0,2152	<b>0,33</b>

**Fonte:** do autor.

Segue com a aplicação da equação 5 apresentada anteriormente, a qual:

$$\text{EcoC} = \text{FSi} - \text{FS} \quad (5)$$

Onde:

FSi: considera  $\Sigma C_{\text{ideal}}$  (Componente  $C_{\text{ideal}}$ ); e,

FS: considera  $\Sigma C_{ij}$  (Componente C) aleatório.

A Tabela 11 apresenta o resultado.

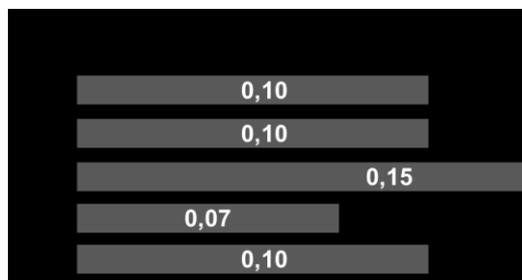
**Tabela 11** – Resultados da aplicação da equação 5.

	C1	C2	C3	C4	C5
<b>FS C_ideal</b>	0,3272	0,3272	0,3272	0,3272	0,3272
<b>FS</b>	0,2228	0,2609	0,1804	0,225	0,2228
<b>EcoC</b>	<b>0,10</b>	<b>0,07</b>	<b>0,15</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>

**Fonte:** do autor.

O componente com o menor grau de sustentabilidade identificado na Função Sustentabilidade é apresentado de forma gráfica, Gráfico 5.

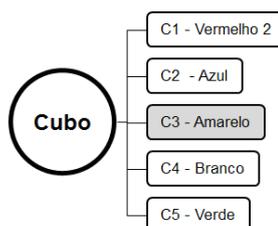
**Gráfico 5** – Componentes e os respectivos valores da EcoCicatriz®.



**Fonte:** do autor.

O componente que possui o maior valor de EcoCicatriz® é identificado e apresentado na Figura 34 sendo denominado o “componente com menor grau de sustentabilidade”.

**Figura 34** – Identificação do componente C menos sustentável.

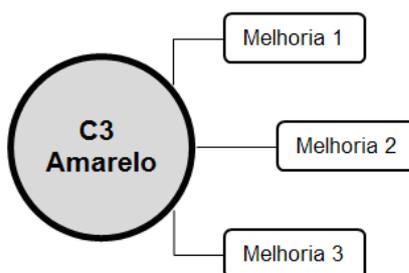


**Fonte:** do autor.

Todavia, os resultados oferecidos pela Tabela 13 permitem identificar o componente com a maior (C3) e menor (C2) EcoCicatriz®. Desta forma, o resultado desejado sobre qualquer componente deve ser próximo de zero, ou zero o que significa que não há “cicatriz” com referência as diretrizes definidas pelo usuário.

O método finaliza com a determinação de potenciais melhorias, conforme apresentado na Figura 35.

**Figura 35** – Melhorias possíveis no componente C3.



**Fonte:** do autor.

A geração de melhorias voltadas ao componente com a maior EcoCicatriz® de modo a fornecer requisitos de projeto que o tornem mais sustentável ocorre em primeira instância com a utilização de um *brainstorming* para levantamento de ideias entre usuário e equipe ou usuário e pesquisador. Não há uma *práxis* pré-definida de qual metodologia possa ser utilizada pelo usuário. Cabe a este, com base nos recursos (formais ou não), definir a melhor prática a qual seja do conhecimento e trato diário.

De modo a complementar a informação anterior, é necessária a utilização de métodos de investigação e procura de ideias ou exploração de situações de design. Algumas das recomendações consistem em utilizar análise sincrônica ou paramétrica em detrimento da comparação entre componentes existentes e novas possibilidades de substituição as quais podem ser amparadas por uma matriz morfológica. Ainda, análise funcional em virtude das características dos componentes melhorados e, mapas conceituais para a representação da relação entre os componentes.

## 5.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO ECOCICATRIZ® – TESTE EM PRODUTOS EXISTENTES

Nesta subsecção são apresentadas 7 aplicações do método EcoCicatriz® de modo a avaliar a sistemática em produtos reais nos contextos e narrativas dos usuários.

O Quadro 11 apresenta os usuários envolvidos nesta avaliação juntamente com os produtos que foram submetidos a melhorias voltadas à sustentabilidade.

**Quadro 11** – Usuários e produtos envolvidos na aplicação do método EcoCicatriz®.

Usuários	Produtos
ACME 1	Caixa de transmissão Concha Conjunto Frontal
ACME 2	Banco
ACME 3	Suco de Frutas Prensadas
ACME 4	Artesanato
ACME 5	Apito - Manufaura
ACME 6	Caixas para Ferramentas de Corte
ACME 7	Fardo de Aparas

**Fonte:** do autor.

Para facilitar a locação dos dados, planilhas do software Excel (Microsoft) foram utilizadas como plataforma para lançamento e roteiro do método EcoCicatriz®. As planilhas

apresentam quadros com citações bibliográficas, análises e considerações sobre a metodologia e os procedimentos a serem executados tanto pelo pesquisador quanto pelo usuário. Desta forma, a configuração gráfica das tabelas utilizadas pelo usuário foram mantidas ao longo da apresentação dos casos.

O método foi aplicado em empresas de médio e pequeno porte e a usuários sob a condição de MEI (Microempreendedor Individual).

Contudo, durante a aplicação aos usuários, as matrizes Binária, Grau de Importância das Diretrizes e Grau de Importância das Dimensões foram impressas juntamente com as diretrizes definidas de modo a proporcionar maior interação e visualização, permitindo desta forma a redução da tensão cognitiva (KAHNEMAN, 2012). Esta ação facilitou a comparação e o preenchimento dos valores binários e dos graus de importância.

A aplicação inicia com uma explicação do método EcoCicatriz®, e qual o resultado esperado. Em todo momento são colocados os conceitos de sustentabilidade de forma mais simplificada e de aplicação direta sobre o produto e componentes. A escolha do que será analisado e qual o formato que se pretende dar à separação dos componentes fica a critério do usuário com recomendações do pesquisador, caso necessário. Nesta etapa se define a fronteira da análise, não considerando condições a montante e a jusante do mesmo. Se identifica se há alguma ação formal (norma, documento, registro, política) que possa considerar a sustentabilidade do produto, a qual é relevada pelo usuário.

Na sequência são apresentadas as aplicações e resultados.

### **5.2.1 Empresa de Implementos Agrícolas - ACME 1**

Trata-se de uma empresa de médio porte que fabrica implementos agrícolas voltados à produção e colheita de grãos, beneficiamento de pastagens e transporte de insumos e produtos agrícolas. Ela desenvolve equipamentos e soluções voltadas às necessidades da agricultura e da agropecuária.

A aplicação do método EcoCicatriz® ocorreu em 3 produtos: Caso A: conjunto frontal, Caso B: concha e Caso C: caixa de transmissão da plantadeira.

As diretrizes definidas pelo usuário foram utilizadas em igual conteúdo junto aos produtos, de modo que algumas considerações possam ser realizadas. O Quadro 12 apresenta as diretrizes selecionadas.

**Quadro 12** – Diretrizes definidas para a análise – ACME 1.

<b>Dimensão Ambiental</b>	
<b>1</b>	Compactado para transporte
<b>4</b>	De matérias-primas de baixo custo
<b>36</b>	Modularizado
<b>Dimensão Econômica</b>	
<b>1</b>	Baixa geração de perdas e refugos
<b>17</b>	De matérias-primas abundantes
<b>50</b>	Projetado para manutenção e reparação
<b>Dimensão Social</b>	
<b>10</b>	Desmontado sem ferramentas especiais
<b>21</b>	Modelado e prototipado virtualmente
<b>31</b>	Sem partes que não sejam estritamente funcionais

**Fonte:** do autor:

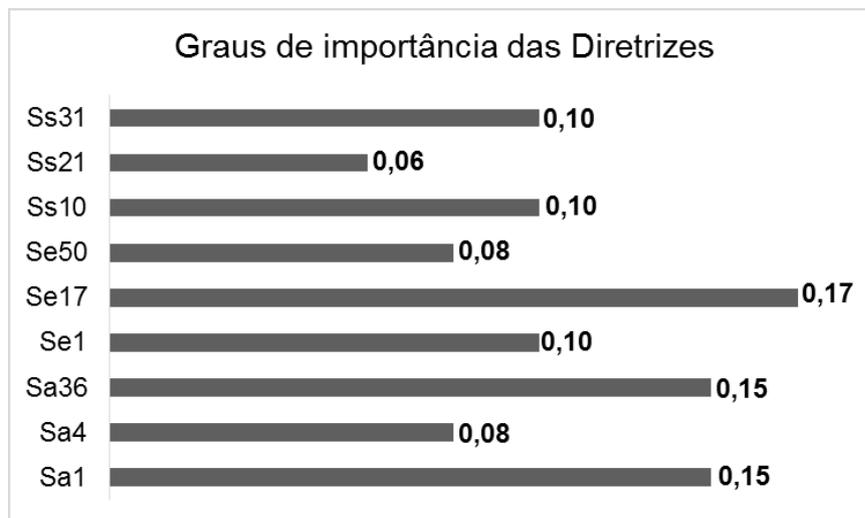
Definidas as diretrizes, parte-se para o estabelecimento do grau de importância definido pelo usuário e o cálculo do peso Dwi, originando a Matriz de Importância das diretrizes apresentadas na Tabela 12.

**Tabela 12** – Matriz de Importância das diretrizes ACME 1.

		<b>Diretrizes</b>									<b>Soma da linha</b>	<b>Pesos</b>
		<b>Sa1</b>	<b>Sa4</b>	<b>Sa36</b>	<b>Se1</b>	<b>Se17</b>	<b>Se51</b>	<b>Ss10</b>	<b>Ss21</b>	<b>Ss31</b>	<b>Di</b>	<b>Dwi</b>
<b>Diretrizes</b>	<b>Sa1</b>		1	0	0	1	0	0,5	0	1	3,5	0,1458
	<b>Sa4</b>	1		0	0	1	0	0	0	0	2	0,0833
	<b>Sa36</b>	0	0		1	1	0,5	0,5	0,5	0	3,5	0,1458
	<b>Se1</b>	0	0	1		1	0	0	0,5	0	2,5	0,1042
	<b>Se17</b>	1	1	1	1		0	0	0	0	4	0,1667
	<b>Se50</b>	0	0	0,5	0	0		1	0	0,5	2	0,0833
	<b>Ss10</b>	0,5	0	0,5	0	0	1		0	0,5	2,5	0,1042
	<b>Ss21</b>	0	0	0,5	0,5	0	0	0		0,5	1,5	0,0625
	<b>Ss31</b>	1	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5		2,5	0,1042
										<b>24</b>	<b>1,0000</b>	

**Fonte:** do autor.

Pode-se identificar quais as 3 diretrizes de maior importância para o Usuário, conforme o Gráfico 6.

**Gráfico 6** – Diretrizes e a importância de acordo com o usuário.

Fonte: do autor.

Nesta primeira análise pode-se confrontar a percepção do usuário com os graus de importância designados de modo a verificar se atendem a expectativa com relação às diretrizes. Caso seja considerado importante rever algumas atribuições, o processo de atribuição dos graus de importância pode ser revisto. Com base nos dados do Gráfico 6, as diretrizes com maior peso foram as seguintes:

- Se 17: de matérias-primas abundantes;
- S a 36: Modularizado; e
- S a 1: Compactado para transporte.

Para o usuário, essas diretrizes estavam de acordo com a percepção e, portanto, os valores foram mantidos.

Na sequência o usuário define os graus de importância da Matriz de Importância das Dimensões, e o peso Twi é calculado. A Tabela 13 apresenta os resultados obtidos.

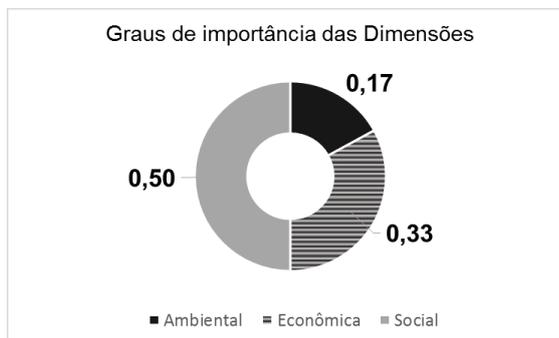
**Tabela 13** – Matriz de Importância das Dimensões ACME 1.

Dimensões	Dimensões		Soma da Linha	Pesos
	Ambiental	Econômica	Ti	Twi
Ambiental		0	0,5	0,17
Econômica	0		1	0,33
Social	0,5	1	1,5	0,50

Fonte: do autor.

Para o usuário, as dimensões sociais são mais preponderantes, seguidas das questões ambientais e sociais com mesmo valor. O Gráfico 7 apresenta esta condição.

**Gráfico 7** – As dimensões e a importância para o usuário.



**Fonte:** do autor.

As duas matrizes apresentadas anteriormente serão utilizadas junto aos produtos definidos. A variação ocorrerá na Matrix Binária, a qual possui características diferentes de produto para produto. Segue a aplicação em cada produto:

**Caso A:** Produto Conjunto Frontal.

Briefing: equipamento para carga e descarga de fertilizantes, corretivos, e outros materiais. Auxilia nas tarefas de nivelamento e limpeza de solo. É adequada a potência de 50 CV a 200 CV, obedecendo ao modelo de equipamento. Consiste de um sistema de acoplamento do conjunto ao trator com engate rápido. É fabricado em estrutura em aço carbono com capa protetora de mangueiras e, ainda, possui adaptador de acoplamento com posição de fixação do eixo dianteiro ao eixo traseiro do trator. A Figura 36 apresenta o produto Conjunto Frontal.

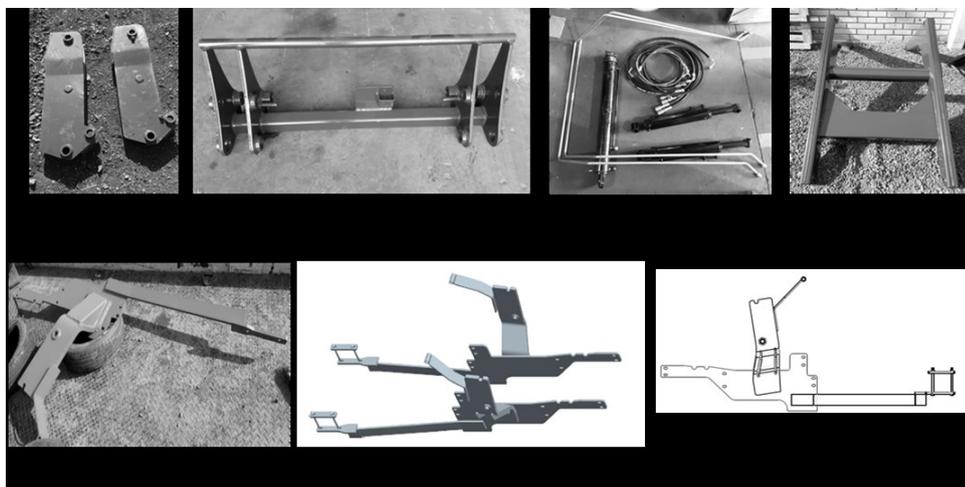
**Figura 36** – Conjunto Frontal.



**Fonte:** ACME 1.

A Figura 37 os componentes analisados.

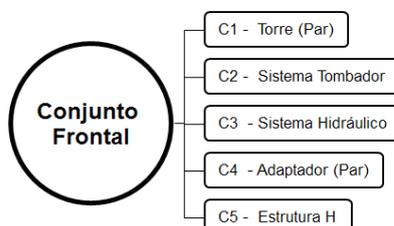
**Figura 37** – Componentes do Conjunto Frontal analisados (a, b, c, d, e e f).



**Fonte:** ACME 1.

A Figura 38 indica o número de componentes.

**Figura 38** – Componentes do Conjunto Frontal.



**Fonte:** do autor.

Seguindo a sistemática, é apresentada a Matriz Binária. A Tabela 14 apresenta a disposição dos dados.

**Tabela 14** – Matriz Binária, a qual relaciona os componentes com as diretrizes – Conjunto Frontal.

Atendem as Dimensões	Diretrizes	Componentes				
		C1	C2	C3	C4	C5
Ambiental	Sa1	1	1	0	1	0
	Sa4	1	1	0	1	1
	Sa36	1	1	1	1	1
Econômica	Se1	1	1	1	1	1
	Se17	1	1	1	1	1
	Se50	1	1	1	1	0
Social	Ss10	1	1	1	1	1
	Ss21	1	1	1	1	1
	Ss31	1	1	1	1	1

**Fonte:** do autor.

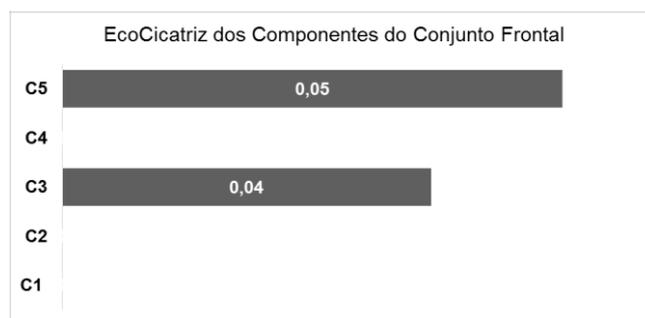
Reunidos os dados de entrada, se procede ao cálculo da Função Sustentabilidade. O resultado, a EcoCicatriz®, indica o componente com o menor grau de sustentabilidade. A Tabela 15 apresenta os dados e o cálculo realizado.

**Tabela 15 - A Função Sustentabilidade – Conjunto Frontal.**

Atendem as Dimensões	Diretrizes	Twi	Dwi	Cij					Twi x Dwi x Cij						
		Peso das Dimensões	Peso das Diretrizes	C1	C2	C3	C4	C5	C_ideal	C1	C2	C3	C4	C5	C_ideal
Ambiental	Sa1	0,17	0,1458	1	1	0	1	0	1	0,0243	0,0243	0	0,0243	0	0,0243
	Sa4	0,17	0,0833	1	1	0	1	1	1	0,0139	0,0139	0	0,0139	0,0139	0,0139
	Sa36	0,17	0,1458	1	1	1	1	1	1	0,0243	0,0243	0,0243	0,0243	0,0243	0,0243
Econômica	Se1	0,33	0,1042	1	1	1	1	1	1	0,0344	0,0344	0,0344	0,0344	0,0344	0,0344
	Se17	0,33	0,1667	1	1	1	1	1	1	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,0550
	Se50	0,33	0,0833	1	1	1	1	0	1	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275	0	0,0275
Social	Ss10	0,50	0,1042	1	1	1	1	1	1	0,0521	0,0521	0,0521	0,0521	0,0521	0,0521
	Ss21	0,50	0,0625	1	1	1	1	1	1	0,0313	0,0313	0,0313	0,0313	0,0313	0,0313
	Ss31	0,50	0,1042	1	1	1	1	1	1	0,0521	0,0521	0,0521	0,0521	0,0521	0,0521
<b>Σ</b>										0,3148	0,3148	0,2766	0,3148	0,263	<b>0,3148</b>

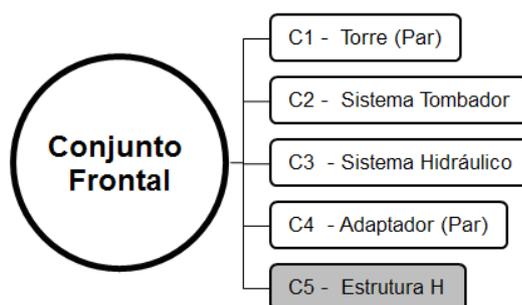
Fonte: do autor.

O componente com a maior EcoCicatriz®, identificado mediante a Função Sustentabilidade e calculado junto a equação 5, é apresentado no Gráfico 8. Os componentes C4, C2 e C1 apresentam valor zero.

**Gráfico 8 – Componentes e a EcoCicatriz® calculada – Conjunto Frontal.**

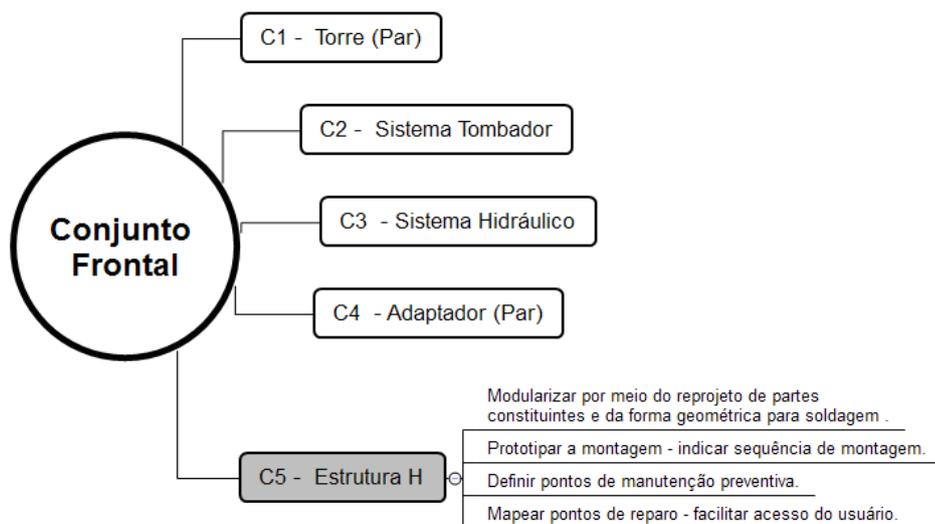
Fonte: do autor.

O componente que possui o maior valor da EcoCicatriz®, é identificado conforme Figura 39. As potenciais melhorias estabelecidas pelo usuário e pesquisador são apresentadas na Figura 40.

**Figura 39 – Identificação do componente com a maior EcoCicatriz®.**

Fonte: do autor.

**Figura 40** – Melhorias possíveis do componente C5.

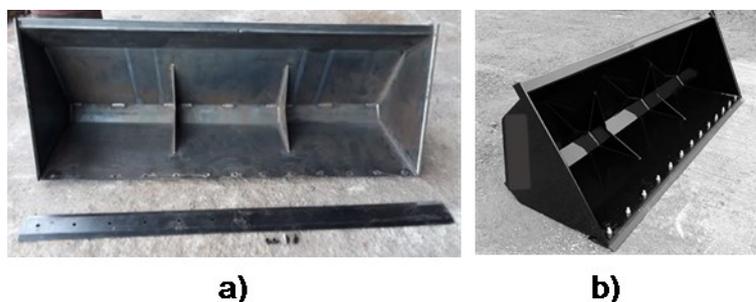


**Fonte:** do autor.

### **Caso B:** Produto Concha.

Briefing: equipamento para movimentação, carga e descarga de materiais em pequenas quantidades, acoplada ao trator. Equipamento multifuncional e de utilização constante em atividades agrícolas e pecuárias. Um dos principais implementos e o primeiro a ser comprado pelo consumidor na aquisição do conjunto frontal. Apresenta um sistema de fixação seguro e ainda engate para retirada e movimentação. O material é aço carbono, com uma lâmina de alta resistência que, em condições de desgaste, permite a troca de posição de modo a utilizar a mesma peça. A Figura 41 apresenta o produto Concha.

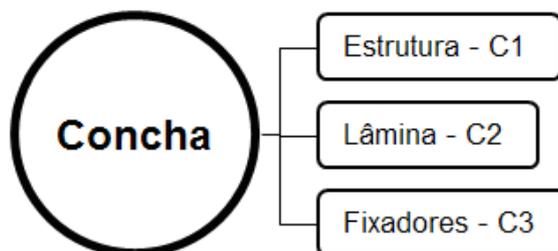
**Figura 41** – Concha (a e b).



**Fonte:** ACME 1.

A Figura 42 indica número de componentes.

Figura 42 – Componentes da Concha.



Fonte: do autor.

Seguindo a sistemática é apresentada a Matriz Binária. A Tabela 16, mostra a disposição dos dados.

Tabela 16 – Matriz Binária a qual relaciona os componentes com as diretrizes – Concha.

Atendem as Dimensões	Diretrizes	Componentes		
		C1	C2	C3
Ambiental	Sa1	1	1	1
	Sa4	1	0	1
	Sa36	1	1	1
Econômica	Se1	1	1	1
	Se17	1	1	1
	Se50	1	1	1
	Ss10	1	1	1
Social	Ss21	1	1	1
	Ss31	1	1	1

Fonte: do autor.

Reunidos os dados de entrada, efetua-se o cálculo da função Sustentabilidade. O resultado, a EcoCicatriz®, indica o componente com o menor grau de sustentabilidade. A Tabela 17 apresenta os dados e o cálculo realizado.

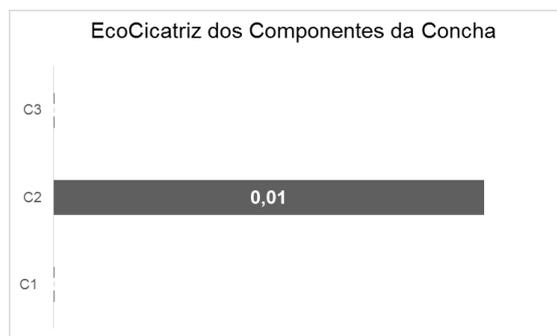
Tabela 17 - A Função Sustentabilidade - Concha.

Atendem as Dimensões	Diretrizes	Twi Peso das Dimensões	Dwi Peso das Diretrizes	Cij				Twi x Dwi x Cij			
				C1	C2	C3	C_ideal	C1	C2	C3	C_ideal
Ambiental	Sa1	0,17	0,1458	1	1	1	1	0,0243	0,0243	0,0243	0,0243
	Sa4	0,17	0,0833	1	0	1	1	0,0139	0	0,0139	0,0139
	Sa36	0,17	0,1458	1	1	1	1	0,0243	0,0243	0,0243	0,0243
Econômica	Se1	0,33	0,1042	1	1	1	1	0,0344	0,0344	0,0344	0,0344
	Se17	0,33	0,1667	1	1	1	1	0,055	0,055	0,055	0,0550
	Se50	0,33	0,0833	1	1	1	1	0,0275	0,0275	0,0275	0,0275
	Ss10	0,50	0,1042	1	1	1	1	0,0521	0,0521	0,0521	0,0521
Social	Ss21	0,50	0,0625	1	1	1	1	0,0313	0,0313	0,0313	0,0313
	Ss31	0,50	0,1042	1	1	1	1	0,0521	0,0521	0,0521	0,0521
<b>Σ</b>								0,3148	0,3009	0,3148	<b>0,3148</b>

Fonte: do autor.

O componente com a maior EcoCicatriz®, identificado mediante a Função Sustentabilidade e calculado junto a equação 5, é apresentado no Gráfico 9. Os componentes C3 e C1 apresentam valor igual a zero.

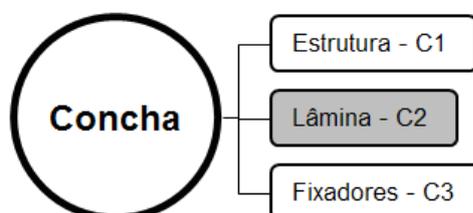
**Gráfico 9** – Componentes e a EcoCicatriz® calculada - Concha.



**Fonte:** do autor.

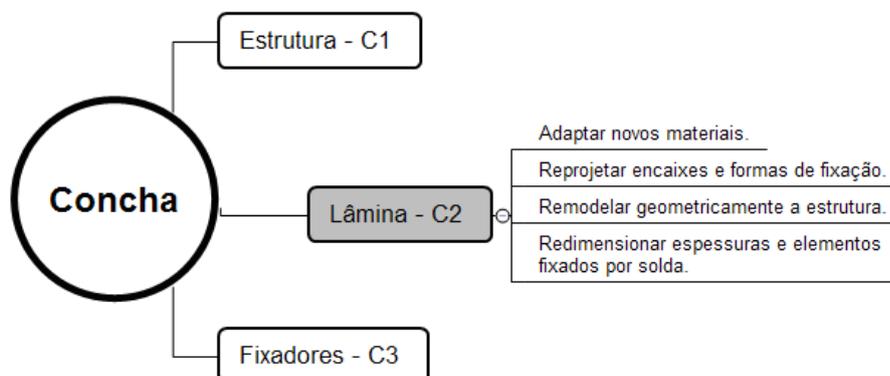
O componente que possui o maior valor de EcoCicatriz®, é identificado conforme Figura 43. As potenciais melhorias definidas pelo usuário juntamente com o pesquisador são apresentadas na Figura 44.

**Figura 43** – Identificação do componente com a maior EcoCicatriz®.



**Fonte:** do autor.

**Figura 44** – Melhorias possíveis do componente C2.

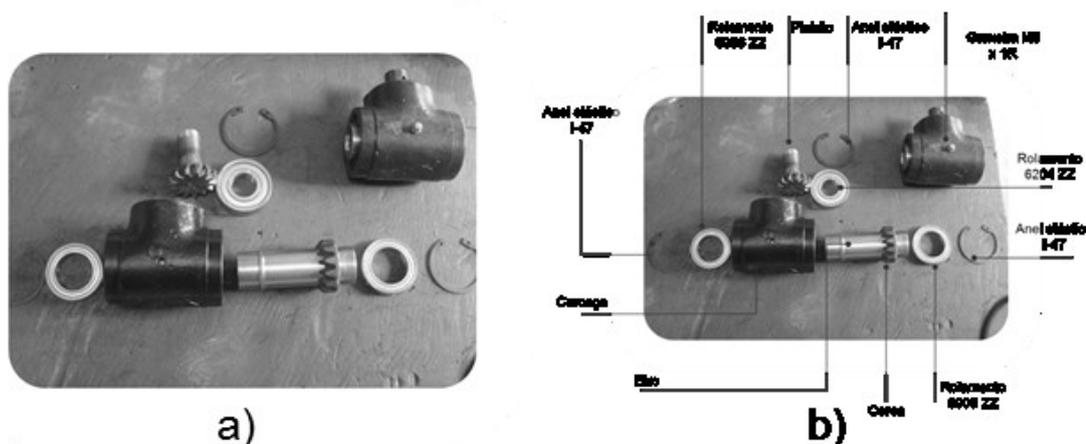


**Fonte:** do autor.

### Caso C: Produto Caixa de Transmissão

Briefing: caixa de transmissão utilizada em uma das guias da plantadeira. Possui manufatura e montagem rápidas, e a estrutura principal é constituída de ferro fundido com alguns componentes micro-fundidos de modo a garantir maior exatidão de medidas e reduzida manutenção. A Figura 45 apresenta o produto Caixa de Transmissão.

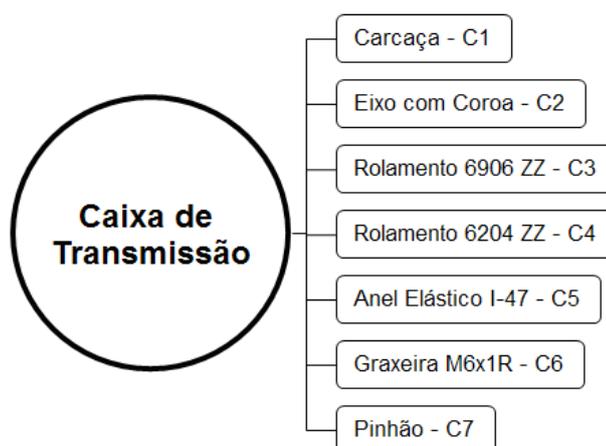
Figura 45 – Caixa de Transmissão (a e b).



Fonte: ACME 1.

A Figura 46 apresenta o número de componentes.

Figura 46 – Componentes da Caixa de Transmissão.



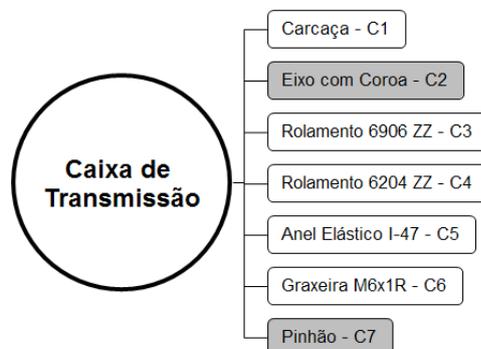
Fonte: do autor.

Seguindo a sistemática, a Matriz Binária é apresentada. A Tabela 18 mostra a disposição dos dados.



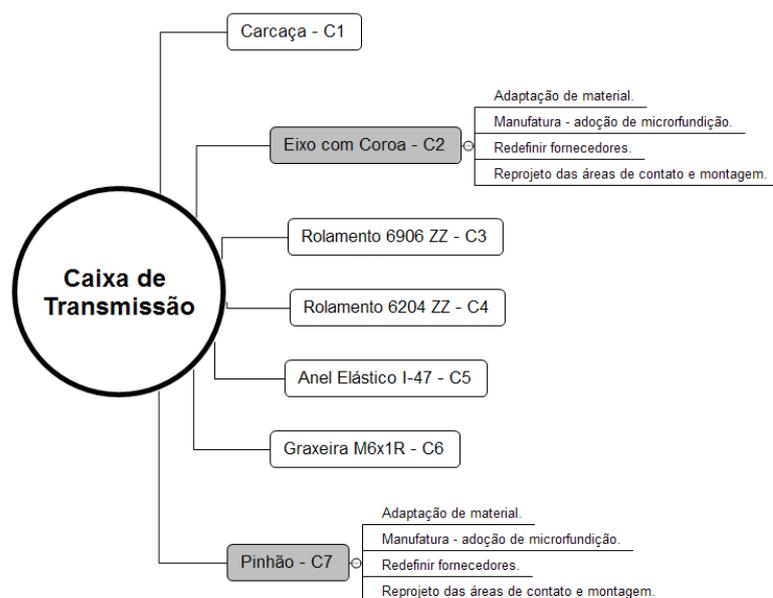
O componente que apresenta o maior valor de EcoCicatriz®, é identificado conforme a Figura 47. As potenciais melhorias sugeridas pelo usuário em conjunto com o pesquisador são apresentadas na Figura 48.

**Figura 47** – Identificação dos componentes com a maior EcoCicatriz®.



Fonte: do autor.

**Figura 48** – Melhorias possíveis dos componentes C2 e C7.



Fonte: do autor.

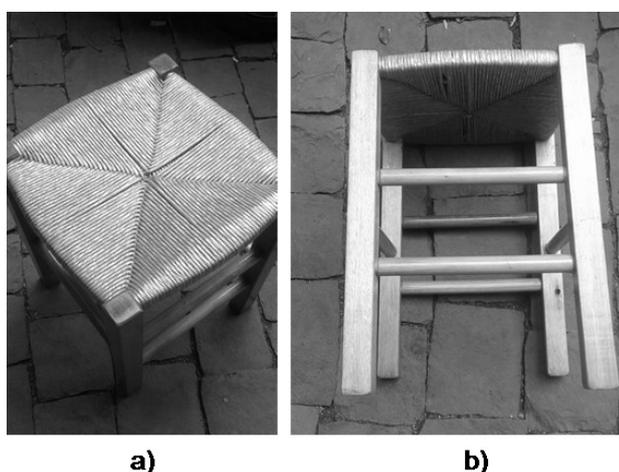
## 5.2.2 Empresa ACME 2

É uma empresa de pequeno porte, familiar, que fabrica cadeiras de diversos tamanhos e trançados de assento com materiais como taboa, papel/celofane e cordas. Atualmente desenvolve cadeiras customizadas de acordo com a necessidade dos clientes e trabalha no desenvolvimento de em uma linha de mesas de madeira.

**Produto: Banco.**

Briefing: produto utilizado tanto em residências quanto em estabelecimentos comerciais. Produzido de forma semi-artesanal, com o trançado realizado de forma manual. Alta durabilidade e com demandas frequentes de manufatura. A análise esteve voltada aos materiais utilizados no assento de modo a identificar alternativas mais sustentáveis por comparação de materiais. Todos os materiais podem ser utilizados, mas, cada um com particularidades como manuseio, resistência e aquisição. A Figura 49 apresenta o produto Banco.

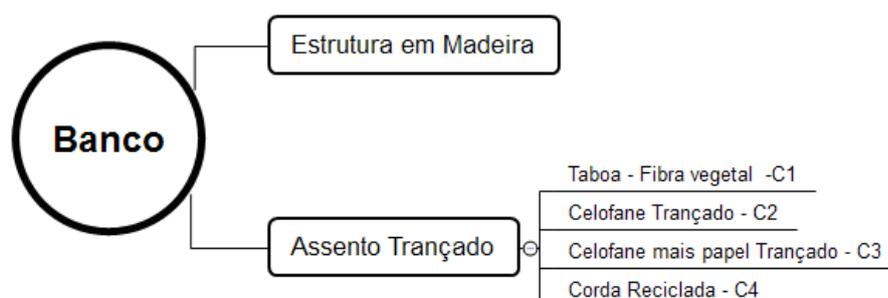
**Figura 49** – Banco (a e b).



**Fonte: ACME 2.**

A Figura 50 indica o número de componentes.

**Figura 50** – Componentes do Banco.



**Fonte: do autor.**

As diretrizes definidas pelo usuário são apresentadas no Quadro 13.

**Quadro 13** – Diretrizes definidas para a análise – ACME 2.

Dimensão Ambiental	
9	De matérias-primas disponíveis
10	De matérias-primas não escassas
29	Mais leve para a remoção e movimentação
Dimensão Econômica	
1	Baixa geração de perdas e refugos
7	De baixo impacto ambiental
66	Sem excessos de embalagens
Dimensão Social	
2	Compartilhado com outros produtos
13	Mais durável com vida estendida
16	Projetado para manutenção e reparação

Fonte: do autor.

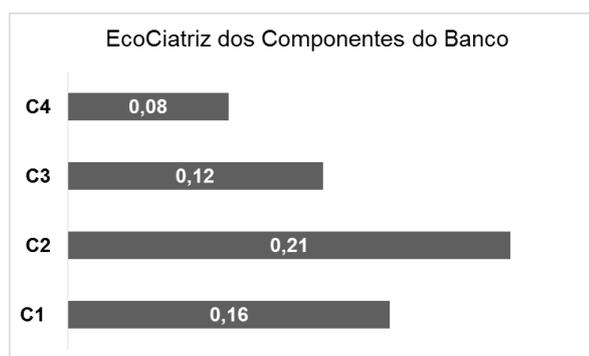
Seguindo a sistemática, a Matriz Binária é preenchida, assim como a Matriz de Importância das diretrizes e a Matriz de Importância das Dimensões. Os dados de entrada são utilizados no cálculo da função Sustentabilidade. O resultado, a EcoCicatriz®, indica o componente com o menor grau de sustentabilidade. A Tabela 20 apresenta os dados agrupados e o cálculo realizado.

**Tabela 20** - A Função Sustentabilidade - Banco.

Atendemas Dimensões	Diretrizes	Twi Peso das Dimensões	Dwi Peso das Diretrizes	Cij					Twi x Dwi x Cij				
				C1	C2	C3	C4	C_ideal	C1	C2	C3	C4	C_ideal
Ambiental	Sa9	0,38	0,1207	1	0	0	1	1	0,0453	0	0	0,0453	0,0453
	Sa10	0,38	0,1379	0	0	1	1	1	0	0	0,0517	0,0517	0,0517
	Sa29	0,38	0,1207	1	0	0	0	1	0,0453	0	0	0	0,0453
Econômica	Se1	0,38	0,1379	0	1	1	1	1	0	0,0517	0,0517	0,0517	0,0517
	Se7	0,38	0,0862	1	0	0	0	1	0,0323	0	0	0	0,0323
	Se66	0,38	0,1379	1	1	1	1	1	0,0517	0,0517	0,0517	0,0517	0,0517
Social	Ss2	0,25	0,0517	1	1	1	1	1	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129
	Ss13	0,25	0,0517	0	1	1	1	1	0	0,0129	0,0129	0,0129	0,0129
	Ss16	0,25	0,1552	0	0	1	1	1	0	0	0,0388	0,0388	0,0388
<b>Σ</b>									0,1875	0,1293	0,2198	0,2651	<b>0,3427</b>

Fonte: do autor.

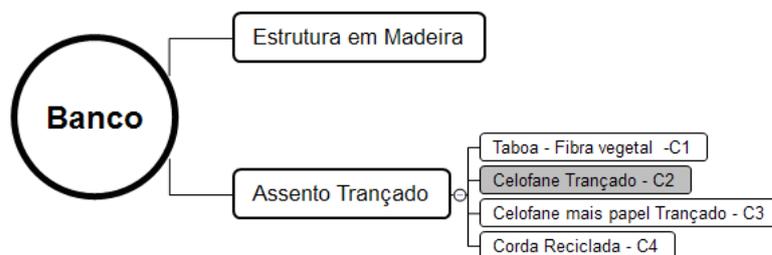
O componente com a maior EcoCicatriz®, identificado mediante a Função Sustentabilidade e calculado junto a equação 5, é apresentado no Gráfico 11.

**Gráfico 11** – Componentes e a EcoCicatriz® calculada - Banco.

Fonte: do autor.

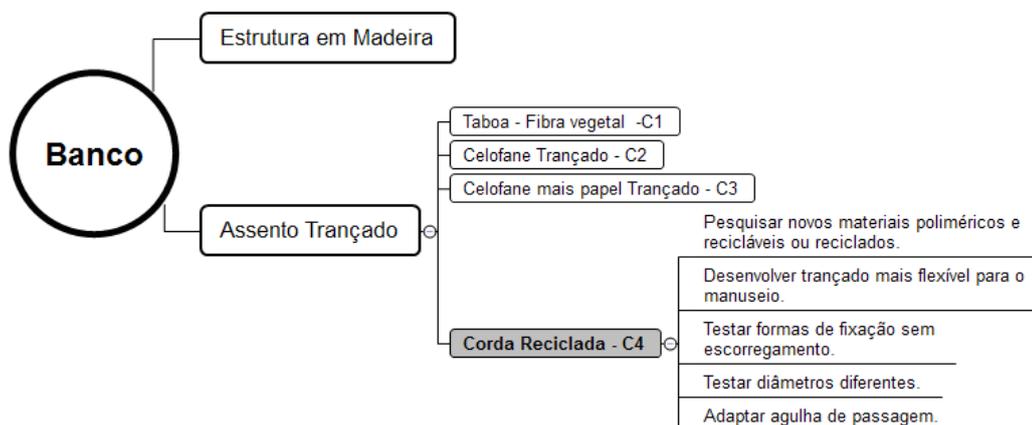
O componente com a maior EcoCicatriz® é identificado conforme Figura 51. As potenciais melhorias são apresentadas na Figura 52.

**Figura 51** – Identificação do componente com a maior EcoCicatriz®.



Fonte: do autor.

**Figura 52** – Melhorias possíveis do componente C4.



Fonte: do autor.

### 5.2.3 Empresa ACME 3

Empresa de pequeno porte que produz sucos de frutas prensadas. Uma característica do processo de produção consiste na utilização de frutas do meio-oeste catarinense em a maioria colhidas na propriedade da família. Esta condição permite utilizar o conceito de controle de produção e entrada de matéria-prima com vistas a questão “orgânica”.

#### **Produto: Suco de Frutas Prensadas.**

Briefing: suco produzido com frutas prensadas locais, com receita voltada à desintoxicação e bem estar. Produzido com matérias-primas com apelo “orgânico”. Podem ser consumidos sem restrição. Nesta análise, o foco esteve voltado à embalagem primária que

acondiciona o suco de modo a tornar mais sustentável de acordo com apelos mercadológicos. A Figura 53 apresenta o produto Suco de Frutas Prensadas.

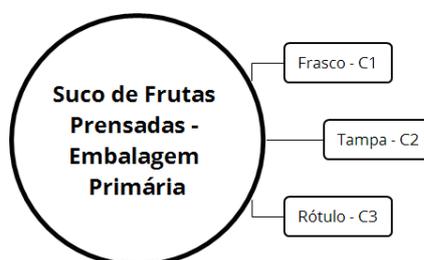
**Figura 53** – Suco de Frutas Prensadas (a e b).



**Fonte:** ACME 3

A Figura 54 indica o número de componentes.

**Figura 54** – Componentes do Suco de Frutas Prensadas.



**Fonte:** do autor.

As diretrizes definidas pelo usuário são apresentadas no Quadro 14.

**Quadro 14** – Diretrizes definidas para a análise – ACME 3.

<b>Dimensão Ambiental</b>	
<b>7</b>	De fácil limpeza
<b>12</b>	De pouco volume
<b>61</b>	Sem acabamentos secundários (pinturas, revestimentos, dentre outros)
<b>Dimensão Econômica</b>	
<b>4</b>	Confiável e durável
<b>33</b>	Leve
<b>54</b>	Reciclado
<b>Dimensão Social</b>	
<b>2</b>	Compartilhado com outros produtos
<b>28</b>	Reutilizado por inteiro
<b>33</b>	Usado coletivamente

**Fonte:** do autor.

Seguindo a sistemática a Matriz Binária é preenchida, assim como a Matriz de Importância das diretrizes e a Matriz de Importância das Dimensões. Os dados de entrada são utilizados no cálculo da função Sustentabilidade. O resultado, a EcoCicatriz®, indica o componente com menor grau de sustentabilidade. A Tabela 21 apresenta os dados agrupados e o cálculo realizado.

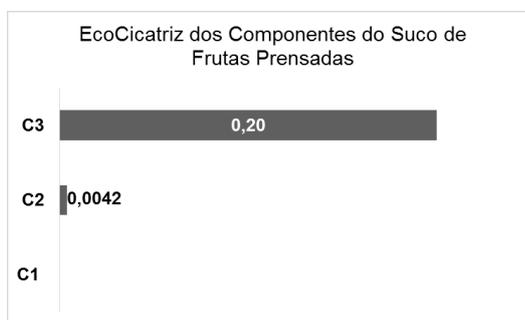
**Tabela 21** - A Função Sustentabilidade - Embalagem.

Atendem as Dimensões	Diretrizes	Twi	Dwi	Cij				Twi x Dwi x Cij			
		Peso das Dimensões	Peso das Diretrizes	C1	C2	C3	C_ideal	C1	C2	C3	C_ideal
Ambiental	Sa7	0,33	0,1250	1	1	1	1	0,0417	0,0417	0,0417	0,0417
	Sa12	0,33	0,0125	1	0	0	1	0,0042	0	0	0,0042
	Sa61	0,33	0,1125	1	1	0	1	0,0375	0,0375	0	0,0375
Econômica	Se4	0,33	0,1500	1	1	1	1	0,05	0,05	0,05	0,05
	Se33	0,33	0,1250	1	1	0	1	0,0417	0,0417	0	0,0417
	Se54	0,33	0,1250	1	1	0	1	0,0417	0,0417	0	0,0417
Social	Ss2	0,33	0,1125	1	1	1	1	0,0375	0,0375	0,0375	0,0375
	Ss28	0,33	0,1250	1	1	0	1	0,0417	0,0417	0	0,0417
	Ss33	0,33	0,1125	1	1	0	1	0,0375	0,0375	0	0,0375
$\Sigma$								0,3333	0,3291	0,1292	<b>0,3333</b>

Fonte: do autor.

O componente com a maior EcoCicatriz®, identificado mediante a Função Sustentabilidade e calculado junto a equação 5, é apresentado no Gráfico 12.

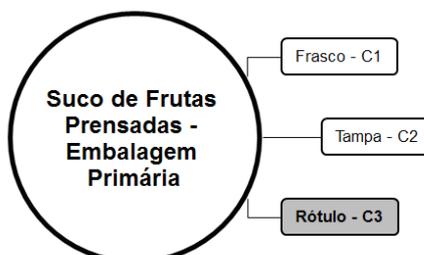
**Gráfico 12** – Componentes e a EcoCicatriz® calculada – Embalagem primária.



Fonte: do autor.

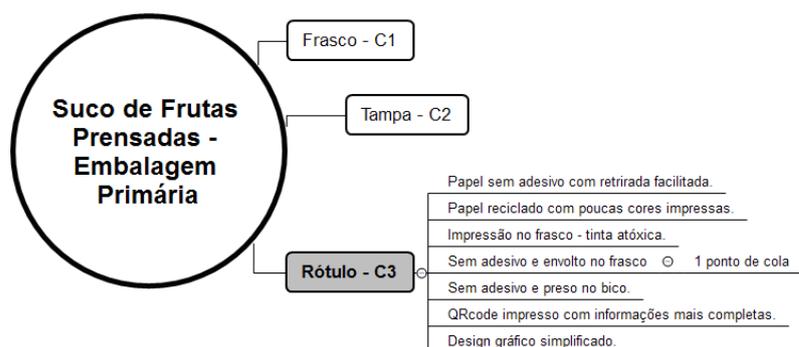
O componente com a maior EcoCicatriz® é identificado conforme Figura 55. As potenciais melhorias são apresentadas na Figura 56.

**Figura 55** – A identificação do componente com a maior EcoCicatriz®.



Fonte: do autor.

**Figura 56** – Melhorias possíveis do componente C3.



**Fonte:** do autor.

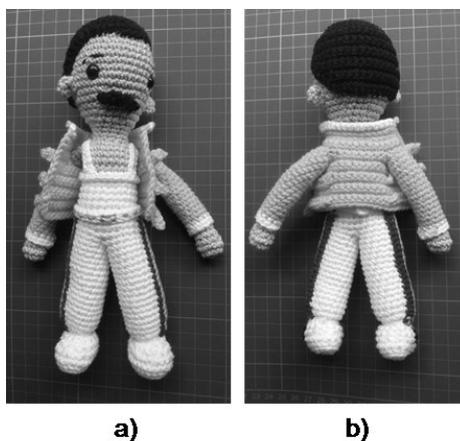
### 5.2.4 Empresa ACME 4

Empresa formada por um micro empreendedor individual caracterizada pela produção de artesanato utilizando a técnica conhecida como “amigurumi”. Caracteriza-se por atender a demanda de personagens definidos pelo mercado e encomendas específicas de clientes locais.

#### **Produto: Artesanato.**

Briefing: produto produzido de forma manual utilizando a técnica do croché, popularmente conhecida como “amigurumi”. Utilizado para presentear, brincar e decorar tem um amplo público consumidor e uma variedade de formas, cores e tamanhos. A Figura 57 apresenta o produto Artesanato.

**Figura 57** – Artesanato (a e b).



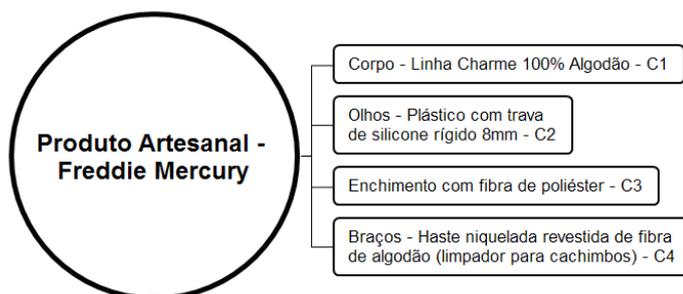
a)

b)

**Fonte:** ACME 4.

A Figura 58 indica o número de componentes.

**Figura 58** – Componentes do Artesanato.



Fonte: do autor.

As diretrizes definidas pelo usuário são apresentadas no Quadro 15.

**Quadro 15** – Diretrizes definidas para a análise – ACME 4.

Dimensão Ambiental	
21	Durável
23	Econômico na utilização de energias
25	Embalado sem excessos
Dimensão Econômica	
1	Baixa geração de perdas e refugos
9	De fácil limpeza
41	Não gerador de resíduo
Dimensão Social	
3	De limpeza fácil
14	Mais leve em massa
31	Sem partes que não sejam estritamente funcionais

Fonte: do autor.

Seguindo a sistemática, a Matriz Binária é preenchida, assim como a Matriz de Importância das Diretrizes e a Matriz de Importância das Dimensões. Os dados de entrada são utilizados no cálculo da função Sustentabilidade. O resultado, a EcoCicatriz®, indica o componente com o menor grau de sustentabilidade. A Tabela 22 apresenta os dados e o cálculo realizado.

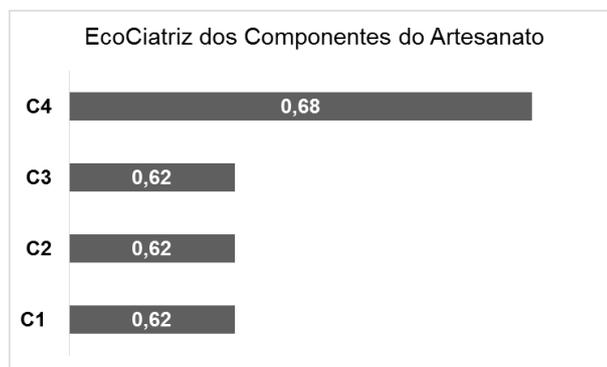
**Tabela 22** - A função Sustentabilidade - Artesanato.

Atendem as Dimensões	Diretrizes	Twi Peso das Dimensões	Dwi Peso das Diretrizes	Cij				C_ideal	Twi x Dwi x Cij					
				C1	C2	C3	C4		C1	C2	C3	C4	C_ideal	
Ambiental	Sa21	0,50	0,0882	1	1	1	1	1	0,0441	0,0441	0,0441	0,0441	0,0441	0,0441
	Sa23	0,50	0,1176	1	1	1	1	1	0,0588	0,0588	0,0588	0,0588	0,1176	
	Sa25	0,50	0,1176	1	1	1	1	1	0,0588	0,0588	0,0588	0,0588	0,1176	
Econômica	Se1	0,17	0,1078	1	1	1	0	1	0,0183	0,0183	0,0183	0	0,1078	
	Se9	0,17	0,1373	1	1	1	1	1	0,0233	0,0233	0,0233	0,0233	0,1373	
	Se41	0,17	0,0686	1	1	1	0	1	0,0117	0,0117	0,0117	0	0,0686	
Social	Ss3	0,33	0,1471	1	1	1	1	1	0,0485	0,0485	0,0485	0,0485	0,1471	
	Ss14	0,33	0,1373	1	1	1	1	1	0,0453	0,0453	0,0453	0,0453	0,1373	
	Ss31	0,33	0,0784	1	1	1	0	1	0,0259	0,0259	0,0259	0	0,0784	
<b>Σ</b>									<b>0,3348</b>	<b>0,3348</b>	<b>0,3348</b>	<b>0,2789</b>	<b>0,9559</b>	

Fonte: do autor.

O componente com a maior EcoCicatriz®, identificado mediante a Função Sustentabilidade e calculado junto a equação 5, é apresentado no Gráfico 13.

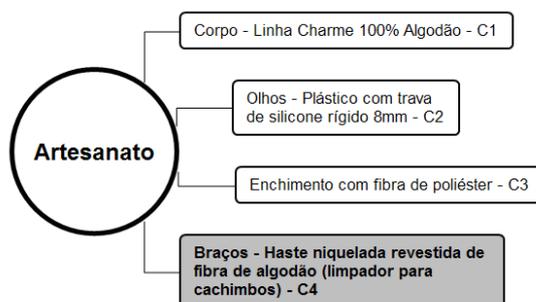
**Gráfico 13** – Componentes e a EcoCicatriz® calculada - Artesanato.



Fonte: do autor.

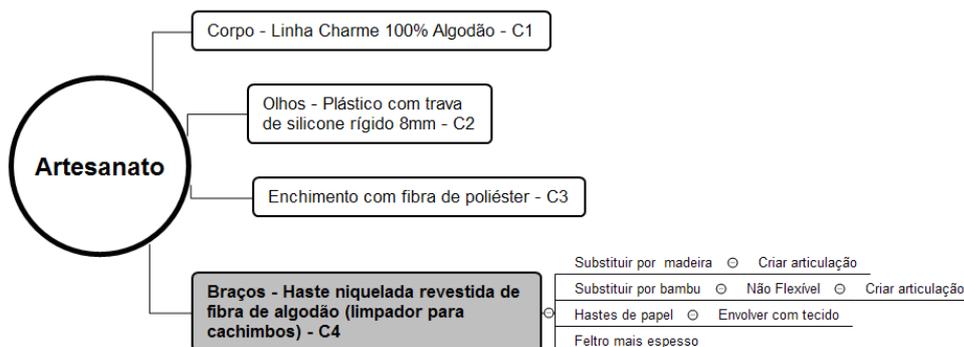
O componente que possui o maior valor de EcoCicatriz®, é identificado conforme Figura 59. As potenciais melhorias são apresentadas na Figura 60.

**Figura 59** – Identificação do componente com a maior EcoCicatriz®.



Fonte: do autor.

**Figura 60** – Melhorias possíveis do componente C4.



Fonte: do autor.

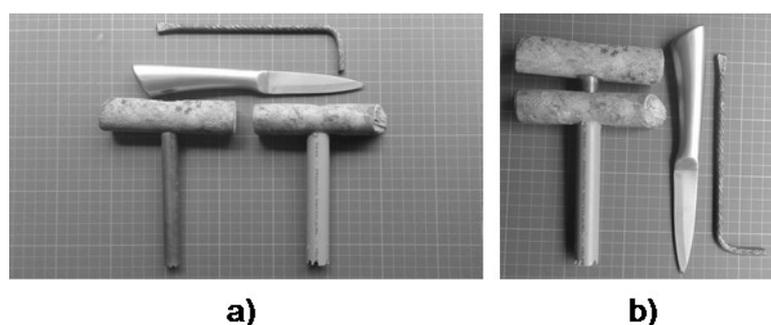
### 5.2.5 Empresa ACME 5

Empresa em formação com foco na produção de produtos com a utilização exclusiva de madeira. Atende a clientes de acordo com demanda e pedidos mensais. Atualmente fabrica caixas para a produção de mel para abelhas nativas, sem ferrão.

#### Produto: Apito - Manufatura

Briefing: o apito é produzido de material orgânico, cenoura ou maçã, e é utilizado para entretenimento. A fronteira de análise consiste dos materiais utilizados para a manufatura no intuito de propor mais sustentabilidade. A Figura 61 apresenta o produto Apito - Manufatura.

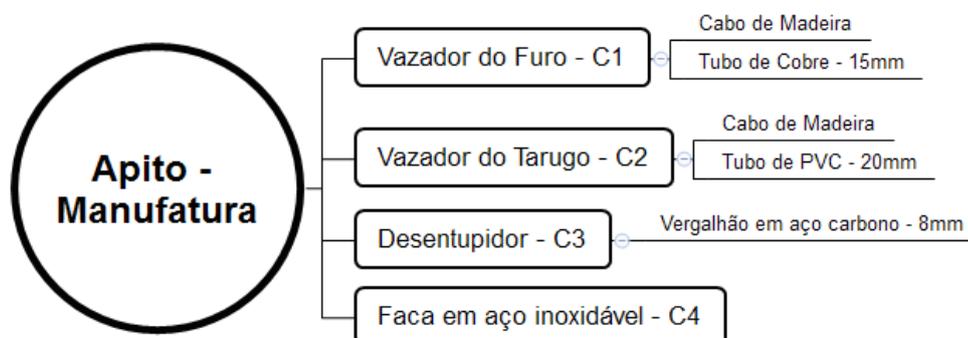
**Figura 61** – Apito - Manufatura (a e b).



**Fonte:** ACME 5.

A Figura 62 indica o número de componentes.

**Figura 62** – Componentes para a manufatura do apito.



**Fonte:** do autor.

As diretrizes definidas pelo usuário são apresentadas no Quadro 16.

**Quadro 16** – Diretrizes definidas para a análise – ACME 5.

Dimensão Ambiental	
15	De vida útil longa
36	Modularizado
52	Reciclado
Dimensão Econômica	
7	De baixo impacto ambiental
9	De fácil limpeza
32	Funcional
Dimensão Social	
14	Mais leve em massa
29	Sem acabamentos secundários (pinturas, revestimentos, dentre outros)
31	Sem partes que não sejam estritamente funcionais

**Fonte:** do autor.

Seguindo a sistemática, a Matriz Binária é preenchida, assim como a Matriz de Importância das Diretrizes e a Matriz de Importância das Dimensões. Os dados de entrada são utilizados no cálculo da Função Sustentabilidade. O resultado, a EcoCicatriz®, indica o componente com o menor grau de sustentabilidade.

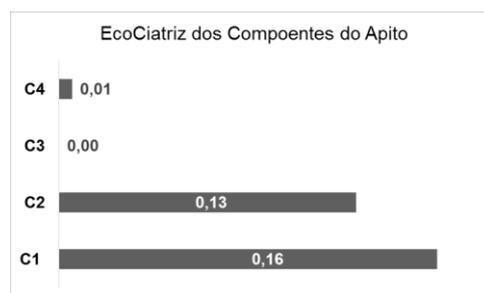
A Tabela 23 apresenta os dados agrupados e o cálculo realizado.

**Tabela 23** - A Função Sustentabilidade - Apito.

Atendem as Dimensões	Diretrizes	Twi Peso das Dimensões	Dwi Peso das Diretrizes	Cij					Twi x Dwi x Cij				
				C1	C2	C3	C4	C_ideal	C1	C2	C3	C4	ideal
Ambiental	Sa15	0,33	0,0862	1	1	1	1	1	0,0287	0,0287	0,0287	0,0287	0,0287
	Sa36	0,33	0,1034	1	1	1	1	1	0,0345	0,0345	0,0345	0,0345	0,0345
	Sa52	0,33	0,1724	1	0	1	1	1	0,0575	0	0,0575	0,0575	0,0575
Econômica	Se7	0,33	0,2069	0	0	1	1	1	0	0	0,069	0,069	0,069
	Se9	0,33	0,0172	0	1	1	1	1	0	0,0057	0,0057	0,0057	0,0057
	Se32	0,33	0,2414	0	1	1	1	1	0	0,0805	0,0805	0,0805	0,0805
Social	Ss14	0,33	0,0172	0	1	1	0	1	0	0,0057	0,0057	0	0,0057
	Ss29	0,33	0,0345	1	1	1	1	1	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115	0,0115
	Ss31	0,33	0,1207	1	1	1	1	1	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402	0,0402
<b>Σ</b>									<b>0,1724</b>	<b>0,2069</b>	<b>0,3333</b>	<b>0,3276</b>	<b>0,3333</b>

**Fonte:** do autor.

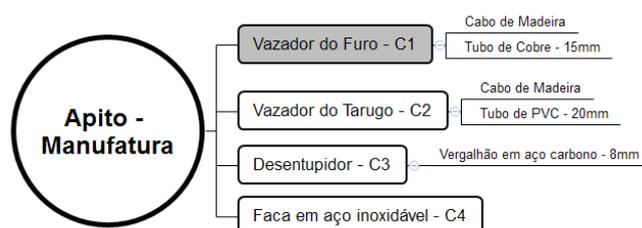
O componente com a maior EcoCicatriz®, identificado mediante a Função Sustentabilidade e calculado junto a equação 5, é apresentado no Gráfico 14.

**Gráfico 14** – Componentes e a EcoCicatriz® calculada – Apito.

**Fonte:** do autor.

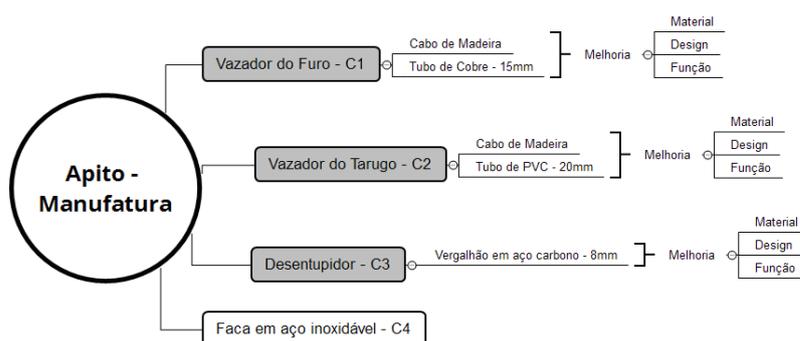
O componente que possui o maior valor de EcoCicatriz®, é identificado conforme a Figura 63. As potenciais melhorias são apresentadas na Figura 64.

**Figura 63** – Identificação do componente com a maior EcoCicatriz®.



**Fonte:** do autor.

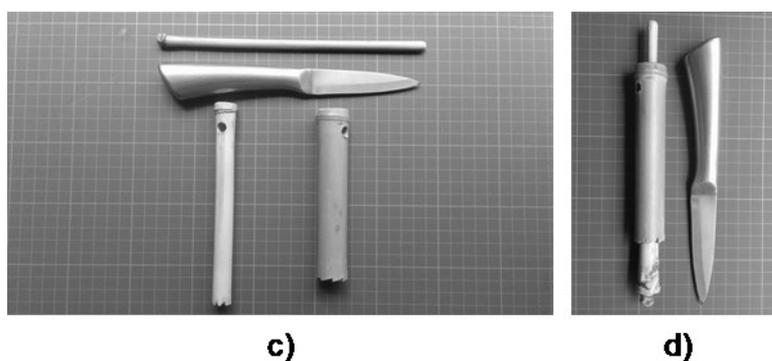
**Figura 64** – Melhorias possíveis dos componentes C1, C2 e C3.



**Fonte:** do autor.

Embora o valor da EcoCicatriz® tenha sido maior junto ao componente C1, o usuário optou em reprojeter todo o produto. A Figura 65 apresenta as melhorias.

**Figura 65** – Melhorias junto ao produto (c e d).



**Fonte:** ACME 5.

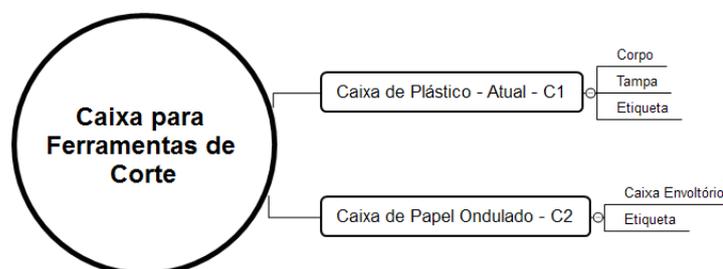
### 5.2.6 Empresa ACME 6

Empresa com serviço de outsourcing para ferramentas a qual utiliza um *dispenser* automático de ferramentas de corte equivalente a uma *vending-machine*. Realiza a aquisição e administração de suprimentos disponíveis de acordo com a necessidade e no tempo demandado pelo cliente. Utiliza o conceito de estoque consignado da ferramenta e atua nos estados do sul do Brasil.

#### Produto: Caixa para Ferramentas de Corte - Comparação.

Briefing: a fronteira da análise consiste em identificar duas opções de caixas possíveis em relação à sustentabilidade: a caixa plástica já utilizada e uma nova proposta fabricada com papelão ondulado. A intenção consiste em analisar sob as mesmas diretrizes as duas propostas, e indicar a mais sustentável tendo como parâmetros conceitos do usuário e da criação por meio da metodologia TXM (RIBEIRO, GOMEZ, 2014) do Design de Produtos. A Figura 66 indica o número de componentes.

**Figura 66** – Componentes – Caixa de Plástico versus Caixa de Papelão Ondulado.

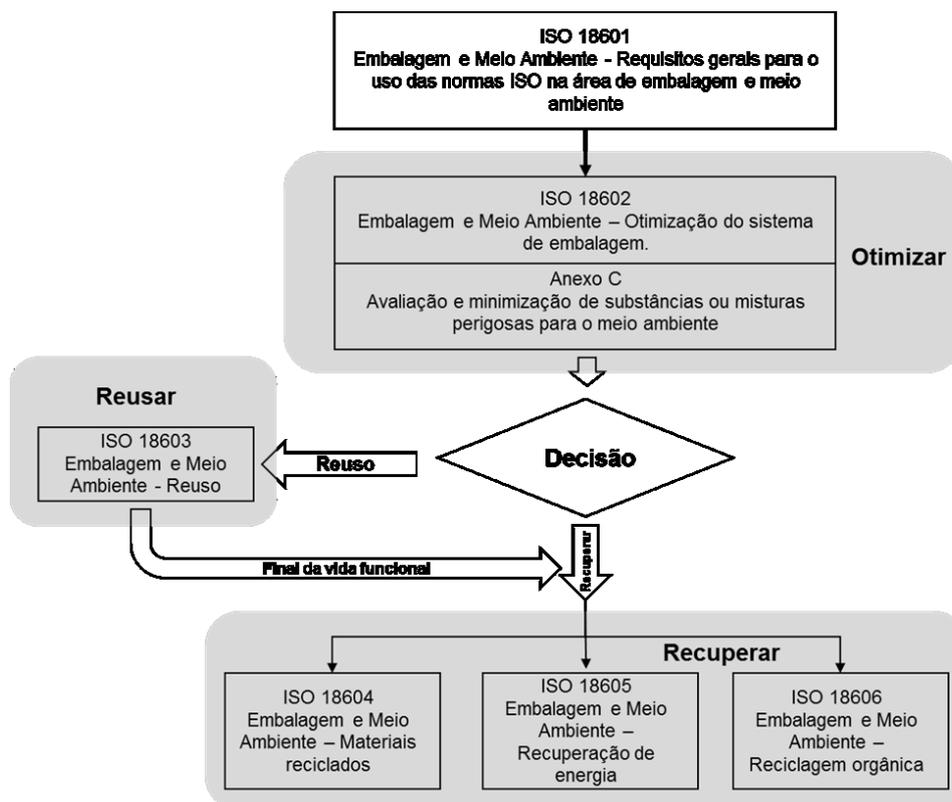


**Fonte:** do autor.

A análise está em desenvolvimento. No entanto, faz-se a menção quanto à utilização de algumas referências que favorecem a entrada de dados e a escolhas das diretrizes por meio de uma Norma Técnica.

Para subsidiar o conceito de sustentabilidade em embalagens, a norma ISO 18602 (ISO, 2013) está sendo utilizada como referência. A estrutura permite aplicar de forma direta as diretrizes sobre as duas possibilidades de material. A Figura 67 mostra a constituição na norma.

**Figura 67** – Norma ISO 18602 – embalagem e os padrões ambientais.



**Fonte:** adaptado pelo autor de ISO 18602 (ISO, 2013)

Outra norma que subsidia este desenvolvimento é a NBR 5985 - Embalagem de Papelão Ondulado - Terminologia (2008), a qual nomeia partes e componentes de uma caixa de papelão ondulado e as variações.

Para a definição de modelos, as seguintes publicações foram utilizadas como referências construtivas, dimensionais e conceituais: Roth; Wybenga (1991), Cawthray, Denison, (1999), Negrão; Camargo (2008), Dougherty (2011).

Este caso é apresentado junto a tese devido a utilização da metodologia de design TXM (RIBEIRO, GOMEZ, 2014) a qual aplicada junto a um grupo focal, prescreve a sustentabilidade do produto como uma condição importante para o usuário. Logo, o método procura considerar diretrizes de design e da norma ISO 18602 (ISO, 2013) de forma concomitante. Sendo assim, os termos “otimizar”, “reusar” e “recuperar” atendem a condição de diretrizes para aplicação junto a proposta a ser desenvolvida.

### 5.2.7 Empresa ACME 7

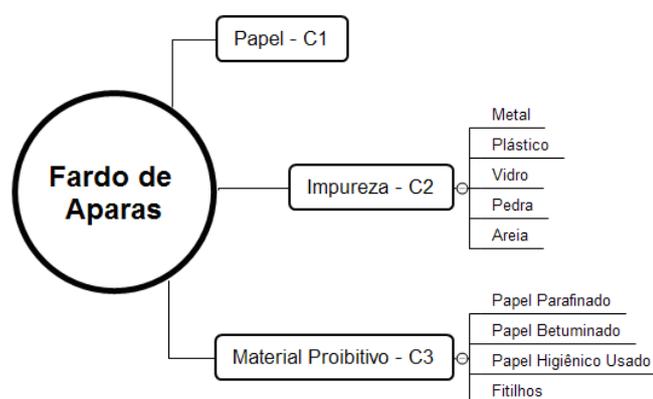
Empresa que atua na fabricação de embalagens de papel, de grande porte, localizada no oeste catarinense. Utiliza como matéria-prima dos produtos aparas de papel coletadas em todos

os estados do sul. O mercado consiste em frigoríficos locais e empresas moveleiras. Em fase de expansão e melhoria dos processos o que acarreta no aumento da geração de resíduos poliméricos.

### **Produto: Fardo de Aparas.**

Briefing: o fardo de aparas de papel é oriundo de atividades comerciais, industriais, e alguns residenciais. É utilizado para a fabricação de papel reciclado originando novos produtos voltados ao acondicionamento e movimentação de mercadorias. Chega às fábricas de papel por uma rede de “aparistas” e cooperativas. Ou ainda, por meio de outros fornecedores de papel pós-consumo que fazem a triagem, a classificação (normalizada) e o enfardamento do material. A logística de entrega varia de região para região. É uma atividade que gera empregos e renda, movimenta a economia e reaproveita uma matéria-prima em condições de uso. A Figura 68 mostra os componentes correspondentes.

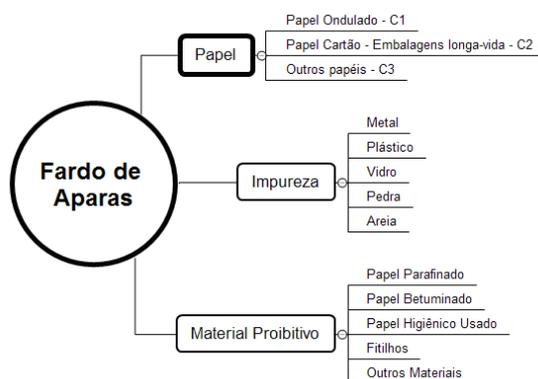
**Figura 68** – Componentes do Fardo de Aparas.



**Fonte:** do autor.

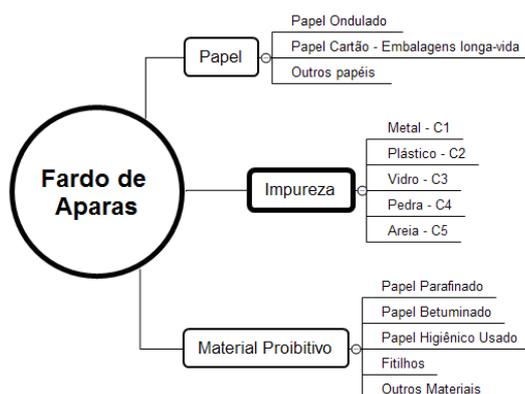
A ABNT NBR 15483/2009 (ABNT, 2009) está sendo utilizada para nortear as ações porque está vinculada de forma direta ao setor papelero. Logo, com base nas diretivas, a análise com a utilização do método EcoCicatriz® pode ser realizada em 3 cenários possíveis. O primeiro considerando o “papel”, representado pela Figura 69. A análise das impurezas, Figura 70, perfaz o segundo cenário, e o terceiro considera as questões de material proibitivo, Figura 71. Esta aplicação está em desenvolvimento.

**Figura 69** – Cenário 1 – Papel – Os contornos em negrito indicam o componente sob análise.



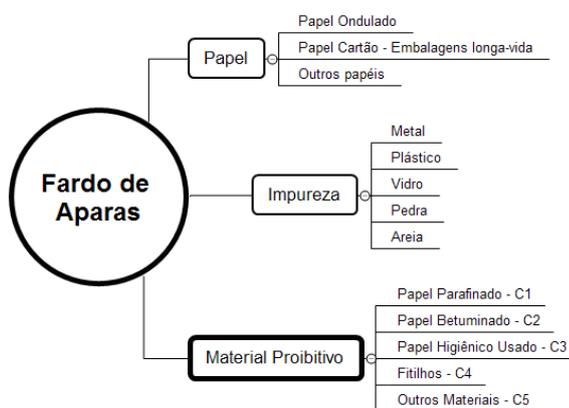
Fonte: do autor.

**Figura 70** – Cenário 2 - Impureza.



Fonte: do autor.

**Figura 71** – Cenário 3 – Material Proibitivo.



Fonte: do autor.

Este caso é reportado junto a tese no intuito de demonstrar a flexibilidade de escolhas de abordagens junto ao mesmo produto. No caso das aparas, há três condições para análise, ou

seja, o papel, a impureza e o material proibitivo. Em cada um, é possível indicar diretrizes que devem ser atendidas de modo a calcular a EcoCicatriz® e a partir do resultado propor melhorias. Equivale demonstrar que, considerando um produto a partir dos componentes ou características, mais de um valor de EcoCicatriz® possa ser calculado e as melhorias possíveis possam ser direcionadas de maneira individualizada.

## 6 ANÁLISES

Ao identificar o componente mais crítico, a análise acontece com a visão de todo o produto de maneira a implementar melhorias futuras. É um ponto de partida para análises mais pontuais. Não se descarta uma visão holística considerando a heurística de escolhas realizadas pelo usuário.

O método proposto é flexível de modo a permitir a expansão da aplicação tendo como referência os novos cenários (contextos e narrativas) ou leis regulamentadoras que possam surgir ao longo do amadurecimento de questões referentes à sustentabilidade.

Parafraçando conceitos reportados por Damásio (2018), busca-se antever como o produto será e o que poderá ocorrer como uma forma de atentar a melhoria no presente. Entende-se que a EcoCicatriz® oferece um elemento de provisão da condição futura de um produto ou de possíveis coprodutos. Observa-se que o “como se faz” pode ser orientado por meio de uma sistemática de fácil aplicação.

Procura atender a múltiplos usuários com ações direcionadas (dados de entrada) para tornar produtos mais sustentáveis. A escolha das diretrizes é parcial porque deve estar relacionada à cultura voltada a sustentabilidade do usuário. Pode derivar tanto de narrativas quanto da política que a empresa apresenta ou pretende demonstrar. Tanto as diretrizes quanto as dimensões ambientais, econômicas e sociais são comparadas e definidos os graus de importância de acordo com a mesma escala. Os parâmetros e as respostas obtidas são quantitativos e, ainda, toda a sistemática pode ser rastreada com entradas de dados e saídas de resultado identificadas.

Um dos resultados, consiste em um diagnóstico rápido e acessível que qualifica e identifica com base em conceitos, para um componente em relação à sustentabilidade na condição atual (PAHL *et al.*, 2007). O prognóstico junto ao pesquisador e ao usuário passa a ser o resultado da Função Sustentabilidade e da EcoCicatriz®, e a melhoria recomendada do componente.

### 6.1 ANÁLISE REFERENTE AO MÉTODO ECOCICATRIZ®.

O desenvolvimento do método EcoCicatriz® consistiu em mensurar se as diretrizes de sustentabilidade estão fazendo efeito e podem de fato serem incorporadas aos produtos e componentes. De certa forma, configura-se em um método que indica causas, ou seja, se as

diretrizes são atendidas, aumenta-se a sustentabilidade dos componentes (BARBOSA, 2012). Diretrizes atendidas, voltadas a sustentabilidade, são verificadas junto a Arruda (2019).

A EcoCicatriz® permite a comparação do produto base com coprodutos gerados. Logo, produtos são comparados com os semelhantes tanto em forma quanto em função. Sendo assim, indica-se produtos mais ou menos críticos em relação ao indicador.

O método apresenta uma sequência lógica (COR), ou seja, uma caminho, uma ordem e um resultado de acordo com a “regra dos 3 elementos” (LUPTON, 2017). É associativo em que, a entrada consiste em diretrizes voltadas à sustentabilidade partindo de uma condição qualitativa para uma condição quantitativa. Subsidiando esta definição, Pahl *et al.* (2007) definem método como um “procedimento planejado para se alcançar um determinado objetivo”.

Em se tratando de diretrizes, quando o usuário do método faz uma escolha, procura oferecer “ligações associativas” (KAHNEMAN, 2012) entre os conceitos e o componente do produto, partindo das diretrizes de sustentabilidade selecionadas e em formato de listas para a livre escolha.

A intenção ao utilizar metodologias voltadas ao desenvolvimento de produtos considerando Engenharia Mecânica e Design, com referência a DFE, permitiu encontrar pontos de sinergia entre os conceitos. Os produtos passam a ser sujeitos a um maior número de possibilidades de diretrizes de sustentabilidade que precisam atender.

O método EcoCicatriz® indica “pontos de entrada” (GOMPERTZ, 2015) possíveis de sustentabilidade em produtos. O “ponto de entrada” deriva de uma técnica de pintura utilizada para chamar a atenção em uma obra de arte, definido pelo artista. Em termos práticos, equivale ao que chama a atenção na obra inicialmente e, depois, pode o observador percorrer e interpretar a obra toda a partir deste ponto. Indica um ponto do qual a obra possa ser interpretada e mantém o desejo de continuar apreciando. Em termos do produto, corresponde ao ponto em que os conceitos de sustentabilidade deverão iniciar a influência. Ou seja, indicar quais componentes devem receber atenção na aplicação dos conceitos de modo a tornar mais sustentável e pontuar o elemento com a maior EcoCicatriz®. É a partir deste ponto que as ações voltadas à sustentabilidade são desenvolvidas. Qual o “ponto de entrada” para a sustentabilidade em um produto o qual posse indicar um início? Resposta: o ponto de entrada é definido pelo componente C menos sustentável definido pelo EcoCicatriz® de maior valor.

Um dos desafios do método EcoCicatriz® consistiu em sintetizar os conceitos vigentes de sustentabilidade em produtos e componentes (DFE), e aplicar em casos reais por meio de uma sistemática que considera o usuário e o contexto. O resultado foi alcançado.

A combinação de diretrizes e dimensões de sustentabilidade, após a conexão aos componentes que fazem parte do produto, apresenta a melhor versão (coproduto) sustentável do produto em análise. Muitas versões podem ser criadas de modo a levantar possíveis soluções de coproduto que é qualquer um entre dois ou mais produtos com procedência do mesmo processo elementar. A EcoCicatriz® pode indicar o componente ou componentes mais relevantes para uma primeira análise de modo a tornar o produto mais sustentável. Entende-se que deva ser quebrada a barreira que impede mudanças de produtos no contexto da sustentabilidade. Neste caso, a mudança deve ser gradual, de acordo com o contexto do produto e do usuário.

Define-se uma condução a uma reação do usuário quando este toma conhecimento dos componentes que apresentam um valor alto da EcoCicatriz®, ao observar que determinado componente atendente a uma quantidade menor de diretrizes de modo a nortear a tomada de decisão visando melhorias.

Há flexibilidade junto ao método de modo que a aplicação pode ser realizada de acordo com a necessidade de melhoria do produto que o usuário entenda como necessária. Deve-se permitir que usuários que possuam ou não um departamento de projetos possam trabalhar em melhorias voltadas à sustentabilidade. O pré-requisito consiste em conhecer o produto e componentes.

Outro resultado deve contemplar o acompanhamento do progresso das mudanças no produto em prol da sustentabilidade. Este acompanhamento ocorre dependendo do resultado da EcoCicatriz® para os demais componentes do produto. Toda melhoria pode ser verificada no processo de laço (retorno) em que o novo componente é submetido a uma nova análise das diretrizes.

## 6.2 ANÁLISE REFERENTE AO MÉTODO ECOCICATRIZ® – APLICAÇÃO AOS PRODUTOS

A aplicação consistiu em avaliar o método EcoCicatriz® junto aos produtos de usuários em colaboração ao trabalho. Dos sete usuários, cinco são aplicados diretamente sobre produtos e componentes; e, dois consistem em estudos de caso. Quanto aos estudos de caso, se verificou a possibilidade de utilizar diretrizes provenientes de normas técnicas de áreas específicas, onde, a abordagem sobre o produto e componentes pode variar de acordo com a necessidade do usuário ou a configuração do produto.

Algumas questões foram definidas de antemão como, por exemplo: de que forma os usuários podem avaliar a sustentabilidade dos produtos? E, caso o usuário não tenha um departamento de projetos formalizado, como esta questão é atendida? Como os conceitos de sustentabilidade podem melhorar o produto de forma gradativa e de acordo com contextos e narrativas do usuário? A aplicação tratou de responder estas questões.

Para tratar destes aspectos, parte-se do princípio de que o método seja de fácil entendimento e utilização, tendo como referência as diretrizes compreendidas pelo usuário. Desta forma, não há necessidade de um profissional com formação acadêmica avançada para a identificação da EcoCicatriz® apresentada por um produto. As condições voltadas à sustentabilidade de um produto devem levar em conta o contexto. A livre escolha das diretrizes permite isso.

Percebe-se que com a aplicação do método, uma das funções de escolha de diretrizes pelo usuário consiste em partir da subjetividade, das narrativas e contextos para a objetividade voltada ao produto e componentes. A “redução” (partindo do conceito gastronômico que consiste em realçar a presença de ingredientes) das diretrizes permite analisar a sustentabilidade com referência ao entendimento individual. O método EcoCicatriz® pode ser aplicado junto a equipes (multiusuários) que trabalhem com produtos. Contudo, entende-se, que usuários possam ter condições de sustentabilidade diferentes para diferentes produtos ou optar pelas mesmas diretrizes. É proposta uma “sustentabilidade customizada” centrada em produto ou linha de produtos e permite considerações em relação ao usuário: quantos conceitos de sustentabilidade são possíveis em um produto e componentes? Quantos devem ser apropriados? Como gerenciar estas diferenças de modo que produtos mais sustentáveis possam ser criados? A adoção do método EcoCicatriz® permite flexibilidade e atende as estas questões.

O fracionamento dos produtos em componentes possibilita o entendimento do que o produto é composto. A representação gráfica facilita a visualização e posteriormente a indicação do componente mais crítico e com o maior valor de EcoCicatriz®. A relação junto a Matriz Binária, de antemão, apresenta um possível candidato a melhoria, e oferece ao usuário de como o método será desenvolvido. De forma resumida, o que ocorre é uma relação direta do componente com as diretrizes de sustentabilidade ambiental, econômica e social escolhidas. E, ainda, se apresenta a sistemática a ser desenvolvida nos passos seguintes subsidiados pela representação gráfica.

Os graus de importância presentes nas Matrizes de Importância das Diretrizes e Matriz de Importância das Dimensões permitem a relação direta destas duas condições. A primeira relaciona-se às diretrizes definidas pelo usuário de acordo com o grau de importância, que varia

em 3 condições. Desta forma, pode-se identificar qual diretriz se sobressai e entender o que é prioritário para o usuário. Ou, qual o “ranking” atribuído às diretrizes. Esta questão permite comparar se as diretrizes atendem as questões relacionadas a políticas ou normas vigentes. A segunda matriz associa as dimensões aos componentes. Novamente, recai-se sobre o que o usuário considera mais importante em termos ambientais, econômicos e sociais, e associa o tripé da sustentabilidade de forma deliberada.

As duas matrizes (de Importância das Diretrizes e de Importância das Dimensões) geram pesos ( $T_{wi}$  e  $D_{wi}$ ) que abastecem a entrada de dados da função Sustentabilidade, assim como os dados da Matriz Binária. O valor da EcoCicatriz® de cada componente é calculado, e o maior configura o início do processo de otimização voltado à sustentabilidade. A representação gráfica dos valores encontrados mostra-se favorável para fins de entendimento quanto às ações a serem tomadas.

Posteriormente, alternativas são recomendadas, e as possíveis e tecnicamente viáveis, podem passar ao escrutínio novamente do método EcoCicatriz®, sendo a de menor valor adotada para a otimização do componente. Esta questão pode ser repetida mais vezes, e fica a critério do usuário como em um processo de laço (“loop”).

O método EcoCicatriz® propõe uma rotina de análise voltada à sustentabilidade como uma espécie de catalizador (estímulo, incentivo) para atender a questões de sustentabilidade tendo em vista a baixa complexidade de aplicação.

Percebe-se que com a adoção, a aplicação das modificações junto aos componentes, pode ocorrer tanto no curto, médio e longo prazos. Significa que há questões como pequenas modificações em produtos ou alterações na cultura (diretrizes utilizadas) de projeto do usuário que podem levar a mudanças de curto prazo. Ao tratar de médio prazo, considera, por exemplo, modificações em processos da manufatura ou na aquisição de novos equipamentos. Quanto ao longo prazo, adaptação a leis e inovação radical em produtos, componentes, e até mesmo na manufatura. Entende-se que, de acordo com a criticidade ou complexidade dos produtos e processos, as datas de aplicação da sustentabilidade sejam flexíveis e sujeitas a adaptações e testes que atendam melhor as necessidades do usuário nos contextos e narrativas.

Ainda, oferece ao usuário - que o abastece com dados - resultados com vistas a mais sustentabilidade e caracteriza um processo de entradas e saídas. A condição do acrônimo COR, ou seja, caminho (C), uma ordem (O) e um resultado (R) é atendida. O caminho a montante recebe as entradas (*inputs*) e o resultado apresenta as saídas (*outputs*) a jusante. A EcoCicatriz® é o “ponto de entrada” recomendado para propor ações de sustentabilidade de um produto.

O enquadramento sobre o produto gera uma condição de atenção sobre o mesmo e os componentes. Observa-se que questionamentos relacionados à sustentabilidade a montante e a jusante durante a aplicação do método não são abordados. A atenção recai inteiramente sobre o produto. Desta forma, evita-se que demais questões de sustentabilidade não sejam abordadas no intuito de não aumentar demasiadamente a complexidade da análise. A decisão em abordar de uma forma mais abrangente fica a cargo do usuário em outro momento.

### 6.3 ANÁLISE REFERENTE AO MÉTODO ECOCICATRIZ® – ASPECTOS ADICIONAIS

O método EcoCicatriz® é realizado por usuários nos produtos e componentes o qual permite que componentes mais sustentáveis façam parte do produto e assim, possam ser utilizados mais vezes e por mais tempo como matéria-prima ou como coprodutos. A aplicação gera recomendações possíveis e tecnicamente viáveis. A quantificação define os resultados que estão sendo alcançados para fins de comparação, a qual pode acometer tanto produtos quanto componentes no âmbito das dimensões de sustentabilidade ambiental, econômica e social.

Há uma sequência útil na aplicação do método, a qual atende recomendações de Vezzoli (2010) em que estratégias podem ser seguidas de acordo com os contextos existentes tendo “linhas de referência” também chamadas de “linhas guia” e, ainda, opções específicas de projeto. Isso significa que cada usuário tende a seguir diretrizes conhecidas e familiares. Esta afirmação é sustentada por um princípio básico. As escolhas das diretrizes que possam ser atendidas levam em consideração a seguinte regra: reduzir a entrada (*input*) de materiais e energia, e reduzir a saída (*output*) como o impacto de todas as emissões e dos descartes finais (MANZINI, VEZZOLI, 2011). O resultado corresponde a uma maior sustentabilidade para produtos, tendo como referência os componentes.

Como perceber uma maior sustentabilidade? De acordo com Berkeley (como apontado por Schultz, 2009), “se retirar-se a percepção do objeto a qualidade desaparece”. O que seria a percepção do objeto? Berkeley continua com o mesmo raciocínio, afirmando que “toda experiência é relativa à percepção, sendo assim, projeta-se a marca como uma experiência multissensorial, para que diferentes usuários tenham a mesma experiência positiva através de diferentes estímulos”, (RIBEIRO, GOMEZ, 2014). Portanto, o método EcoCicatriz® tende a aumentar a percepção de sustentabilidade de componentes por meio de diferentes estímulos tanto na definição das diretrizes quanto no resultado, com a participação do indicador EcoCicatriz®.

Esta percepção ocorre mediante o cálculo da EcoCicatriz® e da recomendação de melhorias direcionadas aos componentes. Além disso, é gerado um registro histórico de ações voltadas à sustentabilidade de modo que o usuário passa a ter sobre controle modificações para novas incursões sobre o produto quando for necessário.

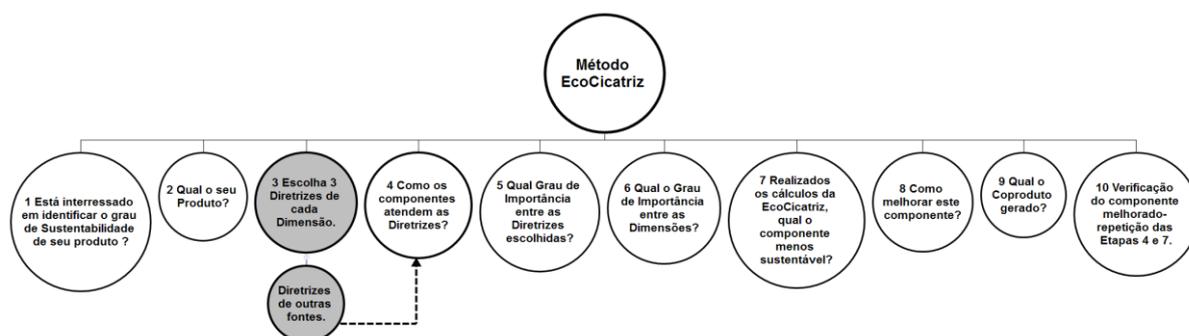
Previsões podem ser adotadas como um dos resultados e indicam como o produto pode ser desenvolvido mediante o atendimento de diretrizes adicionadas que são coligidas, de modo que possam compor um método e considerar a interação com as dimensões ambientais, econômicas e sociais.

Contudo, obteve-se um método de previsão o qual pode ser utilizado em projeto de novos produtos, e um método de diagnóstico, quando aplicado em produtos já existentes. Uma característica que permite flexibilidade tanto na entrada de dados do usuário, quanto na adoção de diretrizes. Esta característica é perceptível quando ocorre a busca por um número variável de respostas (positivas ou não) a questões de sustentabilidade que possam ser viabilizadas pelo usuário nas condições estabelecidas. No entanto, cabe ressaltar que a quantidade de respostas possíveis pode levar a uma curva de incerteza quanto à escolha da relação entre as diretrizes. De certa forma, cria-se um diagnóstico sobre o produto em se tratando de sustentabilidade e, assim, novos requisitos de projeto são apresentados. Tem-se uma indicação estratégica possível para os produtos no início do processo, visando uma maior sustentabilidade.

As diretrizes podem ser alteradas e atendem ao contexto e narrativas dos produtos e componentes em análise. Elas podem relacionar a condição do usuário e políticas internas ou externas de sustentabilidade. Não há como experimentar alternativas de sustentabilidade se não há alterações entre as diretrizes e graus de importância dentro dos contextos analisados. Outra característica consiste na busca de respostas construtivas (DAMÁSIO, 2018).

Esta questão é representada na Figura 72, a qual apresenta possíveis formas de intercambiar diretrizes de acordo com a necessidade do usuário.

**Figura 72** – A intercambialidade do método EcoCicatriz®, que permite uma modularização de diretrizes de sustentabilidade.



Fonte: do autor.

Percebe-se que, de acordo com contextos ou narrativas, as diretrizes podem ser modificadas para atender as questões dos R's, por exemplo, de alguma norma técnica específica ou de setores com características de sustentabilidade distintas.

Para esta ação são considerados parâmetros compatíveis com cada uma das dimensões ambientais, econômicas e sociais pontuadas pelo usuário. As dimensões atendem a um objetivo funcional útil, ou seja, permitem que componentes C mais críticos sejam apontados de forma quantitativa, sendo parametrizados com o atendimento das referências oriundas da Matriz Binária, os pesos gerados pelas Matrizes de Importância das Diretrizes e das Dimensões e, finalmente, pela junção dos parâmetros que caracterizam a função Sustentabilidade.

A compatibilidade está associada à escolha da diretrizes. O chamado “efeito de ancoragem” (KAHNEMAN, 2012) pode gerar um risco se forem escolhidas diretrizes muito restritivas ou difíceis de serem alcançadas. Os ajustes são possíveis até a obtenção de um valor ótimo ou mais próximo dos contextos e das narrativas estabelecidas pelo usuário. De certa forma, o ajuste é realizado de forma racional e com base em alguns parâmetros que o usuário, por meio do amadurecimento em relação ao tema, impõe sobre o produto analisado. A ancoragem de diretrizes em primeira instância permite entender quais questões iniciais são preponderantes para o usuário. Impedimentos não são previstos e mudanças podem ocorrer ao longo da percepção mais evoluída sobre sustentabilidade. A busca de diretrizes compatíveis com o contexto e as narrativas que envolvem o produto e o usuário partem de uma coerência associativa (KAHNEMAN, 2012).

No âmbito das dimensões, mais especificamente a social, não há na literatura pesquisada, de forma direta, a obtenção de diretrizes. Reitera-se que dimensão social não equivale à responsabilidade social conforme apresentada pela ISO 26000 (ABNT, 2010). O termo neste trabalho associado à dimensão social considera as questões de tempo de trabalho humano e energia humana consumida na manufatura.

Os resultados obtidos pela aplicação do método EcoCicatriz® proporcionaram ao usuário elementos para interpretação e diagnóstico do que está acontecendo com o produto e componentes sob o aspecto sustentável. O diagnóstico permite a compreensão de uma relação de causas e efeitos gerados pelas diretrizes. Por sua vez, a interpretação pode motivar um maior número de análises sobre o próprio produto em questão, ou conduzir a uma série de análises possíveis sobre outros. Esta característica sempre envolve a busca de resposta em sustentabilidade para o maior número de produtos possível.

O método pode ser utilizado para fins de comparação desde que as diretrizes sejam as mesmas aplicadas aos produtos que estão sendo comparados. O contexto e as narrativas adotadas devem ficar explícitas quanto há este tipo de ação. Portanto, o método foi desenvolvido tendo como premissa a reprodutibilidade das etapas pelo usuário. Esta condição permite ao usuário desenvolver o entendimento junto à aplicação.

Ao tratar da aplicação, a realização ocorreu na condição presente do produto e dos componentes. Em condições futuras, recomenda-se que a escolha as diretrizes considere as questões de sustentabilidade que o produto deva atender tanto em relação a normas quanto a políticas de sustentabilidade. Contudo, o método foi aplicado na condição presente no intuito de melhorar, o que não impede aplicar-se a sustentabilidade em condições futuras de modo a tornar as questões de sustentabilidade preponderantes desde o início. O método permite a transmissão da informações por meio da análise e *feedback* da condição atual do produto em se tratando de sustentabilidade (BENYUS, 2007).

Paralelamente a aplicação do método foi criado um modelo de mapa visual pré-formatado de modo a tornar a aplicação mais acessível tanto em termos de entendimento da metodologia quanto para o preenchimento de dados de entrada (Apêndice C). Os elementos estão inseridos em uma folha A3, frente e verso, apresentando desde as diretrizes, os procedimentos de entrada, o processo de cálculo com a Função Sustentabilidade e a saída com o valor da EcoCicatriz® indicando o componente mais crítico. A função é de “comunicar processos, ideias e soluções possíveis” a mais sustentabilidade em produtos (KOLKO, 2018). Continuando sob o mesmo raciocínio do autor anteriormente citado, equivale a explorar “múltiplas trajetórias” para a sustentabilidade, ver como as coisas possam ser subsidiadas por “narrativas criadas” pelo usuário, acessível e de fácil entendimento.

Outro recurso possível com a utilização do formato A3 consiste na utilização como um documento de armazenamento de informações relacionadas a sustentabilidade. De acordo com Kolko (2018), uma das funções pode ser um “lembrete de propósito” a respeito de tratativas que consideram a otimização do produto e componentes. Oferece uma “razão” (motivo) para que a sustentabilidade em produtos seja considerada e lembrada.

#### 6.4 O MÉTODO ECOCICATRIZ® E A RELAÇÃO COM OS ARTIGOS PESQUISADOS

O método considera uma relação direta entre usuário e as diretrizes definidas junto a um contexto que envolve o produto e os componentes e ainda a interação entre componente, dimensão e diretriz como entradas formadoras do indicador composto EcoCicatriz®. Dos sete

artigos pesquisados pelo autor mais alinhados ao método criado, um apresentava a quantificação direta do componente. Esta condição pode ser observada junto a Tabela 24.

**Tabela 24** – A relação entre os artigos pesquisados e o trabalho desenvolvido.

Ano	Autores	Mensura o Produto	Mensura o Componente	Apresenta Indicadores	Apresenta o Tripé da Sustentabilidade	Relaciona Componente +Dimensão+ Diretriz	Considera as narrativas do usuário
2016	PIRES, S. P., SÉNÉCHAL, O., LOURES, E. F. R., JIMENEZ, J. F.	X		X	X		
2016	NIKOLAOU, I. E., KAZANTZIDIS, L.	X		X	X		
2016	PETRILLO, A., DE FELICE, F., JANNELLI, E., AUTORINO, C., MINUTILLO, M., LAVADERA, A. L., GALDEANO-GÓMEZ, E., AZNAR-SÁNCHEZ, J.A., PÉREZ-MESA, J.C., PIEDRA-MUÑOZ, L.	X	X	X	X		
2017	DE LUCA, A. I., FALCONE, G., STILLITANO, T., IOFRIDA, N., STRANO, A., GULISANO, G.	X		X	X		
2018	TORRES-RUIZ, A., RAVINDRAN, A. R.	X		X	X		
2019	AGOSTINHO, F., SILVA, T. R., ALMEIDA, C. M.V.B, LIU, G., GIANNETTI, B. F.	X		X	X		
2020	LOPES, V. F.		X	X	X	X	X

**Fonte:** do autor.

Embora seja tratada a condição do produto, da presença de indicadores e ainda do tripé da sustentabilidade, não foi identificada e interação de componente, dimensão e diretriz de forma concomitante.

Outro fator que difere o trabalho apresentado dos demais, consiste na relação entre usuário e a definição de diretrizes de acordo com narrativas e contextos dos produtos e dos componentes. Neste ponto, o modo de relacionar diretrizes com graus de importância, com as dimensões e desta forma, indicar graus de sustentabilidade não foi percebido junto as obras citadas.

Esta ação acarreta na criação de pesos decorrentes de graus de importância definidos pelo usuário e constituintes da Função Sustentabilidade.

Se observa que a indicação de um componente mais crítico o qual dará início a ações de melhoria não está presente nas obras. O “ponto do início” de uma ação com vistas a aumentar o grau de sustentabilidade de um produto por meio dos componentes é apresentado até o presente momento por esta trabalho.

Todavia, a apresentação de um método de apoio constituído com um caminho, ordem e resultado (COR) que trabalha com diretrizes que podem ser intercambiadas e adaptadas a condição prescrita pelo usuário é proposto junto a esta pesquisa e norteia todo o trabalho desenvolvido até a presente data.

## 6.5 O MÉTODO ECOCICATRIZ® E A RELAÇÃO COM METODOLOGIAS EXISTENTES

O método EcoCicatriz é aplicado em componentes de produtos por meio de uma escolha de diretrizes relacionadas a graus de importância estabelecidos pelo usuário. Desta forma, pode ser caracterizado por um método “usuário-dependente” em que a fronteira de análise decorre do produto em si. Todavia, consiste em comparações ambientais, econômicas e sociais por meio das diretrizes relacionadas a cada uma destas dimensões.

Em comparação aos métodos de design para a sustentabilidade, não apresenta uma dependência direta a um banco de dados específico e não deve ser classificado como um método “*midpoint*” o qual utiliza indicadores localizados ao longo do mecanismo ambiental antes de chegar a um ponto final. Também não apresenta características “*endpoint*” – o qual considera todo o mecanismo ambiental até o ponto final, considerando um dano específico o qual pode ter relação com a área de saúde humana, ambiente natural ou recursos naturais. Estes dois conceitos, por exemplo, podem ser verificados junto ao *Eco-indicator 99* (ROCHA, ANTUNES, PARTIDÁRIO, 2019), ou TRACI (*Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts*) encontrado em *United Nations Environment Programme* (2017). Há uma prevalência de questões ambientais junto aos métodos citados e a proposta apresentada nesta tese considera questões econômicas e sociais de forma concomitante e aplicadas sobre o mesmo componente.

Um dos diferenciais consiste no tempo para a aplicação junto ao usuário. Toda a informação que consiste das diretrizes, das matrizes de comparação e as equações que compreendem a função sustentabilidade, estão disponíveis ao usuário. O método se utiliza tanto a uma plataforma em formato digital como analógica. O formato A3, carrega consigo todas as informações e a sistemática metodológica utilizada impresso em uma única folha. Desta forma, o usuário visualiza as diretrizes, procede as escolhas, define os graus de importância entre as diretrizes e acompanha os cálculos realizados.

Outra característica consiste na não utilização de dados provenientes de bancos de dados globais. A utilização e aplicação consiste em fontes, percepções e informações locais, o que faz

com que as diretrizes possam ser adaptadas de acordo com normas incidentes sobre produtos ou políticas ambientais as quais careçam de cumprimento legal e de conhecimento do usuário.

Sendo assim, apresenta características de um “teste rápido”, como os utilizados para a identificação de patologias. Isso significa que resultados podem ser obtidos em curto espaço de tempo com entradas de dados provenientes do usuário a respeito da sustentabilidade do produto e dos componentes. Tem baixo custo tanto material quanto operacional em relação à aplicação.

O método não trata de questões relacionadas a PSS (sistema produto-serviço) como constante junto aos métodos *Method for sustainable product and/or service development in industry* (SPSD) de Maxwell e van der Vorst (2003), *-service systems for Design for Sustainability: Pilot project and integration into company practice* (PSS for D4S) de Tischner e Tukker (2006) e Tischner e Vezzoli (2009). Embora, permita ser adaptado para atender a condição de serviço como ocorre com componentes.

Em relação a avaliação do ciclo de vida, citados junto aos métodos de Maxwell e van der Vorst (2003) e, *Framework for sustainable product development in the context of high value engineering* (VALUE) de Tao and Yu (2018), a proposta não apresenta análises desta natureza embora entenda como uma possibilidade futura. A questão principal do método EcoCiatriz© consiste em simplificar análises iniciais e oferecer respostas em um curto período de tempo se compara do a uma análise completa de ACV a qual demanda mais tempo.

O método *Solution-Oriented Partnership Methodology Framework* (SOP), concilia questões de interação social junto ao usuário, embora, seja diferente ao aplicado por Manzini et al. (2004). Ainda, dirige-se a um número maior de produtos e não apenas industriais.

Não é aplicado junto a cadeia logística, o que não o impede de uma adaptação as diretrizes em um outra aplicação ou estudo. Quanto as questões como ecologia industrial, direitos humanos e trabalhistas, presentes, por exemplo, junto ao método *Roadmap for integration of sustainability issues in product design* (ROADMAP) de Waag (2007), compartilha apenas a visão de uma aplicação sistemática junto a produtos e serviços.

A aplicação do método trata do produto já existente e não apenas junto aos processos de desenvolvimento iniciais como apresentado junto ao método de Byggeth, Broman e Robert (2007) e *Templates for SPD* (MSPD TEMPLATES) de Ny, Hallstedt, Robert e Broman (2008). Embora, nada possa impedir de aplicar junto ao desenvolvimento na fase inicial se considerado que o produto tenha todos os requisitos de projeto.

Não avalia desafio e oportunidades de sustentabilidade de um produto como constantes junto ao método *Method for sustainable product development* (MSPD), desenvolvido por Byggeth e Hochschorner (2006) e, Ny, Hallstedt, Robert e Broman (2008). Procura indicar

melhorias junto aos componentes de modo que estejam alinhadas as diretrizes definidas pelo usuário.

Trata do redesenho ou reprojeto de produtos, muito semelhante ao *método Design for Sustainability: Redesign* (D4S REDESIGN) proposto por Crul e Diehl (2009), no entanto, ao invés de definir uma sistemática em 10 etapas, oferece um indicador o qual possa indicar o componente com o menor grau de sustentabilidade. Embora, ambos os modelos, Eco E Diehl, tratem de melhorias associadas a baixo risco e investimentos reduzidos. Entende-se, em uma primeira instância, que forma e função não devam ser comprometidos em função das melhorias acometidas junto aos componentes.

Não recomenda técnicas de design específicas como ocorre junto ao método *Design Management for Sustainability* (DMS), apresentado por Fagnoli, De Minicis e Tronci (2014). A escolha de melhorias pode ocorrer tanto em forma de um brainstorming quanto pela experiência do usuário. Embora, cabe ao usuário escolher o método de desenvolvimento o qual esteja de acordo com o conhecimento.

O método EcoCicatriz© não trabalha em cenários exploratórios como apresentadas em *Systemic double-flow scenario method for companies* (SCENARIO) de Gaziulusoy, Boyle e McDowall (2013). A fronteira de análise consiste do produto e componentes sendo relacionados a diretrizes de sustentabilidade em relação a atender ou não uma determinada condição e não necessariamente uma questão de inovação envolvida.

Pode ser associado em partes junto ao método de Tao e Yu (2018) o qual trata de metodologias de projeto de ciclo de vida para criação de valor sustentável embora não associe as condições do ciclo de vida do produto em si mas, o grau de sustentabilidade dos componentes. O “valor sustentável” consiste da relação do componentes com as diretrizes indicadas pelo usuário. Quanto maior o número de diretrizes atendidas, maior o “valor sustentável”.

Em suma, todas as técnicas tratam do produto como elemento principal da análise. O método apresentado parte de produto em direção aos componentes estabelecendo desta forma um grau de sustentabilidade. O resultado indica a prioridade do acometimento de melhorias.

## 6.6 O MÉTODO ECOCICATRIZ® E UMA POSSÍVEL APLICAÇÃO JUNTO A INDÚSTRIA 4.0

A chamada Indústria 4.0 é caracterizada pela utilização de robôs na manufatura, máquinas em processamento sem intervenções humanas diretas e registro de dados em tempo

real. Esta condição permite a aceleração da produção, sendo alternativa para as empresas se tornarem sustentáveis por meio da economia de energia e insumos de produção. É denominada como a “Nova Revolução Industrial”.

Está em diversos setores da economia para integrar, assimilar, aplicar e utilizar conceitos como: Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*), Internet dos Serviços (*Internet of Services – IoS*), Internet dos Dados (*Internet of Data – IoD*), Sistemas de Produção Ciber-Físicos (*Cyber Physical Systems – CPS*), Produtos Inteligentes etc. (SHAFIQ *et al.*, 2015).

A fim de colaborar com o entendimento, os princípios de desenvolvimento apresentados por Hermann *et al.* (2015), complementam a abrangência do novo conceito em que se apresentam a Interoperabilidade, a Virtualização, a Descentralização, a Operação ou Trabalho em Tempo Real, a Orientação a Serviços e Sistema Modular (HERMANN, PENTEK, OTTO, 2015)

A sustentabilidade é percebida em virtude da utilização de mais recursos tecnológicos, reduzindo o desperdício dos recursos naturais. Em produtos, consiste na utilização de realidade aumentada e processo de simulação e criação de produtos sem a materialização, que é um caso de aplicação direta da desmaterialização no desenvolvimento de produtos. Alguns pontos em prol da sustentabilidade podem ser a redução de custos, a permissão da flexibilidade e a modularização do sistema.

Maior flexibilidade na produção favorece a programação tanto de matéria-prima quanto de recursos de entrada. Produtos podem ser manufaturados de acordo com a demanda e, considerar a redução de resíduos e rejeitos.

A modularização do sistema está voltada à flexibilidade na adaptação às mudanças de requisitos e de mercado, substituindo ou expandindo módulos individuais ou componentes, facilmente adaptados em casos de flutuações de demanda ou mudança de especificações do produto.

O método permite por meio da substituição das diretrizes que fazem parte da estrutura, utilizar as diretivas da indústria 4.0 tendo como referência os objetivos os quais são aplicados diretamente sobre os componentes com a utilização da matriz de comparação. A referência a esta questão é proveniente dos princípios da Indústria 4.0, os quais foram inicialmente publicados em 2013 pela Academia Nacional Alemã de Ciências e Engenharia (SANTOS, 2017):

1) Adaptação da manufatura à demanda baixa, média e alta, variando o tipo de produto; componente modularizado.

2) Acompanhamento e auto-reconhecimento do componente mediante máquinas inteligentes; componente identificado.

3) Interação entre a interface homem-máquina (IHM); componente com manufatura definida.

4) Otimização da produção baseada na comunicação das ferramentas da Internet das Coisas (IoT) considerando consumo de energia e matéria-prima; componente otimizado.

5) Mudança radical no modelo de negócios que contribui para mudar as formas de interação com a cadeia de valor na customização de produtos; componente customizado.

Com referência aos princípios e com os acréscimos do autor em relação aos componentes de um produto, foram construídas matrizes as quais indicam e definem a EcoCicatriz® conforme exemplos apresentados nas Tabelas 25 e 26.

**Tabela 25** – Matriz Binária com a relação dos componentes e dos princípios da Indústria 4.0. Os valores são ilustrativos e dependem do contexto do usuário na aplicação.

Princípios 4.0	Componentes C		
	C1	C2	Cn
Componente Modularizado	1	1	0
Componente Identificado	1	0	1
Componente com Manufatura Definida	1	1	0
Componente Otimizado	0	1	1
Componente Customizado	1	1	1

Referência	
Componente Cn Atende	1
Componente Cn <i>não</i> Atende	0

**Fonte:** do autor.

A Tabela 25 faz alusão ao atendimento ou não do princípio, de forma binária e direta. Na sequência, a Tabela 26 apresenta uma relação quanto ao grau de importância de um princípio em relação ao outro.

**Tabela 26** – Matriz de relação a qual a apresenta o grau de importância de um princípio em relação ao outro. Os valores alocados são ilustrativos e dependem do contexto do usuário.

		Princípios 4.0					Soma da linha	Pesos
		CM	CI	CMD	CO	CC	Di	Dwi
Princípios 4.0	Componente Modularizado - CM		1	1	0	0	2	0,1600
	Componente Identificado - CI	0,5		0	0	1	1,5	0,1200
	Componente com Manufatura Definida - CMD	1	1		1	1	4	0,3200
	Componente Otimizado - CO	0	0	0		1	1	0,0800
	Componente Customizado - CC	1	1	1	1		4	0,3200

Referência	
Mais importante	1
Mesmo grau de importância	0,5
Menos importante	0

Fonte: do autor.

As duas matrizes apresentam potencial de aplicação onde há o relacionamento dos princípios da Indústria 4.0 com o método EcoCicatriz®, o qual indica o componente com o menor graus de sustentabilidade de um produto.

## 6.7 O MÉTODO ECOCICATRIZ® E A RELAÇÃO PERCEBIDA JUNTO AOS CONCEITOS DE CICATRIZ E APOPTOSE.

Fez-se a utilização de conceitos derivados da biomimética - (LIDWELL, HOLDEN, BUTLER, 2010) os quais permitiram o desenvolvimento de analogias e comparações ao utilizar termos biológicos como cicatriz e apoptose, resultando no indicador denominado EcoCicatriz®.

Desta forma, a EcoCicatriz prescreve o atendimento parcial de diretrizes de sustentabilidade pré-definidas pelo usuário. Seguindo a mesmo raciocínio, a apoptose indica uma “condição de reaproveitamento do produto”, ou seja, os componentes poderão ser reutilizados ou a matéria-prima poderá ser reciclada. Confere a condição de que o produto apresenta “características específicas do momento o qual está sujeito a análise”, enquanto atende uma forma e função definidas, mas que no futuro, possa apresentar uma outra forma ou função modificadas. Tanto a cicatriz quanto a apoptose permitem “pensar o produto em termos futuros” o que faz com que a existência seja instável e esteja sempre sujeito ao reprojeto.

Junto ao produto, em decorrência do grau de sustentabilidade dos componentes, surgem cicatrizes direcionadas ao ambiente. Embora a cicatriz seja decorrente de um processo de cura, não desaparece por completo e deixa marcas. Sendo assim, o mesmo processo ocorre com componentes os quais desempenham uma função junto ao produto. O produto existe mesmo

com a presença das cicatrizes ocasionadas pelos componentes. O método indica a dimensão e a origem desta cicatriz.

O método direciona o usuário na obtenção de uma “cura”, uma apoptose. Esta pode ocorrer por meio das modificações possíveis junto aos componentes de modo a adequar às características de projeto às diretrizes que asseguram maior sustentabilidade.

## 7 DISCUSSÃO, E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

### 7.1 CONCLUSÕES

O método EcoCicatriz®, proposto neste trabalho, pode ser utilizado em diferentes categorias de produtos, que podem ter tanto características artesanais ou industriais.

No desenvolvimento do método, a facilidade de uso foi considerada junto a preocupação em desenvolver acessibilidade e sistematização. Ainda, permitir com que o usuário por meio dos dados de entrada, o utilize de forma a recomendar melhorias voltadas a sustentabilidade nos produtos e componentes. As aplicações práticas dos estudos de caso apresentadas neste trabalho, apresentaram requisitos de projeto de maior potencial de sustentabilidade, contribuindo para explorar diferentes possibilidades de melhoria contendo alternativas em um único método.

Os usuários definem as diretrizes tendo como referência para análise a experiência com conceitos de sustentabilidade e a aplicação. Considera-se desde políticas de qualidade, informações normativas e fontes cotidianas apontadas pelos consumidores. Ainda sobre este tema, pode-se associar as diretrizes às mais praticadas pelos segmentos empresariais dos quais fazem parte. Cada usuário está em um contexto definido, tendo demandas de sustentabilidade de acordo com a realidade. Diretrizes recomendadas podem estar sujeitas a variações e podem compor um indicador que atende a narrativas de sustentabilidade customizadas. Caso o usuário entenda que deva acrescentar mais elementos para a análise, não há restrição.

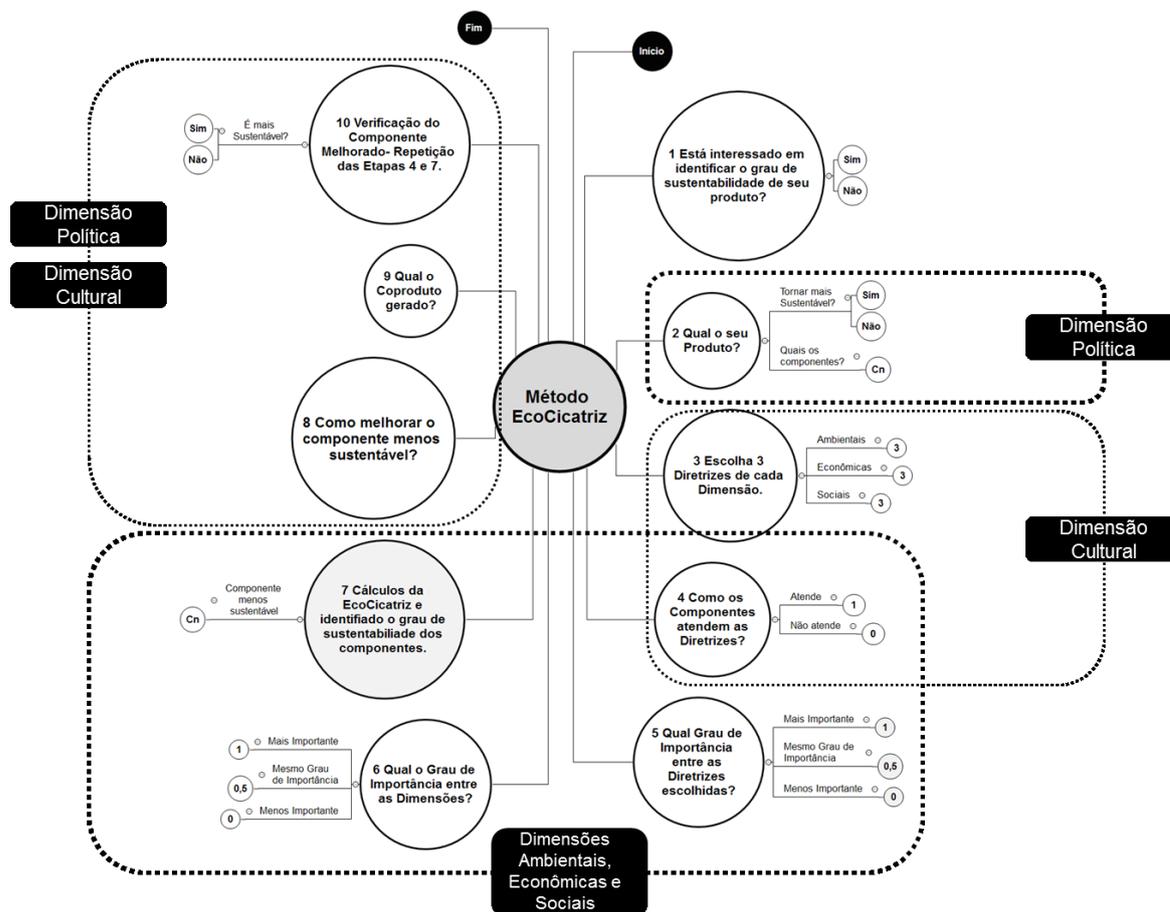
O indicador EcoCicatriz® cria uma indução de comportamento e orientação no que consiste em práticas de sustentabilidade centradas no produto e permite a associação de graus de importância junto a esta questão. Contribui na elevação do grau de sustentabilidade que possa existir em componentes.

Tendo em vista as pesquisas realizadas, considera-se que há dois tipos de indicadores de sustentabilidade possíveis: (a) indicadores de sustentabilidade coletivos: amplos, consideram muitas questões relacionadas ao meio ambiente. Exemplo: aquecimento global e impactos ambientais de grande monta; (b) indicadores de sustentabilidade individuais: recaem diretamente sobre o usuário, na compra de produtos ou na criação de objetos de consumo. Os usuários, como apontado anteriormente, estão mais próximos dos produtos.

As dimensões que envolvem o tripé da sustentabilidade garantem a tridimensionalidade ao método EcoCicatriz®. No entanto, durante o desenvolvimento, na aplicação junto ao usuário, foi observado que compreende questões culturais e políticas. Desta forma, ao anexar

ao conceito dimensões políticas e culturais, a sustentabilidade acaba adquirindo uma condição “pentadimensional”. A Figura 73 indica em que momento estes dois conceitos foram aplicados.

**Figura 73** – Questão pentadimensional do método EcoCicatriz®: dimensões ambientais, econômicas, sociais, culturais e políticas.



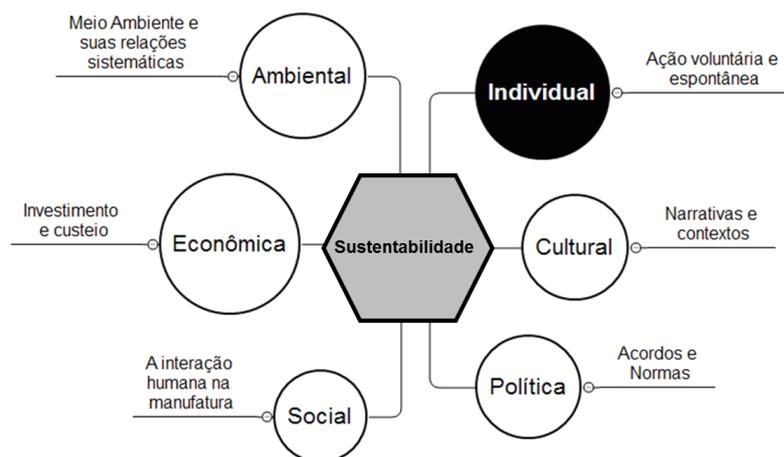
Fonte: do autor.

Com referência à Figura 73, entende-se que dimensões políticas consideram normas técnicas nacionais e internacionais, tratados e acordos assinados entre países. Com relação à dimensão cultural, consiste na escolha das diretrizes pelo usuário, que referencia o contexto e narrativas a respeito do produto. Estas questões culturais são oriundas de costumes e todos os hábitos e aptidões adquiridos tanto no núcleo familiar quanto na sociedade (HARARI, 2018).

O autor acrescenta neste contexto mais uma dimensão, a Individual. Entende-se como individual a participação de pessoas – enquanto unidade -, grupos ou organizações interessadas em mais sustentabilidade junto a produtos e processos. Desta forma, a sustentabilidade passa a ser constituída de seis fatores, interligados e interdependentes, denominada de hexadimensional. Esta configuração, corrobora com a premissa de que a adoção dos conceitos

voltados a sustentabilidade tem aplicação voluntária, amorfa e dependente de narrativas. A Figura 74 apresenta esta proposta.

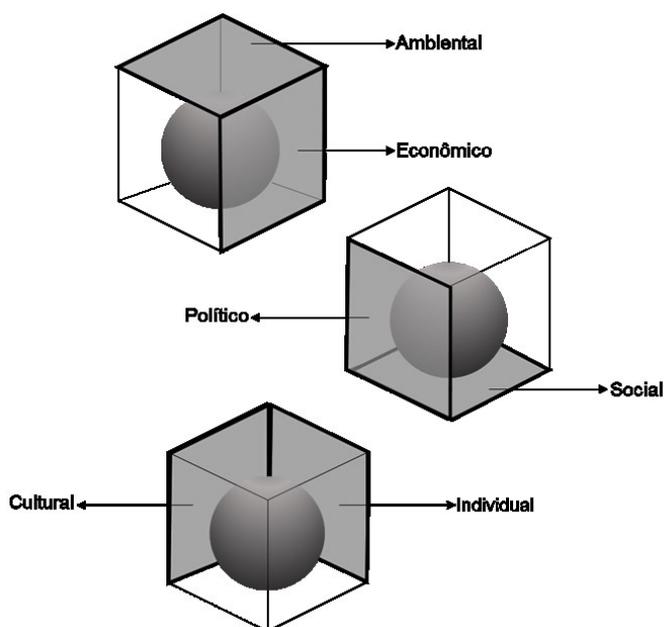
**Figura 74** – A condição hexa-dimensional da sustentabilidade.



**Fonte:** do autor.

Há ainda outra forma geométrica a qual possa representar a condição das 6 dimensões apresentadas pelo autor. Consiste em considerar que produto, representado por uma esfera, esteja situado dentro de um cubo em que as faces representam as dimensões de sustentabilidade. Em termos visuais, o produto está sujeito a atuação de todas as dimensões em 6 direções. A Figura 75, apresenta a proposta gráfica.

**Figura 75** – O produto sujeito as 6 dimensões de sustentabilidade disposto graficamente em um cubo.



**Fonte:** do autor.

## 7.2 CONCLUSÕES QUANTO AOS OBJETIVOS DA TESE

Uma das questões que nortearam o desenvolvimento desta pesquisa consistiu em fomentar o uso de conceitos de sustentabilidade, tornando-os mais acessíveis em qualquer instância no desenvolvimento de produto.

A consideração das áreas de Engenharia Mecânica e Design, ao estudar as teorias de DFE em projeto de produto, consistiu em um desafio junto a reunião e simplificação de diretrizes. No entanto, contribuiu para alcançar o objetivo de oferecer um método para gerar mais sustentabilidade em produtos levando-se em consideração aspectos ambientais, econômicos e sociais dos componentes.

Desta forma, o problema de pesquisa citado junto ao primeiro capítulo o qual consistia em “como propor um método que considere as narrativas dos usuários junto as escolhas de diretrizes voltadas aos componentes do produto de modo a quantificar o grau de sustentabilidade adquirido e o resultado iniciar melhorias direcionadas junto ao componente menos sustentável?” teve uma resposta por meio do resultado, quantitativo e qualitativo, do método EcoCicatriz®.

O resultado trata da questão de hipótese de modo a identificar que a sustentabilidade de um produto está atrelada ao componente menos sustentável. Esta verificação foi realizada tanto na simulação do método junto a um produto fictício (cubo) quanto na aplicação em produtos reais junto aos usuários. Logo, os pontos citados junto a hipótese puderam ser verificados:

- Em um produto sustentável, todos os componentes podem ser sustentáveis. *O usuário pode definir diretrizes e pesos e proporcionar um grau de sustentabilidade em componentes de um produto. Durante a aplicação e análise, foi observado que os componentes apresentam determinado grau de sustentabilidade. Todavia, se entende que em um produto sustentável os componentes podem apresentar sustentabilidade variável sob a condição “mais ou menos sustentável”.*
- Em um produto sustentável, todos os componentes podem ser não sustentáveis. *Esta condição depende da adequação das diretrizes de entrada definidas pelo usuário. O método oferece parâmetros em busca do grau de sustentabilidade em cada componente o que leva a entender que em um produto, está relacionada com menor ou maior grau de sustentabilidade.*
- Em um produto sustentável, os componentes podem apresentar graus de sustentabilidade diferentes. *De acordo com as diretrizes e pesos definidos pelo usuário junto a Função Sustentabilidade, o grau de sustentabilidade individual é identificado e permite que ações de melhoria sejam aplicadas junto a componentes com o maior valor da EcoCicatriz®.*

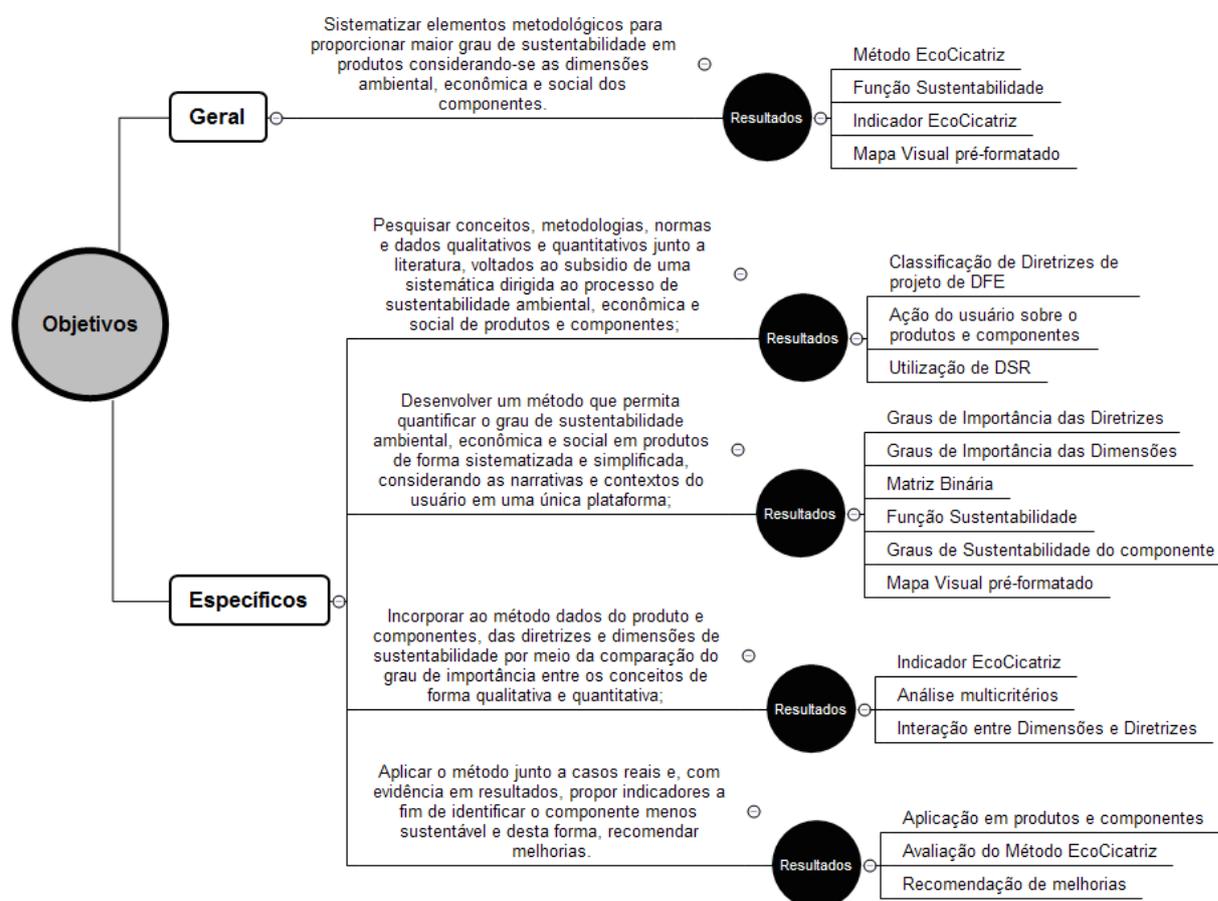
As diretrizes tiveram o grau de importância estabelecido e a associação com as dimensões ambientais, econômicas e sociais foi feita dentro da mesma sistemática. As condições de caminho, ordem e resultado, definidos como método, foram obedecidas.

Estas questões conduziram à Função Sustentabilidade que, por meio do indicador denominado EcoCicatriz®, indica o componente mais crítico, o qual torna-se o foco de melhorias para a sustentabilidade.

A formalização do método EcoCicatriz® permite identificar a Matriz Binária e os resultados decorrentes da melhoria caminhos possíveis que possam gerar produtos mais sustentáveis considerando critérios definidos pelo usuário. A aplicação do método permite a consideração das dimensões, a relação e a necessidade de utilização de diferentes critérios que atendam as condições definidas pelo usuário.

De modo a apresentar o atendimento aos objetivos, a Figura 76 indica o que cada um considerou junto ao método.

**Figura 76 – Objetivos e o método EcoCicatriz®.**



Fonte: do autor.

### 7.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A delimitação do tema deste trabalho fez com que a atenção estivesse concentrada na relação entre o produto, os componentes e a sustentabilidade existente na análise presente e a que possa ser obtida por meio das melhorias sugeridas. A partir das diretrizes escolhidas construiu-se um indicador, com o intuito de avaliar um produto. Reitera-se que a condição do berço-ao-berço (*cradle-to-cradle*) é entendida como ideal. No entanto, para fins de estudo, a fronteira priorizou produtos existentes, considerando o “reprojeto” ou a melhoria. Reitera-se que o estudo está centrado no produto e questões como impactos provenientes do uso não foram consideradas.

O método EcoCicatriz® acrescenta mais um elo a tantos estudos existentes na corrente que define a sustentabilidade ambiental, econômica e social no planeta. Esses elos são constituídos de narrativas, experiências, métodos, entendimentos, conceitos e aplicação de sustentabilidade em produtos, componentes e processos tanto a montante quanto a jusante do objeto em estudo.

O modelo proposto neste trabalho é apenas uma parte do todo que contempla a complexidade que envolve o conceito de sustentabilidade. Seria muita pretensão do autor acreditar que ele contempla todas as variáveis que possam influenciar a existência de um produto e todo o contexto da manufatura. Entende-se a EcoCicatriz® como uma proposta metodológica para uma análise mais detalhada de condições de “criação de coisas” para consumo.

A transformação de um produto em mais sustentável poderá ocorrer apenas quando ocorrer a percepção do que é insustentável na estrutura. A identificação do componente mais crítico, menos sustentável, é um dos passos possíveis. Via de regra, o método proposto apresenta o que pode causar a insustentabilidade.

Cada aplicação envolve a análise decorrente das considerações do usuário. A combinação de diretrizes mais favoráveis faz com que o produto e componentes adquiram uma classificação favorável de diretrizes. E uma melhor escolha pode levar a produtos melhores.

Ao analisar o produto existente, aproxima-se a sustentabilidade do usuário que o consome ou o fabrica. Isto pode gerar um desconforto porque responsabiliza o indivíduo. Administrar a aquisição de produtos sustentáveis gera um alto custo para o usuário no sentido de que a responsabilidade em relação à sustentabilidade fica mais próxima do alcance, de modo a proporcionar ou não o tratamento mais adequado.

Faz-se necessário contar a história dos produtos de modo a entender como a condição sustentável foi estabelecida. Ou seja, para se chegar à sustentabilidade alguns caminhos e considerações foram estabelecidas e quantificadas.

O trabalho pode ser uma contradição em virtude da dicotomia muitas vezes presente entre produzir mais ou menos produtos, em diminuir ou aumentar o número de componentes ou funções ou em agregar valor junto ao produto ao considerar o aumento de complexidade. Observa-se que entre o conceito de sustentabilidade e produtividade existe esta dicotomia. O desafio consiste em proporcionar por meio da aplicação de conceitos similares e quantificáveis de sustentabilidade uma aproximação de conceitos que atendam as divergências.

É importante entender que a sustentabilidade, em todas as dimensões, depende de ações voluntárias e “a parte de cada um é entender sua parte no todo” (CARDOSO, 2013).

A marca EcoCicatriz® foi registrada junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial com o Certificado de Registro de Marca, Processo número 916176886, concedido em 05 de novembro de 2019 (Apêndice D).

#### 7.4 RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista o método EcoCicatriz® desenvolvido e as aplicações realizadas com os usuários, alguns temas são sugeridos de modo a buscar preencher algumas lacunas no âmbito da sustentabilidade em produtos e componentes.

O método EcoCicatriz® pode ser utilizado para análise de processos de manufatura em que o produto (P) é substituído pelo processo (Pc), e os componentes substituídos pela etapas (Ep). A escolha das diretrizes para fins de comparação podem seguir a mesma lista com as dimensões ambientais, econômicas e sociais voltadas aos produtos. A sistemática seria semelhante à aplicada ao produto e à determinação do componente com o menor grau de sustentabilidade.

Sugere-se uma análise voltada ao componente e as diretrizes atribuídas pelo usuário, no intuito de indicar melhorias customizadas junto a relação componente/diretriz. Para contribuir a esta questão sugere-se que os componentes possam ser agrupados de acordo com materiais, quantidades, graus de importância junto ao produto e, características de fabricação.

As diretrizes e as características poderão ser representadas por meio de exemplos conceituais e desenhos esquemáticos, os quais, possam contribuir para o entendimento dos conceitos e a usabilidade durante o processo de escolha, realizado pelo usuário.

Uma pesquisa quanto a usabilidade do método poderá ser aplicada de modo a aperfeiçoar a escolha das diretrizes e a entrada de dados. Um número estatisticamente aceito de usuários e diverso, possibilitaria a aplicação em produtos ou serviços de qualquer natureza.

Outra tema poderá considerar uma variável que atenda as condições de vida útil e definições, tempo de utilização e, ainda, efeitos da avaliação do ciclo de vida de um produto. Algumas questões norteariam a pesquisa como, por exemplo, verificar se a vida útil e utilização de um produto são equivalentes. E ainda, compreender como uma condição possa atender a outra de modo a quantificar a eficácia de cada uma delas.

Pesquisas poderão ser realizadas visando tratar do tempo que um produto leva para ser criado considerando-se também o tempo que ele levaria para ser desintegrado que possa retornar ao processo como matéria-prima. Isso permitirá uma noção do esforço dedicado ao desenvolvimento de produtos em comparação com a transformação ou não como resíduo.

Uma análise quanto à possibilidade de antever a condição de um produto, se mais ou menos sustentável, indicaria os caminhos de retorno dos componentes mais críticos e, assim, apontar a sustentabilidade reversa prevista para a melhoria.

Outra recomendação consiste na identificação das possíveis consequências efeitos colaterais que poderão surgir na aplicação do método EcoCicatriz®. Buscando-se assim identificar os efeitos considerando a variabilidade e grau de incerteza inerente a escolha de diretrizes. Desta forma, responder a uma questão a qual poderá envolver uma nova proposta de melhoria do componente apresentada, os possíveis efeitos e consequências que poderão ocorrer no produto e componentes.

Outro tema consiste em definir quais componentes do produto analisado possam ter componentes com 100% de reuso ou descarte seguro. Novas pesquisas poderão apontar o que é sustentável ou não no produto por meio da comunicação no rótulo e, assim, desenvolver uma forma de orientar o consumidor a adotar formas mais sustentáveis de consumo de produtos. Em termos práticos, isto poderia corresponder a uma verificação quantitativa por meio do indicador EcoCicatriz®.

Identificar e mensurar o grau máximo ou mínimo de Sustentabilidade (adquirida ou não) em um produto de modo a definir uma forma de controle (selo, certificado, dentre outros) que permita informar ao Usuário qual a condição e o que deve ser realizado para reuso ou reciclagem.

Desenvolver uma continuidade do método de modo a que a proposição de melhorias incorpore metodologias previamente definidas e direcionadas ao projeto mais sustentável de componentes.

E para finalizar, aplicar o Método EcoCicatriz® para avaliar a sustentabilidade considerando medicamentos, embalagens e aplicações da área da saúde. Investigar o nível de sustentabilidade neste setor, uma vez que são processos que envolvem cuidados e manutenção da vida humana.

## 8 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Normas Técnicas: você sabe o que e para que servem?** Disponível em: <http://www.abnt.org.br/imprensa/releases/5698-normas-tecnicas-voce-sabe-o-que-e-e-para-que-servem>. Acesso em: 05 de março de 2018.
- AGOSTINHO, F., SILVA, T. R., ALMEIDA, C. M. V. B., LIU, G., GIANNETT, B. F. I. **Sustainability assessment procedure for operations and production processes (SUAPRO)**. *Science of the Total Environment*, 685, 2019, p. 1006–1018.
- AMBROSE, G.; HARRIS, P. **Design Thinking**. Porto Alegre: Bookman, 2011. 200 p.
- ANAND, A.; KHAN, R. A.; WANI, M. F. **Development of a sustainability risk assessment index of a mechanical system at conceptual design stage**. *Journal of Cleaner Production*, n° 139, Aug. 2016. 258-266 p.
- ANEEL, AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Programa de Incentivo às Fontes Alternativas**. Disponível em: < <https://www.aneel.gov.br/proinfra> >. Acesso em: 11 de março de 2018.
- ARAÚJO, J. B. **Desenvolvimento de método de avaliação de desempenho de processos de manufatura considerando parâmetros de sustentabilidade**. Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Carlos, 2010. 193 p.
- ARRUDA, A. LAILA, T. LIBRELOTTO, A. R. L. FERROLI, P. **Tópicos em design: biomimética, sustentabilidade e novos materiais / Organização Amilton Arruda [et alli]**. Curitiba, PR: Insight, 2019, 242p.
- ASHBY, M. F.; BALAS, D. F.; CORAL, J. S. – **Materials and Sustainable Development**. Butterworth-Heinemann, 19 jan., 2015, Oxford, UK. 328 p. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=qbSYBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=qbSYBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 7 de junho de 2016.
- ASHBY, M. F.; JOHNSON, Kara. **Materiais e design: arte e ciência da seleção de materiais no design de produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, Campus, 2011. vii, 346 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 5985: **Embalagem de papelão ondulado - Terminologia**. Rio de Janeiro, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT ISO/TS 14067: **Especificação Técnica: Gases de efeito estufa — Pegada de carbono de produtos — Requisitos e orientações sobre quantificação e comunicação**. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR ISO 14031: **Gestão ambiental – Avaliação de Desempenho Ambiental**. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR ISO 14040: **Gestão ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura**. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR ISO/TR 14062: **Relatório Técnico. Gestão ambiental – Integração de Aspectos Ambientais no Projeto e Desenvolvimento de Produto**. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14050/2012. **Gestão Ambiental – Vocabulário**. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT ISO 26000: **Especificação Técnica. Diretrizes sobre Responsabilidade Social**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15483/2009 - **Aparas de papel e papelão ondulado** — Classificação.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14001: **Sistema de Gestão Ambiental – Requisitos com orientação para uso**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14006: **Sistemas de Gestão Ambiental – Diretrizes para incorporar o Ecodesign**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 9241-11: **Requisitos Ergonômicos para o trabalho com dispositivos de interação visual**. Parte 11: Orientações sobre usabilidade. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 26000: **Diretrizes sobre responsabilidade social**. Rio de Janeiro, 2010, 120 p.

AZEVEDO, A. F. **Tecnologias do corpo: metáforas da sutura e da cicatriz**. RUA, V. 19, N. 2, P. 96-106, 2015. 96-106 p.

BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. da. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008. xxvi, 601 p.

BALACEANU, C.; APOSTOL, D. **The Perspective of Concept Sustainability. 5th World Conference on Educational Sciences - WCES 2013**. Procedia - Social and Behavioral Sciences 116. Elsevier Ltd, 2013. 2257 – 2261 p. Disponível em: <[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)>. Acesso em: 10 de maio de 2017.

BARBOSA, L. L. **Design sem fronteiras: A Relação entre o Nomadismo e a Sustentabilidade**. São Paulo: Editora da universidade de São Paulo / FAPESP, 2012, p.308.

BAUMAN, Z. **Liquid modernity**. John Wiley & Sons, 2013, 258 p.

BAX, M. P. **Design Science: filosofia da pesquisa em ciência da informação e tecnologia**. Ci. Inf., Brasília, DF, v. 42 n. 2, maio/ago., 2013, p.298-312

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2011. 342 p.

BELLEN, H. M. van. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2.ed. Rio de Janeiro (RJ): FGV, 2006. 253 p.

BENYUS, Janine M. **Biomimética: inovação inspirada pela natureza**. 3. ed. São Paulo: Cultrix, 13ª edição, 2016. 303 p.

BHINGE, R., MOSER, R., MOSER, E., LANZA, G., DORNFELD, D. **Sustainability optimization for global supply chain decision-making**. Procedia, CIRP 26, 2015, p. 323 – 328.

BRASIL, CASA CIVIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 15 de março de 2018.

BRASIL. **Código de Mineração (1967). Código de Mineração : e legislação correlata**. – 2. ed. – Brasília : Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2011. 112 p.

BRASIL. **Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação / Câmara de Educação Superior. Parecer n. 1.362, de 12 dez. 2002**. Brasília: MEC/CNE/CES, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1362.pdf><http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1362.pdf>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução nº 2, de 15 de junho de 2012. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental.** Diário Oficial da União, Brasília, 18 de junho de 2012. Disponível em: <http://conferenciainfanto.mec.gov.br/images/conteudo/iv-cnijma/diretrizes.pdf>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2019.

BRASIL.; OLIVEIRA, Juarez de (Org.). **Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988.** 11. ed. atual. ampl. São Paulo: Saraiva, 1995. 190p (Coleção Saraiva de legislação).

BROGIN, B. **Método de design para cocriação de moda funcional para pessoas com deficiência.** Tese. Universidade Federal do Paraná, 2019, 411 p.

BROWN, T. **Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. 251 p.

BRUNDTLAND, G. H. **Our common future – The World Commission on Environment and Development.** Oxford Paperbacks, United States, 1987, 400p.

BYGGETH, S., BROMAN, G., ROBERT, K.-H., 2007. **A method for sustainable product development based on a modular system of guiding questions.** Journal of Cleaner Production, nº 15, 2007, p. 1 e 11.

BYGGETH, S., HOCHSCHORNER, E. **Handling trade-offs in Ecodesign tools for sustainable product development and procurement.** Journal of Cleaner Production, nº 14, 2006, p. 1420 e 1430.

CAPRA, F.; LUISI, P. **A visão sistêmica da vida. Uma concepção unificada e suas implicações filosóficas, políticas, sociais e econômicas.** Tradução de Mayra Teruya Eichenberg, Newton Roberval Eichenberg. – São Paulo: Cultrix, 2014. 615 p.

CARAYANNIS, E. G., GRIGOROUDIS, E., GOLETISIS, Y. **A multilevel and multistage efficiency evaluation of innovation systems: A multi objective DEA approach.** Expert Systems with Applications, 62, 2016, p. 63–80.

CARDOSO, R. **Design para um mundo complexo.** São Paulo: Cosac Naify, 2013, 263 p.

CARSON, R. **Silent spring.** Houghton Mifflin Harcourt, 2002, 327 p.

CAVALLCANTI, C. **Sustentabilidade: mantra ou escolha moral? Uma abordagem ecológico-econômica.** Estudos avançados, vol. 26, nº 74. São Paulo, 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142012000100004&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142012000100004&lang=pt)>. Acesso em 07 de maio de 2016.

CAWTHRAY, R., DENISON, E. **Packaging, envases u sus desarrollos.** McGraw-Hill Companies, 1999, 160 p.

CERCHIONE, R., ESPOSITO, E. **Using knowledge management systems: A taxonomy of SMEstrategies.** International Journal of Information Management 37, 2017, p. 1551–1562.

CRUL, M., DIEHL, J.C. **Inside-the-box: D4S redesign.** In: Crul, M., Diehl, J.C. (Eds.), Design for Sustainability: A Step by Step Approach. UNEP, Paris, 2009, p. 57 e 71.

DAMÁSIO, A. **The Strange Order of Things: Life, Feeling, and the Making of Cultures.** Pantheon Books, New York, 2018, 338 p.

DE LUCA, A. I., FALCONE, G., STILLITANO, T., IOFRIDA, N., STRANO, A., GULISANO, G. **Evaluation of sustainable innovations in olive growing systems: A Life Cycle Sustainability Assessment case study in southern Italy.** Journal of Cleaner Production, 171, 2018, p. 1187 e 1202.

- DE LUCA, A. I., IOFRIDA, N., LESKINEN, P., STILLITANO, T., FALCONE, G., STRANO, A., GULISANO, G. **Life cycle tools combined with multi-criteria and participatory methods for agricultural sustainability: Insights from a systematic and critical review.** *Science of the Total Environment*, 595, 2017, 352–370.
- DESPEISSE, M., DAVÉ, A., LITOS, L., ROBERTS, S., BALI, P., EVANS, S. **A collection of tools for factory eco-efficiency.** *Procedia CIRP* 40, 2016. 542 – 546 p.
- DOŤCEKALOVÁ, M. P., KOČMANOVÁ, A. **Composite indicator for measuring corporate sustainability.** *Ecological Indicators*, 61, 2016, p. 612–623.
- DOUGHERTY, B. **Design Gráfico Sustentável.** São Paulo: Edições Rosari, 2011, 184 p.
- DRESCH, A., LACERDA, D. P., MIGUEL, P. A. C. **Uma Análise Distintiva entre o Estudo de Caso, A Pesquisa-Ação e a Design Science Research.** *Revista Brasileira de Gestão de Negócios.* São Paulo, v. 17, n. 56, abr./jun. 2015, p. 1116-1133.
- ELKINGTON, J. **Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business.** Capstone, 1999, 425 p.
- FARGNOLI, M., DE MINICIS, M., TRONCI, M. **Design Management for Sustainability: an integrated approach for the development of sustainable products.** *Journal of Engineering and Technology Management*, 2014, n° 34, p. 29 e 45.
- FAULKNER, W; BADURDEEN, F. **Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance.** *Journal of Cleaner Production*, 2014, p. 1-11.
- FERENHOF, H. A., FERNANDES, R. F. **Desmistificando a Revisão de Literatura como base para Redação Científica: Método SSF.** *Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina, Florianópolis, SC:* v. 21, n. 3, ago./nov., 2016, p. 550-563.
- GALDEANO-GÓMEZ, E., AZNAR-SÁNCHEZ, J. A., PÉREZ-MESA, J. C., PIEDRA-MUÑOZ, L. **Exploring Synergies Among Agricultural Sustainability Dimensions: Na Empirical Study on Farming System in Almeria (Southeast Spain).** *Ecological Economics*, 140, 2017, 99–109.
- GAZIULUSOY, A.I., BOYLE, C., MCDOWALL, R. **System innovation for sustainability: a systemic double-flow scenario method for companies.** *Journal of Cleaner Production*, n° 45, 2013, p 104 e 116.
- GIANNETTI, B. F., SEVEGNANIA, F., ALMEIDA, C. M. V. B., AGOSTINHO, F., GARCÍA, R. R. M., LIUC, G. **Five sector sustainability model: A proposal for assessing sustainability of production systems.** *Ecological Modelling*, 406, 2019, p. 98–108.
- GIRET, A., TRENTESAUX, D., PRABHUCA, V. **Sustainability in manufacturing operations scheduling a state of the art review.** *Journal of Manufacturing Systems*, 37, 2015, p. 126–140.
- GO, T. F.; WAHAB, D. A.; HISHAMUDDIN, H. **Multiple generation life-cycles for product sustainability: the way forward.** *Journal of Cleaner Production.* n° 95. Mar. 2015. 16-29 p.
- GOMPERTZ, W. **Pense como um artista: e tenha uma vida mais criativa e produtiva.** Tradução de Cristina e Iara Fino, 1ª edição, Rio de Janeiro, Zahar, 2015, 213.
- GONZALEZ, E. D. R. S., SARKIS, J., HUISINGH, D., HUATUCO, L. H., MACULAN, N., MONTOYA-TORRES, J. R., ALMEIDA, C. M. V. B. **Making real progress toward more sustainable societies using decision support models and tools: introduction to the special volume.** *Journal of Cleaner Production*, 105, 2015, p. 1-13.

- GRIVICICH, I.; REGNER, A.; ROCHA, A. B. **Morte celular por apoptose**. Revista Brasileira de Cancerologia. v° 53, n° 3. 2007. 335-343 p.
- HALLSTEDT, S. **Sustainability criteria and sustainability compliance index for decision support in product development**. Journal of Cleaner Production, 140, 2017, p. 251-266.
- HARARI, Yuval Noah. **21 lições para o século 21**. 1. ed., São Paulo: Companhia das Letras, 2018. 441 p.
- HERMANN, M., PENTEK, T., OTTO, B., 2015. **Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review**. Technische Universität Dortmund: working paper 01/2015.
- HEYWOOD, H. 101 **Regras Básicas para Edificações e Cidades Sus-tentáveis** / Hum Heywood; [Tradução de Alexandre Salvaterra]. São Paulo, Gustavo Gili, 2017, 271 p.
- HSUAN-AN, Tai. **Design: conceitos e métodos**. São Paulo: Blucher, 2017. 320 p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 18602 – **Packaging and the environment – Optimization of the packaging system**. Geneva, 2013, 26 p.
- JAEHN, F. **Sustainable Operations**. European Journal of Operational Research, 253, 2016, p. 243–264.
- KAHNEMAN, D. **Thinking Fast and Slow**. Penguin Books, Westminster, London, 2012, 512 p.
- KAZAZIAN, T. **Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: SENAC São Paulo, 2009. 194 p.
- KENNEDY, S.; WHITEMAN, G.; ENDE, J. **Radical Innovation for Sustainability: The Power of Strategy and Open Innovation**. Long Range Planning, 2016. 2-14 p.
- KOLKO, J. **Well-Designed: How to Use Empathy to Create Products People Love**. Cambridge: Harvard Business Publishing, 2014, 280 p.
- KOHL, H., ORTH, R., RIEBARTSCH, O., HECKLAU, F. **Integrated Evaluation System for the Strategic Management of Innovation Initiatives in Manufacturing Industries**. Procedia CIRP 40, 2016. 335 – 340 p.
- KRIPPENDORFF, K. **The semantic turn: a new foundation for design**. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. 349 p.
- KRISTENSEN, H. S., MOSGAARDA, M. A. **A review of micro level indicators for a circular economy - moving away from the three dimensions of sustainability?** Journal of Cleaner Production 243, 2020.
- LANKOSKI, L. **Alternative conceptions of sustainability in a business context**. Journal of Cleaner Production. n° 139, 20 August 2016. 847-857 p.
- LEONARD, A.; CONRAD, A. **A História das coisas: da natureza ao lixo, o que acontece com tudo que consumimos**. Rio de Janeiro: Zahar, 2011. 302 p.
- LIDWELL, W., HOLDEN, K.; BUTLER, J., 2010. **Universal principles of design, revised and updated: 125 ways to enhance usability, influence perception, increase appeal, make better design decisions, and teach through design**. Rockport Pub, 2010, 272 p.
- LOPES, V. F. **Método para Avaliar a Montagem de Produtos com base no DFA no âmbito do tripé da sustentabilidade**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014, 184 p.

LOVINS, A. B. e Rocky Mountain Institute. **Reinventando o fogo: soluções ousadas de negócios na nova era da energia**. São Paulo: Cultrix, 2013. 375 p.

LUPTON, E. **Design is storytelling**. New York, NY: Cooper Hewitt, Smithsonian Design Museum, 2017, 160 p.

MA, J., KREMER, G. E. O. **A sustainable modular product design approach with key components and uncertain end-of-life strategy consideration**. *Int J Adv Manuf Technol* 85, 2016. 741–763 p.

MANFREDI, S., ALLACKER K., CHOMKHAMRSRI, K., PELLETIER N., SOUZA, D. M. de. **Product Environmental Footprint (PEF) Guide**. European Commission (EC), Joint Research Centre (JRC) Institute for Environment and Sustainability (IES). Ispra, Italy, July 17, 2012, p. 160.

MANZINI, E., VEZZOLI, C. **O Desenvolvimento de produtos sustentáveis/ os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011. 367 p.

MANZINI, E., COLLINA, L., EVANS, S., BUGANZA, T., MARCHESI, A., VERGANTI, R., VALOTA, P., ROCCHI, S., LINDSAY, C., VAN DER HORST, T., MERONI, A., JEGOU, F., MARIEN, M., VIDAL, L., LAMBERT, J., BURNS, A., LUITEN, H., VAN SANDIK, E., PARTIDARIO, P., TEMPELMAN, E., JOORE, P. **Solution Oriented Partnership: How to Design Industrialised Sustainable Solutions**. Oscar Press, Milton Keynes, OK, 2004.

MARQUES, F. **Os impactos do investimento: Em tempos de crise, ressurgue a cobrança pelo retorno do financiamento público de pesquisa sem levar em conta que a produção da ciência segue caminhos complexos e interligados**. *FAPESP – Revista Pesquisa*, n°246, ago.de 2016. 16-23 p. Disponível em: <[http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2016/08/016-023\\_CAPA-Impacto-ciencia\\_246.pdf?8bd3c8](http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2016/08/016-023_CAPA-Impacto-ciencia_246.pdf?8bd3c8)>. Acesso em: 16 de agosto de 2016.

MARTINEZ-HERNANDEZ, E. **Trends in sustainable process design—from molecular to global scales**. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 17, 2017, p. 35–41.

MATTIODA, R. A.; MAZZI, A.; CANGIOLIERI, O. Jr.; SCIPIONI, A. **Determining the principal references of the social life cycle assessment of products**. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 2015, 12 p.

MAXWELL, D., van der VORST, R. **Developing sustainable products and services**. *Journal of Cleaner Production*, n° 11, 2003, p. 883 e 895.

MESTRE, A.; VOGTLANDER, J. **Eco-efficient value creation of cork products: an LCA-based method for design intervention**. Netherlands: *Journal of Cleaner Production*, 2013. 101 a 114 p.

MLODINOW, L. **De primatas a astronautas: a jornada do homem em busca de conhecimento**; tradução de Claudio Carina. 1ª Edição, Rio de Janeiro: Zahar, 2015.

MMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/publicacoes/desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 12 de setembro de 2018.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Política de Educação Ambiental – Histórico Mundial**. Disponível em: <http://mma.gov.br/educacao-ambiental/politica-de-educacao-ambiental/historico-mundial.html>> Acesso em: 10 de junho de 2019.

MMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis (PPCS)**. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/plano-nacional.html>>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2018.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Portaria MMA nº 44 de 13/02/2008**. Disponível em: < [https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-44-2008\\_205103.html](https://www.normasbrasil.com.br/norma/portaria-44-2008_205103.html)>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2018.

MORRIS, S. R. **The Fundamentals of Product Design**. AVA Publishing, Switzerland, 2009, 208 p.

MUNARI, B. **Das coisas nascem coisas**. São Paulo: Martins Fontes, 2002. 378 p.

NEGRÃO, C., CAMARGO, E. **Design de embalagem: do marketing a produção**. São Paulo, Novatec Editora, 2008.

NIKOLAO, I. E., TSALIS, T. A., EVANGELINOS, K. I. **A framework to measure corporate sustainability performance: A strong sustainability-based view of firm**. Sustainable Production and Consumption, 18, 2019, p. 1–18.

NIKOLAOUA, I. E., KAZANTZIDISA, L. **A sustainable consumption index/label to reduce information asymmetry among consumers and producers**. Sustainable Production and Consumption, 6, 2016, p. 51-61.

NORMAN, D. **The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition**. Basic Books (AZ), New York, 2013, 347 p.

NY, H., HALLSTEDT, S., ROBERT, K.H., BROMAN, G. **Introducing templates for sustainable product development: a case study of televisions at the Matsushita Electric Group**. Journal of Industrial Ecology, nº 12, 2008.

OLIVEIRA, V. F., TONINI, A. M., SANTOS, S. R. **Desafios da educação em engenharia: Formação Acadêmica e atuação Profissional, Práticas Pedagógicas e Laboratórios Remotos**. Brasília: ABENGE, 2017, 271 p.

ONAT, N. C., GUMUS, S., KUCUKVAR, M., TATARI, O. **Application of the TOPSIS and intuitionistic fuzzy set approaches for ranking the life cycle sustainability performance of alternative vehicle technologies**. Sustainable Production and Consumption 6. Elsevier, 2016. 12-25 p.

ONAT, N. C., KUCUKVAR, M., TATARI, O., EGILMEZ, G. **Integration of system dynamics approach toward deepening and broadening the life cycle sustainability assessment framework: a case for electric vehicles**. Int J Life Cycle Assess 21, 2016. 1009–1034 p.

ONU, ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **17 Objetivos para Transformar Nosso Mundo**. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/pos2015/>> Acesso em: 02 de agosto de 2018.

ONU, ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **2019 Revision of World Population Prospects**. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/>. Acesso em: 06 de julho de 2019.

ONU, ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Desafios para o Desenvolvimento Sustentável 2017/2030**. Disponível em: < <http://www.dm.com.br/opinioao/2017/11/desafios-para-o-desenvolvimento-sustentavel-20172030onu.html>>. Acesso em: 29 de novembro de 2017.

ONU, ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Meio Ambiente**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>. Acesso em: 12 de junho de 2019.

PAHL, G.; BEITZ, W. FELDHUSEN, J.; GROTE, K. 2007. **Engineering Design: A Systematic Approach**. Springer, New York, 2007, 412 p.

PAZMINO, A. V. **Como se cria: 40 métodos para design de produtos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2015, 279 p.

PETIT, G., SABLAYROLLES, C., BRIS, G. Y. **Combining eco-social and environmental indicators to assess the sustainability performance of a food value chain: A case study.** Journal of Cleaner Production, 191, 2018, p. 135 e 143.

PETRILLO, A., DE FELICE, F., JANNELLI, E., AUTORINO, C., MINUTILLO, M., LAVADERA, A. L. **Life cycle assessment (LCA) and life cycle cost (LCC) analysis model for a stand-alone hybrid renewable energy system.** Renewable Energy, 95, 2016, p. 337 e 355.

PFITSCHER, E. D. **Avaliação de sustentabilidade: evolução de um sistema de gestão ambiental.** Curitiba: Appris, 2014. 167 p.

PIRES, S. P., SÉNÉCHAL, O., LOURES, E. F. R., JIMENEZ, J. F. **An approach to the prioritization of sustainable maintenance drivers in the TBL framework.** IFAC-Papers On Line, 49-28, 2016, p. 150 – 155.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/sustainable-development-goals/>. Acesso em: 19 de agosto de 2018.

PUGH, S. **Knowledge-based systems in the design activity.** University of Strathclyde, Design Division. Glasgow – UK, 1989, p. 219-227.

RIBEIRO, L. W., GOMEZ, L. S. R. **O Uso do Brand DNA Process no Processo de re-Design de uma Marca.** XV Congresso de Ciências da Comunicação na Região Sul, Palhoça, SC, 8 à 10 de maio de 2014.

ROCHA, C.S., ANTUNES P., PARTIDÁRIO, P. **Design for sustainability models: A multiperspective review.** Journal of Cleaner Production 234, 2019, p. 1428 a 1445. (ROCHA, ANTUNES, PARTIDÁRIO, 2019)

ROCHA, L., GOMEZ, A., ARAÚJO, N., OTERO, C., RODRIGUES, D. **Cloud management tools for sustainable SMEs.** Procedia CIRP 40, 2016. 220 – 224 p.

RODRIGUES, D. D. Design Science Research como caminho metodológico para disciplinas e projetos de Design da Informação. Revista Brasileira de Design da Informação. São Paulo, v. 15, n. 1, 2018, p. 111 – 124.

RODRIGUES, T. O, SUGAWARA, E. T., SILVA, D. A. L., MAT-SUURA, M. I. S. F., BRAGA, T. E. N., UGAYA, C. M. L. **Guia Qua-lidata: requisitos de qualidade de conjuntos de dados para o Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida.** Brasília: Ibiict, 2016, p. 58.

ROTH, L., WYBENGA, G. **The packaging designer's book of patterns.** New York, 1991, 487 p.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C. de; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo.** São Paulo (SP): Saraiva, 2006. 542 p.

SANTOS, B. M., GODOY, L. P., CAMPOS, L. M. S. **Performance evaluation of green suppliers using entropy-TOPSIS-F.** Journal of Cleaner Production, 207, 2019, p. 498 e 509.

SANTOS, K.; LOURES, E.; PIECHNICKI, F.; CANGIOLIERI, O. **Opportunities Assessment of Product Development Process in Industry 4.0.** Procedia Manufacturing 11, 2017, 1358 – 1365.

SCHNEIDER, B. **Design - uma introdução: o design no contexto social, cultural e econômico.** São Paulo: Edgard Blucher, 2010. 299 p.

SHAFIQ, S. I., SANIN, C., SZCZERBICKI, E., TORO, C., 2015. **Virtual Engineering Object / Virtual Engineering Process: A specialized form of Cyber Physical System for Industrie 4.0.** Proceedings of the

19th International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems. *Procedia Computer Science*. 60, 1146–1155.

SHAPIRA, H, KETCHIE, A., NEHE, M. **The integration of Design Thinking and Strategic Sustainable Development**. *Journal of Cleaner Production*, 140, 2017, p. 277 - 287.

SICHE, R., AGOSTINHO, F., ORTEGA, E, ROMEIRO, A. **Índice versus Indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países**. Artigo. *Ambiente. soc*, vol 10, nº 2. Campinas jul./dez 2007. Disponível em: [www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2007000200009&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2007000200009&lang=pt). Acesso em 15 de abril de 2016.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo (SP): Atlas, 2018. 728 p.

STOYCHEVA, S., MARCHESE, D., PAUL, C., PADOAN, S., JUHMANI, A., LINKOV, I. **Multi-criteria decision analysis framework for sustainable manufacturing in automotive industry**. *Journal of Cleaner Production*, 187, 2018, 257-272.

SUBRAMANIAN, N., GUNASEKARAN, A. **Cleaner supply-chain management practices for twenty-first-century organizational competitiveness: Practice-performance framework and research propositions**. *Int. J. Production Economics*, 164, 2015, p. 216–233.

SUDJIC, D. *A linguagem das coisas*. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2010, 224 p.

TAI, H. **Design: conceitos e métodos**. São Paulo: Blucher, 2017, 320 p.

TAN, H. X., YEOA, Z., NGA, R., BESTARI, T. T., SONGA, B. **A sustainability indicator framework for Singapore small and medium-sized manufacturing enterprises**. *Procedia CIRP* 29, 2015. 132 – 137 p.

TAO, J., YU, S. **Product life cycle design for sustainable value creation: methods of sustainable product development in the context of high value engineering**. *Procedia CIRP*, 2018, p. 25 e 30.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2013. 136 p.

THOREAU, H. D. **Walden ou A Vida nos Bosques**. Tradução de Denise Bottmann. L&PM: Porto Alegre, 2010, 336 p.

TISCHNER, U., TUKKER, A. **A practical guide for PSS development. New Business for Old Europe: Product-Service Development, Competitiveness and Sustainability**. Greenleaf Publishing Limited, Sheffield, UK, 2006, p. 375 e 393.

TISCHNER, U., VEZZOLI, C. **Product-service systems: tools and cases. Design for Sustainability: A Step by Step Approach - Modules**, 2009, p. 33 e 75.

TORRES-RUIZ, A., RAVINDRAN, A. R. **Multiple criteria framework for the sustainability risk assessment of a supplier portfolio**. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2018, p. 4478 e 4493.

TSALIS, T., AVRAMIDOU, A., NIKOLAOU, I. E. **A social LCA framework to assess the corporate social profile of companies: Insights from a case study**. *Journal of Cleaner Production*, 164, 2017, 1665 e 1676.

ULRICH, K. T; EPPINGER, S. D. **Product design and development**. 5th ed. Boston: McGraw Hill, 2012. xv, 415 p.

UNITED NATIONS, 2017. **United Nations Millennium development goals**. Disponível em: <<http://www.un.org/millenniumgoals/>>. Acesso em 03 de maio de 2019.

VANEGAS, C. A. L., CORDEIRO, G. A., PAULA, C. P. de, ORDOÑEZ, R. E. C., ANHOLON, R. **Analysis of the utilization of tools and sustainability approaches in the product development process in Brazilian industry**. *Sustainable Production and Consumption*, 16, 2018, p. 249–262.

VENEGAS, G. V.; SALGADO, J. C.; ALVARADO, F. A. D. **Sustainability indicators for the assessment of eco-industrial parks: classification and criteria for selection.** Journal of Cleaner Production. n° 133, 27 May 2016. 99-116 p.

VEZZOLI, C. **Design de sistemas para a sustentabilidade: teoria, métodos e ferramentas para o design sustentável de “sistemas de satisfação”.** Salvador: EDUFBA, 2010, 342 p.

VEZZOLI, C., MANZINI, E. **Design for environmental sustainability.** Berlin: Springer, 2007, xviii, 303 p.

VEZZOLI, C.; MANZINI, E. **Design for Environmental Sustainability.** London: Springer-Verlag, 2008. ISBN 9781848001633 Disponível em: <[dx. doi.org/10.1007/978-1-84800-163-3](https://doi.org/10.1007/978-1-84800-163-3)>. Acesso em: 12 de abril de 2016.

WAAGE, S. **Re-considering product design: a practical “road-map” for integration of sustainability issues.** Journal of Cleaner Production, n° 15, 2007, p. 638 e 649.

WEIZSÄCKER, E. von; LOVINS, B. A.; LOVINS, H. L. **Factor four: doubling wealth, halving resource use.** United States: Earthscan Publications, 1998. 224 p.

ZARTE, M., PECHMANN, A., NUNES, I. L. **Decision support systems for sustainable manufacturing surrounding the product and production life cycle e a literature review.** Journal of Cleaner Production, 219, 2019, p. 336 e 349.

## 9 APÊNDICE A.

Diretrizes utilizadas para enquadramento junto as dimensões ambientais, econômicas e sociais mediante pesquisa bibliográfica em referências derivadas da área de design de produto da Engenharia Mecânica e Design são apresentadas junto aos Quadros 18, 19, 20 e 21.

**Quadro 18** - Diretrizes Levantadas junto a Back *et al.* (BACK, 2008).

1	Utilizar a mínima quantidade de materiais.
2	Utilizar o mínimo de materiais diferentes.
3	Utilizar materiais com mínima geração de resíduo.
4	Utilizar processos de fabricação com mínima geração de resíduos.
5	Utilizar processos de fabricação com mínima geração de defeitos.
6	Utilizar processos de fabricação com mínima geração de cavacos.
7	Facilitar a desmontagem evitando rebites, colas e soldas.
8	Evitar materiais compósitos
9	Minimizar a utilização de revestimentos superfinais e pinturas.
10	Adotar materiais e componentes duráveis.
11	Adotar materiais e componentes com tecnologia compatível.
12	Avaliar o ciclo de vida do produto.
13	Minimizar a obsolescência de tecnologia.
14	Minimizar a obsolescência de materiais.
15	Minimizar a obsolescência de soluções.
16	Adotar soluções modulares reutilizáveis.
17	Adotar soluções remanufaturáveis.
18	Adotar soluções reconcionáveis.
19	Adotar soluções facilmente recicláveis.
20	Minimizar embalagens para armazenamento.
21	Minimizar embalagens para transporte.
22	Evitar materiais que provoquem corrosão.
23	Evitar processos que provoquem corrosão.
24	Evitar materiais que dificultem a limpeza.
25	Evitar processos que dificultem a limpeza.
26	Evitar materiais que dificultem a desmontagem para o reparo.
27	Evitar processos que dificultem a desmontagem para o reparo.
28	Evitar materiais que dificultem o reconcionamento de módulos.
29	Evitar processos que dificultem o reconcionamento de módulos.
30	Evitar materiais que dificultem o reconcionamento de componentes.
31	Evitar processos que dificultem o reconcionamento de componentes.
32	Evitar materiais que dificultem o remanufatura de módulos.
33	Evitar processos que dificultem o remanufatura de módulos.
34	Evitar materiais que dificultem o remanufatura de componentes.
35	Evitar processos que dificultem o remanufatura de componentes.
36	Evitar materiais que dificultem a reciclagem de módulos.
37	Evitar processos que dificultem a reciclagem de módulos.
38	Evitar materiais que dificultem a reciclagem de componentes.
39	Evitar processos que dificultem a reciclagem de componentes.
40	Facilitar a distinção entre processos de desmontagem destrutivos.
41	Facilitar a distinção entre processos de desmontagem não-destrutivos.
42	Evitar utilizar ferramentas especiais na desmontagem.
43	Evitar utilizar mão-de-obra especial na desmontagem.
44	Evitar posturas desconfortáveis e demoradas na desmontagem.

**Fonte:** adaptado pelo autor de (BACK, 2008).

**Quadro 19 - Diretrizes Levantadas junto a Pahl (PAHL, 2007).**

1	Menor utilização de material
2	Maior aproveitamento de materiais
3	Substituir matérias-primas escassas
4	Substituir matérias-primas de alto custo
5	Utilizar matérias-primas disponíveis
6	Utilizar matérias-primas de menor custo.
7	Reciclagem por retorno de refugos de produção
8	Reutilização por retorno de refugos de produção
9	Retrabalho por retorno de refugos de produção
10	Reciclar resíduos de produção por retorno ao processo
11	Reciclar durante a utilização
12	Reciclar materiais usados por retorno ao processo
13	Reaproveitar
14	Reprocessar
15	Recuperar por processo
16	Preparar por processo
17	Reutilizar

**Fonte:** adaptado pelo autor de (PAHL, 2007).

**Quadro 20 - Diretrizes Levantadas junto a Pazmino (PAZMINO, 2015).**

1	Reduzir a utilização de recursos naturais e energia
2	Usar materiais não exauríveis (esgotáveis)
3	Usar materiais não prejudiciais (danosos ou perigosos)
4	Usar materiais reciclados
5	Usar materiais recicláveis
6	Usar materiais renováveis
7	Escolha de técnicas de produção alternativas
8	Menos processos produtivos
9	Pouca geração de resíduos
10	Redução da variabilidade de produtos
11	Reduzir o consumo de energia
12	Utilizar tecnologias apropriadas e limpas
13	Escolha dos meios mais eficientes de transporte
14	Logística eficiente
15	Redução de peso
16	Redução de volume
17	Assegurar a estrutura modular do produto
18	Aumentar a confiabilidade e durabilidade
19	Design clássico
20	Incentivar o uso compartilhado
21	Escolher uma fonte de energia limpa
22	Intensificar uso e cuidado do produto
23	Reduzir a quantidade ou volume de materiais de consumo requeridos
24	Tornar a manutenção e reparos mais fáceis
25	Agrupar materiais nocivos em submontagens
26	Aumentar o ciclo de vida do produto e as possibilidades de manutenção e reparação
27	Concentrar materiais poluentes ou recicláveis em um mesmo módulo
28	Converter os componentes em reposições
29	Definir claramente as interfaces permitindo o reuso de componentes
30	Desenvolver o produto para a desmontagem simples e pessoal não treinado
31	Identificar os componentes que são consumidos mais rapidamente
32	Eliminar superfícies possíveis de desgaste
33	Estimular a remanufatura e reforma
34	Estimular a reutilização do produto inteiro
35	Evitar a combinação com materiais corrosivos e perecíveis
36	Evitar acabamentos secundários (pinturas, revestimentos, dentre outros)
37	Evitar partes e materiais que possam estragar os equipamentos
38	Fácil acesso as partes nocivas, valiosas e reusáveis
39	Facilitar a desmontagem
40	Facilitar a reciclagem (de qualidade - berço ao berço)
41	Favorecer o uso do mono material
42	Identificar os componentes para facilitar a desmontagem e a reciclagem
43	Minimizar elementos de fixação

**Fonte:** adaptado pelo autor de (PAZMINO, 2015).

**Quadro 21** - Diretrizes Levantadas junto a Vezzoli e Manzini (VEZZOLI, MANZINI, 2007).

1	Minimizar materiais
2	Minimizar energia
3	Utilizar Recursos de baixo impacto ambiental
4	Selecionar materiais de maior ecocompatibilidade
5	Selecionar processos de maior ecocompatibilidade
6	Selecionar fontes energéticas de maior ecocompatibilidade
7	Estender a vida dos produtos para durar mais
8	Estender a vida dos materiais
9	Projetar para posterior utilização dos materiais descartados
10	Facilitar a desmontagem.
11	Projetar para separar componentes e materiais
12	Minimizar o conteúdo material de um produto
13	Minimizar as perdas e os refugos
14	Minimizar o consumo de energia para a produção
15	Minimizar o consumo de recursos no desenvolvimento de produtos
16	Desmaterializar o produto ou alguma de suas partes.
17	Digitalizar o produto ou alguma de suas partes.
18	Miniaturizar
19	Evitar dimensionamento excessivo
20	Minimizar os valores das espessuras dos componentes
21	Usar nervuras para enrijecer as estruturas
22	Evitar componentes ou partes que não sejam estritamente funcionais
23	Escolher processos produtivos que minimizem o consumo de materiais
24	Adotar sistema de simulação para a otimização dos parâmetros dos processos de transformação
25	Escolher os processos produtivos com o menor custo energético.
26	Utilizar instrumentos e aparelhagens produtivas eficientes.
27	Utilizar o calor disperso por algum processo produtivo, para o pré-aquecimento de alguns fluxos de determinados processos.
28	Utilizar sistemas de regulação flexível da velocidade dos elementos de funcionamento de bombas e motores.
29	Utilizar sistemas de interruptores inteligentes das aparelhagens.
30	Dimensionar os motores de maneira otimizada.
31	Facilitar a manutenção dos motores.
32	Definir cuidadosamente os limites e tolerâncias
33	Otimizar os volumes de compras dos lotes (estoques)
34	Otimizar os sistemas de controle de estoque (inventários)
35	Otimizar os sistemas e minimizar os pesos em todas as formas de transferência dos materiais e componentes semielaborados.
36	Utilizar sistemas eficientes de aquecimento (rescaldo), aeração e iluminação das edificações.
37	Minimizar o consumo de materiais como papéis e embalagens
38	Usar instrumentos informáticos para o projeto, modelagem e prototipia.
39	Usar instrumentos informáticos para o arquivamento, comunicação escrita e apresentação.
40	Usar sistemas eficientes de iluminação, aquecimento e ventilação no local de trabalho.
41	Usar instrumentos de telecomunicação para atividades a distância.
42	Minimizar as embalagens.
43	Minimizar os consumos para o transporte.
44	Evitar excessos de embalagens
45	Utilizar material somente onde for realmente útil.
46	Projetar a embalagem como parte integrada do produto.
47	Projetar produtos compactos com alta densidade de transporte a armazenagem.
48	Projetar produtos concentrados
49	Projetar produtos montáveis no local de uso.
50	Tornar os produtos mais leves.
51	Otimizar a logística.
52	Projetar produtos de uso coletivo.
53	Projetar buscando a eficiência do consumo de recursos bastantes para o funcionamento do produto.
54	Usar suportes digitais reconfiguráveis.
55	Projetar sistema de consumo variável de recursos para diferentes exigências de funcionamento.
56	Incorporar nos produtos mecanismos programáveis para desligar automaticamente.
57	Fazer com que o estado de <i>default</i> seja o de menor consumo possível.
58	Projetar sistemas com consumo passivo de recursos.
59	Adotar sistemas de transformação de energia de alto rendimento.
60	Usar motores com maior eficiência.
61	Projetar/adotar sistemas de transmissão de energia de alta eficiência.
62	Utilizar materiais ou componentes técnicos altamente isolados.
63	Projetar sistemas com isolamento ou distribuição de recursos precisos.
64	Minimizar o peso dos produtos que devem ser removidos.
65	Projetar sistemas de recuperação de energia e de materiais.
66	Projetar sistemas de recuperação de materiais.
67	Facilitar o uso da economia de energias e de materiais.
68	Facilitar o uso da economia de materiais.

**Fonte:** adaptado pelo autor de (VEZZOLI, MANZINI, 2007).

## 10 APÊNDICE B.

Consiste da apresentação dos termos e considerações a respeito das normas utilizadas na elaboração do método. São tratados os aspectos relacionados a gestão ambiental e design de produto.

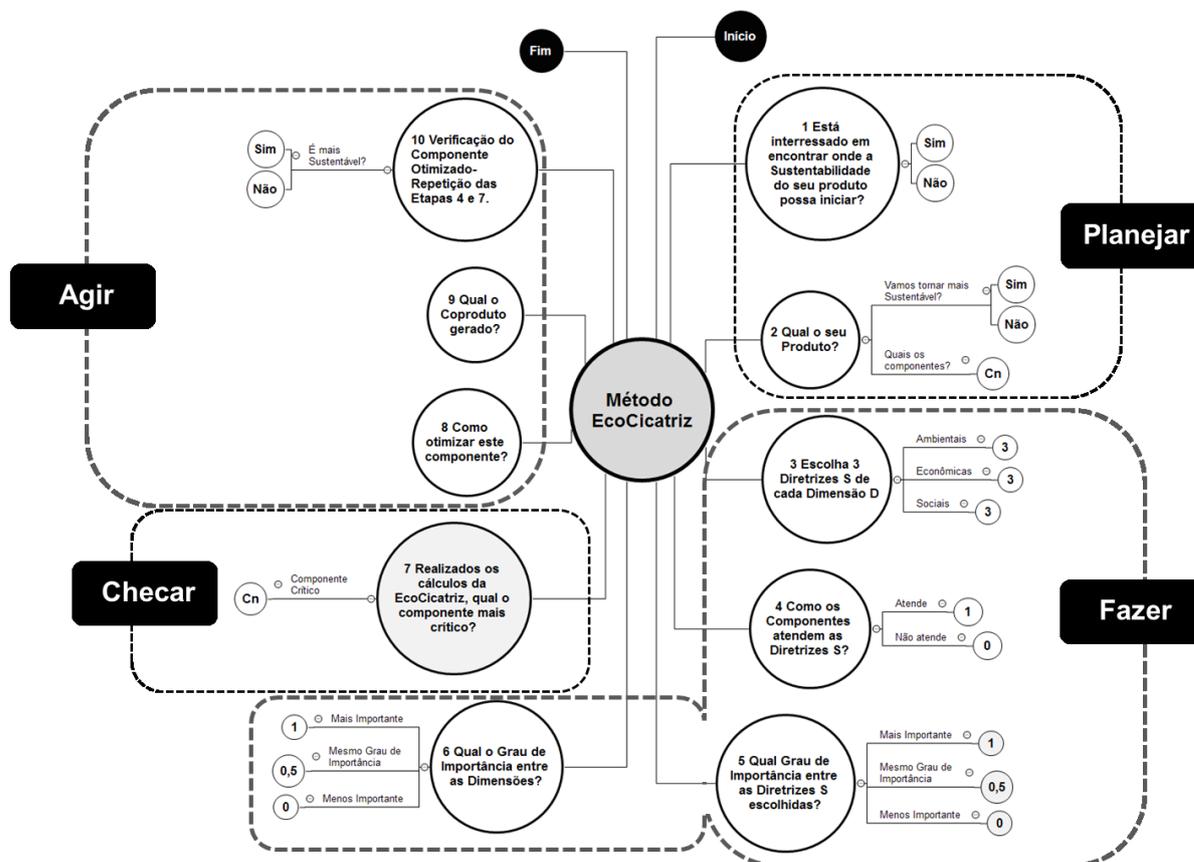
1 ABNT NBR ISO 14001:2015

Intitulada Sistema de Gestão Ambiental – Requisitos com orientação para uso ABNT NBR 14001 (ABNT, 2015), esta norma trata da busca do equilíbrio entre o meio ambiente, economia e sociedade considerando em alguns aspectos o tripé da sustentabilidade. Ela colabora na justificativa do método proposto, em que a intenção consiste em “prevenir o deslocamento involuntário dos impactos ambientais dentro do ciclo de vida” por meio da indicação do componente mais crítico (EcoCicatriz®). Ela prescreve que deva ser vista de uma “perspectiva sistemática ou holística”, ou seja, de forma integral.

Desta forma, nesta tese foram usados alguns termos citados no vocabulário de modo a justificar algumas expressões como, por exemplo, a forma verbal “pode”, utilizada na frase inicial para a escolha das diretrizes: “pode” (*may/can*) indica uma permissão/possibilidade ou capacidade” (ABNT NBR 14001, 2015, p. xi).

Observa-se que o método proposto equivale à sistematização de um PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) conforme citado na página ix item 0.4. Voltado à melhoria contínua de produtos, atende a uma colaboração à norma. O método “recomenda” a melhoria (p. xi) e trata do tripé da sustentabilidade de forma concomitante. Identificou-se uma relação do PDCA existente na norma e as etapas as quais são percebidas no método EcoCicatriz®. A Figura 77 apresenta esta relação.

Figura 77 – O PDCA e a relação com o método EcoCicatriz®.



Fonte: ISO 14001 (ABNT, 2015, p. ix) com adaptações do autor.

De modo a justificar a relação do PDCA com o método EcoCicatriz®, apresentada na Figura 6, os termos utilizados na norma ISO 14001 (ABNT, 2015, p. ix) apresentam a seguinte definição:

- *Plan* (planejar): estabelecer os objetivos ambientais e os processos necessários para entregar resultados de acordo com a política ambiental da organização;
- *Do* (fazer): implementar os processos conforme planejado;
- *Check* (checar): monitorar e medir os processos em relação à política ambiental, incluindo os compromissos, objetivos ambientais e critérios operacionais, e reportar os resultados;
- *Act* (agir): tomar ações para melhoria contínua.

Outro conceito da norma seguida pelo método EcoCicatriz® (ABNT, 2015, p. xi) considera a forma “convém que”, a qual indica uma recomendação. Logo, a melhoria dos componentes sugerida pelo método “sugere mudanças”.

O termo “requisito” proveniente da norma ISO 14001 (ABNT, 2015, p. 3 – item 3.2.8) manifestado na norma é substituído por uma diretriz porque uma diretriz não é obrigatória, ao contrário de um requisito. Devido a esta questão não foram adotados na tese os termos conformidade e não conformidade de acordo com a Norma ISO 14001 (ABNT, 2015, p. 5 – itens 3.4.2 e 3.4.3)

Um “processo”, de acordo com a norma ISO 14001 (ABNT, 2015, p. 5 – item 3.3.5), é um “conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transformam entradas em saídas. Pode ser documentado ou não”. Este trabalho utiliza o termo “processo de manufatura” ou apenas “manufatura”.

Sendo assim, há uma definição de manufatura a qual justifica a utilização proveniente do latim, *manu* (mão) e *factura* (feito), a qual descreve a transformação de matérias-primas em produtos para a comercialização. O termo manufatura pode se referir a uma grande variedade de atividades humanas, desde o artesanato até a alta tecnologia, mas é comumente aplicada à produção industrial, na qual as matérias-primas são transformadas (produção ou montagem de componentes) em bens acabados.

Outro termo utilizado foi o meio ambiente, caracterizado pela “circunvizinhança em que uma organização opera, incluindo ar, água, solo, recursos naturais, flora, fauna, seres humanos e as inter-relações” (ABNT, 2015, item 3.2.1).

O aspecto ambiental, retratado na norma ISO 14001 (ABNT, 2015, item 3.2.2) é caracterizado por “elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização, que interage ou pode interagir com o meio ambiente. Nota 1: um aspecto ambiental pode causar impacto(s) ambiental(is) (3.2.4). Um aspecto ambiental significativo é aquele que tem ou pode ter um ou mais impactos ambientais significativos. Nota 2: aspectos ambientais significativos são determinados pela organização, aplicando um ou mais critérios”.

Quanto à condição ambiental, é definida como um “estado ou característica do meio ambiente, conforme determinado em certo momento” (ABNT, 2015, item 3.2.3).

O conceito de indicador consiste na representação mensurável da condição ou estado de operações, gestão ou condicionantes (ABNT, 2015, item 3.4.7).

Em se tratando de monitoramento, a norma define como a “determinação da situação de um sistema, um processo (3.3.5) ou uma atividade. Nota 1: para determinar a situação, pode haver a necessidade de verificar, supervisionar ou observar criticamente” (ABNT, 2015, item 3.4.8).

Quanto ao termo medição, é conceituado como um “processo para determinar um valor” (ABNT, 2015, item 3.4.9).

O termo “desempenho” é mais pragmático, significando o resultado mensurável carecendo de duas notas para a completude. Nota 1: desempenho pode se relacionar tanto a constatações quantitativas como qualitativas. Nota 2: desempenho pode se relacionar à gestão de atividade, processos (3.3.5), produtos (incluindo serviços), sistemas ou organizações (3.1.4) (ABNT, 2015, item 3.4.10).

Em se tratando do produto, de modo que este atenda a requisitos de ordem ambiental, devem ser considerados os seguintes pontos da norma:

Os “aspectos ambientais” considerando “dentro do escopo definido no sistema de gestão ambiental, a organização deve determinar os aspectos ambientais das atividades, produtos e serviços que ela possa controlar e aqueles que ela possa influenciar, e os impactos ambientais associados, considerando uma perspectiva de ciclo de vida. Ao determinar os aspectos ambientais, a organização deve levar em consideração:

a) mudanças, incluindo desenvolvimentos planejados ou novos, e atividades, produtos e serviços novos ou modificados (ABNT, 2015, item 6.1.2). Esta é uma das justificativas que trata da mudança em produtos de modo a atender a questão ambiental.

Outra justificativa importante quanto à aplicação do método: “8 Operação. 8.1 Planejamento e controle operacionais, Coerentemente com uma perspectiva de ciclo de vida, a organização deve: a) estabelecer controles, como apropriado, para assegurar que o(s) requisito(s) ambiental(is) seja(m) tratado(s) no processo de projeto e desenvolvimento do produto ou do serviço, considerando cada estágio do ciclo de vida. E para uma pesquisa futura: d) considerar a necessidade de prover informações sobre potenciais impactos ambientais significativos associados com o transporte ou entrega, uso, tratamento pós-uso e descarte final dos produtos e serviços (ABNT, 2015, itens 8 e 8.1).

A norma apresenta alguns aspectos que devam ser considerados na questão ambiental, e que foram contemplados na formação das diretrizes de sustentabilidade e do método proposto (ABNT, 2015, p. 27, d, e, g) onde foram selecionados os seguintes itens:

- d) uso de matérias-primas e recursos naturais;
- e) uso de energia;
- g) geração de rejeito e/ou subprodutos.

Foram considerados outros aspectos vinculados ao produto nas diretrizes de sustentabilidade como (ABNT, 2015, p. 28):

- Projeto e desenvolvimento das instalações, processos, produtos e serviços;
- Transporte de produtos e prestação de serviços, incluindo a embalagem;
- Armazenamento, uso e tratamento pós-uso dos produtos;
- Gestão de rejeitos, incluindo a reutilização, recuperação, reciclagem e descarte.

A respeito de indicadores, a norma aponta que “indicadores são selecionados para avaliar o alcance dos objetivos ambientais mensuráveis. “Mensurável” significa que é possível o uso de métodos quantitativo ou qualitativo em relação a uma escala específica, para determinar se o objetivo ambiental foi alcançado. Ao especificar “se viável”, reconhece-se que pode haver situações em que não é possível medir um objetivo ambiental, entretanto, é importante que a organização seja capaz de determinar se um objetivo ambiental foi ou não alcançado (ABNT, 2015).

Com relação ao que monitorar e controlar pela empresa, alguns itens foram selecionados de modo a indicar inferências (ABNT, 2015, p. 32):

- e) monitorar ou medir processo(s) para verificar os resultados;
- f) determinar o uso e a quantidade de informações documentadas necessárias. A organização decide a extensão do controle necessário dentro dos próprios processos de negócios (por exemplo, processo de compra) para controlar ou influenciar processo(s) terceirizado(s) ou provedor(es) de produtos e serviços.

Ainda em se tratando de o monitoramento (ABNT, 2015, p. 34):

- b) os resultados do monitoramento e da medição sejam confiáveis, reprodutíveis e rastreáveis;
- c) a análise e a avaliação sejam confiáveis e reprodutíveis e permitam que a organização comunique tendências.

Esta norma trata dos “Gases de efeito estufa — Pegada de carbono de produtos — Requisitos e orientações sobre quantificação e comunicação”. Ela segue os mesmos princípios de análise utilizados na norma ISO 14001, tratada anteriormente. Ela utiliza conceitos e diretrizes existentes de modo a justificar termos e considerações do método EcoCicatriz®.

Esta norma (ABNT ISO/TS 14067:2015, p. viii) atende a condição da tese no intuito de “facilitar a avaliação de design alternativo de produto e opções de origem, produção e métodos de fabricação, escolhas de matéria-prima, reciclagem e outros processos no final do ciclo de vida do produto”.

A lacuna da norma (ABNT ISO/TS 14067:2015, p. viii) que a tese atende parte da abordagem da norma transcrita da seguinte forma: “Esta Especificação Técnica aborda a categoria única de impacto de mudança climática. Ela não avalia quaisquer aspectos ou impactos sociais ou econômicos, ou outros aspectos e impactos em potencial relacionados ao meio ambiente e impactos relacionados ao ciclo de vida de um produto. Portanto, uma avaliação de *carbon footprint* (CFP) de acordo com esta Especificação Técnica não oferece um indicador de impacto social, econômico ou ambiental geral de um produto. O método EcoCicatriz® atende as condições do Tripé da Sustentabilidade”.

O conceito de sistema de produto é utilizado partindo da definição que considera um “conjunto de processos elementares com fluxos elementares e de produto, desempenhando uma ou mais funções definidas e que modelam o ciclo de vida de um produto (ABNT ISO/TS 14067:2015, item 3.1.4.2).

Outro termo que a tese utiliza e o considera no final do método EcoCicatriz® é o “coproduto”, que significa qualquer um entre dois ou mais produtos procedentes do mesmo processo elementar ou sistema de produto (ABNT ISO/TS 14067:2015, item 3.1.4.3)

O conceito de fronteira do sistema foi utilizado considerando a definição que consiste em um “conjunto de critérios que especificam quais processos elementares fazem parte de um sistema de produto (ABNT ISO/TS 14067:2015, item 3.1.4.4). No caso do método EcoCicatriz® considera-se que trata das condições de projeto, e quando se trata de um produto já existente, refere-se aos componentes do produto em si. Um termo interessante consiste na abordagem “portão ao portão” (*gate to gate*) (ABNT ISO/TS 14067:2015, p. 20) o que de certa forma é atendido pela tese, ou do portão ao projeto (*gate to project*).

Para justificar a existência do indicador EcoCicatriz®, o conceito de unidade funcional pode corroborar o conceito de “desempenho quantificado de um sistema de produto para uso como unidade de referência” (ABNT ISO/TS 14067:2015, item 3.1.4.8).

O conceito de vida útil foi considerado no produto e nas análises nos estudos de caso, e a norma o define como um “período durante o qual um produto em uso atende ou excede os requisitos de desempenho” (ABNT ISO/TS 14067:2015, item 3.1.4.14).

A definição de ciclo de vida que compreende “estágios consecutivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou geração a partir de recursos naturais até o descarte final” também faz parte das análises dos estudos de caso (ABNT ISO/TS 14067:2015, item 3.1.5.2).

O termo “consumidor” faz parte das definições de usuários, o qual é caracterizado por ser um “membro individual do público geral que compra ou utiliza bens, propriedades ou serviços para finalidades privadas” (ABNT ISO/TS 14067:2015, item 3.1.6.3).

Um dos pontos de motivação para a criação do método considera a definição de unidade funcional, a qual aponta que “um estudo de CFP deve especificar claramente as funções do sistema de produto que está sendo estudado. A unidade funcional deve ser consistente com o objetivo e o escopo do estudo de CFP. A finalidade principal de uma unidade funcional é fornecer uma referência com a qual as entradas e as saídas estejam relacionadas. Portanto, a unidade funcional deve ser claramente definida e mensurável” (ABNT ISO/TS 14067:2015, item 6.3.3).

Algumas condições para a comparação de sistemas de produtos diferentes orientadas pela norma “devem ser feitas com base na(s) mesma(s) função(ões), quantificada(s) pela(s) mesma(s) unidade(s) funcional(is) na

forma dos fluxos de resistências. Se funções adicionais de qualquer um dos sistemas de produtos não forem consideradas na comparação das unidades funcionais, então essas omissões devem ser explicadas e documentadas. Como uma alternativa a essa abordagem, os sistemas associados à oferta dessas funções podem ser incluídos nos limites de outro sistema de produto para deixar os sistemas de produtos mais comparáveis. Nesses casos, os processos selecionados devem ser explicados e documentados (ABNT ISO/TS 14067:2015, p. 19). É muito importante fazer com que a comparação leve em conta as mesmas diretrizes. Esta questão justifica a comparação de produtos diferentes sujeitos às mesmas diretrizes ou a comparação do produto existente com o homônimo otimizado.

Sob a mesma condição deve-se considerar que a escolha da unidade funcional e o fluxo de referência associado requer atenção especial, por exemplo, a fim de permitir comparações sem propensões (ABNT ISO/TS 14067:2015, p. 19)

Ainda a respeito da comparação de produtos (p. 60): apenas uma forma de verificar, se utilizam os termos como uma base:

De modo a referenciar a comparação dos produtos com base nas CFP é permitida se o cálculo de CFP for feito de acordo com a CFP-RCP equivalente ou CFP-RCP reconhecida mutuamente, e incluir informações sobre as questões a seguir (ABNT ISO/TS 14067:2015, p. 60):

- A definição de categoria do produto e a descrição (por exemplo, função, desempenho técnico e uso) são idênticas;
- A unidade funcional é idêntica;
- O limite de sistema é equivalente;
- A descrição de dados é equivalente;
- Os critérios para inclusão de entradas e saídas são idênticos;
- Os requisitos da qualidade de dados, inclusive precisão de abrangência, integridade, representatividade, consistência e reprodutibilidade são os mesmos;
- As unidades são idênticas.

Naturalmente, os conceitos apresentados são observados nos estudos de caso.

### 3 ABNT NBR ISO 14040/2014

Esta norma trata da Gestão ambiental (Avaliação do Ciclo de Vida - ACV) Princípios e Estrutura.

Oferece subsídios para justificar a criação da EcoCicatriz® no que concerne a unidade funcional, juntamente com a apresentação de tratativas para a Avaliação do Ciclo de Vida (que não é tratada neste trabalho).

A função e unidade funcional estão relacionadas ao “escopo de um estudo da ACV, que deve especificar claramente as funções do sistema em estudo. Uma unidade funcional é uma medida do desempenho das saídas funcionais do sistema de produto. O propósito principal de uma unidade funcional é fornecer uma referência para a qual as entradas e saídas são relacionadas. Esta referência é necessária para assegurar a comparabilidade de resultados da ACV” (NBR ISO 14040/2014, item 5.1.2.1, p. 13).

Em se tratando do mesmo conceito, “a comparabilidade de resultados da ACV deve ser particularmente crítica quando diferentes sistemas estiverem sendo avaliados, para assegurar que tais comparações sejam feitas numa base comum. Um sistema pode ter várias funções possíveis, e aquela selecionada para um estudo é dependente dos objetivos e do escopo do estudo. A unidade funcional relacionada deve ser definida e mensurável” (NBR ISO 14040/2014, item 5.1.2.1, p. 13).

### 4 ABNT NBR ISO/TR 14062 – 2004 Relatório Técnico

Esta norma considera no escopo, conceitos sobre a Gestão ambiental – Integração de Aspectos Ambientais no Projeto e Desenvolvimento de Produto e o caráter é de “natureza estritamente informativa”.

Algumas questões relacionadas ao produto foram selecionadas como (NBR ISO/TR 14062 – 2004, item 5.3):

- d) conceito de critérios múltiplos, por exemplo, consideração de todos os impactos e aspectos ambientais relevantes; Os critérios adotados nesta tese que consideram vários pontos do projeto do produto considerando questões ambientais, econômicas e sociais;
- e) Trocas compensatórias, por exemplo, a busca de melhores soluções.

Apresenta aspectos quanto à funcionalidade em que “os produtos são desenvolvidos, pode ser de significativa importância pensar mais em termos de funcionalidade (como o produto é adequado aos propósitos para os quais ele é destinado, em termos de usabilidade, vida útil, aparência, etc.) do que em termos de uma solução técnica específica. Portanto, é importante fazer uma abordagem ampla, quando se pesquisam novas opções, assim como, destacar a funcionalidade requerida para satisfazer as demandas e as necessidades do cliente ou do usuário” (NBR ISO/TR 14062 – 2004, item 7.3.4, p. 11).

O conceito multicritério “considera uma ampla variedade de impactos potenciais e critérios ambientais, bem como proceder com cautela a exclusão, ajuda a garantir que a redução de um impacto não resulte no aumento de outro impacto. A organização pode reconhecer que as diferentes partes interessadas (comunidade científica, governo, grupos ambientalistas, clientes, etc.) podem ter variadas percepções da importância das questões ambientais. Estas diferentes percepções podem ser relevantes para o projeto e desenvolvimento de produto” (NBR ISO/TR 14062 – 2004, item 7.3.5, p. 12).

O gerenciamento de informações e dados “é um elemento essencial na integração de aspectos ambientais, no projeto de produto e no processo de desenvolvimento. A tomada de decisão é fundamentada e melhorada na coleta, troca e no gerenciamento de informações e dados tanto de fontes internas (por exemplo, processos de produção e prestação de serviços), quanto externas (por exemplo, clientes) e da organização. Em particular, a qualidade dos dados é importante para avaliar o produto para a tomada de decisão. Os dados a serem obtidos são definidos pelo sistema de medida da organização e pela natureza do projeto. A abrangência de tais dados pode variar de um inventário material do produto a uma avaliação completa do ciclo de vida. A confiabilidade dos resultados de uma avaliação de impactos ambientais de um produto é aumentada por meio de um gerenciamento eficiente de informações, programa de gerenciamento de dados, de formatos de dados abertos e concordantes, bem como a rastreabilidade de dados subjacentes (NBR ISO/TR 14062 – 2004, item 8.2, p. 15).

O método EcoCicatriz® atua na contribuição do processo de avaliação contínua de produtos considerando conceitos de avaliação inserida ao “desenvolvimento de um produto envolve a avaliação periódica e do processo em si. A partir de uma avaliação de aspectos e impactos ambientais de um produto, pode-se avaliar o progresso do processo de desenvolvimento, confrontando-o com as diretrizes (as que foram escolhidas pelo usuário). Esta avaliação pode ocorrer em marcos apropriados, antes do lançamento de produto (uma análise prévia ainda em protótipo ou até mesmo do *mockup*). Uma avaliação eficiente das propriedades e do desempenho ambiental do produto pode ser feita por meio de medições utilizando-se vários tipos de indicadores. Os indicadores podem ser selecionados considerando-se o propósito da avaliação (ponto de entrada) ou do processo de projeto. Há mais uma justificativa que corrobora o método EcoCicatriz® (NBR ISO/TR 14062 – 2004, p. 15).

## 5 ABNT NBR ISO 14006 - 2015

Esta norma corresponde a Sistemas de Gestão Ambiental – Diretrizes para incorporar o ecodesign. O intuito consiste em conhecer e entender o vocabulário utilizado e incorporar algumas diretrizes ao método proposto.

Os termos “projeto e desenvolvimento” “são usados às vezes como sinônimos e em outras para definir fases diferentes do processo completo de transformar uma ideia em um produto”. E, ainda, “desenvolvimento de produto” é o processo de elaboração de uma ideia desde o planejamento até o lançamento comercial e análise crítica do produto, no qual estratégias do negócio, considerações de marketing, métodos de pesquisa e aspectos do projeto são usados para conduzir o produto até a utilização prática. Isto inclui melhorias ou modificações nos processos e produtos existentes. A condição de melhoria, chamada pelo método de otimização é uma das condições consideradas pela tese (NBR ISO 14006 – 2015, itens 3 e 3.1 p. 1).

Quanto ao termo “ecodesign”, ele atende a “integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produto, com o objetivo de reduzir impactos ambientais adversos ao longo de todo o ciclo de vida de produto”. Apresenta “outras terminologias utilizadas no mundo inteiro incluem Projeto Ambientalmente

Consciente (*Environmentally Conscious Design – ECD*), Projeto para o Meio Ambiente (*Design for Environment*)”, utilizado pela tese (NBR ISO 14006 – 2015, item 3.2 p. 2).

A definição de produto “consiste em qualquer bem ou serviço”. Há ainda um complemento citado pela norma: serviços, informações, materiais e equipamentos, materiais processados. Sendo que: “Materiais e equipamentos são geralmente tangíveis e a quantidade é uma característica enumerável. Materiais processados são geralmente tangíveis e a quantidade é uma característica contínua” (NBR ISO 14006 – 2015, itens 3.3 p. 2).

Sobre a utilização da análise sobre produtos já existentes que envolvem planejamento e aspectos ambientais considera: “Ao projetar ou ‘reprojetar’ um produto, a avaliação da significância dos aspectos ambientais pode ser feita com base em modelos anteriores do produto, de um produto similar no mercado ou de uma referência hipotética” (NBR ISO 14006 – 2015, itens 5.3 e 5.3.1 p. 6).

Esta tese atende as recomendações do item 5.4.6.8 (p. 16), as quais tratam do controle de alterações de projeto e desenvolvimento por oferecer um registro das informações coletadas para a definição da EcoCicatriz®.

De acordo com o item Monitoramento e Medição, o indicador EcoCicatriz® enquadra-se na questão de apresentar-se como “um indicador de desempenho operacional que mostra o progresso no desempenho ambiental”. Naturalmente, como foi definido, considera as dimensões econômica e a social por meio das diretrizes utilizadas (NBR ISO 14006 – 2015, item 5.5.1 p. 17).

Quanto à contribuição para a criação de valor “o valor dos produtos é determinado pelas funcionalidades, que podem ser físicas, econômicas, inatingíveis e emocionais”. O ecodesign pode ter um impacto positivo na funcionalidade, como listado abaixo:

- a) o consumo de energia e de material está ligado à funcionalidade física, por exemplo, produtos menores, produtos mais leves;
- b) a redução de material, do consumo de energia, de embalagem e de transporte, bem como de produtos projetados para uma desmontagem mais fácil, está relacionada à funcionalidade econômica, por exemplo, custo mais baixo de transporte e de energia para usuário.
- c) a estética e a durabilidade dos materiais podem ser elementos da funcionalidade emocional.

O ecodesign pode contribuir substancialmente para a criação de valor paralelamente ao objetivo principal de reduzir os impactos ambientais dos produtos. O desenvolvimento social, as percepções das partes interessadas e, em particular, dos clientes determinam em grande parte o potencial da criação de valor. A análise de tais questões mostrará quais dimensões tem que ser tratadas em uma estratégia detalhada. Tendo como referência estas recomendações, as diretrizes selecionadas pelo método levaram em consideração as dimensões de sustentabilidade (NBR ISO 14006 – 2015, item 3.4 p. 25).

## 6 ABNT NBR ISO 14031/2015

Esta norma trata da Gestão Ambiental – Avaliação de Desempenho Ambiental, a qual contém conceitos que foram utilizados no método deste trabalho.

Há uma definição de “Indicador” a qual foi considerada nesta tese, sendo definido como “representação mensurável da condição ou estado de operações, gestão ou condicionantes (NBR ISO 14031/2015, item 3.1.5 p. 3).

Apresenta-se o conceito de “Indicador Combinado”, o qual “inclui informações sobre mais de um aspecto”. Nota: um indicador combinado pode ser referido como um “indicar composto” (NBR ISO 14031/2015, item 3.2 p. 1).

Os parágrafos 4.1.2.1 e 4.1.2.2 tratam de indicadores voltados ao tripé da sustentabilidade com abrangência ambiental e tratam de alguns conceitos voltados à dimensão social. Vale a citação desta informação em virtude de um ciclo PDCA, que trata por meio de um fluxograma a “movimentação” de entrada e saída de indicadores, mais precisamente os Indicadores de Condições Ambientais (ICA) e os Indicadores de

Desempenho Ambientais (IDA). Esta citação objetiva apresentar a gama de indicadores existentes a respeito da dimensão ambiental e variações (NBR ISO 14031/2015, itens 4.1.2.1 e 4.1.2.2 p. 6 e 7).

A seleção de Indicadores de Desempenho Operacional (IDO) é apresentada na Figura 3 – da norma - de forma macro as entradas e saídas referentes às “operações de uma organização” (NBR ISO 14031/2015, item 4.2.2.4, p. 12).

No item 4.2.2.6, o qual trata de “selecionar um indicador de desempenho operacional de um setor específico para comparação” algumas considerações foram transcritas de acordo com o quadro denominado “ajuda prática 5” (NBR ISO 14031/2015, item 4.2.2.6, p. 16). A primeira se refere a “identificar claramente o processo, produto ou serviço de interesse com um nível adequado de detalhes para assegurar que a comparação seja baseada na mesma função”. Complementa o conceito de *briefing* utilizado pelo trabalho. As métricas são tratadas no segundo ponto e “precisam ser escolhidas cuidadosamente para avaliar a precisão (exatidão) dos indicadores” (NBR ISO 14031/2015, item 4.2.2.6, p. 16).

Quanto ao item 4.3, intitulado Usando Dados e Informações, há um gráfico (Figura 4 da norma) em formato de fluxo de entradas e saídas de dados, o qual inspira a apresentação gráfico do método EcoCicatriz®. O formato foi utilizado como referência na análise dos resultados (NBR ISO 14031/2015, item 4.3, p. 20).

Uma das características do método é apresentada pelo conceito do item A 3.2.1 o qual trata da “Abordagem de Causa e Efeito”. A definição subsidia a dinâmica de determinação da EcoCicatriz® pelo método desenvolvido. A definição indica que “uma organização pode querer desenvolver indicadores que conduzam à causa fundamental ou básica dos aspectos ambientais significativos. Esta pode efetuar uma análise para identificar a causa e selecionar indicadores baseados nesta análise” (NBR ISO 14031/2015, item A 3.2.1, p. 30). Reitera-se que nesta tese trabalha-se com as três dimensões de sustentabilidade, e procura-se identificar o componente básico e menos sustentável de um produto.

Em se tratando do item A.3.2.4 (Abordagem de iniciativa voluntária ou regulatória), é utilizado de modo a subsidiar algumas ações do método em relação às dimensões. Por exemplo, o “voluntário” equivale ao cultural, enquanto o “regulatório” refere-se às questões políticas definidas pelo usuário (NBR ISO 14031/2015, item A 3.2.2, p. 32). Conceitualmente indica que “as organizações podem focar a seleção em indicadores para ADA (Avaliação de Desempenho Ambiental) naquelas áreas que tenham requisitos de desempenho identificados, voluntários ou regulatórios”. A tese expandiu para as condições econômicas e sociais por meio das diretrizes.

Produtos são mencionados no item A.4.3.2.6 no que diz respeito a Indicadores de Desempenho Operacional (IDO). O produto é visto na totalidade e não como constituído de componentes. O intento deste trabalho consiste em mostrar que componentes definem a sustentabilidade de um produto. Logo, entende-se como pontual a análise do componente e a métrica de sustentabilidade apresentada pela EcoCicatriz® (NBR ISO 14031/2015, item A 3.2.6, p. 37).

## 7 ABNT NBR ISO 14050/2012

Esta norma apresenta termos utilizados no cotidiano da sustentabilidade voltada à dimensão ambiental, a qual é preponderante. É intitulada como “Gestão Ambiental – Vocabulário”. Desta forma, alguns conceitos são apresentados no intento de subsidiar termos citados no método.

Resíduo significa uma “substância ou objetos os quais o detentor pretende ou é obrigado a descartar”. Esta definição é oriunda da Convenção de Basileia sobre o controle da Movimentação Transfronteiriça de Resíduos Perigosos e o Descarte (22 de março de 1989), mas não é limitada nesta norma a resíduos perigosos (NBR ISO 14050/2012, item 3.12).

Em se tratando de “validação” ou “avaliação”, é conceituada como o processo pelo qual o avaliador determina que a informação coletada é precisa, confiável, suficiente e apropriada para atingir os objetivos da avaliação. Isto subsidia a relação do pesquisador com os casos de estudo (NBR ISO 14050/2012, item 5.4).

Na validação há o “avaliador”, que consiste na “pessoa com competência suficiente designada para conduzir ou participar de uma determinada avaliação”. Um avaliador pode ser interno ou externo à organização objeto da validação (NBR ISO 14050/2012, item 5.31.4).

Arelado ao avaliador define-se competência como: “atributos pessoais e capacidade demonstrada para aplicar conhecimentos e habilidades” (NBR ISO 14050/2012, item 5.31.5).

O produto intermediário consiste na “saída de um processo elementar que se constitui em entrada para outros processos elementares, e que requerem transformação adicional dentro do sistema produto”. Esta questão colabora com subsídios na análise final aplicação do método em produtos (NBR ISO 14050/2012, item 6.2.1).

Embalagem é conceituada como “material usado para proteger ou conter um produto durante o transporte, armazenagem, comercialização e uso. Nota: para fins desta norma, o termo “embalagem” também inclui qualquer item anexado fisicamente, ou incluso, a um produto ou ao recipiente, com o objetivo de comercializar o produto, ou comunicar informações sobre ele”. Contribui com a análise final de produtos sujeitos ao método (NBR ISO 14050/2012, item 6.2.3).

Matéria-prima é o “material primário ou secundário que é utilizado para produzir um produto”. Reitera-se que “material secundário inclui material reciclado” (NBR ISO 14050/2012, item 6.12).

As entradas compreendem o “fluxo de produto, material ou energia que entra em um processo elementar. Além disso, “materiais e produtos incluem matérias-primas, produtos intermediários e coprodutos. Este conceito é pertinente a qualquer tipo de processo” (NBR ISO 14050/2012, item 6.17).

As “saídas” significam o “fluxo de produto, material ou energia que deixa um processo elementar”. Deve-se considerar que: materiais e produtos incluem matérias-primas, produtos intermediários e coprodutos e liberações (NBR ISO 14050/2012, item 6.18). Como forma de complementação, o conceito de “liberações” é citado e consiste em “emissões para a atmosfera e descargas para corpos d’água e para o solo” (NBR ISO 14050/2012, item 6.19).

Considerando-se a fronteira do sistema deste estudo estar voltada ao produto e componentes, faz-se a menção ao “Ciclo de vida” como um subsídio conceitual. Sendo assim, ele significa “estágios consecutivos e encadeados de um sistema de produto desde a aquisição de matéria-prima ou a geração a partir de recursos naturais até o descarte final”. No entanto, entende-se que a grande questão incide sobre o “descarte final”, ao qual não são apontadas alternativas (NBR ISO 14050/2012, item 7.1). Para complementar o conceito, apresenta-se o significado de Avaliação do ciclo de vida (ACV), que trata da “compilação e avaliação de entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do ciclo de vida” (NBR ISO 14050/2012, item 7.1).

Outro termo utilizado como referência é o “Critério de Corte”, o qual aponta especificações em termos de fluxos de material ou energia ou do nível de significância ambiental associado a processos elementares ou a sistema de produto, dos limites que definem a exclusão de um estudo (NBR ISO 14050/2012, item 7.2.2.5).

## 8 ABNT ISO 26000 / 2010 – Especificação Técnica

Esta norma é intitulada “Diretrizes sobre responsabilidade social”, em cujo conteúdo há uma série de informações que tratam diretamente da condição de produto.

Frase encontrada em todo documento que trata de sustentabilidade o desenvolvimento sustentável “satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de suprir as próprias necessidades”. E, ainda, “refere-se à integração de objetivos de alta qualidade de vida, saúde e prosperidade com justiça social e manutenção da capacidade da Terra de suportar a vida em toda a diversidade”. Esses objetivos sociais, econômicos e ambientais são interdependentes e reforçam-se mutuamente. O desenvolvimento sustentável pode ser tratado como uma forma de expressar as expectativas mais amplas da sociedade como um todo (ISO 26000 / 2010 – Especificação Técnica, item 2.23).

O conceito *due diligence* define o “processo abrangente e proativo de identificar os impactos sociais, ambientais e econômicos negativos reais e potenciais das decisões e atividades de uma organização ao longo de todo o ciclo de vida de um projeto ou atividade organizacional, visando evitar ou mitigar esses impactos” (ISO 26000 / 2010 – Especificação Técnica, item 2.4). Nota-se que abrange as três dimensões de sustentabilidade em se tratando de impactos causados.

O item 3.3.5 reforça a definição da relação entre responsabilidade social e desenvolvimento sustentável, e aponta que “apesar de muitas pessoas usarem os termos responsabilidade social e desenvolvimento sustentável de forma intercambiável e de haver uma íntima relação entre esses termos, eles são conceitos diferentes”. Complementa que “o desenvolvimento sustentável é um conceito e um objetivo norteador amplamente aceito, que obteve reconhecimento internacional após a publicação, em 1987, do relatório Nosso Futuro Comum (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, da ONU)”. Reitera que “o desenvolvimento sustentável refere-se a satisfazer as necessidades do presente dentro dos limites ecológicos do planeta sem comprometer a capacidade das futuras gerações de suprir as próprias necessidades”. Considera ainda as três dimensões (econômica, social e ambiental) são interdependentes” (ISO 26000 / 2010 – Especificação Técnica, item 3.3.5).

Os conceitos que envolvem as organizações e meio ambiente (item 6.5.1.1) trazem termos referentes às decisões tomadas em relação ao produto, que é o foco deste trabalho. Ele indica que “as decisões e atividades das organizações invariavelmente tem um impacto no meio ambiente, independentemente de onde elas estejam localizadas”. Em relação aos impactos, eles “podem estar associados ao uso de recursos por parte da organização, a localização das atividades, a geração de poluição e resíduos e aos impactos das atividades, produtos e serviços nos habitats naturais”. Sugere que “para reduzir os impactos ambientais, convém que a organização adote uma abordagem integrada, que leve em consideração as implicações (econômicas, sociais, na saúde e no meio ambiente) das decisões e atividades, direta e indiretamente (ISO 26000 / 2010 – Especificação Técnica, item 6.5.1.1). O método EcoCicatriz® enfatiza a abordagem integrada ao produto.

Considerações são tratadas no item 6.5.2.2, e trazem o conceito da norma em relação à “abordagem do ciclo de vida” que indica que “os principais objetivos são reduzir os impactos ambientais de produtos e serviços, e aumentar o desempenho socioeconômico ao longo de todo o ciclo de vida, ou seja, desde extração de matérias-primas e geração de energia, passando por produção e uso, até o descarte ou recuperação no fim da vida”. Observa-se que trata do termo “recuperação no fim de vida”. A questão consiste no que recuperar (ISO 26000 / 2010 – Especificação Técnica, item 6.5.2.2).

O mesmo item 6.5.2.2 conceitua “Produção mais limpa e ecoeficiência”, sendo definida como “estratégia para satisfação das necessidades humanas pelo uso mais eficiente de recursos e pela menor geração de poluição e resíduos”. Enfatiza que deve-se “realizar melhorias na fonte em vez de no final de um processo ou atividade”. Além disso, ainda trata da “abordagem por sistemas de produto-serviço” a qual “pode ser usada para mudar o foco das relações mercantis, passando-as da venda ou fornecimento de produtos (ou seja, transferência da propriedade por meio de operações únicas de venda ou locação) para a venda ou provimento de um sistema de produtos e serviços que conjuntamente satisfaçam as necessidades do consumidor (em uma variedade de mecanismos de serviço e entrega)” (ISO 26000 / 2010 – Especificação Técnica, item 6.5.2.2).

Trata ainda do “uso sustentável de recursos” no item 6.5.4.1, de modo a definir “eficiência no uso de materiais”, que preconiza que “uma organização implemente programas de eficiência de materiais para reduzir o impacto ambiental causado pelo uso de matérias-primas para processos de produção ou para produtos acabados usados nas atividades ou na prestação de serviços”. Os programas de eficiência de materiais se baseiam na identificação de formas de aumentar a eficiência do uso de matérias-primas dentro da esfera de influência da organização. Em se tratando do trabalho o conceito incide diretamente sobre o produto e componentes (ISO 26000 / 2010 – Especificação Técnica, item 6.5.4.1).

Apesar do escopo da norma atender a dimensão social, os temas relacionados aos produtos são interessantes como, por exemplo, a questão de minimização da exigência de recursos por parte de um produto onde convém que seja considerada a exigência de recursos por parte de produtos acabados durante o uso (ISO 26000 / 2010 – Especificação Técnica). Desta forma, ela prescreve algumas ações como as listadas pelo item 6.5.4.2 como a “identificação de fontes de energia, água e outros recursos utilizados”; a implementação de medidas de eficiência no uso de recursos para reduzir o uso de energia, água e outros recursos, considerando indicadores

de melhores práticas e outros padrões de referência”; ainda, que “complemente substitua recursos não renováveis, sempre que possível, por fontes alternativas sustentáveis, renováveis e de baixo impacto; “use materiais recicláveis e reutilize água o máximo possível”; e considere o “gerenciamento de recursos hídricos para assegurar acesso justo a todos os usuários dentro de uma bacia hidrográfica; promova práticas de compra sustentáveis”; e para finalizar, “considere a adoção da responsabilidade pós-consumo; e promova o consumo sustentável (ISO 26000 / 2010 – Especificação Técnica).

De forma direta sobre o produto, o item 6.7.2.1 trata de alguns princípios e serem considerados como a “promoção do design universal e o design de produtos e ambientes a serem utilizados por todas as pessoas, o máximo possível, sem a necessidade de adaptação ou design especializado”. Deve considerar ainda “os sete princípios do design universal: uso equitativo, flexibilidade no uso, simples e intuitivo, informação perceptiva, tolerância ao erro, baixo esforço físico e tamanho e espaço para aproximação e uso” (ISO 26000 / 2010 – Especificação Técnica).

Em se tratando da escolha das diretrizes no método, faz-se importante considerar o preconizado pelo item 7.3.2.1 “determinação da relevância”, que indica que “todos os temas centrais, mas não todas as questões, tem relevância para todas as organizações. Convém que uma organização analise todos os temas centrais para identificar quais questões são relevantes” (ISO 26000 / 2010 – Especificação Técnica). Esta informação justifica a escolha de diretrizes de acordo com o contexto e as narrativas de cada produto (componentes) e o usuário. No mesmo item há a condição que deva “determinar quais temas centrais e questões poderiam vir à tona quando a organização e outros dentro da esfera de influência e/ou cadeia de valor realizam essas atividades, levando em conta a legislação aplicável” (ISO 26000 / 2010 – Especificação Técnica, item 7.3.2.1). Situação que, pelo entendimento do autor, contempla a dimensão política de sustentabilidade.

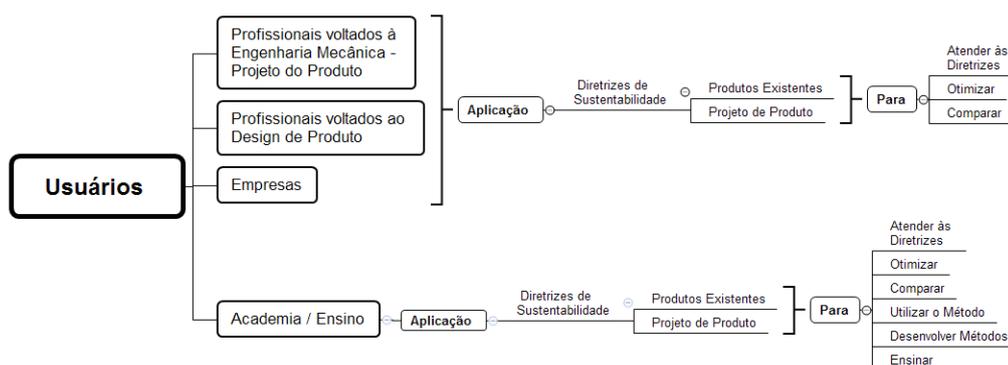
O item 7.3.2.2 é o que confirma o intento do autor em propor ao usuário a escolha das diretrizes do método proposto que mais atendam as questões de sustentabilidade dos componentes do produto. Ou seja, “uma vez que uma organização tenha identificado as inúmeras questões relevantes às decisões e atividades, convém que ela analise cuidadosamente as questões identificadas e desenvolva critérios para decidir quais questões tem maior significância e são mais importantes para a organização. Por meio do grau de importância atribuído por esta tese às escolhas das diretrizes, entende-se que colabora com o usuário neste quesito. O mesmo item apresenta critérios a observar como a “extensão do impacto da questão nas partes interessadas e no desenvolvimento sustentável”; também “efeitos potenciais de se tomar medidas ou deixar de tomar medidas em relação à questão”; o “nível de preocupação das partes interessadas sobre a questão”; e, para finalizar, a “identificação das expectativas da sociedade de comportamento responsável com relação e estes impactos (ISO 26000 / 2010 – Especificação Técnica, item 7.3.2.2).

## 9 ABNT NBR ISO 9241-11:2011

Esta norma trata dos Requisitos Ergonômicos para o trabalho com dispositivos de interação visual. Parte 11: Orientações sobre usabilidade. Neste estudo ela foi utilizada para conceituar o termo “usuário”.

O “usuário”, de acordo com o item 3.7, é a “pessoa que interage com o produto” (NBR ISO 9241-11:2011. Item 3.7, p. 2). A Figura 78 apresenta os usuários que foram considerados neste estudo.

**Figura 78** – Usuários considerados no método EcoCicatriz®.

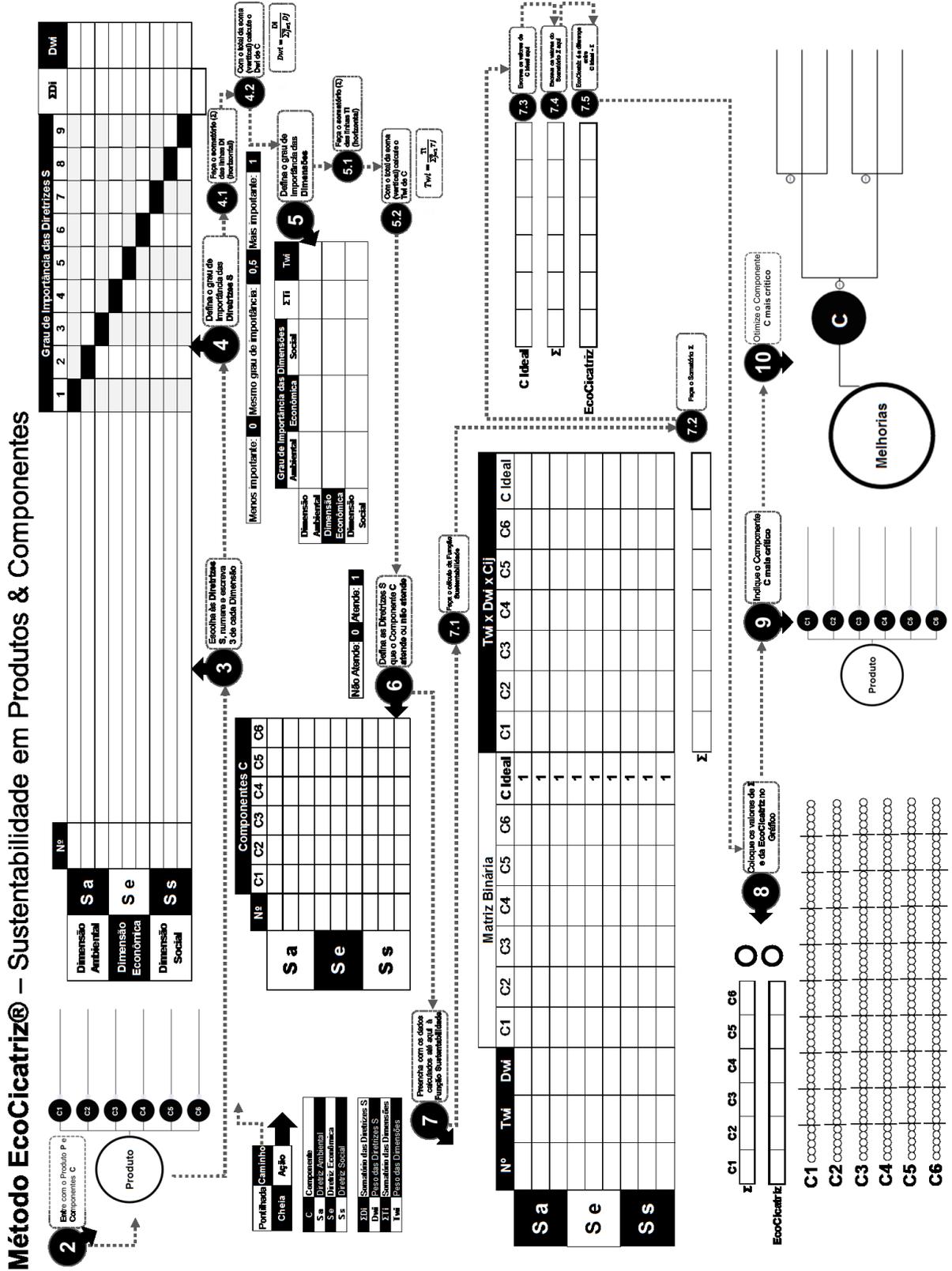


Fonte: do autor.

O item 5.3.1 acrescenta mais informações e apresenta a descrição de usuários, os quais possuem “características relevantes que precisam ser descritas. Elas podem incluir conhecimento, habilidade, experiência, educação, treinamento, atributos físicos e capacidades sensoriais e motoras”. Ainda, “pode ser necessário definir as características de diferentes tipos de usuários, por exemplo, para usuários com diferentes níveis de experiência ou desempenhando diferentes funções” (NBR ISO 9241-11:2011. Item 5.3.1, p. 5).

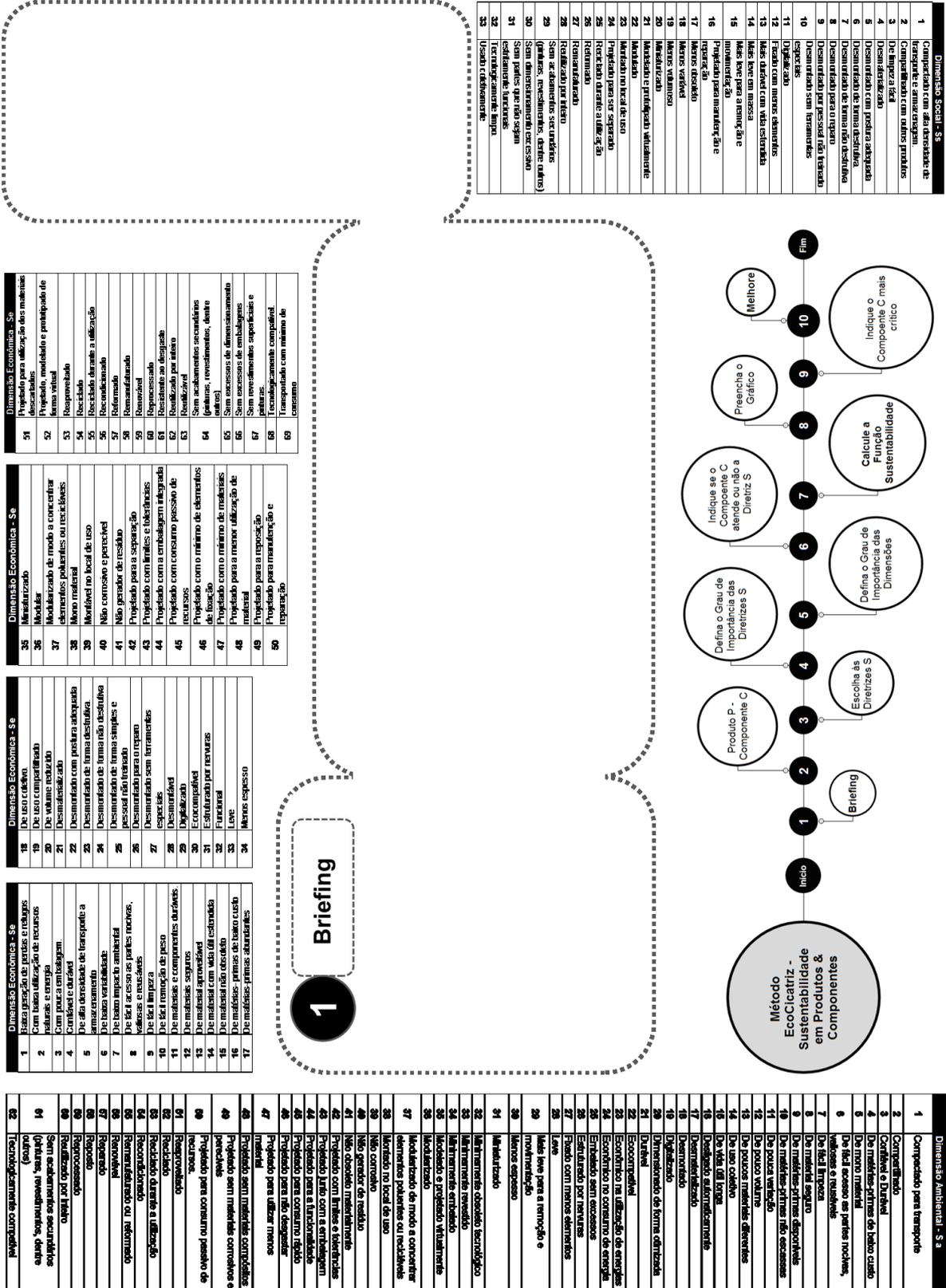
11 APÊNDICE C.

Figura 79 - Mapa visual pré-formatado do Método EcoCicatriz® - Frente.



Fonte: do autor.

Figura 80 - Mapa visual pré-formatado do Método EcoCicatriz® - Verso.



Fonte: do autor.

## 12 APÊNDICE D.

**Figura 81** - Certificado de Registro de Marca da EcoCicatriz® - Frente.



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial  
Diretoria de Marcas, Desenhos Industriais e Indicações Geográficas

### Certificado de registro de marca

**Processo nº: 916176886**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial, para garantia da propriedade e do uso exclusivo, certifica que a marca abaixo reproduzida encontra-se registrada nos termos das normas legais e regularmente em vigor, mediante as seguintes características e condições:



Data de depósito: 30/10/2018  
Data da concessão: 05/11/2019  
Fim da vigência: 05/11/2029

Titular: VANDO FERREIRA LOPES [BR/SC]  
CPF: 86834924949  
Endereço: Rua Felipe Schmidt, 625, Ed. Santa Cartarina, apto. 804, 88010001, Florianópolis, SANTA CATARINA, BRASIL

Apresentação: Mista  
Natureza: Marca de Serviço  
CFE(4): 27.5.1 e 27.5.21  
NCL(11): 40

Especificação: Abrasão; acabamentos para papel [tratamento]; aplainamento de materiais; branqueamento de tecidos; brasagem; coloração de vidros de janelas por meio de revestimento da superfície; confecção de roupas; cromagem; decapagem; derrubada e processamento de madeira; descontaminação de materiais perigosos; destruição de lixo e resíduos; esmerilhamento; estanhagem; fresagem; fundição de metal; galvanização; galvanoplastia; impressão; incineração de lixo e resíduos; informação sobre processamento de materiais; laminação; produção de energia; reciclagem de lixo e resíduos; serragem de materiais; soldagem; trabalhos em madeira; tratamento de lixo [transformação]; tratamento de metal; tratamento para papel; triagem de lixo e de material reciclável [transformação]; upcycling [reciclagem de resíduos com a finalidade de transformá-los em novos materiais de maior valor ou qualidade, sem destruir-lhes a forma];



Assinado digitalmente pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial  
Emissão 15/09/19  
Aprovado por ANDRÉ LUIS BALLOUSSIER ANCORÁ DA LUZ - Matrícula 0448457

Fonte: INPI.

**Figura 82** - Certificado de Registro de Marca da EcoCicatriz® - Verso.

**Fonte:** INPI.