



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

MARCELO BATAGLIN

**MÉTODO DA FUNÇÃO MODULAR COM BASE NO TRIPÉ DA  
SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO DE CASO DE PRODUTOS DE  
UMA EMPRESA DO SETOR METAL-MECÂNICO**

FLORIANÓPOLIS

2019

Marcelo Bataglin

**MÉTODO DA FUNÇÃO MODULAR COM BASE NO TRIPÉ DA  
SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO DE CASO DE PRODUTOS DE  
UMA EMPRESA DO SETOR METAL-MECÂNICO**

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

Orientador: Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D.

Florianópolis

2019

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

Bataglin, Marcelo

Método da função modular com base no tripé da sustentabilidade: um estudo de caso de produtos de uma empresa do setor metal-mecânico / Marcelo Bataglin ; orientador, João Carlos Espíndola Ferreira, 2019.  
269 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia Mecânica. 2. Modularização. 3. Projeto e Manufatura Sustentável. 4. Tripé da Sustentabilidade. I. Ferreira, João Carlos Espíndola. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. III. Título.

Marcelo Bataglin

**Método da função modular com base no tripé da sustentabilidade: um estudo de caso de produtos de uma empresa do setor metal-mecânico**

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

Prof. Osiris Canciglieri Junior, Ph.D.

Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUC-PR

André Ogliari, Dr. Eng.

Universidade Federal de Santa Catarina

Marcelo Gitirana Gomes Ferreira, Dr. Eng.

Universidade do Estado de Santa Catarina

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.

---

Prof. Jonny Carlos da Silvas, Dr. Eng.

Coordenador do Programa

---

Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D

Orientador

Florianópolis, 2019.

*À minha família.*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a **Deus**, por todas as coisas.

A minha esposa **Camila**, por sempre me apoiar e incentivar, principalmente nos momentos mais difíceis, e a minha filha **Antônia**, pelos inúmeros sorrisos que tornam os meus dias melhores.

Aos meus pais, **Rubem e Antonieta**, pela paciência e por sempre acreditar que um dia eu chegaria lá.

Ao professor, orientador, e amigo **João Carlos Espíndola Ferreira**, por sempre acreditar no meu potencial, pelo apoio teórico na execução e concretização deste trabalho.

A empresa **Saur Equipamentos S. A.** na qual o trabalho foi aplicado, pela oportunidade de viabilizar e desenvolver este o projeto, pelo apoio e contribuição.

Aos meus **amigos e familiares** que sempre me apoiaram, pela compreensão, e por entender os momentos de ausência.

Aos **amigos e colegas do IFFar – Panambi**, pelo companheirismo e bom senso na reta final deste trabalho.

Enfim, a todas as pessoas que participaram de forma direta e indireta para a concretização de mais esta conquista.

*“Se vais embora, por favor não te detenhas,  
sigas em frente e não olhes para trás.”*

*(Wilson Paim)*

## RESUMO

O desenvolvimento de produtos sustentáveis é um processo que vem cada vez mais sendo estudado e discutido pelas empresas que buscam inserção no mercado dos chamados produtos ecologicamente corretos. Uma forma eficiente que pode ser utilizada nesta nova concepção de processos e produtos sustentáveis é o projeto de produtos modulares. A modularização permite que todo o processo de concepção e produção de um determinado produto possa ser elaborado sob uma perspectiva muito bem definida, permitindo que cada empresa especifique suas razões próprias para modularizar. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo desenvolver um método para auxiliar empresas no projeto de produtos modulares sustentáveis baseado em indicadores econômicos, ambientais e sociais, os quais fazem parte do Tripé da Sustentabilidade. O método é dividido em quatro etapas: Avaliar, Decompor, Formatar e Integrar. A etapa inicial consiste em avaliar o produto alvo e estabelecer as estratégias da equipe para alcançar os objetivos da modularização. Na segunda etapa o produto é decomposto e os indicadores de sustentabilidade são definidos, bem como os dados são coletados. Na terceira etapa os índices são estabelecidos e, na quarta etapa, o processo de modularização é realizado considerando-se os índices sustentáveis e os índices da dimensão emocional. Como forma de comprovar a funcionalidade do método, o mesmo foi aplicado a uma garra hidráulica para fardos e a uma garra giratória para bobinas, ambos equipamentos que são acoplados a empilhadeiras e são utilizados para a movimentação de produtos em geral. Os resultados indicaram que para ambos os produtos o módulo que compreende o sistema hidráulico é o que merece maior atenção, não somente do ponto de vista de atender às expectativas do cliente quanto à funcionalidade do produto, mas também como forma de garantir a sustentabilidade do processo, bem como estabelecer prioridades nas ações a serem realizadas.

**Palavras-chave:** Modularização, Projeto e Manufatura Sustentável, Projeto Modular, Tripé da Sustentabilidade, Indicadores Sustentáveis.



## ABSTRACT

The development of sustainable products is a process that is increasingly being studied and discussed by companies seeking to market the so-called environmentally friendly products. An efficient way that can be used in this new design of sustainable products and processes is the design of modular products. Modularization allows the entire design and production process of a given product to be planned from a very well defined perspective, allowing each company to specify its own reasons for modularization. In this sense, this work seeks to develop a method to assist companies in the design of sustainable modular products based on economic, environmental and social indicators, which are part of the Triple Bottom Line. The method is divided into four steps: Evaluate, Decompose, Format and Integrate. The initial step consists on evaluating the target product and establishing team strategies to achieve the modularization objectives. In the second stage the product is decomposed and the sustainability indicators are defined, as well as data are collected. In the third step the indices are established and, in the fourth stage, the modularization process is performed considering the sustainable indices and the indices of the emotional dimension. As a way to prove the functionality of the method, it was applied to a hydraulic bucket clamp and a rotating clamp for coils; both pieces of equipment are coupled to forklifts and are used for the movement of products in general. The results indicated that for both products the module that comprises the hydraulic system deserves the most attention, not only from the point of view of meeting customer expectations regarding product functionality, but also as a way to ensure the sustainability of the process, as well as prioritize the actions to be performed.

**Keywords:** Modularization, Sustainable Design and Manufacturing, Modular Design, Triple Bottom Line, Sustainable Indicators.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de Kano. ....	33
Figura 2 - Avaliação do questionário de Kano. ....	34
Figura 3 – Ciclo de vida com ênfase na implementação do 6Rs. ....	38
Figura 4 - Pirâmide das informações. ....	40
Figura 5 – Divisão do PDP em fases. ....	52
Figura 6 - Evolução dos sistemas de produção a modelos sustentáveis. ....	55
Figura 7 - Ciclo de vida de um produto. Visão tradicional. ....	57
Figura 8 - Palavras-chave da Engenharia do Ciclo de Vida. ....	57
Figura 9 - Análise do Ciclo de Vida para o oscilador da bicicleta. ....	58
Figura 10 – O ciclo de vida do produto segundo a perspectiva ambiental. ....	59
Figura 11 - Estratégias de reciclagem. ....	60
Figura 12 - A roda estratégica. ....	61
Figura 13 - Associação de conceitos sobre módulo. ....	66
Figura 14 - Modularidade para a sustentabilidade. ....	70
Figura 15 - Representação da modularização nas diferentes fases do ciclo de vida do sistema. .....	75
Figura 16 - Método para integração de produtos e configuração de montagem. ....	76
Figura 17 - Benefícios no <i>Time-to-market</i> devido à normalização. ....	77
Figura 18 – Visão geral do método MFD proposto por Erixon (1998). ....	80
Figura 19 – Etapas e ações do método proposto. ....	91
Figura 20 – Dimensões e Indicadores. ....	100
Figura 21 - Garra Hidráulica para Fardos. ....	123
Figura 22 - Decomposição física da GHS. ....	129
Figura 23 - Dendrograma para a GHS. ....	146
Figura 24 - Módulos finais da GHS. ....	149
Figura 25 - Garra Giratória para Bobinas. ....	155
Figura 26 - Decomposição física da GGBS. ....	162
Figura 27 - Dendrograma para a GGBS. ....	178
Figura 28 - Módulos finais da GGBS. ....	181

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Indicadores da Dimensão Ambiental. ....	42
Quadro 2 - Indicadores ambientais para micro e pequenas empresas. ....	43
Quadro 3 - Normas Regulamentadores relacionadas aos aspectos sociais.....	45
Quadro 4 - Indicadores da Dimensão Social. ....	46
Quadro 5 - Indicadores sociais para micro e pequenas empresas.....	47
Quadro 6 - Indicadores da Dimensão Econômica. ....	49
Quadro 7 - Indicadores econômicos para micro e pequenas empresas. ....	50
Quadro 8 - Termos utilizados no desenvolvimento de produtos e de sistemas modulares. ....	68
Quadro 9 - Aplicações práticas do conceito modular.....	83
Quadro 10 – Questionário para determinar se o produto pode ser modularizado. ....	93
Quadro 11 - Formas funcional (acima) e disfuncional (abaixo).....	95
Quadro 12 – Nível de satisfação.....	96
Quadro 13 - Importância de cada requisito. ....	96
Quadro 14 - Quadro de Avaliação de Kano. ....	97
Quadro 15 - Quadro preenchido para a Avaliação de Kano.....	97
Quadro 16 - Quadro das frequências. ....	97
Quadro 17 - Taxas de metabolismo por tipo de atividade.....	103
Quadro 18 - Escala para avaliação do grau de exposição/utilização.....	108
Quadro 19 - Escala para nível de instrução. ....	110
Quadro 20 - Dados para a obtenção do índice Custo da Energia Elétrica.....	110
Quadro 21 - Dados para a obtenção do índice Custo do Centro de Trabalho .....	111
Quadro 22 - Dados para a obtenção do índice Custo do Material.....	111
Quadro 23 - Dados para a obtenção do índice Custo da Sucata .....	112
Quadro 24 - Dados para a obtenção do índice Quantidade de Energia Elétrica Consumida. ....	112
Quadro 25 - Dados para a obtenção do índice Eficiência no Uso de Matéria Prima. ....	112
Quadro 26 - Dados para a obtenção do índice Uso de produtos Perigosos/Tóxicos. ....	113
Quadro 27 - Dados para a obtenção do índice Uso de Embalagens Descartáveis.....	113
Quadro 28 - Dados para a obtenção do índice Quantidade emitida de CO <sub>2</sub> .....	114
Quadro 29 - Dados para a obtenção do índice Conforto do colaborador: Calorias Gastas na Preparação.....	114
Quadro 30 - Dados para a obtenção do índice Conforto do colaborador: Calorias Gastas na Execução.....	114

Quadro 31 - Dados para a obtenção do índice Nível de Ruído. ....	115
Quadro 32 - Dados para a obtenção do índice Horas de Qualificação. ....	115
Quadro 33 - Dados para a obtenção do índice Nível de Instrução. ....	115
Quadro 34 - Dados para a obtenção do índice Temperatura. ....	116
Quadro 35 - Dados para a obtenção do índice Umidade. ....	116
Quadro 36 - Dados para a obtenção do índice Risco de Acidente no Local. ....	116
Quadro 37 - Perfil da equipe de trabalho - GHS. ....	122
Quadro 38 - Respostas sobre as expectativas e necessidades do cliente. ....	124
Quadro 39 - Requisitos do cliente para a GHS. ....	124
Quadro 40 - Resultado do Quadro de Avaliação de Kano para a GHS. ....	125
Quadro 41 - Frequências das respostas dos clientes para a GHS. ....	125
Quadro 42 – Níveis de satisfação e importância: GHS. ....	126
Quadro 43 – Decomposição da GHS em elementos. ....	128
Quadro 44 - Índices brutos para a GHS. ....	140
Quadro 45 - Índices sustentáveis para a GHS. ....	141
Quadro 46 - Requisitos emocionais para a GHS e relação com os indicadores sustentáveis. ....	143
Quadro 47 - Índices emocionais para a GHS. ....	144
Quadro 48 - Índices para a modularização da GHS. ....	145
Quadro 49 - Grupos gerados no agrupamento – GHS. ....	146
Quadro 50 - Descrição dos grupos indicados pelo dendrograma – GHS. ....	148
Quadro 51 - Relação dos requisitos com os módulos gerados para a GHS. ....	150
Quadro 52 - Classificação dos requisitos de acordo com a ordem de importância para a GHS. .....	151
Quadro 53 - Respostas sobre as expectativas e necessidades do cliente - GGBS. ....	156
Quadro 54 - Requisitos do cliente para a GGBS. ....	156
Quadro 55 - Resultado do Quadro de Avaliação de Kano para a GGBS. ....	157
Quadro 56 - Frequências das respostas dos clientes para a GGBS. ....	157
Quadro 57 - Níveis de satisfação e importância para a GGBS. ....	158
Quadro 58 - Requisitos emocionais para a GGBS. ....	160
Quadro 59 - Decomposição física e Soluções técnicas para a GGBS. ....	161
Quadro 60 – Soluções técnicas da GGBS. ....	161
Quadro 61 - Índices brutos para a GGBS. ....	172
Quadro 62 - Índices sustentáveis para a GGBS. ....	173

Quadro 63 - Requisitos emocionais para a GGBS e relação com os indicadores sustentáveis. .....	175
Quadro 64 - Índices emocionais para a GGBS.....	176
Quadro 65 - Índices para a modularização da GGBS.....	177
Quadro 66 - Grupos gerados no agrupamento – GGBS.....	178
Quadro 67 - Descrição dos grupos indicados pelo dendrograma – GGBS. ....	179
Quadro 68 - Relação dos requisitos com os módulos gerados para a GGBS.....	182
Quadro 69 - Classificação dos requisitos de acordo com a ordem de importância para a GGBS. .....	182

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Medições e verificações. ....	105
Tabela 2 - Dados coletados para o elemento: Braço. ....	132
Tabela 3 - Dados coletados para os elementos: Fixador e Conjunto instalação hidráulica. ....	133
Tabela 4 - Dados coletados para os elementos: Chapa de desgaste e Acessórios de identificação. ....	134
Tabela 5 - Índices individuais para os indicadores econômicos do elemento braço. ....	135
Tabela 6 - Índices individuais para os indicadores ambientais do elemento braço. ....	136
Tabela 7 - Índices individuais para os indicadores sociais do elemento braço. ....	137
Tabela 8 - Índices individuais para os indicadores sustentáveis dos elementos fixador e conjunto instalação hidráulica. ....	138
Tabela 9 - Índices individuais para os indicadores sustentáveis dos elementos chapa de desgaste e acessórios de identificação. ....	139
Tabela 10 - Dados coletados para o elemento: AGS. ....	164
Tabela 11 - Dados coletados para o elemento: Presilhas inferiores. ....	165
Tabela 12 - Dados coletados para o elemento: Bloco. ....	166
Tabela 13 - Índices individuais para os indicadores sustentáveis do elemento AGS. ....	168
Tabela 14 - Índices individuais para os indicadores sustentáveis do elemento presilhas inferiores. ....	169
Tabela 15 - Índices individuais para os indicadores sustentáveis dos elementos bloco e válvula holding. ....	170

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

( A )	<i>Attractive Requirements</i>
( I )	<i>Indifferent Requirements</i>
( M )	<i>Must-be Requirements</i>
( O )	<i>One-dimensional Requirements</i>
( Q )	<i>Questionable Requirements</i>
( R )	<i>Reverse Requirements</i>
AGS	Aparelho Giratório
Coral	Tese de Elisa Coral
DFA	<i>Design for Assembly</i>
DFC	<i>Design for Cost</i>
DFCL	<i>Design for Cycle of Life</i>
DFCM	<i>Design for Material Logistics and Component Applicability</i>
DFD	<i>Design for Disassembly</i>
DFD	<i>Design for Disassembly</i>
DFE	<i>Design for Environment</i>
DFI	<i>Design for Inspectability</i>
DFL	<i>Design for Logistic</i>
DFM	<i>Design for Manufacture</i>
DFMA	<i>Design for Manufacturing and Assembly</i>
DFMt	<i>Design for Maintainability</i>
DFR	<i>Design for Recycling</i>
DFS	<i>Design for Service</i>
DFT	<i>Design for Test</i>
DFU	<i>Design for Usage</i>
DFX	<i>Design for X</i>
DOC	<i>Department of Commerce (EUA)</i>
DPM	<i>Design Property Matrix</i>
DPS	<i>Dispersed Productive System</i>
DSM	<i>Design Structure Matrix</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
Ethos	Instituto Ethos

FMEA	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i>
FPD	<i>Fractal Product Design</i>
GGBS	Garra Giratória para Bobinas
GHS	Garra Hidráulica para Fardos
GMMSM	<i>General Motors - Metrics for Sustainable manufacturing</i>
GRI	<i>Global Reporting Initiative</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Icheme	Métricas de Sustentabilidade da Instituição dos engenheiros químicos
IM	<i>Interface Matrix</i>
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
QFDE	<i>Quality Function Deployment for Environment</i>
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i>
LCE	<i>Life Cycle Engineering</i>
LIMSSI	<i>Lean-Integrated Management System for Sustainability Improvement</i>
MFD	<i>Modular Function Deployment</i>
MIM	<i>Module Indication Matrix</i>
MPD	<i>Modular Product Development</i>
MPM	<i>Modelling the Product Modularity</i>
MSPD	<i>Method for sustainable product development</i>
OMS	<i>Organização Mundial da Saúde</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
PMM	<i>Product Management Matrix</i>
PPP	<i>People, Planet and Profit</i>
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
Sebrae	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
TBL	<i>Triple Bottom Line</i>
Unesco	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>



## LISTA DE SÍMBOLOS

$A_{max}$	[dB(A)]	Valor máximo de Atenuação do protetor auricular
$CAL_{prep}$	[kcal]	Calorias Gastas na Preparação
$CAL_{prod}$	[kcal]	Calorias Gastas na Execução
$C_{CC}$	[R\$/h]	Custo do centro de custo
$C_{CT}$	[R\$]	Custo do Centro de Trabalho
$C_{EE}$	[R\$]	Custo de Energia Elétrica
$C_M$	[R\$]	Custo do Material
$C_{MP}$	[R\$/kg]	Custo da Matéria Prima
$C_S$	[R\$]	Custo da Sucata
dB		Decibel
$E_{MP}$	[%]	Eficiência no uso da Matéria Prima
$F_{emissão}$	[gCO <sub>2</sub> e/KWh]	Fator de emissão
$I_{AMB_{nm}}$		Índice ambiental do indicador “n” do componente “m”
$I_{BRU_{nm}}$		Índice bruto do indicador “n” do componente “m”
$k$		Quantidade de grupos
$m_{MP}$	[kg]	Massa de matéria prima
$m_P$	[kg]	Massa da peça
$MV$		Maior valor dentro do conjunto de dados
$VME$		Valor máximo da escala
$n$		Quantidade de elementos
$P$	[kW]	Potência
$Q_{CO_2}$	[gCO <sub>2</sub> e]	Quantidade emitida de CO <sub>2</sub>
$Q_E$	[kWh]	Quantidade de Energia Elétrica
$Q_{EE}$	[kWh]	Quantidade de Energia Elétrica
$R$	[dB(A)]	Nível de ação do Ruído
$R_M$	[dB(A)]	Ruído medido no local
$R_S$	[R\$]	Receita da sucata
$T_M$	[kcal/h]	Taxa de metabolismo
$T_{ar}$	[R\$/kWh]	Tarifa da operadora
$t_{maq}$	[h]	Tempo de máquina

$t_{prep}$  [h]

Tempo de preparação

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>23</b>
1.1.	JUSTIFICATIVA.....	23
1.2.	OBJETIVOS.....	25
1.3.	CONTRIBUIÇÕES ESPERADAS .....	26
1.4.	METODOLOGIA DA PESQUISA .....	27
1.5.	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	28
<b>2.</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>31</b>
2.1.	MODELO DE KANO.....	31
2.2.	TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE.....	35
<b>2.2.1.</b>	<b>Indicadores e índices de sustentabilidade.....</b>	<b>39</b>
<b>2.2.2.</b>	<b>Sustentabilidade ambiental.....</b>	<b>40</b>
<b>2.2.3.</b>	<b>Sustentabilidade social .....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.4.</b>	<b>Sustentabilidade econômica .....</b>	<b>48</b>
2.3.	PROJETO DE PRODUTOS.....	50
<b>2.3.1.</b>	<b>Sustentabilidade e a manufatura.....</b>	<b>52</b>
<b>2.3.2.</b>	<b>Ciclo de vida dos produtos .....</b>	<b>56</b>
<b>2.3.3.</b>	<b>Projeto de produtos para a sustentabilidade.....</b>	<b>61</b>
2.4.	PROJETO DE PRODUTOS MODULARES .....	65
<b>2.4.1.</b>	<b>Características da modularização .....</b>	<b>68</b>
<b>2.4.2.</b>	<b>Métodos utilizados na modularização de produtos .....</b>	<b>73</b>
<b>2.4.3.</b>	<b>Exemplos de aplicação.....</b>	<b>80</b>
2.5.	MÉTODOS DE AGRUPAMENTO .....	84
<b>2.5.1.</b>	<b>Métodos hierárquicos .....</b>	<b>86</b>
<b>2.5.2.</b>	<b>Métodos não-hierárquicos ou por particionamento .....</b>	<b>88</b>
<b>3.</b>	<b>MÉTODO PARA MODULARIZAÇÃO DE PRODUTOS.....</b>	<b>91</b>
3.1.	1ª ETAPA: AVALIAR.....	92
<b>3.1.1.</b>	<b>Formar a equipe de trabalho .....</b>	<b>92</b>
<b>3.1.2.</b>	<b>Definir o produto e considerar sua modularização .....</b>	<b>93</b>
<b>3.1.3.</b>	<b>Identificar a classificar as expectativas do cliente .....</b>	<b>94</b>
3.2.	2ª ETAPA: DECOMPOR.....	98
<b>3.2.1.</b>	<b>Decompor o produto.....</b>	<b>98</b>

<b>3.2.2. Definir os indicadores de sustentabilidade</b> .....	99
<b>3.2.3. Coletar os dados</b> .....	104
<b>3.3. 3ª ETAPA: FORMATAR</b> .....	105
<b>3.3.1. Gerar os índices individuais</b> .....	105
<b>3.3.2. Gerar os índices brutos</b> .....	110
<b>3.3.3. Estabelecer os índices sustentáveis</b> .....	117
<b>3.4. 4ª ETAPA: INTEGRAR</b> .....	117
<b>3.4.1. Agregar os índices da dimensão emocional</b> .....	117
<b>3.4.2. Realizar a modularização</b> .....	118
<b>3.4.3. Analisar os resultados</b> .....	119
<b>4. APLICAÇÃO DO MÉTODO</b> .....	121
<b>4.1. APLICAÇÃO DO MÉTODO: GARRA HIDRÁULICA PARA FARDOS</b> .....	121
<b>4.1.1. 1ª Etapa: avaliar - GHS</b> .....	122
<b>4.1.2. 2ª Etapa: decompor - GHS</b> .....	127
<b>4.1.3. 3ª Etapa: formatar - GHS</b> .....	134
<b>4.1.4. 4ª Etapa: integrar - GHS</b> .....	142
<b>4.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO: GARRA GIRATÓRIA PARA BOBINAS</b> .....	154
<b>4.2.1. 1ª Etapa: avaliar - GGBS</b> .....	154
<b>4.2.2. 2ª Etapa: decompor - GGBS</b> .....	159
<b>4.2.3. 3ª Etapa: formatar - GGBS</b> .....	167
<b>4.2.4. 4ª Etapa: integrar - GGBS</b> .....	174
<b>5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	187
<b>5.1. CONCLUSÕES</b> .....	187
<b>5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	191
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	193
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA ENTREVISTA INDIVIDUAL</b> .....	213
<b>APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE SATISFAÇÃO E IMPORTÂNCIA – GHS</b> ....	214
<b>APÊNDICE C – DADOS COLETADOS POR GRUPO DE MÁQUINA</b> .....	219
<b>APÊNDICE D – DADOS COLETADOS PARA OS ELEMENTOS DA GHS</b> .....	222
<b>APÊNDICE E – ÍNDICES INDIVIDUAIS PARA OS INDICADORES SUSTENTÁVEIS DOS ELEMENTOS DA GHS</b> .....	231
<b>APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO DE SATISFAÇÃO E IMPORTÂNCIA - GGBS</b> ..	240
<b>APÊNDICE G – DADOS COLETADOS PARA OS ELEMENTOS DA GGBS</b> .....	245

<b>APÊNDICE H – ÍNDICES INDIVIDUAIS PARA OS INDICADORES SUSTENTÁVEIS DOS ELEMENTOS DA GHS .....</b>	<b>258</b>
---	------------



## 1. INTRODUÇÃO

Um projeto pode ser entendido como um empreendimento com começo, meio e fim bem definidos, seguindo a orientação do plano estratégico da empresa, com o objetivo de criar um produto ou serviço bem delimitado. (VILA e ALBIÑANA, 2016; AMARAL e ROZENFELD, 2007). Desta forma, as atividades de planejamento do projeto, de forma genérica, devem empreender esforços no sentido de identificar todas as atividades, recursos e a melhor forma de integrá-los para que o projeto siga em frente com o mínimo de erros (BROWNING, 2001; LEWIS e CANGSHAN, 1997; ROZENFELD *et al.* 2006).

Desenvolver novos produtos pode ser considerado como uma solução de compromisso, onde devem ser satisfeitos os mais diversos tipos de interesses. (CARLILE, 2002; SHEN *et al.* 2000). Portanto, já não é mais possível atender somente aos desejos da equipe de produção ou da engenharia, contrariando os desejos dos consumidores (BAXTER, 2000).

O termo projeto significa intenção, desígnio, ideia de fazer algo no futuro, delineamento, ou esboço. No entanto, ao se evoluir das intenções para as ações, o termo projeto passa também a abranger a fase de execução do que foi imaginado, desejado ou delineado, compreendendo um número às vezes muito grande de tarefas interligadas e de complexidades variadas (VALERIANO, 2004).

A competitividade de qualquer empresa de manufatura depende de sua habilidade em responder rapidamente aos nichos de mercado e em produzir uma variedade de produtos com alta utilidade e com baixo custo (TYAGI *et al.* 2012). Nos últimos anos, as empresas têm enfrentado novos desafios como demandas diversas de clientes, ciclos de desenvolvimento de produtos mais reduzidos e pressão por minimizar custos (AGRAWAL *et al.* 2013).

### 1.1. JUSTIFICATIVA

De acordo com Romeiro *et al.* (2010) as principais preocupações relacionadas ao projeto do produto normalmente estiveram centradas em aspectos técnicos e funcionais desses produtos, e voltadas apenas à sua utilização pelos chamados consumidores finais. Uma nova abordagem, especialmente a partir da década de 1970, é a crescente preocupação com os efeitos dos sistemas de produção e dos produtos sobre o meio ambiente, como o aumento da poluição ambiental. Isso faz com que os produtos incorporem necessariamente inovações voltadas para a redução desses impactos.

O conceito de desenvolvimento sustentável foi apresentado em 1987 pela Comissão Mundial de Desenvolvimento Sustentável (WCED), na Assembleia Geral das Nações Unidas como: o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a habilidade das futuras gerações de satisfazer as suas próprias necessidades (UNITED NATIONS, 2017).

No que tange os processos de fabricação, a manufatura sustentável se baseia na fabricação de produtos economicamente viáveis, utilizando processos que minimizem os impactos negativos ao meio-ambiente, conservando energia e recursos naturais e com segurança para os funcionários, comunidade e clientes (DOC, 2010). Em geral, a manufatura sustentável enfatiza a otimização simultânea de preocupações econômicas, desempenho ambiental e questões sociais (REN *et al.* 2015).

Porém, segundo Held *et al.* (2018), ainda falta um entendimento comum do termo sustentabilidade, e como consequência disso, não há consenso sobre o melhor posicionamento organizacional para a sustentabilidade em uma empresa. Ademais, existe uma quantidade enorme de métodos para a implementação da sustentabilidade no processo de desenvolvimento do produto, e por isso, os métodos desenvolvidos academicamente são raramente usados na indústria.

Como consequência disso, uma visão comum sobre desenvolvimento sustentável pode ser atrelada a três princípios fundamentais: a proteção ambiental, a estabilidade econômica e a responsabilidade social, os quais compõem o Tripé da Sustentabilidade. (ROMEIRO *et al.* 2010; PAIVA, 2008). Para ser considerado desenvolvimento sustentável, novas tecnologias, processos, modelos de negócios e produtos devem ser compatíveis e equilibrados com as três dimensões (HAUSCHILD *et al.*, 2017).

A cada ano que passa tem sido cada vez maior a preocupação com as questões ambientais e sociais que possam estar agregadas aos produtos desenvolvidos, ou seja, o projetista de produtos deve considerar aspectos não só econômicos no projeto como também ambientais e sociais. Uma forma de satisfazer esses requisitos é realizar a modularização de produtos.

Um produto pode ser considerado como modular quando suas partes (módulos) podem ser testadas de forma independente, e suas interfaces (a forma de conexão entre os módulos do produto) forem desenvolvidas de maneira padronizada (ROZENFELD *et al.* 2006). Segundo Prieto e Miguel (2006), um produto modular tem componentes individuais, os quais são projetados independentemente, mas que funcionam como um todo quando interconectados.



Nesse sentido, a estratégia modular visa organizar produtos e processos complexos de uma maneira mais eficiente (CARIDI *et al.* 2012).

A prática de projeto de produtos sustentáveis utilizando a abordagem modular permite a redução do impacto ambiental de seus produtos e processos, pois está focado em todo o ciclo de vida do produto, além de reduzir custos, motivar o desenvolvimento de bons projetos de produtos e atender as expectativas dos consumidores através da inovação (ROMEIRO *et al.* 2010).

Existe certo desconhecimento das possibilidades de modularização de um produto por parte das empresas que, em sua maioria, acreditam consistir apenas em dividir o produto em partes chamadas módulos e nada mais. Halstenberg *et al.* (2015) apontam que uma grande parte dos métodos utilizados para a modularização de produtos ainda carecem de flexibilidade e padronização. Vários métodos que estão sendo desenvolvidos são definidos para apenas uma meta de projeto ou para uma lista pré-definida de metas de projeto. O resultado é a dificuldade da equipe de projeto em aplicar o método corretamente, principalmente em caso de alterações ao longo do projeto.

Outro fator, segundo Mani (2014), é o fato de que muitas empresas de manufatura não têm conhecimento específico nem possuem uma base de informações necessárias para medir efetivamente e comparar os desempenhos ambientais dos processos de fabricação no que diz respeito à sustentabilidade. Atentando ainda para os aspectos ambientais e a toda a legislação sobre meio ambiente hoje existente no que se refere às empresas de manufatura, o processo de modularização permite a adequação das empresas bem como possibilita visualizar a real situação do seu processo/produto.

Diante do cenário apresentado, a modularização de produtos se apresenta não somente como uma ferramenta de projeto destinada à obtenção de módulos, mas também como uma importante fonte de informações necessárias durante todo o ciclo de um projeto, e que permite a orientação que uma empresa deseja para os seus produtos, seja com foco nos custos ou na produtividade, na reciclagem e nos aspectos ambientais, assim como estabelecer e definir os aspectos sociais que envolvem todo o processo produtivo.

## 1.2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um método para a modularização de produtos considerando indicadores relacionados ao tripé da sustentabilidade, abordando, desta forma, as dimensões econômica, ambiental e social.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Identificar na literatura os principais métodos de projeto modular de produtos que considerem aspectos sustentáveis para a modularização, verificando suas particularidades e limitações;
- Definir os indicadores de sustentabilidade para as dimensões econômica, ambiental e social, e estabelecer os seus respectivos índices;
- Estruturar o método para a modularização de produtos norteado pelos aspectos econômicos, ambientais e sociais;
- Avaliar o método proposto através da aplicação prática a dois produtos em uma empresa do setor metal-mecânico.

### 1.3. CONTRIBUIÇÕES ESPERADAS

Este trabalho se enquadra na linha de pesquisa do desenvolvimento de soluções com ênfase na manufatura sustentável visando auxiliar as empresas no que tange os métodos de projeto por elas utilizados, envolvendo cada vez mais processos sustentáveis e produtos considerados ecologicamente corretos. O desenvolvimento do estudo contribui para a disseminação dos aspectos relacionados à manufatura sustentável. Dentre eles, destacam-se:

- A estruturação de um método para projetos modulares sustentáveis de fácil aplicação e que siga um roteiro bem estruturado e com etapas bem definidas, permitindo que as informações adquiridas com o passar do tempo na empresa não se percam.
- A possibilidade de empresas em geral utilizarem o método de forma simples e prática, mesmo sem a presença de quem estabeleceu o método, dando assim sequência nos ciclos de modularização propostos.
- A conscientização do ponto de vista da sustentabilidade para as empresas e seus colaboradores, reforçando a importância de incluir e considerar aspectos sustentáveis nos seus processos de manufatura, utilizar materiais que não agredem o meio ambiente, prever a reciclagem dos componentes após seu uso, entre outros, o que é extremamente importante para a sociedade como um todo.

- A ênfase nos aspectos sociais e ambientais inerentes a processos e produtos, que por muitas vezes não são considerados de forma igualitária quando comparados aos aspectos econômicos em projeto de produtos.
- A utilização dos aspectos sociais como forma de se alcançar, juntamente e igualmente com os aspectos econômicos e ambientais, a modularização de produtos.
- A definição de como identificar os aspectos emocionais dos clientes em relação a produtos, quando da sua compra, e com base neles estabelecer prioridades no projeto de produtos garantindo sua satisfação, bem como sua relação com os aspectos relacionados à sustentabilidade.

#### 1.4. METODOLOGIA DA PESQUISA

De acordo com Gil (2010) pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder um problema.

Segundo Andrade (2010) a pesquisa é um conjunto de procedimentos sistemáticos, baseado no raciocínio lógico, que tem por objetivo encontrar soluções para problemas propostos, mediante a utilização de métodos científicos.

Em relação à sua finalidade ou natureza, segundo Gil (2010), pode-se classificar como uma pesquisa aplicada, pois é voltada à aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação numa situação específica, pois ela abrange estudos elaborados com a finalidade de resolver problemas identificados no âmbito da sociedade.

Do ponto de vista dos seus objetivos, de acordo com Gil (2010) e Andrade (2010), esta pesquisa pode ser considerada como exploratória, pois tem como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito. Seu planejamento é bastante flexível, pois interessa considerar os mais variados aspectos relativos ao fato ou fenômeno estudado. Segundo Gil (2008) pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar uma visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato.

De acordo com Silva (2004) e Gil (2010), do ponto de vista da abordagem a pesquisa pode ser considerada como qualitativa, pois considera que há uma relação dinâmica entre o

mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicos no processo de pesquisa qualitativa. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave.

De acordo com Cervo *et al.* (2007) e Gil (2008), do ponto de vista dos procedimentos técnicos é considerada como um estudo de caso pois envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado. O estudo de caso permite explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos bem como descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação.

#### 1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este documento está organizado da seguinte maneira com a finalidade de proporcionar ao leitor uma melhor interpretação do trabalho desenvolvido: O Capítulo 2 apresenta a revisão da literatura utilizada neste trabalho, o Capítulo 3 descreve o método proposto, e o Capítulo 4 apresenta a aplicação do método à dois produtos. No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões da pesquisa. A seguir é realizada uma breve descrição destes capítulos.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica necessária para a realização do trabalho. Inicialmente é abordado um método para identificar e classificar as expectativas do cliente. Em seguida são apresentados os indicadores econômicos, ambientais e sociais que constituem o Tripé da sustentabilidade. Por fim, o projeto de produtos é relacionado com a sustentabilidade mediante a modularização de produtos e seus exemplos de aplicação. Essa revisão da literatura tem também por finalidade observar lacunas e deficiências nos métodos existentes para modularização de produtos, e garantir o ineditismo do método proposto.

O Capítulo 3 apresenta o método para o projeto de produtos modulares com ênfase no tripé da sustentabilidade, o qual é composto por quatro etapas: Avaliar, Decompor, Formatar e Integrar. A primeira etapa consiste em formar a equipe de trabalho, definir o produto e verificar se ele pode ou não ser modularizado, e identificar e classificar as expectativas do cliente. Para a segunda etapa são apresentadas três ações: decompor o produto, definir os indicadores de sustentabilidade, e coletar os dados. Na terceira etapa os índices individuais e brutos são gerados, e os índices sustentáveis são estabelecidos. E na quarta etapa é agregado o índice da dimensão emocional, realizada a modularização, e a análise dos resultados.

O Capítulo 4 apresenta a aplicação do método a dois produtos utilizados para a movimentação de cargas em empilhadeiras: uma garra hidráulica para fardos e um garra giratória para bobinas. As quatro etapas do método e suas respectivas ações foram executadas com a finalidade de realizar a modularização de ambos os produtos. Cada etapa e ação desenvolvida no método é explicada e os resultados encontrados são analisados.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões do estudo proposto, bem como suas limitações e sugestões para trabalhos futuros.



## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O desenvolvimento deste trabalho teve como ponto de partida a busca por conhecimentos relacionados aos temas necessários para a elaboração do método proposto. Foram realizadas buscas durante a elaboração deste trabalho em bases de dados tradicionais, como Science Direct<sup>®</sup>, Scielo<sup>®</sup>, Google Scholar<sup>®</sup>, e Scopus<sup>®</sup>, e também em sites de bibliotecas em busca de dissertações e teses sobre o assunto.

Todo esse processo de pesquisa, leitura e compilação de informações foi realizado para estruturar a fundamentação teórica apresentada neste capítulo, a qual serviu para direcionar e estabelecer o método proposto, bem como garantir o ineditismo do estudo. Este capítulo apresenta o resultado dessa busca e o resumo dos conceitos utilizados neste trabalho.

### 2.1. MODELO DE KANO

Em 1984 Kano desenvolveu uma metodologia para encantar o cliente e satisfazer não somente suas expectativas, mas algo que vai além delas. (KANO *et al.* 1984; DEY *et al.* 2017). Conhecido como Modelo Kano, foi desenvolvido pela professora Noriaki Kano, e identifica e categoriza os requisitos ou atributos do cliente como requisitos obrigatórios ou necessários, unidimensionais ou de desempenho, atraentes ou atrativos, indiferentes e reversos. Uma compreensão desses atributos é fundamental para melhorar a qualidade dos produtos e o seu desenvolvimento (Zhu *et al.* 2010).

A Teoria da Qualidade Atrativa proposta por Kano inclui uma metodologia que permite a compreensão e classificação dos efeitos de diferentes atributos de qualidade de acordo com a perspectiva do cliente (WITELL *et al.* 2013). Chen *et al.* (2008) afirmam que a satisfação por parte do cliente é o maior pré-requisito de competitividade no mercado global atual.

De forma a analisar quais os atributos que devem de ser estudados para aumentar a satisfação do cliente e ter vantagem competitiva, as organizações utilizam o Modelo de Kano como uma ferramenta que permite classificar e priorizar as necessidades do cliente baseado na forma como estas necessidades afetam a satisfação geral do produto (XU *et al.* 2009). Neste sentido, para algumas características do produto, a satisfação do cliente pode ser aumentada simplesmente com uma pequena melhoria no desempenho, enquanto que para outras características, a satisfação do cliente somente pode ser melhorada um pouco quando o desempenho do produto tem um melhoramento significativo (SHEN *et al.* 2000, SAUERWEIN *et al.* 1996).

De acordo com Iata (2002), o modelo Kano pode ser aplicado nos seguintes níveis:

- a) Na concepção do produto: para definir quais características de qualidade são realmente importantes para os clientes ao se conceber um novo produto;
- b) No detalhamento do produto: para um produto já existente no mercado, pode-se identificar quais as características de qualidade fazem a diferença para os clientes;
- c) No lançamento do produto: após levantar quais características são importantes para os clientes, pode-se direcionar as campanhas de marketing enfatizando justamente as características desejadas pelos clientes;
- d) Para avaliar o grau de aceitação do produto: através da aplicação do modelo Kano, pode-se distinguir quais as características não estão sendo bem aceitas pelos clientes.

Os requisitos do modelo de Kano são classificados como descrito a seguir (SAUERWEIN *et al.*; 1996, ROOS *et al.*; 2009, TONTINI, 2007; CORDEIRO, 2016; GIORIA, 2016; MKPOJIOGU, 2016):

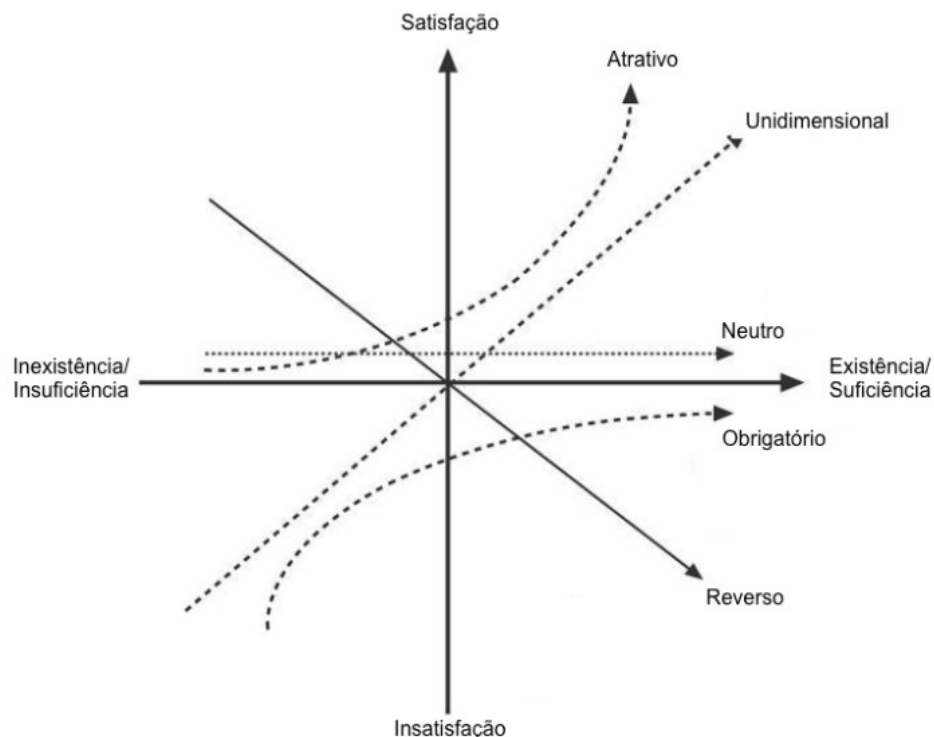
- Requisitos obrigatórios ou necessários (M: *Must-be*): Como o cliente espera que estes requisitos estejam no produto, sua satisfação não aumentará se isso ocorrer, pois são considerados como requisitos básicos de um produto. Porém, se esses requisitos não forem atendidos, o cliente ficará extremamente insatisfeito. O cliente não os exige explicitamente pois para ele são como pré-requisitos. Os requisitos obrigatórios são, em qualquer caso, um fator competitivo e decisivo e, se não forem cumpridos, o cliente não terá interesse no produto.
- Requisitos unidimensionais ou de desempenho (O: *One-dimensional*): Com relação a esses requisitos, a satisfação do cliente é proporcional ao nível de atendimento, ou seja, quanto maior o nível de atendimento, maior a satisfação do cliente e vice-versa. Requisitos unidimensionais são geralmente exigidos pelo cliente de forma explícita.
- Requisitos atrativos ou atraentes (A: *Attractive*): Esses requisitos são os critérios do produto que têm maior influência sobre o grau de satisfação de um cliente com um determinado produto. Os requisitos atrativos não são explicitamente expressos nem esperados pelo cliente. Cumprir esses requisitos leva a uma satisfação mais do que proporcional. No entanto, se eles não são atendidos, não há sentimento de insatisfação.



- Requisitos Indiferentes (I: *Indifferent*): referem-se aos aspectos que não são bons e nem ruins e, conseqüentemente, eles não resultam em qualquer satisfação ou insatisfação do cliente.
- Requisitos Reversos (R: *Reverse*): sua existência é percebida negativamente pelo cliente e, desta forma, proporcionam mais satisfação se ausentes do que se presentes.
- Requisitos Questionáveis (Q: *Questionable*): demonstram que o questionário foi mal formulado ou não foi plenamente entendido por quem respondeu.

De acordo com Roos *et al.* (2009) a Figura 1 ilustra o comportamento para cada requisito em função da sua existência ou não (eixo horizontal) relacionado à sua satisfação ou insatisfação (eixo vertical).

Figura 1 - Modelo de Kano.



Fonte: Traduzido de Berger (1993).

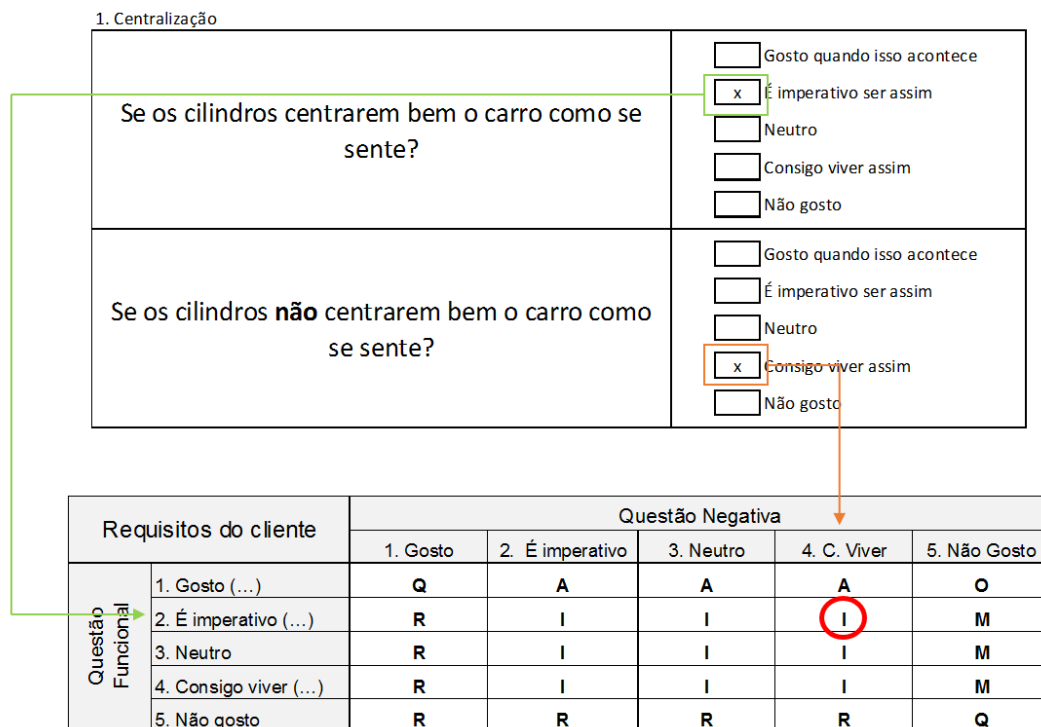
Conforme Sauerwein *et al.* (1996), o consumidor tende a dar maior importância aos atributos obrigatórios, decrescendo esta importância aos unidimensionais, atrativos e neutros,

respectivamente. Para Matzler *et al.* (1998), os atributos atrativos não são expressos pelo cliente, pois estas são as características que ele não espera.

Kano *et al.* (1984) e Berger (1993) sugerem que os atributos podem ser identificados perguntando aos consumidores sobre sua reação ou satisfação quando os atributos têm desempenho superior (questão positiva) e inferior (questão negativa). Para isso, utiliza-se as questões sob duas formas: Forma Funcional da Questão, onde a questão formulada de maneira positiva, estuda a reação do cliente se o item avaliado possui a característica em estudo; e a Forma Disfuncional da Questão, onde a questão formulada negativamente estuda a reação do cliente se o item avaliado não possui essa característica.

Através da combinação das respostas das duas perguntas pode-se estabelecer o requisito utilizando o quadro na parte inferior da Figura 2, em que a resposta para a primeira pergunta (é imperativo ser assim) é relacionada à linha correspondente, e a resposta da segunda pergunta (Consigo viver assim) é relacionada à coluna correspondente. Para este exemplo o requisito constatado é o Requisito Indiferente.

Figura 2 - Avaliação do questionário de Kano.



Fonte: Cordeiro, 2016.

Como vantagens de se classificar as necessidades do cliente através do Modelo Kano, segundo Iata (2002), tem-se:

- Definir prioridade para o desenvolvimento de produtos. É melhor investir em características lineares ou atrativas do que investir em melhorar características de qualidade obrigatória que já possuem um certo nível de satisfação dos clientes.
- Entender melhor as características de um produto. As características de um produto que têm maior influência na satisfação do cliente podem ser identificadas e classificadas.
- Combinar com a função qualidade. O método Kano é usado para estabelecer a importância das características individualmente e então criar um pré-requisito para otimizar o desenvolvimento de atividades do processo orientado de um produto. Um pré-requisito é identificar as necessidades do cliente, sua hierarquia e prioridades.
- Prover auxílio nos estágios de desenvolvimento de produto. Se duas características não podem ser agregadas a um produto por fatores técnicos ou financeiros, pode-se identificar qual das características tem maior influência na satisfação do cliente.
- Aumentar as possibilidades para diferenciação do produto no mercado. A descoberta e o preenchimento de características atrativas cria um vasto campo de possibilidades para a diferenciação de um produto.

## 2.2. TRIPÉ DA SUSTENTABILIDADE

As teorias que tratam acerca da proteção do meio ambiente são recentes frente às demais teorias pertencentes a outras ciências. Segundo Gaviolli *et al.* (2016), esse tema, apesar de recente, tem sido discutido a partir de um processo histórico e da tomada de consciência dos problemas ambientais, crises econômicas e desigualdades sociais, sendo por demais complexa, devendo ser contínua e sistemática. Uma quantidade significativa de informações referentes à sustentabilidade está disponível para pesquisa, porém é necessário compreender o ponto de vista específico no qual a sustentabilidade será mensurada.

Nos dias atuais é unânime a busca por um desenvolvimento sustentável para toda a sociedade, mesmo sabendo-se que este é um grande desafio. Porém, há divergências significativas sobre o significado específico dos termos relacionados à sustentabilidade. Este cenário acaba por gerar uma problemática tendo em vista a proliferação de informações sobre o tema, dificultando identificar e selecionar corretamente os conhecimentos efetivamente relevantes (CHOUCRI, 2007).

Pode-se dizer que o movimento pelo desenvolvimento sustentável iniciou na Conferência sobre a Biosfera ocorrida em Paris, em 1968, embora a expressão “Desenvolvimento Sustentável” ainda não era usual naquela época. No mesmo ano, em Roma, foi realizado um encontro para discutir a crise ambiental, na qual esteve reunido um grupo de cientistas de países desenvolvidos que estavam preocupados com o futuro da humanidade. (MEADOWS *et al.* 1972; BARBIERI e CAJAZEIRA, 2011; FERNANDES, *et al.* 2017).

Em 1972, em Estocolmo, na Suécia, aconteceu a primeira grande reunião internacional onde lideranças mundiais discutiram questões ligadas ao meio ambiente, chamada de Conferência das Nações Unidas para o Ambiente Humano, elaborando a Declaração sobre o Ambiente Humano, que compõem 26 princípios norteadores na busca de um equilíbrio harmônico entre os aspectos humanos e naturais (BARBIERI e CAJAZEIRA, 2011).

Em 1982, durante a conferência de Nairóbi, foi criada a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, e os resultados do trabalho desenvolvido pela mesma foram divulgados em 1987 em um documento intitulado *Nosso Futuro Comum*, também conhecido como relatório Brundtland (ROMEIRO *et al.* 2010, FERNANDES, *et al.* 2017).

Segundo Lopes (2014) e Zarte (2019), o estabelecimento do conceito de “Sustentabilidade” recebeu a contribuição de John Elkington quando ele sugeriu este nome para a nova empresa que estava fundando, entre 1986 e 1987: a *SustainAbility*. Esta ação aconteceu poucos meses antes da publicação do Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, onde o conceito de desenvolvimento sustentável foi utilizado pela primeira vez.

Em 1994, John Elkington lançou o conceito do *Triple Bottom Line* (TBL) conhecido no Brasil como o Tripé da Sustentabilidade, com o qual se pretendia disseminar a teoria de que as empresas deveriam medir o valor que geram, ou destroem, nas dimensões econômica, social e ambiental (PAIVA, 2008). Esse termo também ficou conhecido como os 3P’s, ou seja, “PPP – *People, Planet and Profit*” (pessoas, planeta e lucro). Essa nova abordagem deu suporte à criação do *Down Jones Sustainability Index* e do *Global Reporting Initiative* (GRI).

Por outro lado, a indústria transformadora é um evento de negócios e, como tal, os engenheiros são bem versados na determinação do valor econômico das soluções de engenharia para a fabricação. Medir o desempenho ambiental e social é uma tarefa desafiadora. Material e energia são insumos necessários em processos e sistemas de manufatura, enquanto resíduos e emissões, que são geralmente classificados como saídas de um sistema de manufatura são entradas para outros sistemas industriais e naturais, onde o seu impacto é sentido social,

ambiental e economicamente (HAAPALA, 2013; BRAUNGART *et al.* 2007; KORHONEN, 2001).

Zarte *et al.* (2019) ressaltam que os atuais sistemas de apoio à tomada de decisão estão mais focados na integração da sustentabilidade em todas as três dimensões (econômica, ambiental e social) em nível de planejamento estratégico (projeto e remanufatura de produtos e processos), o que não se reflete no nível operacional (planejamento e controle da produção), onde a tomada de decisões é impulsionada principalmente pelas dimensões ambiental e econômica. Para os autores, além desses objetivos, os sistemas de planejamento e controle da produção sustentáveis também devem considerar objetivos de planejamento social, como treinamento dos funcionários, saúde e segurança dos funcionários e atendimento de requisitos de clientes para produtos sustentáveis.

Em geral, apontam Watanabe *et al.* (2018), o desempenho dos sistemas produtivos considera o uso eficiente de recursos tecnológicos de transformação como máquinas e matérias-primas, processamento de informações e operações de manuseio e transporte. No entanto, não existem critérios ou regras normalizados para avaliar o desempenho de um sistema produtivo no contexto da sustentabilidade. Neste sentido, os autores sugerem uma abordagem para identificar e avaliar os indicadores de desempenho relacionados à sustentabilidade de sistemas produtivos dispersos (DPS) que considera o equilíbrio dos indicadores de sustentabilidade, que dependem de aspectos econômicos, ambientais, sociais e tecnológicos.

Dentre os modelos de avaliação de sustentabilidade tem-se a existência de diversos termos e diferentes técnicas para alcançar o objetivo da avaliação, necessitando-se de uma integração e paridade entre os modelos descritos (HACKING, *et al.*; 2008).

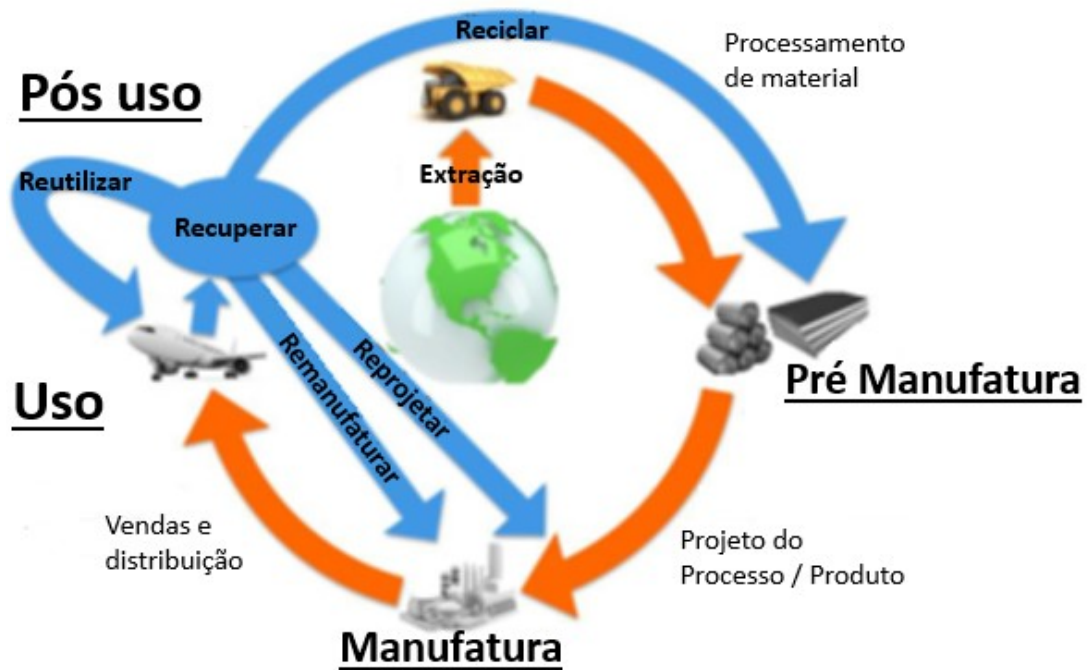
Araújo (2010) lista modelos de medição da sustentabilidade, classificando-os quanto à sua dimensão e direcionado à área, buscando mostrar na dimensão do tripé da sustentabilidade se há modelos anteriores que tratam da manufatura. Ele propõe um modelo de avaliação da sustentabilidade direcionado aos processos de fabricação (retificação e torneamento) iniciando com a definição do escopo e objetivos, identificando os aspectos, selecionando os indicadores, realizando a coleta de dados, avaliando a sustentabilidade do processo e, por fim, sintetizando os resultados obtidos.

Lu *et al.* (2010) abordam as métricas de sustentabilidade a partir da concepção do produto voltado para a fabricação com a medição das entradas e saídas do processo de usinagem relacionando a seis elementos do processo de manufatura: (a) impactos ambientais, (b) custos de manufatura, (c) consumo de energia, (d) gestão de resíduos, (e) segurança operacional e (f)

saúde pessoal, e verificando as inter-relações e potenciais interações entre as métricas nas diferentes dimensões.

Para Huang (2017), para atingir uma produção sustentável deve-se considerar juntamente com o Tripé da Sustentabilidade os estágios totais do ciclo de vida da pré-fabricação, fabricação, uso e pós-uso, bem como incorporar o conceito de 6Rs (reduzir, reutilizar, reciclar, recuperar, reprojeter e remanufaturar) para um fluxo de material de circuito fechado, como mostra a Figura 3. Todos esses fatores importantes precisam estar presentes para garantir que todos os requisitos para a manufatura sustentável sejam cobertos simultaneamente e de forma abrangente.

Figura 3 – Ciclo de vida com ênfase na implementação do 6Rs.



Fonte: traduzido de Bradley *et al.* 2016.

Para Brandão *et al.* (2015), o desenvolvimento sustentável deve se basear nos três pilares da sustentabilidade, ou seja, proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. Neste sentido, a integração desses pilares dar-se-á de modo que, na esfera ambiental, os recursos naturais sejam utilizados de forma a não prejudicar as gerações futuras, reduzindo os impactos da ação das indústrias; no pilar econômico, faz-se fundamental a preservação da lucratividade da empresa e o não comprometimento do seu desenvolvimento econômico; no domínio social,

que inclui a questão da justiça social, o objetivo maior é o desenvolvimento de um mundo mais justo mediante as relações com todos os *stakeholders*.

Sartori *et al.* (2014) destacam que existem vários desafios para a sustentabilidade, como: implementar normas de proteção ambiental, capturar os impactos externos das atividades além do nível local, reconhecimento da sustentabilidade social, desenvolvimento humano, produção e consumo equilibrado, incentivo à educação, desenvolvimento e manutenção de recursos ambientais, cooperação entre *stakeholders*, governos e sociedade civil, metodologias e indicadores de sustentabilidade de acesso público, pesquisas aplicadas e que trazem resultados práticos e indicadores voltados para os sistemas empresariais e locais.

### **2.2.1. Indicadores e Índices de Sustentabilidade**

De acordo com Siche *et al.* 2007, existe certa confusão sobre o significado de índice e indicador, onde muitas vezes são erroneamente utilizados como sinônimos. A diferença está em que um índice é o valor agregado final de todo um procedimento de cálculo onde se utilizam, inclusive, indicadores como variáveis que o compõem.

Para Hanai *et al.* (2011), indicadores são variáveis representativas de um atributo, ou seja, qualidade, característica ou propriedade de um sistema, as quais visam sintetizar as informações essenciais sobre a sua viabilidade e sua dinâmica de transformação, bem como informam o estado de um sistema, além de intervir e corrigir o seu direcionamento a determinados objetivos.

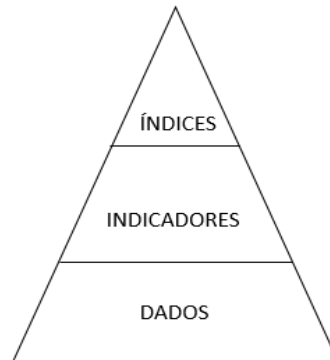
Zuanazzi (2016) resume os objetivos de um indicador em três grandes finalidades: a primeira em apresentar com clareza informações para aumentar o entendimento sobre determinado fenômeno; a segunda em fornecer dados relevantes e estruturados para tomadas de decisão; e a terceira em servir como norte e apoio para medir o alcance as metas que foram estabelecidas.

Para Siche *et al.* 2007, o termo “índice” pode ser considerado um valor numérico que representa a interpretação correta da realidade de um sistema simples ou complexo (natural, econômico ou social), utilizando, em seu cálculo, bases científicas e métodos adequados. O índice pode servir como um instrumento de tomada de decisão e previsão, e é considerado um nível superior da combinação de um conjunto de indicadores ou variáveis.

De acordo com Schlickmann (2018), depois de avaliados, os dados servem como base para os indicadores, já os índices são elaborados mediante a fusão de indicadores e devem ser

em número bastante reduzido para facilitar a tomada de decisões. A Figura 4 ilustra este processo.

Figura 4 - Pirâmide das informações.



Fonte: adaptado de Schlickmann (2018).

### 2.2.2. Sustentabilidade Ambiental

A sustentabilidade ambiental preocupa-se com os impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente, sendo denominada pelos economistas de “capital natural”. (DIETZ *et al.* 2009). Sendo assim, a produção primária, oferecida pela natureza, é a base fundamental sobre a qual se assenta a espécie humana (BELLEN, 2006).

Toda atividade econômica causa algum tipo de impacto negativo ao meio ambiente, e cabe às empresas desenvolverem novas formas de minimizar esses impactos, assim como compensar ou repor o que é impossível de minimizar. (BOCKEN *et al.* 2014; BRAUNGART *et al.* 2007). Além de cumprir a legislação ambiental, as empresas podem adotar medidas que auxiliem neste processo, como: a substituição e uso de recursos não-renováveis por recursos renováveis, insumos tóxicos por não-tóxicos, reduzir a emissão de poluentes, adotar práticas de reuso, recuperar materiais, preservar a biodiversidade, reduzir a emissão de efluentes líquidos e resíduos sólidos, reduzir o consumo dos recursos hídricos e energéticos, estabelecer programas de reciclagem, além de exigir atitudes socioambientais de seus fornecedores. (ARAÚJO *et al.* 2006; BARBIERI e CAJAZEIRA, 2009, 2010; PEREIRA, 2014; FERNANDES, *et al.* 2017).

Para Leff (2011), a sustentabilidade ambiental surge como uma prática que busca preservar a natureza na proposição econômica e nas técnicas do desenvolvimento, estabelecendo categorias ecológicas de fabricação que garantam a sobrevivência e um bom futuro para as próximas gerações.



De acordo com Schlickmann (2018), existem leis no Brasil que ressaltam a importância do zelo para com o meio ambiente como, por exemplo, as leis 9.605, 9.795 e 12.305. A lei 9.605 apresenta a criminalização das condutas e atividades nocivas ao meio ambiente. A lei 9,795 dispõe sobre a educação ambiental para que se possam construir valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente. E a lei 12.305, que prevê princípios e objetivos básicos para assegurar a proteção ao meio ambiente considerando o ciclo de vida dos produtos, suas embalagens e a forma correta do descarte de pilhas, pneus, óleos, lâmpadas, produtos eletrônicos e demais componentes.

Sette (2010) apresenta uma lista com métodos de gestão ambiental para a indústria que buscam o uso mais eficiente dos recursos naturais, menor geração de resíduos, fontes alternativas de energia, mudanças nos hábitos de consumo, e reutilização e reciclagem de produtos. Dentre as ferramentas de gestão destacam-se: Ecoeficiência, Produção Mais Limpa, Produção Limpa, Normas ISO 14000, Ecologia Industrial e Metodologia ZERI.

Souza e Alves (2018) propõem um modelo para produção mais limpa integrando qualidade, responsabilidade ambiental, social e profissional, sistemas de gestão de saúde e segurança com o sistema de manufatura enxuta, onde os indicadores ambientais avaliados foram: redução percentual no uso de materiais, redução no consumo de energia obtido diretamente através de melhorias de conservação e eficiência; e volume total de água reciclada e reutilizada pela organização, considerando seu percentual em relação ao total de água utilizada.

Em seu modelo para avaliar sistemas produtivos dispersos, Watanabe *et al.* (2018) consideram os seguintes indicadores ambientais: Emissão de gases de efeito estufa, retorno de águas residuais, resíduos descartados, e materiais reutilizados / reciclados usados em produtos, materiais das embalagens descartadas e reutilizadas, consumo total de energia, água reutilizada e qualidade do ar. Jang *et al.* (2018) utilizam quatro indicadores ambientais para gerar o índice de desempenho sustentável que avalia Tecnologias verdes em projetos de infraestrutura urbana, a saber: Redução da taxa de emissões de CO<sub>2</sub>, taxa de utilização de materiais ecológicos na construção, taxa de utilização de materiais reciclados, e taxa de utilização de equipamentos de construção com redução de CO<sub>2</sub>.

Zarte *et al.* (2019) estabelecem uma lista com indicadores sustentáveis para tomada de decisão que são utilizados na seleção de processos e recursos sustentáveis. Os indicadores ambientais utilizados são: materiais, energia, uso da água e da terra, conservação do habitat natural, resíduos, gases do efeito estufa, e poluentes em geral.

Kamali e Hewage (2016 e 2017), comparam indicadores sustentáveis frente ao projeto modular e convencional de construções, e os indicadores ambientais utilizados foram: seleção do local, transporte alternativo, interrupção do local e estratégias apropriadas, uso de energias renováveis, estratégias de desempenho e eficiência energética, energia incorporada, estratégias de eficiência para a água e esgoto, uso de materiais da região e materiais renováveis, gestão dos resíduos, emissão de gases do efeito estufa, e consumo de material na construção.

Segundo o IBGE (2015), em seus Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, a sustentabilidade ambiental está relacionada aos objetivos de preservação e conservação do meio ambiente, considerados fundamentais para a qualidade de vida das gerações atuais e em benefício das gerações futuras. Essas questões aparecem organizadas sob a forma de 19 indicadores, como ilustra o Quadro 1. A maioria desses temas reúne indicadores que expressam pressões sobre o ambiente e envolvem questões pertinentes à política ambiental, além de terem forte influência na saúde e na qualidade de vida da população.

Quadro 1 - Indicadores da Dimensão Ambiental.

<b>DIMENSÃO AMBIENTAL</b>	<b>INDICADOR</b>
Atmosfera	Emissões de origem antrópica dos gases associados ao efeito estufa Consumo industrial de substâncias destruidoras da camada de ozônio Concentração de poluentes no ar em áreas urbanas
Terra	Uso de fertilizantes Uso de agrotóxicos Terras em uso agrossilvipastoril Queimadas e incêndios florestais Desflorestamento na Amazônia Legal Desmatamento nos biomas extra-amazônicos
Água doce	Qualidade de águas interiores
Oceanos, mares e áreas costeiras	Balneabilidade População residente em áreas costeiras
Biodiversidade	Espécies extintas e ameaçadas de extinção Áreas protegidas Espécies invasoras
Saneamento	Acesso a abastecimento de água Acesso a esgotamento sanitário Acesso a serviço de coleta de lixo doméstico Tratamento de esgoto

Fonte: Adaptado de IBGE, 2015.

Zuanazzi (2016) elaborou uma lista de indicadores ambientais para avaliar o grau de sustentabilidade de micro e pequenas empresas, baseado em sete modelos de sustentabilidade (GRI, Ethos, Coral, Inmetro, Ethos-Sebrae, Icheme e GM MSM), como mostra o Quadro 2.

Quadro 2 - Indicadores ambientais para micro e pequenas empresas.

ASPECTOS	INDICADORES
Materiais	<p>Percentual dos materiais usados provenientes de reciclagem.</p> <p>Volume de matéria-prima que representa perigo para saúde, segurança ou ambiental.</p> <p>Percentual da aquisição de matérias primas e insumos que evitem e reduzam a geração de resíduos, efluentes e emissões.</p> <p>Percentual de insumos ou matérias primas renováveis e não renováveis.</p> <p>Percentual de reuso de insumos.</p> <p>Percentual de aproveitamento da matéria-prima.</p> <p>Identificação do produto na área de produção, proteção e manuseio do produto nas áreas de armazenamento.</p> <p>Percentual de destinação final, controle e tratamento para resíduos e rejeitos resíduos sólidos.</p>
Energia	<p>Consumo total de energia.</p> <p>Percentual de energia renovável utilizada.</p> <p>Percentual de combustíveis fósseis utilizados.</p> <p>Percentual de energia economizada devido a melhorias em conservação, eficiência e racionalização do uso de energia nas instalações.</p> <p>Percentual dos produtos e serviços com baixo consumo de energia, ou que usem energia gerada por recursos renováveis, e a redução na necessidade de energia resultante dessas iniciativas</p>
Água	<p>Consumo total de água por metros cúbicos.</p> <p>Percentual de reutilização dos recursos hídricos.</p> <p>Percentual de redução do consumo de água.</p>
Terra	<p>Utilização de técnicas que visem à conservação do solo.</p> <p>Quantidade de terras restauradas as condições originais em m<sup>2</sup></p>
Emissões, Efluentes e Resíduos	<p>Percentual de tratamento de efluentes e deposição de resíduos.</p> <p>Total de emissões diretas e indiretas de gases de efeito estufa.</p> <p>Percentual de redução de impactos ambientais de produtos e serviços.</p> <p>Quantidade de projetos e horas de treinamentos voltados para a educação ambiental e conscientização dos colaboradores.</p>
Geral	<p>A empresa recebeu alguma multa ou advertência ambiental por danos causados.</p> <p>Total de investimentos e gastos em proteção ambiental.</p> <p>Planos de contingência, de acordo com análise de risco, para acidentes ambientais.</p> <p>Nível de controle e redução da poluição sonora e a poluição visual causadas por seus processos.</p> <p>Quantidade de ações relacionadas ao gerenciamento e preservação do meio ambiental.</p>

Fonte: adaptado de Zuanazzi, 2016.

### 2.2.3. Sustentabilidade Social

A sustentabilidade social, de acordo com Barbieri e Cajazeira (2009) e Gimenez *et al.* (2012), trata da consolidação de processos que promovem a equidade na distribuição dos bens e da renda para melhorar substancialmente os direitos e condições de amplas massas da população, e reduzir as distâncias entre os padrões de vida das pessoas.

De acordo com Fernandes *et al.* (2017), a sustentabilidade social envolve, além da distribuição equitativa de renda por meio de salários justos e a garantia dos direitos no cumprimento das leis trabalhistas, o dever por parte das empresas em zelar pelo bem-estar do capital humano, promovendo um ambiente de trabalho sadio, oferecendo treinamentos para

melhorar suas habilidades e também cuidar da saúde dos seus colaboradores e familiares. Ainda, as organizações devem manter um bom relacionamento com a comunidade onde está inserida, visando melhorar a qualidade de vida dessas pessoas.

Tate e Bals (2017) salientam que a dimensão social ainda recebe pouca atenção no contexto do desempenho corporativo, e esta negligência ocorre devido a uma visão baseada apenas em recursos, onde o foco está nas questões econômicas, ou apenas na visão baseada em recursos naturais, com o foco nos resultados ambientais.

Para Rêgo *et al.* (2011) e Székely e Knirsch (2005), o desenvolvimento de atividades e serviços juntamente com a busca de uma melhor qualidade de vida da força de trabalho, são atributos que determinam a responsabilidade social. Segundo Donaire (1999), a responsabilidade social é um comprometimento com a comunidade, mas que assume diversas formas, como a proteção ambiental, projetos filantrópicos e educacionais, planejamento da comunidade, igualdade nas oportunidades de emprego, serviços sociais em geral de conformidade com o interesse público.

A dimensão social, segundo Joung *et al.* (2013), pode ser avaliada mediante os impactos sociais dos processos de fabricação, dos produtos fabricados, das práticas de saúde e segurança implantadas, bem como das ações tomadas na gestão das empresas. Essa avaliação abrange os funcionários, clientes e a comunidade impactada pela empresa.

Para Schlickmann (2018), ao se transportar essa necessidade de cuidados em relação ao bem-estar humano ao chão de fábrica, existem normas definidas pelo Ministério do Trabalho que visam a segurança e a saúde do funcionário em relação à atividade profissional desenvolvida e ao equipamento em operação. Dentre essas normas destacam-se as Normas Regulamentadoras e Normas Internacionais ISO, como mostra o Quadro 3.

A sustentabilidade social, segundo Bellen (2004), se reflete no debate sobre a inclusão ou não de medidas sociais, que resulta da variedade de concepções de sustentabilidade que contêm componentes usualmente não mensurados, como o cultural e o histórico. Os indicadores sociais são considerados especialmente controversos, pois refletem contextos políticos e julgamentos de valor. A integração de medidas é ainda mais complicada em função das diferentes - e muitas vezes incompatíveis - dimensões da sustentabilidade.

Watanabe *et al.* (2018) listam os seguintes indicadores sociais: dias de trabalho perdidos em função de acidentes, satisfação no trabalho, taxa de acidentes no trabalho, taxa de produtividade no trabalho, treinamentos sobre sustentabilidade, sugestões dadas pelos trabalhadores sobre o meio ambiente, reclamações de clientes, sugestões de sustentabilidade da comunidade, relatórios de sustentabilidade publicados, e prêmios de sustentabilidade. Os

indicadores nível de capital humano e fatores de sucesso no projeto de construção são utilizados para avaliar a dimensão social por Jang *et al.* (2018) em projetos de infraestrutura urbana.

Quadro 3 - Normas Regulamentadoras relacionadas aos aspectos sociais.

NORMA	DESCRIÇÃO
NR 6 – Equipamentos de proteção individual	Regulamenta o uso de produtos ou dispositivos destinados à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.
NR 12 – Segurança no trabalho de máquinas e equipamentos	Define referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores, e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças de trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos.
NR 15 – Atividades e operações insalubres	Determina os limites de tolerância para exposição ao ruído e calor dos funcionários expostos à insalubridade quando impraticável sua eliminação ou neutralização.
NR 16 – Atividades e operações perigosas	Orienta sobre condições de periculosidade relativas à atividade profissional desenvolvida.
NR 17 – Ergonomia	Estabelece parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar o máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.
ISO 26001 - Diretrizes sobre responsabilidade social	Relacionada a sociedade com a organização e as partes interessadas. Fornece orientação para todos os tipos de organizações sobre responsabilidade social no que tange o uso de EPIs, análise de riscos ocupacionais, política de saúde e segurança, necessidade de treinamentos, entre outras.
ISO 12001 - Segurança de máquinas - Princípios gerais de projeto	Apreciação e redução de riscos: essa norma possui uma aplicação mais focada no equipamento, apresentando princípios e uma metodologia para obtenção da segurança em projetos de máquinas. Ela especifica princípios para apreciação e redução de riscos de acidentes, já durante a fase de projeto.
ISO 45001 – Saúde e segurança ocupacional	Redução do peso das lesões e doenças ocupacionais, através de uma estrutura para melhorar a segurança dos funcionários, reduzir os riscos no local de trabalho e criar condições de trabalho melhores e mais seguras.

Fonte: adaptado de Schlickmann, 2018.

Na avaliação do projeto modular *versus* integral realizada por Kamali e Hewage (2016 e 2017) em construções foram utilizados 12 indicadores sociais: Saúde, conforto e bem-estar dos ocupantes, influência na economia local, funcionalidade e usabilidade do espaço físico, opções estéticas e beleza do edifício, saúde e segurança dos trabalhadores, perturbação da comunidade, influência no desenvolvimento social local, conservação cultural e patrimonial, acessibilidade, segurança, aceitação e satisfação dos usuários, e acessibilidade e amenidades da vizinhança.

Para Zarte *et al.* (2019), os seguintes indicadores sociais foram utilizados para avaliar a seleção de processos sustentáveis: saúde e segurança dos trabalhadores e dos clientes, satisfação dos trabalhadores e dos clientes, e o desenvolvimento dos funcionários e da comunidade.

Souza e Alves (2018) avaliam os seguintes aspectos da dimensão social: Número total de horas de treinamento em políticas de direitos humanos e anticorrupção; Número de programas implementados de envolvimento com a comunidade e avaliação do respectivo impacto no desenvolvimento local; Processos formais de reclamações por parte das comunidades locais; Valor monetário de multas e número total de sanções não monetárias devido a não conformidade com leis e regulamentos; Taxa de acidentes, lesões e doenças ocupacionais por tipo de doença; e Número médio de horas de treinamento em saúde e segurança ocupacional oportunizados para os funcionários.

Para o IBGE (2015), a dimensão social corresponde aos objetivos relacionados à satisfação das necessidades humanas, a melhoria da qualidade de vida, e a justiça social. São 21 indicadores que procuram retratar o nível educacional, a distribuição da renda, as questões ligadas à equidade e às condições de vida da população, que apontam o sentido de sua evolução recente (Quadro 4).

Quadro 4 - Indicadores da Dimensão Social.

<b>DIMENSÃO SOCIAL</b>	<b>INDICADORES</b>
População	Taxa de crescimento da população Taxa de fecundidade total Razão de dependência
Trabalho e rendimento	Índice de Gini da distribuição do rendimento Taxa de desocupação Rendimento domiciliar per capita Rendimento médio mensal Mulheres em trabalhos formais
Saúde	Esperança de vida ao nascer Taxa de mortalidade infantil Prevalência de desnutrição total Imunização contra doenças infecciosas infantis Oferta de serviços básicos de saúde Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado Taxa de incidência de AIDS
Educação	Taxa de frequência escolar Taxa de alfabetização Taxa de escolaridade da população adulta
Habitação	Adequação de moradia
Segurança	Coefficiente de mortalidade por homicídios Coefficiente de mortalidade por acidentes de transporte

Fonte: Adaptado de IBGE, 2015.

Uma lista de indicadores sociais foi elaborada por Zuanazzi (2016) para avaliar o grau de sustentabilidade de micro e pequenas empresas, como mostra o Quadro 5.

Quadro 5 - Indicadores sociais para micro e pequenas empresas.

ASPECTOS	INDICADORES
Emprego	Rotatividade de funcionários. Nível de Satisfação dos colaboradores. Gestão de pessoas. Ocorrência de trabalho infantil. Clima organizacional. Visão social do líder de empresa voltada a investimentos sociais internos.
Saúde e Segurança no Trabalho	Taxas de lesões; acidente de trabalho com e sem afastamento e doenças ocupacionais. Percentual das despesas de doença e prevenção de acidente em relação a folha de pagamento. Grau de absenteísmo e óbitos relacionados ao trabalho. Programa de treinamento para diminuição do número de acidentes de trabalho Atendimento às condições de higiene, saúde e segurança. Abolição do fumo em locais de trabalho. Fornecimento de equipamento de proteção individual.
Treinamento e Educação	Programa de alfabetização dos trabalhadores e seus dependentes diretos. Percentual de investimento em relação à receita total e média de horas em treinamento por ano, por funcionário, discriminadas por categoria funcional. Percentual de investimentos em educação e treinamento em relação ao total de gastos com pessoal. Subsidio de cursos para os empregados e oferta bolsas de estudo. Percentual de escolaridade dos funcionários.
Valores Transparência e Governança	Processo de participação nos lucros ou resultados. Taxas de atração e retenção de profissionais. Separação clara entre os negócios do proprietário / particulares e os da organização. Elaboração e divulgação do balanço social.
Comunidade	Atuação no entorno: controle do aumento da circulação de veículos; do descarte do lixo de forma adequada; a emissão de poluentes; e o nível de ruído. Práticas de gestão que beneficiam o desenvolvimento local.
Diversidade e Igualdade de Oportunidades	Percentual entre a divisão da maior remuneração pela menor remuneração em espécie paga pela empresa. Critérios utilizados na seleção de pessoal isentos de práticas discriminatórias dos candidatos, bem como a pessoas com deficiência. Disponibiliza vagas para aprendizes e estagiários.
Fornecedores	Além de exigir uma boa proposta comercial, avalia para contratar um fornecedor se o mesmo mantém práticas de responsabilidade social e ambiental. Valoriza fornecedores que mantenham relações éticas e transparentes com seus concorrentes. Exige nota fiscal de todos os produtos adquiridos. Incentiva e valoriza a adoção pelos fornecedores de um sistema de gestão ambiental e de certificações ambientais. Realização de visitas para verificar se os fornecedores não utilizam mão de obra infantil bem como se oferecem condições adequadas de saúde, segurança e higiene aos colaboradores.
Consumidores/ Clientes	Pesquisa de satisfação dos consumidores/clientes. Não adota em sua comunicação conteúdo que se refira a aspectos que possam constranger ou desrespeitar grupos específicos. Incentiva e educa seus consumidores a adotar atitudes conscientes e responsáveis de consumo. Tem algum canal formal de comunicação com seus consumidores/clientes. Produtos/serviços da empresa tem sempre instruções claras sobre como entrar em contato com ela. A empresa responde e/ou esclarece e analisa as dúvidas, sugestões e reclamações recebidas e as utiliza como instrumento para aperfeiçoar suas atividades

Fonte: adaptado de Zuanazzi, 2016.

Para Bellen (2006), a sustentabilidade social refere-se a um processo de desenvolvimento que leva a um crescimento estável com distribuição equitativa de renda, permitindo reduzir as diferenças entre os diversos níveis na sociedade, proporcionando uma melhoria nas condições de vida das populações. Permanece desta forma o viés econômico atrelado à condição social.

#### **2.2.4. Sustentabilidade Econômica**

Já na dimensão econômica, o foco principal está na obtenção do lucro pelos acionistas por meio de empresas lucrativas, ou seja, é mediante os resultados financeiros obtidos que as organizações se mantêm ativas no mercado. Para Barbieri e Cajazeira (2009), a sustentabilidade econômica possibilita a alocação e gestão eficiente dos recursos produtivos, bem como um fluxo regular de investimentos públicos e privados.

Segundo Tseng *et al.* (2013), sabe-se que a adoção de práticas sustentáveis, além de promover o bem social e ambiental, pode trazer o bem econômico por meio da redução de custos no processo produtivo. Todos estes aspectos bem trabalhados têm grande possibilidade de gerar vantagens competitivas às organizações.

De acordo com Schlickmann (2018) e Cavalcanti (2012), a dimensão econômica é a dimensão mais controversa das que formam o tripé da sustentabilidade, já que alguns autores analisam a sustentabilidade econômica como apenas possível desde que não haja crescimento. Em outras palavras, ao se analisar a sustentabilidade econômica pela ótica da natureza, não há como existir crescimento econômico sustentável, já que o crescimento significa necessariamente esgotamento de recursos, destruição de alguma coisa do meio ambiente.

Para Rodriguez *et al.* (2002), a grande maioria das empresas apresenta uma visão de sustentabilidade voltada quase que exclusivamente para a questão econômica. Segundo Pronk (1992), existe um crescimento econômico na sustentabilidade, e o desenvolvimento somente é sustentável quando esse crescimento econômico proporciona justiça e oportunidades para todos os seres humanos do planeta, sem privilégio de algumas espécies, sem destruir os recursos naturais finitos e sem ultrapassar a capacidade de carga do sistema.

O Sistema de Gestão Integrado *Lean* para Melhoria da Sustentabilidade (LIMSSI) proposto por Souza e Alves (2018) avaliam os seguintes aspectos na dimensão econômica: qualidade de produtos e serviços, entregas dentro do prazo, prazo para entrega, e eficiência geral do equipamento. O LIMSSI visa melhorar o desempenho da sustentabilidade corporativa das empresas, tornando-as mais sustentáveis e competitivas.



Para Watanabe *et al.* (2018), os seguintes indicadores econômicos foram utilizados como forma de avaliar um sistema produtivo disperso: benefícios financeiros com a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, economia ao reutilizar e reciclar materiais, benefícios do uso de energias renováveis, redução no uso de energias tradicionais, e custos de material, energia, mão de obra, e operacionais. Jang *et al.* (2018) utilizaram dois aspectos para avaliar a Tecnologia Verde empregada na em projetos de infraestrutura urbana: Taxa de construção inicial e taxa adicional de construção.

Kamali e Hewage (2016 e 2017) utilizaram 33 indicadores sustentáveis para comparar construções modulares e convencionais, sendo 09 indicadores econômicos: tempo e custo de projeto e de construção, custos operacionais e de manutenção, custo do fim de vida, durabilidade da construção, investimentos e riscos relacionados, flexibilidade, e gestão integrada.

Em seu estudo, Zarte *et al.* (2019) constataram entre os métodos analisados para auxiliar na tomada de decisão para estabelecer processos e selecionar recursos sustentáveis, que o indicador custo está sempre presente nas avaliações. Já os indicadores lucro e investimentos nem sempre são avaliados.

A dimensão econômica, segundo o IBGE (2015), trata de questões relacionadas ao uso e esgotamento dos recursos naturais, à produção e gerenciamento de resíduos, ao uso de energia e ao desempenho macroeconômico e financeiro do País. É a dimensão que se ocupa da eficiência dos processos produtivos e das alterações nas estruturas de consumo orientadas a uma reprodução econômica sustentável de longo prazo. Os diferentes aspectos desta dimensão contemplam 11 indicadores, que são mostrados no Quadro 6.

Quadro 6 - Indicadores da Dimensão Econômica.

DIMENSÃO ECONÔMICA	INDICADOR
Quadro econômico	Produto Interno Bruto - PIB per capita Taxa de investimento Balança comercial Grau de endividamento Consumo de energia per capita Intensidade energética Participação de fontes renováveis na oferta de energia Consumo mineral per capita Vida útil das reservas de petróleo e gás Reciclagem Rejeitos radioativos

Fonte: Adaptado de IBGE, 2015.

Para avaliar o grau de sustentabilidade de micro e pequenas empresas, uma lista de indicadores econômicos foi elaborada por Zuanazzi (2016), como mostra o Quadro 7.

Quadro 7 - Indicadores econômicos para micro e pequenas empresas.

ASPECTOS	INDICADORES
Desempenho econômico	Receita de margem líquida. Receita de reciclagem. Valor adicionado bruto. Custo dos produtos, matérias-primas e serviços. Índice de liquidez. Margem bruta por empregado direto. Rentabilidade.
Distribuição do Valor Econômico Gerado por <i>Stakeholders</i>	Remuneração de empregados. Impostos. Acionistas.
Investimentos	Valor investido em pesquisa e desenvolvimento. Valor investido para melhoria da produtividade. Aumento da capacidade produtiva. Valor investido em Educação treinamento.
Presença no Mercado	Variação da proporção do salário mais baixo comparado ao salário mínimo local.

Fonte: adaptado de Zuanazzi, 2016.

### 2.3. PROJETO DE PRODUTOS

Desenvolver e projetar produtos são atividades de interesse da engenharia que abrangem quase todos os campos da atividade humana, aplicam leis e conhecimentos das ciências humanas, se apoiam no conhecimento prático especializado. São em grande parte exercidas sob responsabilidade pessoal, e criam os pressupostos para a concretização de ideias da solução (PAHL *et al.* 2005).

Segundo Jack (2015), o projeto é uma atividade finita que busca desenvolver ferramentas, métodos, produtos e equipamentos novos e melhorados. Dentre os passos para os projetos de desenvolvimento está o desenvolvimento de um plano claro e detalhado para que se atinja o objetivo.

De um modo geral, desenvolver produtos consiste em um conjunto de atividades por meio das quais busca-se, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, e considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo. O desenvolvimento de produto também envolve as atividades de acompanhamento do produto após o lançamento para, assim, serem realizadas as eventuais mudanças necessárias nessas especificações, planejada a retirada do produto do mercado, e

incorporadas no processo de desenvolvimento as lições aprendidas ao longo do ciclo de vida do produto (ROZENFELD *et al.* 2006).

Romeiro *et al.* (2010) afirma que, ao longo dos últimos anos, o setor industrial tem sofrido modificações profundas, ao passar por uma completa reestruturação produtiva resultante das inovações técnicas, organizacionais e mercadológicas adotadas pelas empresas. Essas modificações trouxeram importantes mudanças no projeto do produto, que é uma atividade fundamental para a inovação nas empresas.

A inovação tecnológica é essencial para o aumento da produtividade e da competitividade das empresas. A atividade de concepção e desenvolvimento de novos produtos está estreitamente vinculada aos processos de inovação tecnológica praticados nas empresas, que tem plena consciência de que seu sucesso é fortemente dependente da maneira como projetam seus produtos e de sua habilidade de organizar, processar e aprender através das informações relacionadas ao ciclo de desenvolvimento de seus produtos (ROMEIRO *et al.*, 2010).

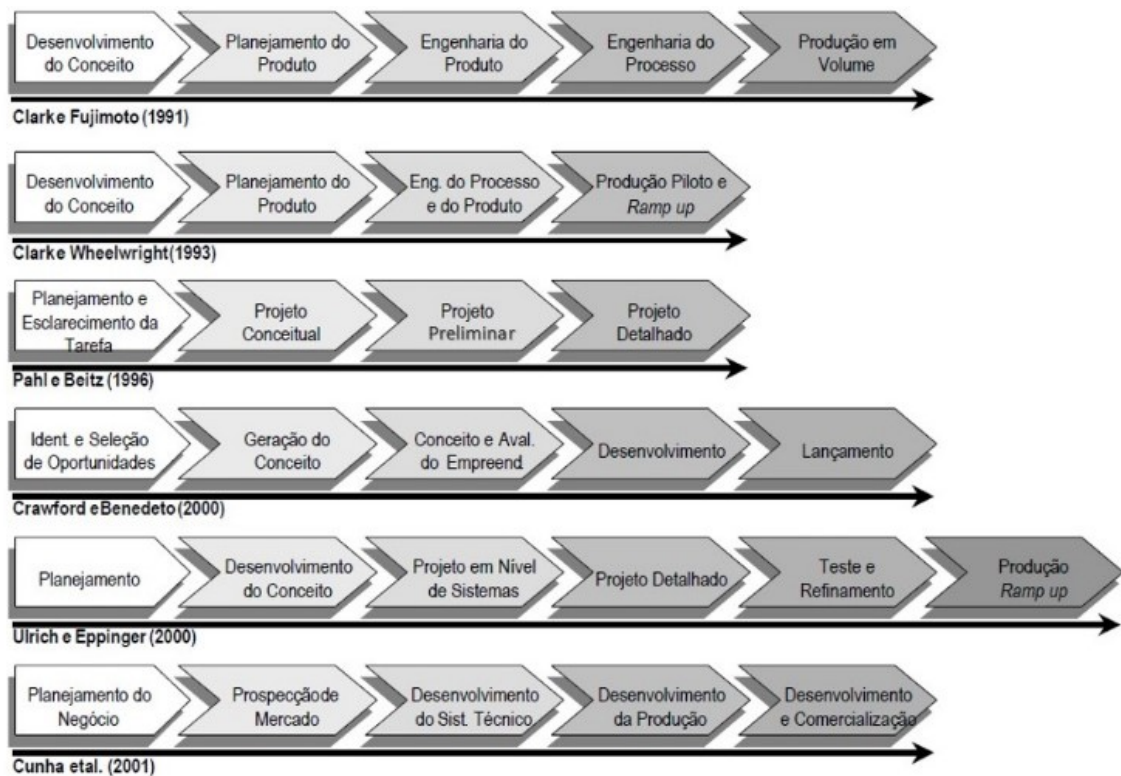
Um projeto, segundo Newton (2011), é basicamente um modo de trabalho, de organizar pessoas e de gerenciar atividades, ou seja, é um estilo de coordenação e gestão de trabalho com foco em resultado específico. Um projeto começa e termina em um ponto definido no tempo e é considerado completo quando o resultado é alcançado. Em geral, para entregar o resultado, existem recursos limitados, de dinheiro e tempo das pessoas. Quando este for entregue, algo terá mudado. Embora diferentes projetos possam ter algumas características comuns, cada projeto é exclusivo, com um conjunto de atividades único e específico.

Um projeto também pode ser observado do ponto de vista da sua gestão, onde Jack (2015) define projeto como um conjunto de tarefas de alto nível que podem ser reduzidas a tarefas menores, pois possuem atributos similares, independentemente do nível em uma organização. Uma tarefa leva a um resultado útil e pode ser realizada por funcionários, fornecedores, clientes, entre outros. Combinar o tempo e a sequência das tarefas proporciona um cronograma geral do projeto, onde cada tarefa exigirá no mínimo trabalho, ferramentas, equipamentos e gastos, podendo assim avaliar ao fim sua eficácia.

Neste sentido, Romeiro *et al.* (2010) observam que as várias definições apresentadas na literatura indicam que o produto é desenvolvido ao longo de estágios ou fases, o que constitui o Processo de Desenvolvimento de Produtos - PDP. Essa divisão em fases e em grupos de atividades é uma das maneiras utilizadas para lidar com a complexidade desse processo, possibilitando o estabelecimento de pontos de verificação e controle que contribuem para aumentar a eficácia de seu gerenciamento.

A Figura 5 apresenta as diversas propostas de divisão do PDP em fases ou estágios, sendo que a sua divisão pode-se considerar bastante variável, embora apresentem diversos pontos em comum e possuam uma lógica semelhante. Nota-se também que não há limites claros entre as fases, embora cada fase, em geral, apresente um objetivo a ser atingido. Vale destacar que essas fases têm o intuito de apresentar o processo de desenvolvimento de produtos de uma forma clara e didática para a sua compreensão, já que na prática as fases podem ocorrer em sequência diversa da apresentada, além de algumas delas poderem ser suprimidas ou acrescentadas dependendo do tipo de projeto e da cultura da empresa (ROMEIRO *et al.* 2010).

Figura 5 – Divisão do PDP em fases.



Fonte: adaptado de Codinhoto (2003).

### 2.3.1. Sustentabilidade e a Manufatura

A sustentabilidade socioambiental é um desafio diante dos vários aspectos interligados que a envolvem, bem como a sua relação com a produção de ciência e tecnologia. O desenvolvimento científico e tecnológico acelerado desencadeia mudanças sociais que promovem demandas por tecnologias para a melhoria da qualidade de vida material e bem-estar das pessoas, acarretando a busca por formas de controle da tecnologia. No entanto, muitas vezes a tecnologia passa a ser utilizada para suprir desejos particulares do estado ou daqueles que

dominam o poder econômico em detrimento do bem-estar da sociedade (VERASZTO *et al.* 2009).

O termo desenvolvimento sustentável tornou-se difundido após a reunião da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1987, documento intitulado “Nosso Futuro Comum” (BRUNDTLAND, 1987). Durante essa reunião foi criada a definição mais conhecida e aceita sobre desenvolvimento sustentável, a qual é: aquela que permite as gerações atuais satisfazerem suas necessidades sem comprometer a capacidade das futuras gerações. Mais tarde ela foi ratificada pela Agenda 21 durante a Eco 92 ocorrida na cidade do Rio de Janeiro.

De acordo com Loureiro (2015), a ONU, por meio da Unesco, vem desde 2002 promovendo em nível mundial a Educação para o Desenvolvimento Sustentável / Educação para a Sustentabilidade como uma forma de operacionalizar o que apregoa o Capítulo 36 da Agenda 21, denominado de “Conscientização da Educação Pública e Formação”. O item 36.2 desse capítulo reforça o papel, tanto do ensino formal quanto informal, como indispensável para modificar a atitude das pessoas no sentido de capacitá-las para avaliarem os problemas do desenvolvimento sustentável, utilizando valores e atitudes éticas na abordagem dos mesmos, visando a participação pública nas tomadas de decisões.

Para Schenini (2009), desenvolvimento sustentável pode ser considerado uma ligação entre gestão ambiental e desenvolvimento econômico, que exige que a sociedade esteja envolvida no processo de tomada de decisão referente aos planos de desenvolvimento que devem ser traçados e implementados. Segundo Held *et al.* (2018), a sustentabilidade deve ser estruturalmente incorporada às empresas por meio de uma responsabilidade central e ampla integração de todas as partes e funcionários da empresa. Para os autores, as três dimensões da sustentabilidade devem ser consideradas igualmente no processo de desenvolvimento de produtos.

A sustentabilidade oferece benefícios tanto às empresas quanto à sociedade. O êxito econômico deve ser acompanhado por um meio mais justo e igualitário, em que o meio ambiente seja protegido e aprimorado. A ideia a ser defendida nos tempos atuais é de que deve-se priorizar a economia e a qualidade de vida, reduzindo a utilização de recursos e a poluição (ARAÚJO, 2010). A economia e a qualidade de vida devem ser crescentes, enquanto a utilização de recursos naturais e a poluição resultante dos processos devem sempre diminuir.

O conceito de manufatura sustentável surgiu em 1992 na conferência “*United Nations Conference on Environment and Development*” (UNITED NATIONS, 1992). Durante o encontro foi identificado o consumo elevado e a produção de bens como grandes responsáveis

pela ameaça à sustentabilidade global. Silva *et al.* (2011) definem produção sustentável como sendo a criação de bens e serviços usando processos e sistemas que respeitam uma série de princípios, como favorecimento das comunidades próximas ou ainda o treinamento de funcionários visando a sua maior satisfação e capacitação para o trabalho.

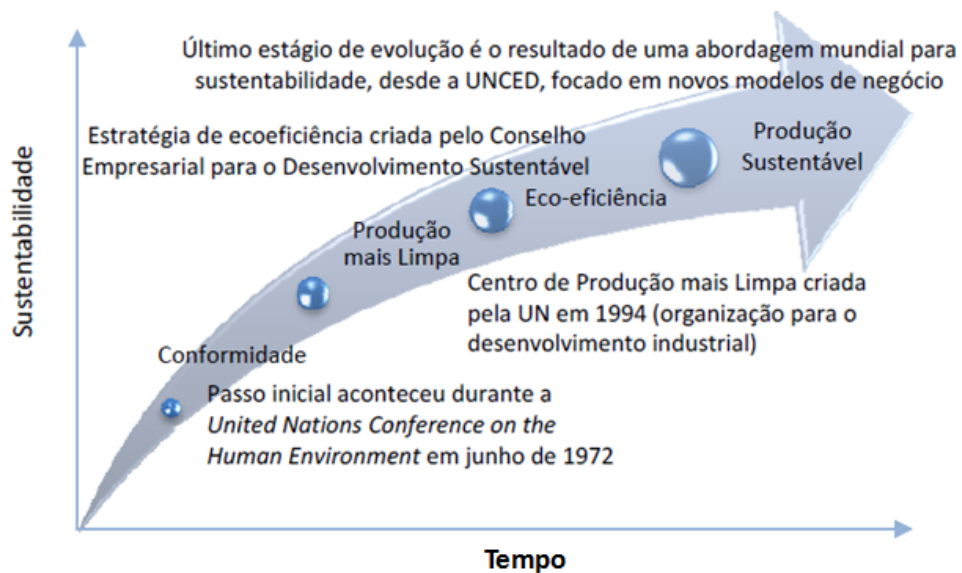
O uso de indicadores de sustentabilidade pode fornecer informações sobre o desempenho ambiental da entidade que se pretende avaliar, bem como os esforços para melhorar este desempenho medido e as condições do meio ambiente (OECD; INECE, 2003). De acordo com Greiner (2001), um indicador tem três propósitos principais: aumentar o entendimento e preocupação sobre determinado problema; fornecer dados e informações para tomadas de decisão; e ajudar a medir o atendimento a metas estabelecidas.

Indicadores de sustentabilidade devem apresentar características que permitam um fácil entendimento, sejam confiáveis e acessíveis. De acordo com Feng e Joung (2010), os indicadores de sustentabilidade para a indústria devem atender alguns requisitos básicos:

- Ser mensurável: os indicadores devem apresentar valores e medidas preferencialmente quantitativas, a fim de possibilitar a avaliação objetiva de todos os itens.
- Relevante: os indicadores devem apresentar resultados relevantes com relação à sustentabilidade dos processos e produtos.
- Compreensível: indicadores de sustentabilidade devem ser acessíveis e de fácil compreensão pelos usuários e comunidade em geral.
- Confiáveis: os resultados apresentados devem ser confiáveis a fim de permitir uma efetiva tomada de decisão para melhoria da sustentabilidade dos produtos e processos.
- Disponibilidade de dados: os indicadores devem se basear em dados cuja coleta e obtenção sejam possíveis, tanto através de bases de dados conhecidas como através de medições.
- Armazenamento de dados: os indicadores devem ser compatíveis com formatos e linguagens conhecidos de arquivos eletrônicos para melhor formatação e armazenamento.
- Gerenciável: os indicadores devem permitir que empresas e organizações possam gerenciar e tomar decisões quanto à seleção e ao número de indicadores necessários para atingir seus objetivos e propósitos.

Segundo Araújo (2010), a evolução dos sistemas de produção rumo a modelos sustentáveis pode ser resumido em quatro diferentes estágios, como mostra a Figura 6. Primeiramente optou-se pelo controle do tipo gestão de conformidade e, posteriormente, passou-se a atuar ativamente por meio da produção mais limpa. A ecoeficiência veio em seguida, contribuindo pela primeira vez para o desenvolvimento econômico, ao mesmo tempo em que promovia a proteção ao meio-ambiente. Finalmente, surgiu a abordagem na qual o setor privado veio a equilibrar as suas ações de acordo com os três pilares da sustentabilidade: justiça social, prosperidade econômica e balanço ecológico.

Figura 6 - Evolução dos sistemas de produção a modelos sustentáveis.



Fonte: Araújo (2010).

Porter e Linde (1995) apresentam uma lista de benefícios para produtos e processos utilizando práticas sustentáveis:

Benefícios do Processo:

- Economia de materiais resultante do processamento completo, substituição, reutilização, ou reciclagem.
- Aumento no rendimento do processo.
- Menor tempo de inatividade mediante acompanhamento e manutenção mais cuidadosos.
- Melhor utilização dos subprodutos.
- Conversão de resíduos em algo valioso.

- Redução do consumo de energia durante o processo de produção.
- Redução nos custos de armazenamento e movimentação de materiais.
- Condições mais seguras no local de trabalho.
- Eliminação ou redução do custo das atividades envolvidas no descarte ou manipulação de materiais e transporte.
- Melhorias no produto através de mudanças no processo, tais como um melhor controle do processo.

#### Benefícios do Produto:

- Maior qualidade, produtos mais consistentes.
- Menores custos do produto (por exemplo, a partir da substituição de materiais).
- Menores custos de embalagem.
- Utilização mais eficiente dos recursos pelos produtos.
- Produtos mais seguros.
- Menores custos de envio do produto aos clientes.
- Produtos com maior valor de revenda no descarte.

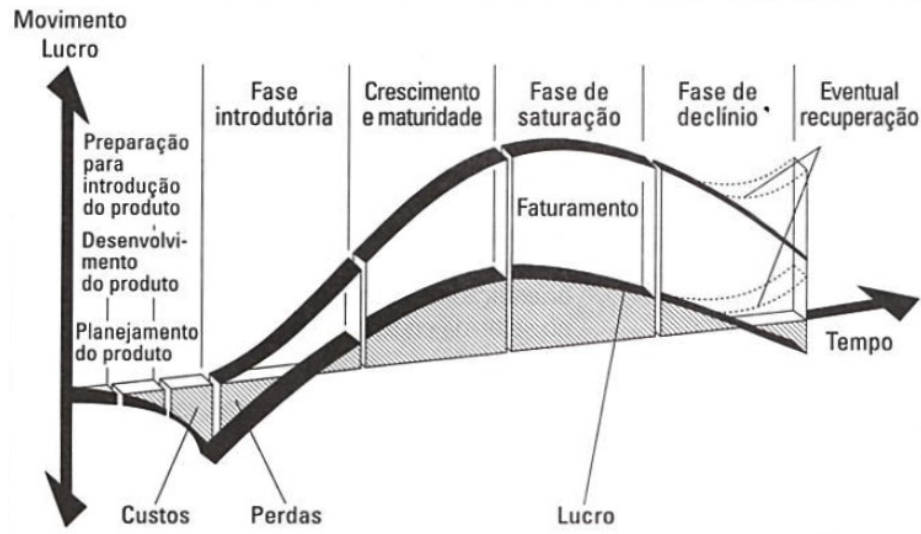
### **2.3.2. Ciclo de Vida dos Produtos**

Newton (2011) define um ciclo de vida como uma delimitação estruturada do fluxo sequencial de um projeto por meio de alguns estágios padronizados. Esses ciclos de vida tendem a variar de um setor para outro ou segundo o tipo de projeto, mas os princípios básicos que estão por trás deles são os mesmos. Para Jeswiet *et al.* (2004), a vida de um produto começa com o conceito inicial do produto, sendo que esta fase contribui para o custo final do produto em cerca de 70%. Isso pode ser estendido aos requisitos funcionais e aos impactos ambientais.

Para Pahl *et al.* (2005), cada produto está sujeito a um ciclo de vida que, pelo aspecto econômico industrial, se orienta por faturamento, lucros e perdas (custos), conforme a Figura 7. A duração do ciclo de vida varia muito em função do tipo de produto e da especialidade. Nos últimos anos observou-se uma constante redução desse tempo, uma tendência que deverá se manter. Isto tem consequências importantes no trabalho nos departamentos de desenvolvimento e projeto, uma vez que os tempos de execução alocados para tarefas iguais ou semelhantes também se reduzem. Por isso é necessário tomar providências com relação à arquitetura do processo de desenvolvimento do produto e também aos métodos e ferramentas a serem utilizados.



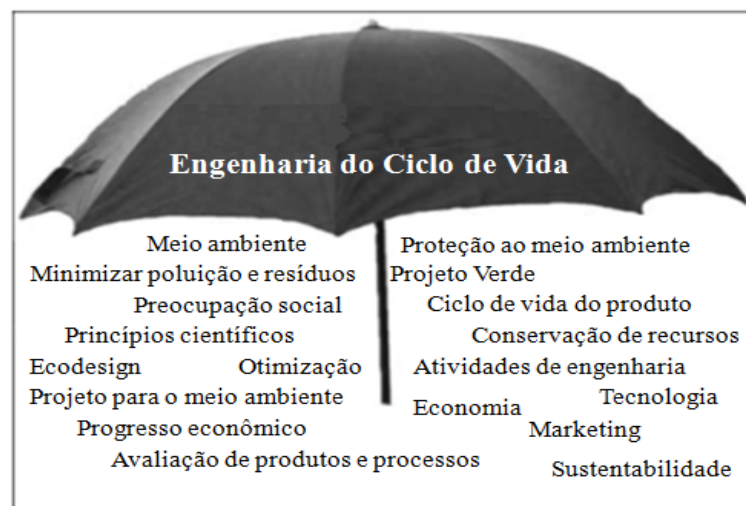
Figura 7 - Ciclo de vida de um produto. Visão tradicional.



Fonte: Pahl *et al.* (2005).

Segundo Jeswiet *et al.* (2004), o impacto de um produto sobre o meio ambiente é determinado na fase de projeto, daí a importância do Eco-Design e conceitos associados, tais como Engenharia do Ciclo de Vida (LCE - *Life Cycle Engineering*), Projeto Verde, Projeto Sustentável, Projeto Ambiental Consciente, Projeto do Ciclo de Vida, e até mesmo Projeto Limpo, aos quais podem ser relacionadas algumas palavras-chave que contemplam a estrutura do projeto voltado para a sustentabilidade, como mostra a Figura 8.

Figura 8 - Palavras-chave da Engenharia do Ciclo de Vida.

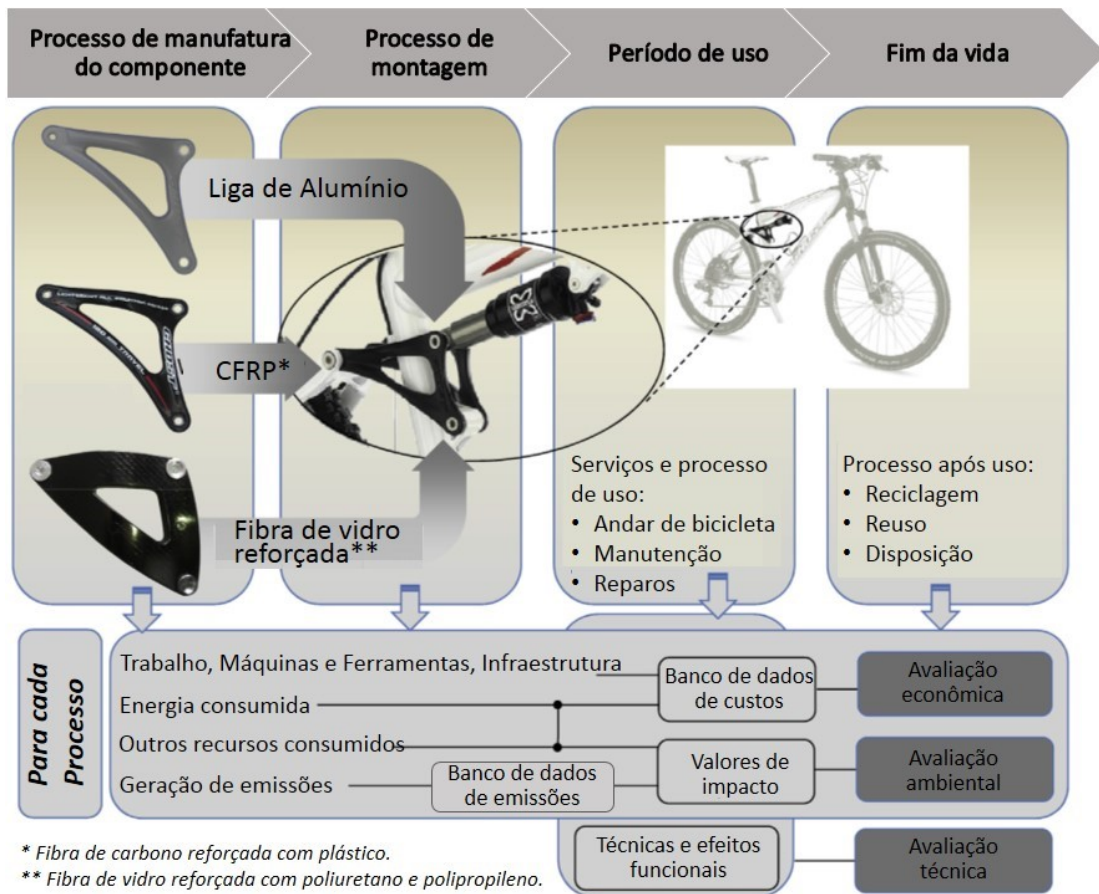


Fonte: traduzido de Jeswiet *et al.* (2004).

Ribeiro *et al.* (2016) aplicam os princípios da LCE no desenvolvimento de um novo sistema de fabricação e montagem de bicicletas para trilha. O estudo de caso tem como foco

alternativas tecnológicas para o oscilador, um componente específico da bicicleta que une o braço oscilante traseiro com o sistema de amortecimento. Nele foram consideradas três alternativas tecnológicas, ilustradas na Figura 9, para as quais foram considerados os impactos nos seus diversos níveis. Por serem materiais diferentes, foram considerados na escolha os seguintes critérios: densidade, propriedades mecânicas, geometria, quantidade de recursos utilizada, montagem, transporte, bem como o desempenho funcional, ambiental e econômico.

Figura 9 - Análise do Ciclo de Vida para o oscilador da bicicleta.

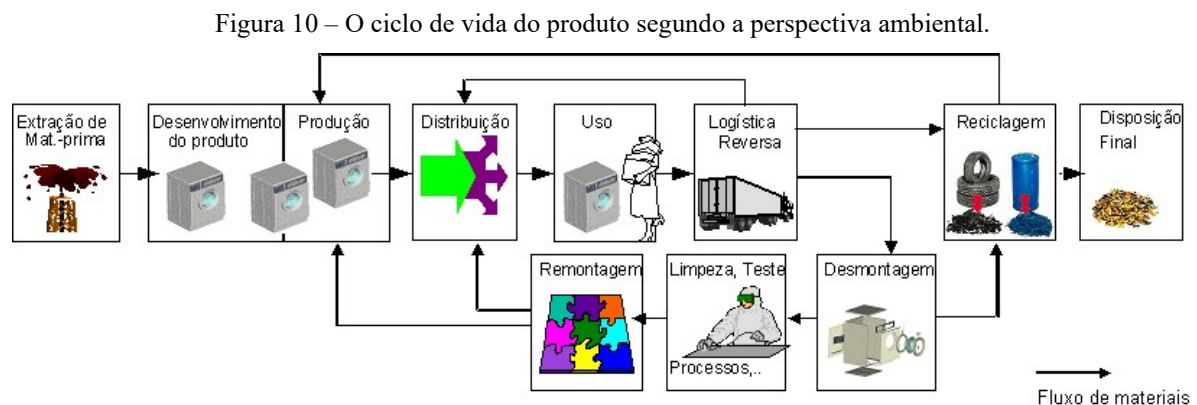


Fonte: traduzido de Ribeiro *et al.* (2016).

De acordo com Ribeiro *et al.* (2016), essa abordagem, da perspectiva da engenharia sobre o desempenho técnico e funcional, permite relacionar o projeto do produto e a tecnologia envolvida com os recursos necessários e os impactos gerados. A integração do desempenho funcional, ambiental e econômico, em uma perspectiva do ciclo de vida em um único espaço de melhores soluções, para um cenário de negócios específico, é uma contribuição para a metodologia de LCE que promove a adoção de abordagens mais fundamentadas na seleção de tecnologias de manufatura.

A Avaliação do Ciclo de Vida (LCA – *Life Cycle Assessment*), um subconjunto da LCE, é geralmente aceita como um método para conduzir uma avaliação dos impactos ambientais associados a um produto ou um serviço. A LCA considera o ciclo de vida de um produto que inclui as seguintes etapas: extração de matérias-primas, processamento, fabricação, transporte, distribuição, utilização, manutenção, reutilização, reciclagem, descarte. Jeswiet *et al.* (2004) definem LCA como um processo objetivo para avaliar a responsabilidade ambiental associada a um produto, processo ou atividade mediante a identificação e quantificação de energia e material utilizados, bem como de descartes ambientais.

Segundo Romeiro *et al.* (2010), uma visão mais recente, voltada para a percepção ambiental sobre o ciclo de vida de um produto, é a caracterização das suas diversas etapas produtivas sucessivas desde a extração da matéria-prima até o seu descarte definitivo. A Figura 10 apresenta a sequência dessas etapas. Essa perspectiva é importante para se avaliar os impactos ambientais associados a esse produto e definir estratégias para a redução desses mesmos impactos.

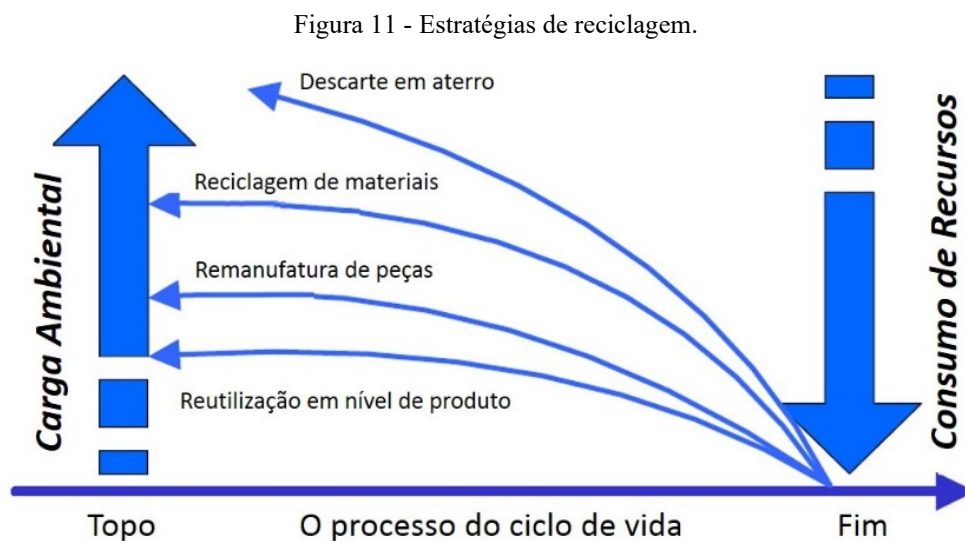


Fonte: Romeiro *et al.* (2010).

Ao final da utilização do produto o mesmo é recolhido e desmontado, e suas peças e componentes são limpos e testados, e posteriormente são selecionados para reciclagem, remanufatura e reutilização, fazendo assim com que ele retorne ao sistema produtivo, economizando-se energia e matéria-prima. Tal economia proporciona diversos ganhos em termos de redução de custos de produção e de impactos ambientais associados ao produto. Esse reaproveitamento tem gerado uma nova economia, com a criação de empresas especializadas no tratamento de resíduos industriais (ROMEIRO *et al.* 2010).

Para Wang *et al.* (2014) o produto descartado pode ser reciclado mediante a sua reutilização, reciclagem dos materiais e, por fim, aterro. O efeito da carga ambiental bem como

o consumo de recursos nas diferentes estratégias de reciclagem são mostrados na Figura 11. Componentes e peças com valores semelhantes de recuperação devem ser agrupados no mesmo módulo, sendo que o valor de recuperação de um determinado componente é determinado pelos custos de material, de processamento de produção, e de reciclagem. Assim, muitas vezes não somente a conscientização ambiental poderá ser almejada, mas também a redução de custos no processo.



Fonte: traduzido de Wang *et al.* (2014).

Romeiro *et al.* (2010) mencionam que a seleção das peças e componentes para reciclagem, remanufatura e reutilização irá depender das condições técnicas em que esses elementos se encontram em termos de desgaste e de suas propriedades mecânicas. Por conseguinte, somente após uma avaliação criteriosa das condições dessas peças e componentes é que se pode definir o direcionamento a ser dado às mesmas. O projeto do produto é importante na definição dessas peças, pois deverá levar em consideração as oportunidades e necessidades em termos de ciclo de vida.

Segundo Baxter (2000), a análise do ciclo de vida do produto tem sido largamente usada quando se deseja avaliar o impacto ambiental dos produtos. Contudo, tem havido uma tendência de subestimar as dificuldades na ponderação dos diferentes fatores que provocam impacto ambiental. Outra dificuldade relaciona-se com a avaliação precisa dos custos ambientais, e pode ser separada em dois tipos: de comparação e de quantificação. Essas dificuldades não invalidam o uso da Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) para melhorar o impacto ambiental dos produtos. Comparando-se custos semelhantes de impacto ambiental e

usando-se informações confiáveis, pode-se ter uma ajuda valiosa na melhoria do projeto de produtos.

A roda estratégica, como mostra Figura 12, de acordo com Romeiro *et al.* (2010), constitui uma estrutura que pode ser utilizada sistematicamente para rever todos o ciclo de vida do produto. Essa ferramenta permite que a criatividade seja estimulada durante o processo de desenvolvimento do produto, que a performance ambiental em progresso seja visualizada e que oportunidades de melhorias possam ser destacadas. Otimizar a performance do produto em termos ambientais significa estabelecer um equilíbrio entre aspectos funcionais, econômicos e ambientais, que podem ser melhor estruturados a partir da avaliação de todo o ciclo de vida do produto.

Figura 12 - A roda estratégica.



Fonte: Romeiro *et al.*, 2010.

### 2.3.3. Projeto de Produtos para a Sustentabilidade

Especialmente a partir dos anos 1970, a evolução dos meios de projeto, bem como a aplicação de ferramentas metodológicas, vem trazendo profundas alterações no processo de desenvolvimento do produto. Para Romeiro *et al.* (2010), as novas condições de competitividade do mercado consumidor, aliadas às novas tecnologias disponíveis tornam o desenvolvimento de produtos uma atividade complexa, que deve considerar mais e mais aspectos para o seu sucesso.

Neste sentido, uma maneira de integrar projeto com a manufatura sustentável de produtos corresponde a ferramentas ou métodos de projetos conhecidos como DFX (*Design for*

X). Segundo Romeiro *et al.* (2010) e Rozenfeld *et al.* (2006), no DFX, também chamado de *Design for eXcellence* (Projeto para a Excelência), a letra X pode ser substituída por uma inicial para o que se deseja projetar, seja manufatura, modularidade, custos, desmontagem, reciclagem, meio ambiente, entre outros. Huang (1996) enumera as principais ações dessa ferramenta em um projeto de produto:

- Reúne e apresenta os fatos sobre o produto e seus respectivos processos;
- Esclarece e analisa as relações entre produto e processo;
- Avalia o seu desempenho;
- Evidencia as falhas e compara as alternativas possíveis;
- Propõem revisões em que o projeto pode ser melhorado e prevê seu resultado;
- Realiza melhorias necessárias;
- Permite a interação entre os participantes.

Os métodos de DFX podem ser considerados um conjunto de regras e procedimentos, estabelecidos de forma organizada, para dar suporte a um determinado problema referente ao ciclo ou fase da vida de um produto nas áreas de uma empresa. Os métodos de projetos DFX listados a seguir foram encontrados na literatura de Romeiro *et al.* (2010) e Rozenfeld *et al.* (2006):

- O Projeto para Manufatura e Montagem - *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA) foi criado em 1970, e busca da simplicidade na montagem, redução do número e padronização dos componentes, redução de custos com remontagem, maior confiabilidade, e menores custos.
- O Projeto para a Montagem – *Design for Assembly* (DFA) envolve o projeto do produto, verificando funções, formas, materiais e processo de montagem. Gera redução de custos devido ao tempo de montagem, redução de componentes e, muitas vezes, a simplificação da manufatura.
- O Projeto para o Custo – *Design for Cost* (DFC), de maneira geral, implica trabalho com custos diretos (materiais, desenvolvimento, etc.) e indiretos (transporte, estoque, etc.) da empresa, relacionados ao processo de projeto. Objetiva estimar e trabalhar para a redução destes custos, controlando assim o processo.

- O Projeto para a Qualidade – *Design for Quality* (DFQ) consiste em projetar de acordo com as exigências do cliente, projetar um produto robusto que ultrapasse as expectativas do cliente.
- O Projeto para o Ciclo de Vida – *Design for Cycle of Life* (DFCL) trata de fatores que envolvem o ciclo de vida do produto, baseado nos custos e incertezas, de maneira a fornecer um modelo otimizado para especificar o produto e parâmetros do processo.
- O Projeto para logística do material e aplicação de componente – *Design for Material Logistics and Component Applicability* (DFMC) centraliza-se na fábrica, no movimento do material, nas considerações de gerenciamento e nas aplicações correspondentes e aos materiais.
- O Projeto para a Manutenção – *Design for Maintainability* (DFMt) ou projetar para “fácil” manutenção, assegura que o produto possa ser mantido em funcionamento durante todo o seu ciclo de vida, com despesas não elevadas, sem qualquer dificuldade e, com isso, permitir o prolongamento de sua utilização. Deve levar em conta a manutenção, inspeção, reparo, padronização, etc.
- O Projeto para a Desmontagem – *Design for Disassembly* (DFD) origina-se da necessidade de gerenciamento de resíduos e componentes resultantes da montagem e desmontagem do produto. Objetiva a redução de recursos, matérias-primas e energia, minimização de efluentes tóxicos e eventual descarte de resíduos oriundos dos processos produtivos.
- O Projeto para o Meio Ambiente – *Design for Environment* (DFE) considera os aspectos ambientais em todo o ciclo de vida do produto. Busca o projeto de produtos que leva à redução de resíduos, seja durante o processo de produção, seja durante a vida útil do produto. Seu propósito é minimizar o impacto ambiental do produto e de sua produção. Apresenta aspectos relacionados com o domínio de estratégias de marketing e política de decisões (gerenciamento), num nível operacional relacionado ao domínio de projeto de produtos (projetistas). Assemelha-se com conceitos de projeto para a sustentabilidade e toda a gama de ecoferramentas e Green Design.
- O Projeto para Teste – *Design for Test* (DFT) prevê o projeto para facilitar os testes de fábrica e de campo em todos os níveis de complexidade do sistema.

- O Projeto para Inspeção – *Design for Inspection* (DFI) está voltado para o controle na manufatura do produto. É o feedback do controle do processo de fabricação.
- O Projeto para a Reciclagem – *Design for Recycling* (DFR) define regras e recomendações que visam auxiliar o projeto do produto, a fim de reaproveitá-lo, ou partes dele, para outros fins. Mantém relação com alguns princípios do método de projeto para a desmontagem.
- O Projeto para o Serviço – *Design for Service* (DFS) consiste em projetar para facilitar a instalação inicial, bem como o reparo e a modificação dos produtos no campo ou nos centros de serviço. Compreende a adequação do produto para a operação, manutenção, fácil acesso a componentes, etc., de maneira a garantir o desempenho contra conflitos entre diferentes serviços que possam ser executados no produto.

A questão ambiental no contexto do projeto do produto não deve ser vista somente como uma adequação e cumprimento à legislação ambiental, mas também como um estímulo em se buscar a cultura de inovação na empresa e ganhos comerciais pela inclusão ambiental nos produtos da empresa.

Ao considerar a sustentabilidade em produtos inovadores, Geng *et al.* (2019) propõem o método do vetor-cosseno no espaço tridimensional para calcular o seu desempenho considerando o grau de adequação social, o grau de viabilidade econômica, e a taxa de melhoria ambiental, de forma integrada, em um trem que se desloca em monotrilho suspenso. Os aspectos sociais avaliados foram: segurança, rapidez, engarrafamento, custo de investimento, período de construção, poluição, ruído de funcionamento, manutenção, recursos naturais utilizados, e custo de recuperação. Os aspectos econômicos avaliados foram: energia, investimento, confiabilidade, facilidade de manutenção, vida útil, e custo de recuperação. E os aspectos ambientais foram: materiais, energia utilizada, e resíduos sólidos, líquidos, e gasosos.

Magalhães *et al.* (2019) propõem uma ferramenta para apoiar a gestão de *trade-offs* no processo de tomada de decisão em projetos complexos com foco na sustentabilidade. A ferramenta auxilia o estágio de planejamento do projeto, desdobrando-se em duas fases sequenciais: diretrizes a serem consideradas para o gerenciamento de *trade-offs* e operacionalização da gestão de *trade-offs*. Essa ferramenta contribui para o manejo adequado dos objetivos conflitantes nos projetos de sustentabilidade em áreas gerenciais e operacionais. As análises são baseadas em cinco comparações sequenciais, que devem ser realizadas para



cada par de objetivos conflitantes, assim, os objetivos mais relevantes são explicitados para quem toma a decisão, apoiando a análise dos fatores de sustentabilidade do projeto.

Para Romeiro *et al.* (2010), nesse contexto insere-se o *Ecodesign*, cujo intuito é desenvolver um produto que se preocupe em minimizar, ou até eliminar os impactos ambientais em todas as etapas do seu ciclo de vida, ao mesmo tempo em que os aspectos tradicionais, como melhoria da qualidade e redução de custos, continuam a ser levados em consideração no processo de desenvolvimento de produtos. Desse modo, a abordagem do *Ecodesign* se insere como uma parte integrante do processo tradicional do desenvolvimento de produtos nas empresas, incluindo-se o desenvolvimento do projeto conceitual, de protótipos, de projeto executivo e do desenvolvimento de estratégias de marketing. O *Ecodesign* não se limita ao produto em si, mas ao contexto das estratégias de negócios das empresas.

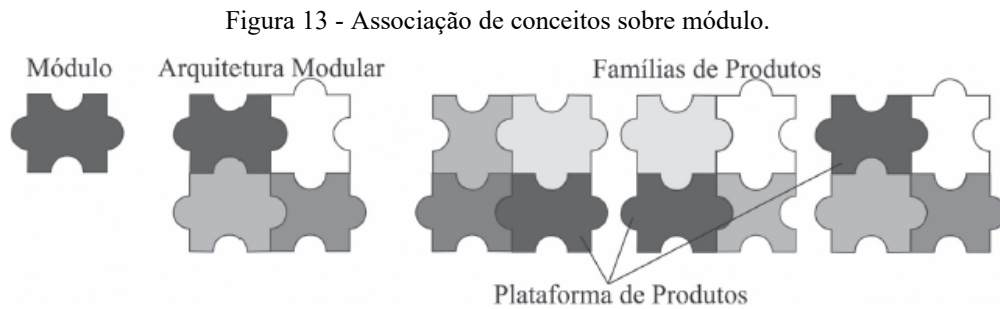
O *Ecodesign*, de acordo com Romeiro *et al.* (2010), oferece a oportunidade de as empresas aprimorarem a sua performance ambiental, podendo obter os seguintes benefícios quando da adoção de práticas sustentáveis aplicadas a projetos de produtos:

- Redução do impacto ambiental de seus produtos/processos;
- Obtenção de uma perspectiva sistemática, pois está focado em todo o ciclo de vida do produto, auxiliando as empresas a criar elos entre os seus departamentos;
- Motiva o desenvolvimento de bons projetos de produtos e impulsiona a inovação;
- Reduz custos (na produção, na redução de matéria-prima e energia, etc.);
- Atende às necessidades/desejos dos consumidores excedendo as suas expectativas com relação a preço, desempenho e qualidade.

#### 2.4. PROJETO DE PRODUTOS MODULARES

Segundo Romeiro *et al.* (2010), um produto é constituído por diversos componentes físicos que atuam com recursos específicos para realizar uma determinada função, onde a arquitetura do produto descreve como esses componentes são organizados e como eles interagem entre si. Esta arquitetura pode ser integral ou modular. A arquitetura integrada é concebida a partir de subsistemas que são projetados de forma dependente cujas funções são compartilhadas por um ou mais desses blocos. No projeto modular, a arquitetura é concebida a partir de subsistemas que são projetados independentemente, mas que funcionam juntos integralmente, sendo que cada módulo pode exercer uma ou mais funções.

Neste sentido, Sonogo e Echeveste (2016) apresentam conceitos sobre o produto modular como um quebra-cabeças em que o módulo é uma peça que, combinada a outras peças, forma o produto. Uma família de produtos é um conjunto de produtos formados por algumas peças que se repetem de um produto para o outro, sendo que a peça presente em todas as variantes é a plataforma de produto, como mostra a Figura 13.



Fonte: Sonogo e Echeveste, 2016.

Um produto pode ser considerado modular quando suas partes (módulos) podem ser testadas de forma independente, e suas interfaces (a forma de conexão entre os módulos do mesmo produto) forem desenvolvidas de maneira padronizada. Do ponto de vista do usuário, um módulo pode ser visto como uma “caixa-preta”, o qual engloba um ou mais sistemas, subsistemas, ou componentes do produto, e que pode ser facilmente substituído por outro módulo, contanto que seja respeitada a interface (ROZENFELD *et al.* 2006).

De acordo com Miller *et al.* (1998), módulo é uma unidade funcional essencial e autocontida em relação ao produto do qual faz parte, possuindo interfaces padronizadas e interações que permitem, por meio de combinações, a composição de produtos (por exemplo, produção de memória RAM de diferentes capacidades, que podem ser substituídas de acordo com os objetivos do usuário).

Neste sentido surgem dois conceitos acerca da obtenção dos módulos: Modularidade e Modularização. A modularidade é um termo técnico utilizado dentro do projeto de sistemas modulares para expressar a intercambiabilidade (facilidade de troca) entre os módulos, a fim de gerar a família de produtos, a qual é obtida por meio da padronização das especificações das interfaces desses módulos. Já a modularização está relacionada com a decomposição de produtos e/ou modelos acabados em uma lista de itens que serão rearranjados dentro de módulos, normalmente um grupo de itens os quais podem ser planejados como um grupo (FLEIG, 2008; ERIXON, 1998; PADAMATI, 2004; BATAGLIN, 2012).

De acordo com Sonogo e Echeveste (2016), modularidade pode ser considerada como um atributo de um sistema relacionado com a sua estrutura e funcionalidade, e a modularização como a atividade em que a estruturação em módulos ocorre (seleção e agrupamento de componentes em módulos).

Por outro lado, pode-se definir a modularização como uma estratégia para gestão da variedade de produtos e variabilidade dos processos que pode ser implantada nas organizações (PIRAN, 2015; BALDWIN e CLARK, 1997 e 2003; HUANG e LI, 2008). Já a modularidade está mais relacionada às abordagens referentes à fragmentação da estratégia de modularização (PIRAN, 2015; SAKO e MURRAY, 1999 e 2000; PANDREMENOS *et al.* 2009).

Lopes (2007) define a modularidade como uma estratégia para construir processos ou produtos complexos a partir de pequenos subsistemas que podem ser desenvolvidos individualmente, mas que funcionam como um conjunto integrado. A modularidade pode ser usada para simplificar e facilitar o projeto do sistema de produção ou produtos.

Segundo Keckl *et al.* (2016), o grande desafio atualmente para as empresas ligadas ao ramo da fabricação é gerir a crescente variedade de seus produtos. Identificar o potencial da modularização no projeto do produto bem como os seus benefícios para a linha de montagem pode resultar na redução da variação do tempo de produção.

Nota-se na literatura a importância do tempo em qualquer processo de fabricação de qualquer que seja o produto, principalmente neste caso em que se trata de modularização. Agard e Basseto (2013) destacam que o tempo de entrega de determinado produto, com base no tempo de montagem final, pode variar dependendo dos módulos escolhidos. Tchertchian *et al.* (2013) destacam que o tempo de desmontagem pode aumentar em função do número de componentes e da sua complexidade, e que, por outro lado, utilizando uma sequência otimizada de desmontagem esse mesmo tempo pode ser reduzido.

Para melhor entendimento das metodologias utilizadas no desenvolvimento de produtos modulares, algumas expressões e termos são frequentemente utilizados. O Quadro 8 apresenta esses termos e suas respectivas definições.

Quadro 8 - Termos utilizados no desenvolvimento de produtos e de sistemas modulares.

EXPRESSÃO	DEFINIÇÃO
Módulo	Blocos distintos com interfaces padronizadas, intercambiáveis ente si, que quando combinados uns com outros atendem diferentes funções globais, ou seja, geram uma família de produtos que atendem diferentes desejos e necessidades.
Sistema Modular	Conjunto de blocos distintos com interfaces padronizadas, intercambiáveis entre si, que quando combinados uns com outros atendem diferentes funções globais, ou seja, atendem diferentes grupos de desejos e necessidades.
Interfaces	São as formas ou os meios de união, comunicação ou de transmissão de energia, material e sinal que permitem que os módulos se acoplem uns aos outros a fim de gerar diferentes produtos ou sistemas.
Intercambiabilidade	Troca ou permutação de módulos dentro de um mesmo produto ou sistema, visando conferir-lhes melhores características ou desempenhos.
Modularidade	Termo técnico utilizado dentro do projeto de sistemas modulares para expressar a intercambiabilidade (facilidade de troca, permutação) entre os módulos, a fim de gerar a família de produtos, a qual é obtida através da padronização das especificações das interfaces desses módulos.
Modularização	Decomposição de produtos e/ou modelos acabados numa lista de itens, que serão rearranjados dentro de módulos, normalmente um grupo de itens os quais podem ser planejados como um grupo.

Fonte: adaptado de Fleig (2008) e Bataglin (2012).

#### 2.4.1. Características da Modularização

Um sistema modular tem os seguintes objetivos: (a) facilitar o gerenciamento de produtos e processos por meio da divisão em módulos; (b) possibilitar a realização de atividades em paralelo, já que os módulos podem ser manufaturados simultaneamente; e (c) adaptar a produção às incertezas de demanda futura, pois o produto final pode ser modificado pela adaptação de qualquer dos módulos, o que pode exigir menor consumo de recursos (BALDWIN e CLARK, 2004).

Sistemas modulares oferecem possibilidades de racionalização para diversas situações. Para Pahl *et al.* (2005), se o plano de um produto prevê o atendimento de diversas funções, isto acarreta uma multiplicidade de produtos para um projeto específico, o que se traduz num custo relativamente elevado do projeto e da produção. A racionalização consiste em que a variante exigida seja constituída por uma combinação de componentes e/ou subconjuntos específicos (blocos de função). Essa combinação é realizada aplicando-se o princípio modular.

De acordo com Helbig *et al.* (2014), a modularização aumenta os custos iniciais do sistema de produção e, por isso, um grau ótimo de modularização deve ser determinado de modo a minimizar os custos do ciclo de vida. É importante que a decisão sobre a modularização

do sistema deva ser tomada na fase inicial do planejamento, mesmo sabendo que a qualidade dos dados nesta etapa pode ainda não ser satisfatória.

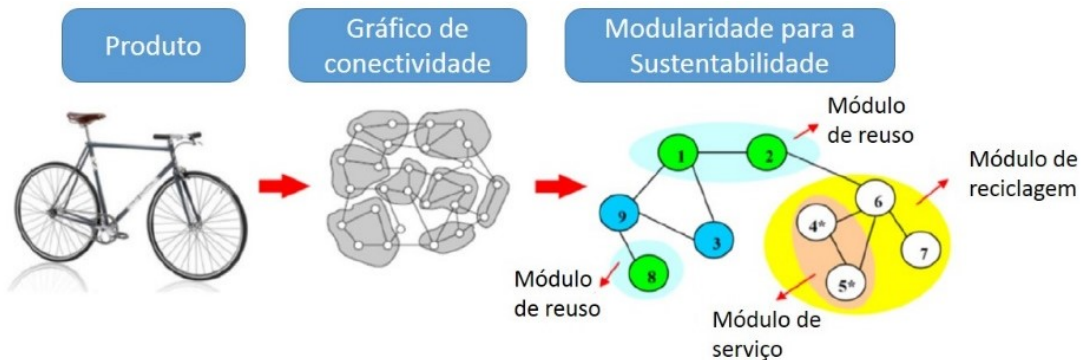
Sonego e Echeveste (2016) destacam, no âmbito da seleção de métodos para a modularização no desenvolvimento de produtos, que todos os métodos para a modularização têm o objetivo de agrupar componentes em módulos. Porém, cada método foi desenvolvido a partir de um ponto de vista diferente e proveniente de diferentes áreas de aplicação. No entanto, verifica-se baixa inserção e dificuldade de adaptação desses métodos e ferramentas aos processos das empresas. Esta característica é resultado da dificuldade em aplicar estas práticas na realidade do desenvolvimento de produtos das empresas.

Aziz *et al.* (2016) atribuem como vantagens da modularização de produtos a possibilidade de orientação simples e por ser de fácil entendimento, assim como o pensamento reflexivo sobre o ciclo de vida do produto em questão. Para Wang *et al.* (2014), Nepal *et al.* (2006) e Fulkerson (1997), o projeto modular como uma metodologia de projeto moderno pode responder às mudanças do mercado rapidamente. Ao mesmo tempo, é capaz de abreviar o projeto do produto e do ciclo de fabricação, melhorar a qualidade e a confiabilidade do produto, e facilitar a desmontagem do produto e seu possível recondicionamento. Neste sentido, alguns requisitos são observados com relação à remanufatura de produtos: resistência a danos, facilidade de desmontagem, estabilidade na desmontagem, facilidade de montar e limpar, segurança, confiabilidade, entre outros.

Segundo Kremer *et al.* (2016), existe uma oportunidade para arquitetar o projeto do produto de modo que o projeto para a fabricação, o projeto para a remanufatura, e o projeto para a sustentabilidade sejam alcançados. Contudo, a experimentação se torna necessária com diferentes métodos de modularização, e em diferentes níveis de modularização. Assim, os futuros trabalhos relevantes para esta área devem levar em conta a minimização dos custos e do impacto ambiental mediante o agrupamento de componentes no sentido de alcançar o projeto para reutilização, reciclagem, e serviço. Para este propósito, os componentes do produto projetado devem ser primeiro representados por meio de um gráfico de conectividade e, em seguida, o gráfico pode ser desmembrado com base na modularidade para a sustentabilidade, como ilustra a Figura 14.

Sonego e Echeveste (2016) destacam aspectos positivos como economia de escala, economia de custos com estoque e logística, flexibilidade na reutilização de componentes, redução do tempo de montagem e do tempo de produção e fabricação de módulos em paralelo.

Figura 14 - Modularidade para a sustentabilidade.



Fonte: traduzido de Kremer *et al.* (2016).

Como resultado do desenvolvimento de projetos de produtos considerando uma visão modular, alguns benefícios podem ser percebidos de diversos pontos de vista (FLEIG, 2008; ERICSSON E ERIXON, 1999; BATAGLIN, 2012):

- a) *Ampliação da variedade de produtos:* Modularidade é um conceito que pode ser utilizado para resolver uma grande variedade de problemas de projeto. Em alguns casos, a simplificação do processo de projeto pode ser a melhor alternativa; em outros, o propósito da modularidade pode ser ganho de escala e de produção, reduzindo custos produtivos. A modularidade pode suportar a customização em massa, ou seja, oferecer produtos de acordo com a necessidade e desejo do cliente, com custos comparáveis aos de produção em massa. A estratégia, nesse tipo de produção, é dividir o projeto de produto e o processo de produção em plataformas comuns para toda uma família de produtos e oferecer acessórios específicos para um consumidor ou para um pequeno grupo de consumidores. Normalmente, as empresas têm optado por processos que suportam a produção de forma padronizada. Combinar customização com produção em massa parecia ser, a princípio, paradoxal, mas a modularidade pode ser a chave para atingir customização em massa, resultando em custos mais baixos.
- b) *Redução dos investimentos e custos de desenvolvimento:* Projetos modulares reduzem custos de produtos pelo compartilhamento de funções em componentes que podem ser utilizados em diversos modelos, ou mesmo linha de produtos. Produtos com projeto modular podem oferecer maior variedade sem adicionar complexidade excessiva no sistema produtivo. Um exemplo muito claro desse tipo de produto corresponde aos relógios *Swatch*, em que centenas de diferentes

modelos são produzidos, alcançando essa variedade com custos relativamente baixos, combinando módulos padronizados de forma diferente. Os custos de desenvolvimento de novos produtos também podem ser reduzidos pela comunalização de plataformas e componentes, como a indústria automobilística, sem prejuízos ao modelo que querem lançar, mas com enormes vantagens em relação aos demais concorrentes.

- c) *Desenvolvimento rápido da tecnologia*: Uma vez que a modularidade possibilita grande flexibilidade, ela permite que diversas novas combinações possam ser feitas e uma nova e grande variedade de produtos possa ser desenvolvida. Em consequência, avanços mais rápidos em termos de desenvolvimento de tecnologia ocorrem, pois a empresa consegue, desta maneira, responder mais rapidamente às expectativas do consumidor. Os componentes e a tecnologia envolvida em seu desenvolvimento, ou mesmo a tecnologia embarcada nos componentes, também passam a ser beneficiados em termos de rapidez de melhorias em razão da modularidade e suas possibilidades.
- d) *Facilidade de manutenção, reparos e reciclagem*: As operações de manutenção, reciclagem e de reparos tornam-se mais fáceis nos módulos. Em termos de manutenção e reparos o aumento da facilidade está por conta do fato de os módulos conservarem independência de forma que um reparo em um módulo possa ser feito sem afetar o sistema como um todo. Uma solução encontrada para um problema em um módulo pode ter mínima ou nenhuma interferência nos demais. Em termos de reciclagem, a limitação do número de materiais empregados e a preocupação com a utilização de materiais não hostis ao meio ambiente, facilita a desmontagem do produto.
- e) *Gerenciamento das incertezas*: A arquitetura modular pode ser utilizada para gerenciar incertezas do mercado. A cada dia torna-se mais difícil prever com certeza as preferências e o comportamento do consumidor. A agilidade no desenvolvimento de produto, dada pela flexibilidade modular, com possibilidades de ampliação da gama de variação de produtos, caracteriza-se como uma grande vantagem competitiva atual e futura.
- f) *Melhor integração entre os objetivos de marketing e das áreas técnicas*: a modularidade pode apresentar soluções para o atendimento do desejo do consumidor e elas podem estar presentes em módulos ou componentes específicos.

Dessa forma, o papel estratégico de cada componente está bem definido, o que torna mais fácil para as áreas técnicas identificarem possíveis problemas no produto. Em outras palavras, pode-se fornecer melhor qualidade por meio da decomposição do projeto para simplificar o problema total. Algumas vezes a complexidade do problema pode ser reduzida em problemas menores, que se tornam mais fáceis de serem solucionados. Uma vez encontrada a solução para um problema menor, decomposto do problema principal, aumentam as chances de encontrar-se a solução para outros problemas até resolvê-los como um todo.

A modularização, segundo Helbig *et al.* (2014), reduz a complexidade dos sistemas ao migrar para módulos de acordo com as suas funcionalidades. Isto aumenta a qualidade do sistema, porque cada módulo é trabalhado por especialistas das respectivas áreas. A principal vantagem da modularização é a facilidade de troca e a reutilização dos diferentes módulos. Interfaces intuitivas da metodologia *Lean* permitem que os módulos sejam combinados e recombinados, alterando a funcionalidade do sistema de maneira rápida e fácil.

Sonego e Echeveste (2016) destacam como benefícios alcançados pela modularização o desenvolvimento mais rápido de produtos, a redução do custo de desenvolvimento de futuros produtos e a utilização do mesmo módulo em múltiplos produtos permitindo variedade. A modularização permite a customização em massa (ÜLKÜ e HSUAN, 2017), reduzindo a complexidade dos sistemas e criando variedade através do uso de similaridades (TSVETKOVA *et al.* 2015).

Segundo Chiu e Kremer (2014), no decorrer do processo de modularização, os módulos são projetados para serem independentes, padronizados e intercambiáveis. Neste sentido, a variedade de produtos pode ser alcançada por substituição de módulos variáveis, melhorando assim a economia de escala na produção. (WORREN *et al.* 2002, SALVADOR *et al.* 2002). Além disso, problemas de qualidade podem ser isolados em nível modular, facilitando o trabalho de manutenção e reparos futuro. (KUSIAK, 2002; DANIILIDIS *et al.* 2011; YU *et al.* 2015).

Para Borjesson e Hölttä-Otto (2014), os benefícios da modularização vão desde a redução do *lead time* bem como a redução de economia de escala devido ao compartilhamento de módulos semelhantes em todos os produtos em uma família de produtos. Também pode ser destacada uma maior variedade de produtos no mercado sem resultar em custos adicionais para a empresa.

De acordo com Song *et al.* (2015), a modularização pode ajudar a realizar a customização, o aumento da flexibilidade, a capacidade de reutilização dos módulos de serviço,



e a simplificação de sistemas complexos de serviços estendidos de produção. A modularização tem sido utilizada por possuir muitos benefícios que vão desde o desenvolvimento do produto até a produção, tais como economia de escala, aumento da viabilidade de mudança, aumento da variedade, facilidade de testes e projeto, diminuição do *lead time* (tempo de atravessamento) e maior facilidade no diagnóstico e manutenção.

#### **2.4.2. Métodos Utilizados na Modularização de Produtos**

Segundo Stewart *et al.* (2008) e Sonogo e Echeveste (2016), diferentes técnicas e metodologias já foram propostas na literatura para ajudar as empresas a desenvolver produtos modulares. Estudos mostram que a implementação de métodos formais de identificação e geração de módulos proporciona economia significativa de tempo e recursos se comparada à utilização de conhecimento e “instinto natural” das equipes de desenvolvimento, como já mencionado anteriormente. Neste sentido, são apresentados os principais métodos de modularização encontrados na literatura.

Stone *et al.* (2000) acreditam que um bom projeto de produto começa com o entendimento das funções do produto. Assim sendo, o método heurístico tem como pré-requisito o completo conhecimento das funções do produto e está dividido em cinco fases: Fase 1: Identificar as necessidades do consumidor; Fase 2: Gerar o modelo funcional; Fase 3: Identificar a arquitetura do produto; Fase 4: Gerar os conceitos dos módulos; e Fase 5: Incorporar o projeto. O método heurístico tem por objetivo proporcionar uma abordagem sistemática para identificar os módulos de um produto a partir de um modelo funcional.

Na parte referente à integração dos componentes do produto em módulos, fase em que ocorre o processo de modularização propriamente dito, Sonogo e Echeveste (2016) destacam, dentre seis métodos para modularização avaliados, que podem ser utilizados matrizes, algoritmos para agrupamento, métodos heurísticos, índices e indicadores, e conceitos de lógica *fuzzy*. Esta etapa é a chave para o sucesso do processo de modularização de qualquer produto, pois é onde os módulos serão formados buscando atender às diretrizes de modularização anteriormente estabelecidas para o projeto em questão. Estas diretrizes de modularização serão estabelecidas na terceira etapa desta proposta, e cabe ressaltar que elas devem levar fortemente em consideração os aspectos ambientais para cumprir a finalidade do tema proposto.

De acordo com Holmqvist e Persson (2003), em geral, os métodos para a modularização de produtos possuem certas semelhanças e, por isso, podem ser analisados conforme etapas comuns para a obtenção do projeto modular, etapas estas consideradas críticas,

mas que são essenciais para a obtenção da modularização. São elas: decomposição dos produtos em partes, integração dessas partes em módulos, e avaliação dos resultados. De uma forma geral, esta separação em três grandes etapas garante que qualquer produto possa ser modularizado. Porém, estas etapas precisam ser bem definidas e ferramentas para isso devem ser utilizadas da maneira correta e na hora certa.

De acordo com Ahmad e Starkey (2017), o Método para o Desenvolvimento Sustentável de Produtos (MSPD) é um método qualitativo e corresponde a uma extensão das ferramentas de *eco-design*, baseadas nos princípios básicos de sustentabilidade em todas as fases do ciclo de vida. Porém, este método ignora os aspectos da dimensão econômica da sustentabilidade.

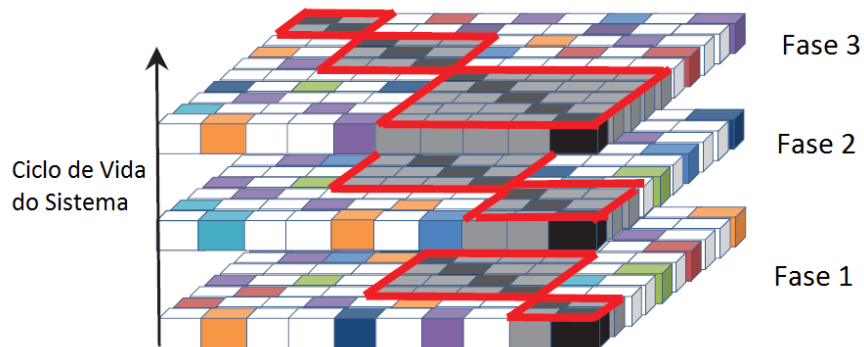
Shahtaheri *et al.* (2018) apresentam uma estratégia de avaliação de preferência multicritério de infraestrutura sustentável de alternativas para o projeto inicial (SIMPLE-Design), que desenvolve funções de utilidade para avaliar as preferências na decisão em relação a várias opções de projetos alternativos e aproveita os dados disponíveis para fornecer à quem toma a decisão um quadro de referência consistente para avaliar as alternativas. O método considera como aspectos para avaliação os custos iniciais de construção, problemas na construção e possíveis interrupções nos negócios, custos de acidentes e o custo das emissões de CO<sub>2</sub>.

Já o método do Desdobramento da Função Qualidade para o Meio Ambiente (QFDE) integrado à modularidade proposto por Yu *et al.* (2015) consiste em gerar famílias de produtos atendendo objetivos parciais de sustentabilidade, pois não considera os aspectos sociais. Os módulos do ciclo de vida são identificados para uma família de produtos usando um algoritmo difuso, porém a ferramenta inclui apenas a fase final de vida no ciclo de vida do produto. Um total de 27 necessidades do cliente foram consideradas para uma família de ar condicionados, como preço, serviço de pós-venda, segurança de operação, consumo de material, processo de processamento e montagem, transporte, consumo de energia, reciclagem e reutilização, vida útil, danos ao meio ambiente, facilidade de remover e de limpar.

Keckl *et al.* (2016) propõem um método baseado em cinco passos para avaliar o potencial de modularização no projeto de produtos baseado na variação do tempo de produção: (a) examinar o programa de produção; (b) calcular a dispersão no tempo de produção, ou seja, o desvio médio do tempo de produção de produtos em estações de trabalho; (c) analisar a produção de componentes que possuem tempos variados de produção; (d) diferenciar ou separar esses componentes; (e) avaliar as interfaces.

Shoval (2016) propõe uma metodologia de modularização baseada no ciclo de vida de um sistema, utilizando um algoritmo de agrupamento que examina as possíveis arquiteturas de modularização em cada fase e identifica dependências críticas entre os vários elementos do sistema. Uma ferramenta de desenho auxilia os projetistas na verificação de diferentes configurações modulares em diferentes fases no ciclo de vida, bem como para determinar os custos adicionais associados a estas modificações na configuração do sistema. As linhas em vermelho na Figura 15 são os agrupamentos realizados em cada uma das fases, tendo como meta sempre encontrar a melhor maneira de modularizar frente ao ciclo de vida do sistema.

Figura 15 - Representação da modularização nas diferentes fases do ciclo de vida do sistema.

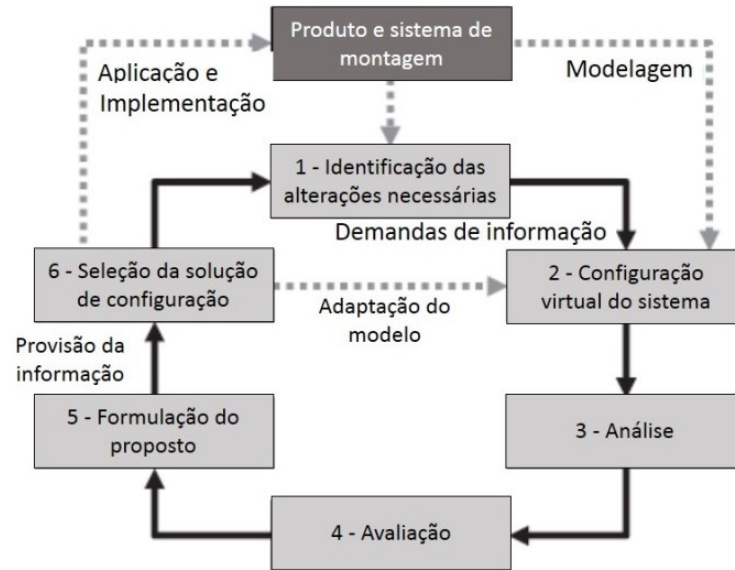


Fonte: Traduzido de Shoval (2016).

Chen (2015) apresenta um método para modularização de produtos que consiste em três fases: (a) integração da estratégia de ecoeficiência na consideração inicial do projeto; (b) integração da estratégia de interface padrão na função do projeto ecológico do produto; e (c) integração da estratégia deecoinovação na solução de problemas dos chamados produtos verdes. O autor utiliza ferramentas como o AHP e a TRIZ para a integração da ecoeficiência ao projeto do produto considerando o seu fim de vida. Três ferramentas DFX são utilizadas: DFM, DFL, e DFU. Na proposta foram avaliados quatros itens: reuso, reparo, remanufatura e descarte.

Landherr e Westkämper (2014) apresentam um modelo para a configuração de montagem de produtos utilizando a modularização sistemática e a integração flexível. Esta abordagem apresenta a flexibilidade dos sistemas de produção como uma consideração especial dos produtos a serem produzidos. A Figura 16 apresenta os passos dessa metodologia, que parte do pressuposto de um sistema já existente, sendo que esses limites incluem o sistema de produtos com os componentes do produto e a sua estrutura funcional, bem como o sistema de montagem, levando em consideração os processos técnicos necessários para a montagem do produto.

Figura 16 - Método para integração de produtos e configuração de montagem.



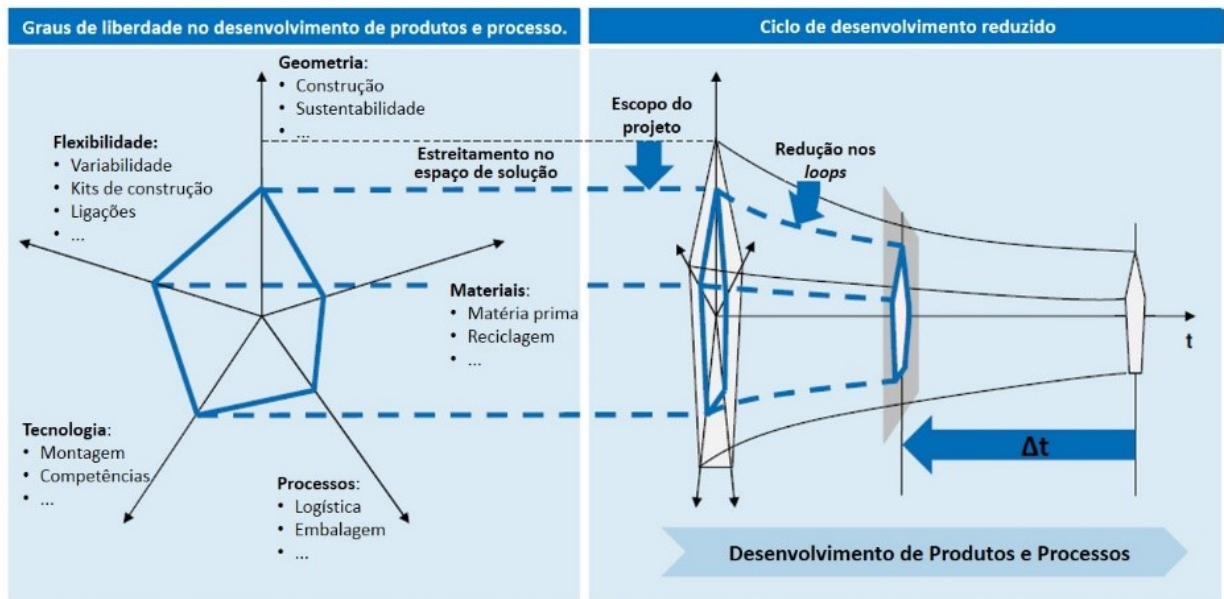
Fonte: traduzido de Landherr e Westkämper (2014).

Helbig *et al.* (2014) utilizaram um método para estimar e avaliar os custos do ciclo de vida de um sistema de automação baseado na descentralização de componentes, estabelecendo uma base sólida para a avaliação do sistema por meio da divisão em pacotes de custos, a fim de se obter dados confiáveis. Com base nisso, o usuário pode facilmente construir diferentes cenários de ciclo de vida para o sistema de produção, bem como tomar decisões relativas ao grau adequado de modularização na fase inicial de planejamento de um sistema de produção.

Kampker *et al.* (2014) apresentam uma metodologia orientada a processos capaz de lidar com complexas relações entre produto e desenvolvimento de processos, abordando a questão de como a experiência em tecnologias de produção pode influenciar na concepção do produto em seu estágio inicial. A solução encontrada parte da ideia de padronização de processos, gerenciamento de requisitos de processo e restrições no processo. Uma redução relativamente pequena nos limites do escopo do projeto, ou seja, nos graus de liberdade, como mostra a Figura 17, em uma fase inicial do desenvolvimento do produto permite uma redução significativa do seu tempo de lançamento no mercado.

Segundo Kampker *et al.* (2014), o método pode ser útil, por exemplo, para restringir as dimensões de um determinado produto de maneira a permitir a reutilização de máquinas de usinagem, sendo isso um efeito positivo na redução de custos para novos equipamentos. Por isso, é importante identificar, quantificar e determinar todas as restrições relevantes das características do produto e do processo, o que possibilita a padronização do processo no processo de desenvolvimento de produtos.

Figura 17 - Benefícios no *Time-to-market* devido à normalização.



Fonte: traduzido de Kampker *et al.* (2014).

O Projeto Fractal de Produto - *Fractal Product Design* (FPD) consiste em estabelecer um fractal como um módulo independente que possui funcionalidade precisamente definida (KAHLMAYER, *et. al.*, 1994; PIRRUNG, 2004, BATAGLIN, 2012). Na análise do produto as relevâncias são estabelecidas e os produtos e estruturas funcionais são analisados, tendo como resultado a definição dos representantes das duas estruturas. A seguir, os projetos conceituais dos produtos fractais alternativos e o projeto conceitual de interfaces são criados, passando para a avaliação e validação do método mediante critérios como qualidade, montagem e desmontagem, estabelecendo-se, caso necessário, reprojetado e melhorias do fractal. A avaliação dos fractais mostra os pontos fracos que devem ser melhorados nesta etapa. Ferramentas como o FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) podem auxiliar na aplicação deste método.

O Método de Modelar a Modularidade do Produto - *Modelling the Product Modularity* (MPM), segundo Pirrung (2004) baseia-se em uma matriz algébrica, em que duas matrizes são usadas para estruturar as interações entre as partes do produto e estruturar a combinação de interações, gerando um módulo que é a base direcionada pelo foco da modularidade como, por exemplo, reciclagem. Duas matrizes são criadas com o mesmo número de linhas que as partes especificadas do módulo. Cada interação entre duas partes é marcada na matriz, o mesmo na matriz combinada. A matriz de interação é rearranjada de forma triangular, deixando para baixo os pontos marcados. A matriz combinada é rearranjada de forma que linhas e colunas tenham a sequência da matriz de interação. As partes marcadas combinadas ao longo da diagonal são combinadas em um módulo.

A Matriz de Estrutura de Projeto - *Design Structure Matrix* (DSM) consiste na análise de diferentes estágios do processo de modularização, em que o sistema é decomposto e as relações entre os elementos são estabelecidas. Após esta etapa, uma matriz pode ser criada com os elementos descobertos nas linhas e nas colunas na mesma ordem e as relações entre os elementos são marcados na matriz. Na próxima etapa, a Matriz de Estrutura de Projeto deve ser particionada e transformada em uma matriz com a parte inferior triangular e é rearranjada de forma que as marcas estejam o mais próximo possível da diagonal da matriz. Isto deve ser feito com a ajuda de um algoritmo. Agora, a matriz mostra quais elementos são paralelos, sequenciais, e que têm de ser acoplados, de acordo com as marcas na matriz em torno da diagonal. A partir disso, os módulos podem ser criados (PIRRUNG, 2004).

Para Pirrung (2004) e Pahl *et al.* (1996), o Desenvolvimento Modular do Produto - *Modular Product Development* (MPD) inicia especificando e clarificando as funções gerais do sistema modular de maneira tecnológica e financeira. Depois, a estruturas funcionais são estabelecidas dividindo-se as funções globais em subfunções, e os princípios de solução são criados para a execução destas subfunções de tal forma que eles sejam capazes de fornecer variantes sem alterações no princípio de trabalho e no projeto básico. Assim, as variantes do conceito são selecionadas e avaliadas de forma técnica e financeira para que o conceito mais favorável possa ser selecionado. Por fim, as soluções escolhidas devem ser projetadas com suas funções e seus requisitos de produção, podendo-se considerar os custos também, e finalizar com a elaboração da documentação.

Miño e Rados (2001) propõem uma sistemática modular ambiental que estabelece interações entre os diversos fatores de projeto (função, desempenho e o meio ambiente) para que sejam compreendidos de maneira simultânea. A sistemática é apresentada em quatro etapas: levantar os desejos e as necessidades dos clientes do projeto sob o aspecto dos objetivos ambientais e de modularização; identificar as necessidades do sistema modular ambiental e elaborar a lista de requisitos de projeto; abstrair o problema inicial a fim de estabelecer a estrutura funcional do problema; formalizar as funções através de métodos ou procedimentos que auxiliam na geração de soluções. O resultado desta etapa é a concepção da estrutura modular com enfoque ambiental e os dados preliminares do projeto conceitual.

Para Schuh *et al.* (2014), a literatura descreve diferentes métodos para aspectos individuais do desenvolvimento de arquiteturas modulares de produtos como a modularização de produtos, mas não proporciona uma abordagem que considere todos os passos e requisitos necessários. Neste sentido, é descrita uma abordagem holística para o desenvolvimento de arquiteturas modulares de produtos em três etapas: (a) identificação dos requisitos que

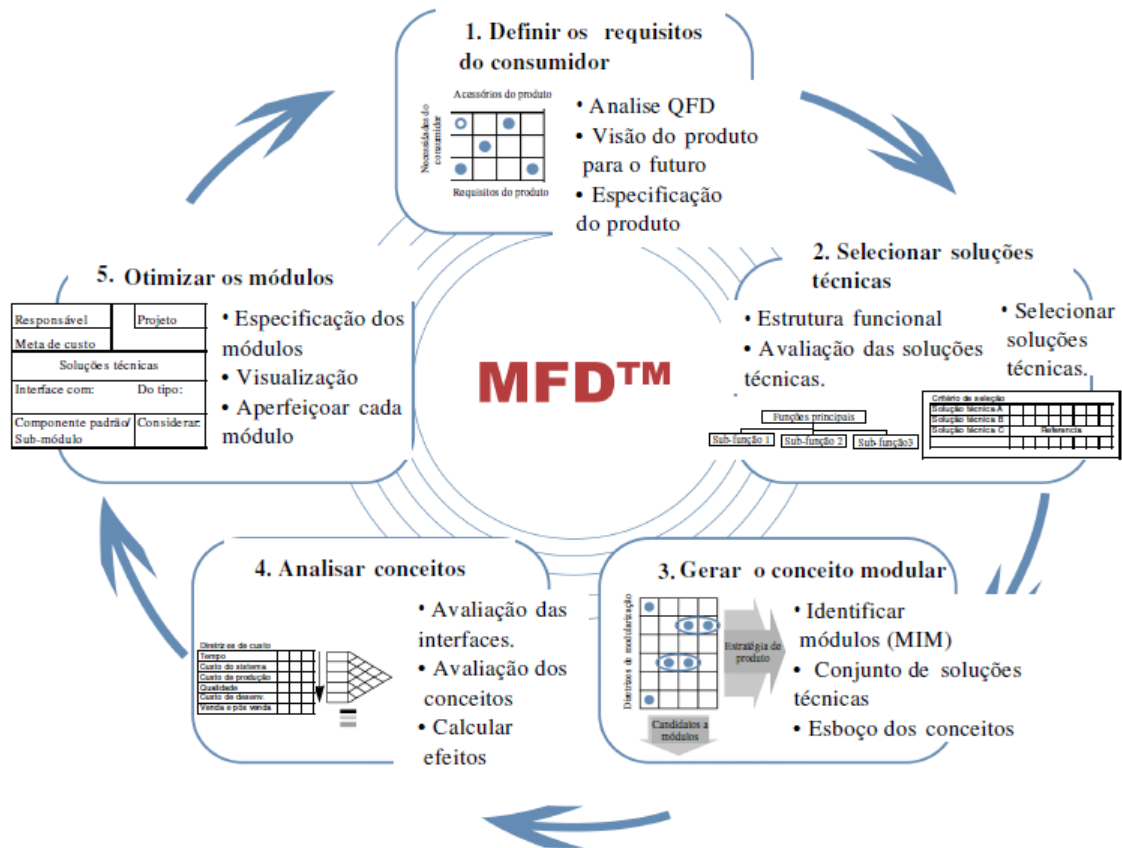
dependem de circunstâncias internas e externas; (b) definição de padrões baseados nesses requisitos; e (c) definição da variedade e das interfaces.

O Desdobramento da Função Modular - *Modular Function Deployment* (MFD) proposto por Erixon (1998), utilizado por Fleig (2008), e adaptado por Bataglin (2012), é uma metodologia que permite a qualquer empresa a oportunidade de especificar suas próprias razões especiais e sistematicamente escolher o projeto modular em conformidade com estas razões. A Figura 18 apresenta a metodologia MFD, que consiste em cinco passos conforme a ilustração.

Bataglin (2012) apresentou uma proposta para o método de modularização de produtos através da aplicação do Desdobramento da Função Modular (ERIXON, 1998) em uma empresa do setor metal-mecânico, considerando os aspectos relacionados à manufatura sustentável. Neste sentido, foram adicionados novos critérios na terceira fase do método, que consiste em gerar o conceito modular, reforçando a ideia de aumentar o foco no projeto de um produto modular sustentável, considerando não somente a reciclagem em geral, mas cada uma das etapas que a compreendem.

Os critérios adicionados por Bataglin (2012) foram: Montagem / Desmontagem, Reutilização, Remanufatura / Recondicionamento, Descarte, Padronização de Componentes, Manufatura / Produção, e Marketing Verde, dando um enfoque especial aos aspectos ambientais relacionados ao produto. Contudo, neste trabalho não foram considerados os aspectos sociais inerentes ao processo de fabricação do produto considerado.

Figura 18 – Visão geral do método MFD proposto por Erixon (1998).



Fonte: Fleig (2008).

### 2.4.3. Exemplos de aplicação

Existem diversos exemplos de aplicação do conceito modular na literatura, dentre os quais a seguir são citados os mais relevantes encontrados relacionados à pesquisa deste trabalho.

Chiu e Kremer (2014) aplicaram a metodologia de projeto modular a bicicletas de estrada, em que foi considerada a sua decomposição em dois e em três módulos. Os critérios utilizados na comparação foram: tempo de atravessamento (*lead time*), custo (de componentes, montagem, transporte, inventário, e total), e fornecedores.

Borjesson e Hölttä-Otto (2014) desenvolveram um novo algoritmo híbrido para a geração de módulos que considera tanto a independência do módulo quanto a similaridade de produtos. O método baseia-se em dois métodos que utilizam matrizes populares: a matriz de estrutura de projeto e o desdobramento da função modular. O método foi testado em um aspirador de pó, considerando a metodologia proposta por Erixon (1998) e considerando apenas as diretrizes propostas pelo autor.



Schuh *et al.* (2014) propõem o desenvolvimento de uma arquitetura modular baseada em três estágios: identificação de potenciais, definição de padrões, e definição da estrutura. Assim, padrões podem ser percebidos reduzindo tempo e custo de processo. Wang *et al.* (2014) aplicaram o projeto modular em máquinas ferramentas considerando principalmente a desmontagem e a remanufatura. Para isto utilizou-se uma matriz de similaridade aplicando-se o método hierárquico de agrupamento de *cluster*.

Bonjour *et al.* (2013) aplicaram um algoritmo de agrupamento em um estudo de caso industrial com foco no projeto de desenvolvimento de um motor para um automóvel novo.

Kampker *et al.* (2014) desenvolveram uma arquitetura modular de produção baseada em requisitos de processos, com o objetivo de padronização de processos. Para isto, três passos são colocados: determinação do tipo de produto e processo; identificação das melhores práticas; e definição dos limites no projeto do produto.

Song *et al.* (2015) mostraram a concepção modular a modularização do rotor de um compressor, utilizando a lógica *fuzzy* na análise de correlação dos componentes de serviço. Foram analisados neste estudo os serviços de manutenção dos componentes do rotor.

Halstenberg *et al.* (2015) propõem um método de modularização orientado que permite definir a estrutura do produto modular de acordo com metas de projeto definidas pelo usuário. Nesse caso foram estabelecidas seis etapas que foram aplicadas no reprojeto de um turbo compressor, em que os módulos são definidos por um algoritmo.

Isaac *et al.* (2016) utilizaram o conceito modular na aplicação de uma metodologia para a modularização no projeto de construção de edifícios, utilizando módulos na pré-fabricação de componentes básicos de construção. Além de aumentar a eficiência do processo de construção, a construção modular tem o potencial de aumentar a adaptabilidade de um edifício durante a sua vida. Os edifícios são produtos originais por causa do seu ciclo de vida extremamente longo, e as muitas mudanças que passam por todo este ciclo de vida.

Shoval (2016) apresenta um modelo conceitual para modularização com base nas diferentes fases do ciclo de vida de um sistema. O modelo baseia-se em matrizes de estrutura de projeto que constroem uma representação 3D de elementos do sistema e as fases do ciclo de vida. Um algoritmo de agrupamento examina as possíveis arquiteturas de modularização em cada fase e identifica dependências críticas entre os vários elementos do sistema.

Keckl *et al.* (2016) propõem um método para identificação do potencial de modularização em projeto de produtos, concentrando-se em visualizar o processo de montagem e na identificação de componentes de produtos que são altamente relevantes para a modularização. Seu parâmetro básico é o tempo de produção que os produtos a serem montados

exigem nas estações de trabalho, sendo considerados o tempo de produção e os aspectos relativos aos custos de produção.

Maxwell e Vorst (2003) desenvolveram um método para orientar os negócios e a indústria para o desenvolvimento de produtos e serviços sustentáveis, bem como incorporar essa abordagem nos sistemas de estratégia corporativa e produção sustentável. O método pode ser usado para identificar, avaliar e implementar as opções de sustentabilidade no projeto e desenvolvimento de um produto e/ou serviço. Os benefícios ambientais resultantes foram: volume reduzido de matérias-primas, eliminação e/ou redução do uso de matérias-primas perigosas, uso reduzido de energia, eliminação/redução da geração de resíduos. Benefícios sociais e econômicos não foram focos do estudo.

Peukert *et al.* (2015) apresentam uma abordagem de estruturas modulares para máquinas-ferramentas equipadas com tecnologia de micro sistemas, que visa melhorar a flexibilidade dos processos de produção. Avaliam-se aspectos ambientais, como a pegada de carbono, sociais como os salários, e econômicos como os custos de produção dos processos utilizados.

O conceito de projeto modular pode ser aplicado a uma vasta gama de produtos e serviços, alguns deles não muito comuns. Cao *et al.* (2015) aplicaram o conceito de modularização na fabricação de casas fora do seu local propriamente dito, ou seja, na sua pré-fabricação e pré-montagem na própria empresa.

Hammad *et al.* 2019 propõem uma ferramenta de apoio à decisão para comparar métodos de construção convencionais e modulares com base em critérios de sustentabilidade selecionados. O aspecto social é avaliado em relação à segurança e poluição sonora, em quanto o aspecto econômico é estabelecido a partir do custo e do tempo de fabricação. O aspecto ambiental considera o consumo de energia na construção e montagem.

Kamali e Hewage (2016) apresentam uma metodologia para identificar e selecionar indicadores de desempenho de sustentabilidade para a avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida de construções modulares e convencionais. São avaliados 33 indicadores econômicos, sociais e ambientais, mas o processo de modularização não é realizado. Através da identificação dos critérios de avaliação da sustentabilidade todas as dimensões da sustentabilidade podem ser equilibradas ao longo do ciclo de vida dos projetos de construção e as preocupações das diferentes partes interessadas podem ser abordadas, o que pode levar à construção sustentável.

Shahtaheri *et al.* (2018) aplicaram o método SIMPLE-Design para auxiliar na tomada de decisão no projeto de um edifício de escritórios de 75 andares resistente à terremotos na cidade de Los Angeles, Califórnia. O método conduz uma análise de custo-benefício nas

configurações de projeto alternativas e encontra a configuração de projeto ideal que minimiza os custos iniciais de projeto, os danos de construção e os custos de interrupção de negócios e os custos de acidentes.

O Quadro 9 mostra uma compilação resumida e foi elaborado a partir de materiais que abordam as diferentes aplicações do conceito modular nos últimos anos.

Quadro 9 - Aplicações práticas do conceito modular.

EMPRESA	DESCRIÇÃO	REFERÊNCIAS
Kodak	Desenvolveu diferentes modelos de uma mesma plataforma em comum, reprojutando seus produtos de modo que compartilhassem módulos e processos de produção em comum.	Rautmann (2009)
Mercedes-Benz	Projeto de um utilitário esportivo estruturado em poucos e grandes módulos, onde cada módulo foi gerenciado por uma empresa terceirizada.	Rautmann (2009)
Dell	Computadores altamente personalizados através do preenchimento de um formulário e escolha entre alternativas.	Beronius (2004)
Denso	Substituição do condensador e do radiador pelo módulo de refrigeração no carro, que resultou em redução de peso e tempo.	Beronius (2004)
Scania	Redução significativa de peças e componentes na modularização da cabine do caminhão. Construído em quatro grandes módulos: motor, transmissão, cabine e chassi.	Lehtone (2007); Persson e Ahlstrom (2006); Sushandoyo e Magnusson (2012); Erixon (1998); Ericson e Erixon (1999).
Volkswagen	Redução de mão de obra nas linhas de montagem, tornando o fornecedor responsável pela montagem de seus itens no produto que será entregue ao cliente.	Souza e Botelho (2011)
Volkswagen	Nova proposta de projeto MQB (Matriz Modular Transversal) para suas plataformas de produtos que atenderá modelos de carros pequenos e os modelos SUV's.	Souza e Botelho (2011)
IBM System/360	Desenvolvimento de um computador com todos os elementos reunidos de forma simples e unificada.	Baldwin e Clark (2000)
Boeing	O avião 747 segue um processo de montagem modular do menor para o maior, simplificando e facilitando as montagens na linha.	Barbosa (2007)
Sony	Mais de 160 variações do Walkman, misturando e combinando componentes modulares em alguns projetos de produtos básicos.	Piran (2015); Persson e Ahlstrom (2006)
Volvo	Produz cinco modelos a partir de uma plataforma de produção, sendo eles disponíveis em 14 cores, com 9 tipos motores, 5 alternativas de transmissão, 22 tipos de acabamento interior e 9 variações de rodados.	Piran (2015); Persson e Ahlstrom (2006); Bask <i>et al.</i> (2011). Sushandoyo e Magnusson (2012)

Fonte: elaborado pelo autor.

Landherr e Westkämper (2014) aplicaram um método para a configuração de montagem integrada de produtos em uma empresa que realiza a montagem de assentos de carro para a indústria automotiva. Um sistema de produtos altamente variável e o sistema de montagem aplicado foram analisados, modularizados e modelados. Neste processo foram avaliadas as soluções de configuração de acordo com os seguintes critérios:

- Integração/modularização: este critério oferece uma possibilidade para comparar o número de módulos em relação ao número de elementos e as funções dos sistemas.
- Flexibilidade: este critério é fortemente ligado ao nível de integração: quanto mais alto o nível de integração, menor o nível de flexibilidade em termos de configurabilidade.
- Robustez: este critério fornece uma declaração sobre a robustez do processo de montagem e da variante do produto. É calculada com o uso do histórico de informações de indicadores de qualidade e do nível de experiências com módulos de produtos e processos.
- Eficiência: este critério oferece uma indicação sobre o grau de utilização dos recursos disponíveis utilizados na solução configurada.

## 2.5. MÉTODOS DE AGRUPAMENTO

A ideia básica de agrupamento inicia quando se tem vários objetos e se objetiva reuni-los mediante as suas características, que podem ser qualitativas ou quantitativas. Esses grupos são formados de modo que as distâncias entre os elementos de um grupo sejam mínimas e as distâncias entre os grupos sejam máximas (RODRIGUES, 2009).

O Agrupamento de Dados é uma técnica de mineração de dados multivariados que através de métodos numéricos e a partir somente das informações das variáveis de cada caso, tendo por objetivo agrupar automaticamente por aprendizado não supervisionado os  $n$  casos da base de dados em  $k$  grupos, geralmente disjuntos denominados *clusters* ou agrupamentos. Na literatura, a tarefa de agrupar também pode ser chamada de Clusterização, *Clustering*, *Q-analysis*, *Typology*, *Classification Analysis*, *Numerical Taxonomy*, Análise de Grupos, Análise de Clusters, *Data Clustering* ou *Cluster Analysis* (do VALE, 2015; GOLDSCHMIDT *et al.* 2015).

Os agrupamentos são um dos métodos de análise de dados mais utilizados para inúmeras aplicações práticas em diversas áreas de pesquisa. Eles são utilizados principalmente nos campos de mineração de dados, reconhecimento de padrões, suporte de decisão e aprendizado de máquina (AHMAD e STARKEY, 2017; YUNOH *et al.* 2016; ALVAREZ, 2018).

Yu *et al.* (2014) apontam que a Análise de Agrupamentos fornece um meio comum de identificar a estrutura em dados complexos e, por esse motivo, há um crescente interesse na utilização desse método como uma ferramenta para a análise de grandes conjuntos de dados. Determinar o número de *clusters* (grupos) em um conjunto de dados é um dos problemas mais desafiadores e difíceis na análise de agrupamentos.

Ahmad e Starkey (2017) afirmam que a Análise de Agrupamentos envolve o processo de organização de objetos em grupos naturais, encontrando a classe dos objetos de forma que os objetos em uma classe sejam semelhantes entre si e diferentes dos objetos de outra classe.

Para do Vale (2015), a grande vantagem do uso das técnicas de agrupamento é que, ao agrupar dados similares, pode-se descrever de forma mais eficiente e eficaz as características peculiares de cada um dos grupos identificados. Isso fornece um maior entendimento do conjunto de dados original, além de possibilitar o desenvolvimento de esquemas de classificação para novos dados e descobrir correlações interessantes entre os atributos dos dados que não seriam facilmente visualizadas sem o emprego de tais técnicas.

Um método ideal de agrupamento deve atender aos seguintes requisitos: (a) descobrir grupos com forma arbitrária, (b) identificar grupos de tamanhos variados, (c) aceitar os diversos tipos de variáveis possíveis, (d) ser insensível a ordem de apresentação dos objetos, (e) trabalhar com objetos com qualquer número de atributos, (f) ser escalável para lidar com qualquer quantidade de objetos, (g) fornecer resultados interpretáveis e utilizáveis, (h) ser robusto na presença de ruídos, (i) exigir o mínimo de conhecimento para determinar os parâmetros de entrada, (j) aceitar restrições para os agrupamentos, e (k) encontrar o número adequado de grupos (AGRAWAL *et al.* 2005; ESTER *et al.* 1996; NG e HAN, 1994; HAN e KAMBER, 2001; do VALE, 2015).

De acordo com Jain *et al.* (1999), a atividade típica de agrupamento envolve as seguintes etapas: (a) representação de padrões, (b) definição de uma medida de proximidade de padrão apropriada para o domínio de dados, (c) agrupamento, (d) abstração de dados, e (e) avaliação da produção.

De acordo com Fahad *et al.* (2014), uma das formas de categorizar os algoritmos de agrupamento é considerar a forma dos agrupamentos gerados, sendo que os mais utilizados são os Métodos Hierárquicos e os Métodos Não-Hierárquicos ou por Particionamento.

### 2.5.1. Métodos Hierárquicos

Os métodos mais tradicionais de agrupamento são os Métodos Hierárquicos, que podem ser Aglomerativos ou Divisivos. Porém, como destacam Han e Kamber (2001), alguns algoritmos de agrupamento integram as ideias de vários outros e, algumas vezes, é difícil classificar um dado algoritmo como unicamente pertencendo a somente uma categoria de método de agrupamento. Existem outras maneiras de realizar agrupamentos, sendo que o que define a sua utilização ou não são as suas particularidades e, sim, suas restrições.

Os grupos, nos métodos hierárquicos, são geralmente representados por um diagrama bidimensional chamado de dendrograma ou diagrama de árvore. Neste diagrama, cada ramo representa um elemento, enquanto a raiz representa o agrupamento de todos os elementos. Os métodos divisivos trabalham na direção oposta dos métodos aglomerativos, ou seja, um grupo inicial contendo todos os elementos é dividido em dois subgrupos, de tal forma que os elementos em um subgrupo estejam distantes dos elementos do outro subgrupo (do VALE, 2015; AGRAWAL *et al.* 2005, DONI, 2004).

De acordo com Berkhin (2002) e Rodrigues (2009), duas abordagens podem ser derivadas do agrupamento hierárquico: *Bottom-up* (aglomerativo) e *Top-down* (divisivo). Na abordagem *Top-down*, o processo inicia com todos os objetos no mesmo grupo, o qual vai sendo dividido sucessivamente até que cada grupo contenha um único elemento. Na forma *Bottom-up*, cada objeto é um grupo e, a cada passo do procedimento, os dois grupos mais próximos são unidos até que, ao final, exista um único grupo formado por todos os objetos.

A abordagem aglomerativa inicia considerando cada objeto como sendo um grupo, totalizando  $n$  grupos, e em cada etapa calcula-se a distância entre cada par de grupos, onde estas distâncias são geralmente armazenadas em uma matriz de dissimilaridade simétrica. Depois são escolhidos 2 grupos com a distância mínima e eles são unidos, e a matriz de distâncias é atualizada. Este processo continua até que todos os objetos estejam em um único grupo (o nível mais alto da hierarquia), ou até que uma condição de término ocorra (AGRAWAL *et al.* 2005; NG e HAN, 1994; HAN e KAMBER, 2001; do VALE, 2015).

Segundo Doni (2004), existe uma variedade de métodos aglomerativos, que são caracterizados de acordo com o critério utilizado para definir as distâncias entre grupos.

Entretanto, a maioria dos métodos parecem ser formulações alternativas de três grandes conceitos de agrupamento aglomerativo:

- Métodos de ligação (*single linkage, complete linkage, average linkage, median linkage*);
- Métodos de centroide;
- Métodos de soma de erros quadráticos ou variância (método de *Ward*).

As definições sobre os Métodos Aglomerativos citados a seguir foram compiladas a partir de Anderberg (1973), Doni (2004), Kaufmann (1990), do Vale (2015), Linden (2009), e Rodrigues (2009).

Método *Single Linkage* ou ligação por vizinho mais próximo: emprega a distância de valor mínimo entre os elementos do grupo, ou seja, a distância entre dois agrupamentos é dada pela distância entre os seus padrões mais similares. O método prioriza elementos mais próximos e deixando os mais distantes em segundo plano. Como características tem-se: (a) em geral, grupos muito próximos podem não ser identificados; (b) permite detectar grupos de formas não-elípticas; (c) apresenta pouca tolerância a ruído, pois tem tendência a incorporar os ruídos em um grupo já existente; (d) apresenta bons resultados tanto para distâncias Euclidianas quanto para outras distâncias; e (e) possui tendência a formar longas cadeias.

Método *Complete Linkage* ou ligação por vizinho mais distante: é empregada a distância máxima entre os elementos do grupo, ou seja, a distância entre dois agrupamentos é dada pela distância entre os seus padrões menos similares. Apresenta bons resultados tanto para distâncias Euclidianas quanto para outras distâncias, tem a tendência de formar grupos mais compactos, e os ruídos demoram a serem incorporados ao grupo.

Método *Average Linkage* ou ligação por média: a função distância é definida pelas médias das distâncias entre os elementos dos grupos, ou seja, pela média das distâncias entre cada padrão de um agrupamento em relação aos padrões do outro agrupamento. Como características tem-se: (a) menor sensibilidade a ruídos que os métodos de ligação por vizinho mais próximo e por vizinho mais distante, (b) apresenta bons resultados tanto para distâncias Euclidianas quanto para outras distâncias, e (c) tendência a formar grupos com número de elementos similares.

Método *Centroid Linkage* ou ligação por centroide: a distância entre os agrupamentos é calculada pelas distâncias entre os seus centroides, sendo este a média dos padrões do agrupamento. Robustez à presença de ruídos é uma característica positiva, porém, devido ao fenômeno da reversão, o método não é muito utilizado. O fenômeno da reversão ocorre quando a distância entre centroides é menor que a distância entre grupos já formados. Isso fará com que os novos grupos se formem ao um nível inferior aos grupos existentes, tornando o dendrograma confuso.

Método *Median Linkage* ou ligação por mediana: a distância entre dois agrupamentos é dada pela média das distâncias entre os padrões da união dos dois agrupamentos relacionados. Esse método evita que um grupo maior absorva um grupo menor. Algumas características referentes a esse método são: (a) apresenta resultado satisfatório quando os grupos possuem tamanhos diferentes, (b) pode apresentar resultado diferente quando permutado os elementos na matriz de similaridade, e (c) robustez à presença de *outliers*.

Método de ligação de Ward: forma grupos de maneira a atingir sempre o menor erro interno entre os vetores que compõem cada grupo e o vetor médio do grupo. Isto equivale a buscar o mínimo desvio padrão entre os dados de cada grupo. Para isso, é realizada a diferença entre a soma dos erros quadráticos de cada padrão e a média da partição em que está contido. O método apresenta bons resultados tanto para distâncias euclidianas quanto para outras distâncias, pode apresentar resultados insatisfatórios quando o número de elementos em cada grupo é praticamente igual, tem tendência a combinar grupos com poucos elementos, e é sensível à presença de *outliers*.

Segundo Doni (2004), os métodos divisivos trabalham na direção oposta dos métodos aglomerativos, ou seja, um grupo inicial contendo todos os elementos é dividido em dois subgrupos, de tal forma que os elementos em um subgrupo estejam distantes dos elementos do outro subgrupo. Segundo do Vale (2015), os métodos divisivos são os menos comuns entre os métodos hierárquicos devido à sua ineficiência e por exigir uma capacidade computacional maior do que os métodos hierárquicos aglomerativos.

### **2.5.2. Métodos Não-Hierárquicos ou por Particionamento**

Os métodos não-hierárquicos ou por particionamento foram desenvolvidos para agrupar elementos em  $k$  grupos, onde  $k$  é a quantidade de grupos definida previamente (DONI,



2004). Inicialmente, o algoritmo escolhe  $k$  objetos como sendo os centros dos  $k$  grupos. Os objetos são divididos entre os  $k$  grupos de acordo com a medida de similaridade adotada, de modo que cada objeto fique no grupo que forneça o menor valor de distância entre o objeto e o centro do mesmo. Então, o algoritmo utiliza uma estratégia iterativa de controle para determinar quais objetos devem mudar de grupo, de forma que a função objetivo usada seja otimizada (do VALE, 2015).

A ideia central da maioria dos métodos por particionamento é escolher uma partição inicial dos elementos e, em seguida, alterar os membros dos grupos para obter-se a melhor partição (ANDERBERG, 1973). Segundo Fahad *et al.* (2014), os agrupamentos particionados por esses métodos devem preencher os seguintes requisitos: (a) cada grupo deve conter pelo menos um objeto, e (b) cada objeto deve pertencer exatamente a um grupo.

Em geral, os métodos por particionamento diferem entre si pela maneira que constituem a melhor partição. Os métodos por particionamento mais conhecidos são o método *k-means* (k-médias) e o método *k-medoids* (k-medoides).

*k-means* ou k-médias: exige a definição prévia do número de grupos e do posicionamento do centro de cada grupo  $k_1, k_2, \dots, k_p$  no espaço de atributos. O centro do grupo é chamado centroide, que é o ponto médio do grupo (RODRIGUES, 2009). O algoritmo *k-means* usa a distância Euclidiana para lidar com dados de atributo numérico puro, o algoritmo utiliza uma distância de correspondência simples para lidar com dados de classificação pura (JINYIN *et al.* 2017). O *k-means* apresenta um bom desempenho quando os grupos de dados são compactos, densos e bem separados uns dos outros (CARLANTONIO, 2001). Como características tem-se: (a) possui sensibilidade a ruídos, (b) tendência a formar grupos esféricos, (c) o número de grupos é o mesmo durante todo o processo, e (d) é inadequado para descobrir grupos com formas não convexas ou de tamanhos muito diferentes (DONI, 2004).

*k-medoids* ou k-medoides: utiliza o valor médio dos elementos em um grupo como um ponto referência, chamado de medoide. Esse é o elemento mais centralmente localizado em um grupo. A estratégia básica é encontrar  $k$  grupos em  $n$  elementos e, arbitrariamente, encontrar um elemento representativo (medoide) para cada grupo. Cada elemento remanescente é agrupado com o medoide ao qual ele é mais similar. A estratégia, então, iterativamente, troca um dos medoides por um dos não medoides enquanto a qualidade do agrupamento resultante é melhorada. Algumas características desse método são: independente da ordem, os resultados serão os mesmos, tem tendência a encontrar grupos esféricos, seu processamento é mais demorado que o *k-means*, não é aplicável à grandes bases de dados, porém é mais robusto do

que o *k-means* na presença de ruídos porque o medoide é menos influenciado pelos ruídos do que a média (DONI, 2004).

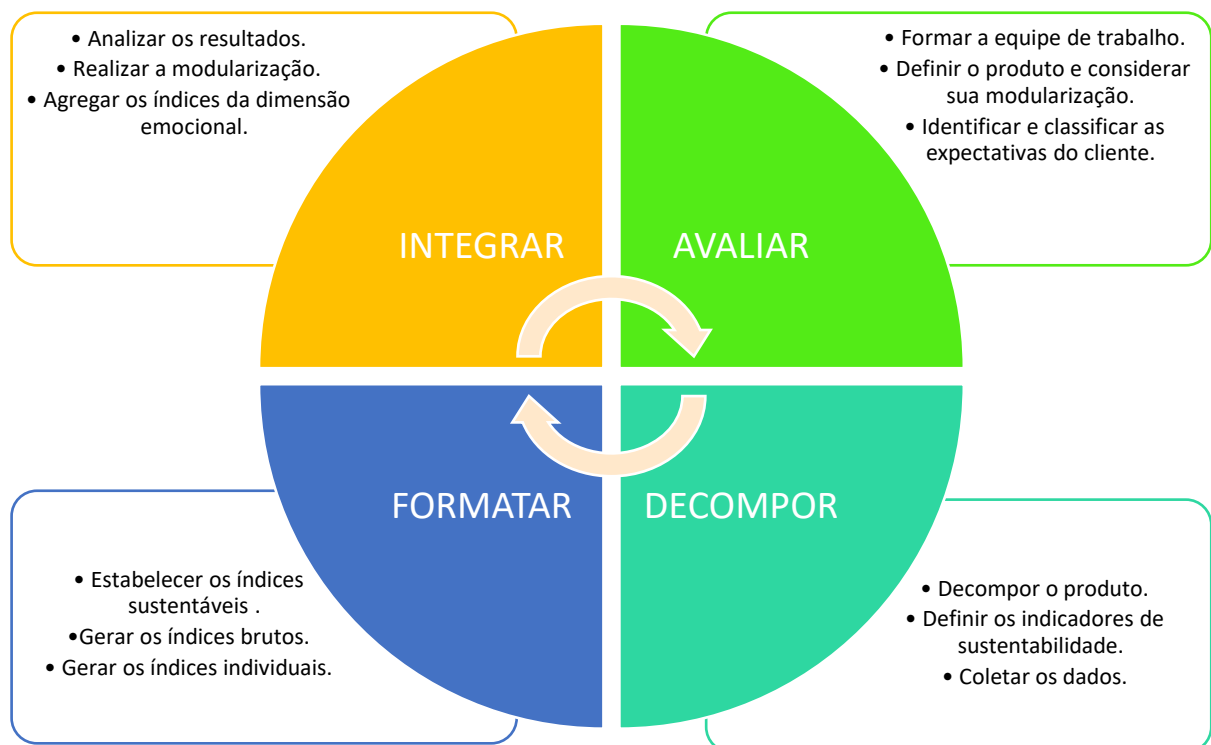
Desta forma, após realizar a revisão e se apropriar dos conteúdos exigidos para a realização deste estudo através dos autores consultados, entende-se que o problema está bem delimitado e os conhecimentos necessários para a realização deste trabalho foram absorvidos.

### 3. MÉTODO PARA MODULARIZAÇÃO DE PRODUTOS

O método proposto neste trabalho visa auxiliar no processo de desenvolvimento de produtos sustentáveis mediante a proposta de modularização com base na sustentabilidade. Metodologias e ferramentas já existentes foram utilizadas como ponto de partida para o estudo, às quais foi acrescentada a visão de sustentabilidade em projeto ao longo do trabalho, estabelecendo-se novas perspectivas no desenvolvimento de produtos modulares sustentáveis do ponto de vista do tripé da sustentabilidade.

O ponto de partida considera uma avaliação das etapas que constituem o processo de produção de um determinado produto, sendo que este produto pode ou não ter sua abordagem modular no contexto do Tripé da Sustentabilidade, ou seja, aspectos econômicos, sociais e ambientais. Em um segundo momento, a modularização é considerada após os resultados desta avaliação realizada de acordo com o Tripé da Sustentabilidade utilizando-se indicadores ambientais, sociais e econômicos e seus graus de impacto sobre o produto. A Figura 19 mostra as etapas do método apresentado neste capítulo, bem como as respectivas ações necessárias para cumprir cada etapa.

Figura 19 – Etapas e ações do método proposto.



Fonte: (elaborado pelo autor)

Nas seções a seguir são descritas detalhadamente cada uma das etapas do método e suas ações dentro de cada etapa.

### 3.1. 1ª ETAPA: AVALIAR

A primeira etapa tem por finalidade direcionar o método para a melhor execução dentro do cenário apresentado para um determinado produto. Esta etapa é composta das seguintes ações: (a) formar a equipe de trabalho, (b) definir o produto e se ele pode ou não ser modularizado, e (c) identificar e classificar as expectativas do cliente frente ao produto.

#### 3.1.1. Formar a equipe de trabalho

A formação da equipe de trabalho é de fundamental importância para o êxito da aplicação do método, pois nem sempre a pessoa que está realizando a modularização possui o conhecimento de todas as áreas e processos envolvidos. A equipe de trabalho também é responsável por auxiliar na busca pelas informações necessárias, bem como tomar decisões quando solicitada. Neste sentido, uma equipe heterogênea é necessária para garantir que as diferentes opiniões e conhecimentos sejam utilizados no processo de modularização do produto.

Quando o objetivo é constituir uma equipe de trabalho para atuar em um determinado projeto, alguns cuidados devem ser tomados em relação aos níveis hierárquicos dentro da empresa. É importante que se defina no início do projeto um líder para o mesmo, o qual conduzirá o projeto e fará as intermediações necessárias, a fim de evitar desgastes entre níveis diferentes dentro da organização. Não necessariamente este líder será o líder durante todo o projeto, podendo conduzir as ações até uma determinada etapa, e após outra pessoa conduzir o grupo. Esta pessoa apenas conduz o processo e orienta os passos a serem seguidos, além de explicar para todos os envolvidos o que é um projeto modular, quais etapas o compõem, e de que forma todos podem colaborar para o êxito do projeto.

Essa heterogeneidade não se restringe apenas à formação e experiência dos integrantes da equipe, mas, também, em relação à função ocupada pelo integrante em relação à estrutura organizacional da empresa. Isso se deve ao fato de que a proposta de modularização deve ser entendida e aceita por todos dentro da empresa, tendo apoio, incentivo e participação da alta gestão.

### 3.1.2. Definir o produto e considerar sua modularização

Outro aspecto fundamental se refere à possibilidade do produto poder ser modularizado. Como visto no Capítulo anterior, nem sempre um produto pode ser modularizado e, em algumas situações, apenas algumas partes do produto podem ser. Neste sentido, um questionário com dez perguntas de resposta fechadas foi elaborado com o intuito de auxiliar na tomada de decisão. As perguntas foram elaboradas e depois misturadas com a finalidade de o respondente não ser induzido a pensar da mesma forma ou forçar as respostas. O Quadro 10 mostra o questionário bem como a configuração das respostas para que o produto alvo de estudo seja considerado como sendo de arquitetura modular.

Quadro 10 – Questionário para determinar se o produto pode ser modularizado.

PERGUNTAS	SIM	NÃO
A mudança ou alteração de um componente exige um novo projeto do produto?		X
A variação do produto quanto à sua capacidade de operação é possível?	X	
Diferentes grupos podem trabalhar independentemente no mesmo projeto sem prejudicar o produto final?	X	
A modificação de apenas um componente pode afetar um número grande de componentes?		X
Uma operação simples do produto (abrir, fechar, girar, etc.) requer a utilização de vários blocos? Considere um bloco como um pequeno grupo de componentes que realizam uma tarefa ou atividade.		X
A mudança de projeto de um módulo pode ser feita de forma independente, sem necessidade de mudança em outros módulos.	X	
A delegação da responsabilidade pelo desenvolvimento e produção de componentes, mediante supervisão, pode ser realizada sem interferir no desempenho do produto?	X	
Alterações no produto podem ser realizadas sem a sua completa desmontagem?	X	
Do ponto de vista da logística e produção, seria importante que o produto utilizasse componentes compartilhados com outros produtos da empresa ou do mercado?	X	
A alteração de um sistema ou subsistema pode ser realizada sem alterar a funcionalidade do produto como um todo?	X	

Fonte: (elaborado pelo autor)

Considerando-se que todas as respostas do questionário sejam condizentes com o gabarito proposto, entende-se que o produto possui características de arquitetura modular, sendo então considerado apto para realizar a sua modularização. Entretanto, se uma ou mais respostas não seguir o estabelecido, isso pode indicar que o produto possui uma arquitetura

integral ou apenas que alguns componentes do mesmo possuem arquitetura modular, cabendo a decisão final de modularizar ou não à equipe de trabalho.

### 3.1.3. Identificar e classificar as expectativas do cliente

O processo de modularização somente terá sucesso se as informações forem coletadas e identificadas da forma correta. Neste sentido, para identificar as necessidades e expectativas do cliente frente ao produto é utilizado o Modelo de Kano (Kano, 1984) por meio da aplicação de questionários às pessoas envolvidas diretamente com o produto. O ideal é que os questionários sejam aplicados presencialmente, para evitar erros de interpretação em relação às perguntas realizadas. Contudo, em casos onde isso não seja possível, sugere-se a utilização de vídeo-chamadas e/ou contato telefônico, ou em último caso e-mail.

O primeiro questionário tem um aspecto simples e direto, e é composto de apenas três perguntas (APÊNDICE A). Sauerwein *et al.* (1996) sugerem que sejam utilizados na fase inicial questionários simples e eficientes, compostos por apenas 3 a 4 questões, e que permitam uma resposta rápida e intuitiva quando os requisitos ainda não são conhecidos. As perguntas elaboradas são:

- a) Quais problemas / defeitos / reclamações o cliente associa ao uso do produto?
- b) Que critérios o cliente leva em consideração ao comprar o produto?
- c) Que mudanças você faria no produto ou que novos recursos/capacidades adicionaria?

A primeira pergunta identifica as necessidades do cliente para com o produto, ou seja, aquilo que realmente pode deixá-lo descontente caso ocorra com o produto durante a sua utilização, e que o deixaria muito insatisfeito. A segunda pergunta identifica as qualidades que são esperadas do produto, ou seja, os aspectos positivos e negativos que o cliente considera ao escolher o produto e não o do concorrente. Já a terceira pergunta indica os desejos que o cliente gostaria de ter no produto e que ainda não foram realizados, podendo indicar futuras ações da empresa em relação à otimização e atualização dos seus produtos.

Com base nas respostas obtidas, e que por vezes se repetem, deve-se elaborar uma lista com as principais expectativas ou necessidades do cliente, também conhecidas como requisitos do usuário.

Após a identificação das necessidades do cliente, é necessário classificar estas informações de acordo com a sua percepção, ou seja, dar valor para o que realmente interessa a ele. Neste sentido, seguindo o Modelo de Kano, são introduzidas duas questões para cada aspecto verificado anteriormente: uma na forma funcional da pergunta, referindo-se à reação do cliente quando o produto possui essa característica, e outra na forma disfuncional da pergunta, referente à reação do produto quando o mesmo não tem essa característica. O Quadro 11 mostra as duas formas de perguntas para um ponto a ser avaliado em um produto.

Quadro 11 - Formas funcional (acima) e disfuncional (abaixo).

<p>Como você se sente se o produto <b>NÃO</b> for danificado?</p>	<p><input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito  <input type="checkbox"/> Deveria ser assim  <input type="checkbox"/> Seria indiferente  <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso  <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito</p>
<p>Como você se sente se o produto for danificado?</p>	<p><input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito  <input type="checkbox"/> Deveria ser assim  <input type="checkbox"/> Seria indiferente  <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso  <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito</p>

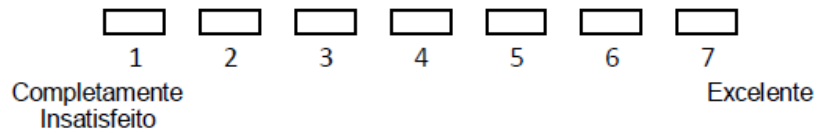
Fonte: (elaborado pelo autor).

Junto a cada pergunta é avaliada a satisfação do cliente sobre cada requisito atualmente, ou seja, é verificada desde uma completa insatisfação até a forma excelente como o produto/serviço é oferecido, e para isso é utilizada outra ferramenta de Kano, o *Self-Statement Importance Questionnaire*, como mostra o Quadro 12. Nesta ferramenta é utilizada uma variação da Escala Likert, que pode ser definida como um tipo de escala de atitude na qual o entrevistado não apenas indica seu grau de concordância ou discordância em relação a determinado objeto, mas apresenta o grau de intensidade das respostas (APPOLINÁRIO, 2007; CUNHA, 2007; ALEXANDRE *et al.* 2003).

Na sua forma original, a escala Likert é constituída por cinco pontos. Porém, com o passar do tempo, os pesquisadores foram alterando o número de pontos utilizados no seu questionário, denominando assim a escala como “do tipo Likert” (BERMUDES, 2016; SILVA JUNIOR *et al.* 2014). Neste trabalho a escala Likert foi expandida para sete pontos, considerando o ponto 1 para responder ao questionamento como completamente insatisfeito e o ponto 7 como excelente em relação ao item questionado.

Quadro 12 – Nível de satisfação.

Como você avalia os danos gerados ao produto atualmente?



- 1 – Completamente insatisfeito
- 2 - Muito insatisfeito
- 3 – insatisfeito
- 4 – Neutro
- 5 – Satisfeito
- 6 – Muito satisfeito
- 7 – Excelente

Fonte: (elaborado pelo autor).

No final do questionário uma nova avaliação é realizada para indicar a importância que o cliente dá para cada requisito. De acordo com Kano (1984), Sauerwein *et al.* (1996) e Cordeiro (2016) esta avaliação auxilia no processo de estabelecer prioridades para o desenvolvimento do produto e realizar melhorias sempre que necessário, como mostra o Quadro 13.

Quadro 13 - Importância de cada requisito.

	Pouco Importante				Muito Importante		
	1	2	3	4	5	6	7
1 - Primeiro requisito							
2 - Segundo requisito							
3 - Terceiro requisito							
4 - ...							
5 - ...							
6 - n requisito							

Fonte: (elaborado pelo autor).

Com os questionários respondidos é necessário realizar a avaliação dos requisitos de acordo com o Quadro de Avaliação de Kano (Quadro 14), que confronta as perguntas funcionais com as perguntas disfuncionais. Como visto na seção 2.1, deve-se realizar o cruzamento das respostas das perguntas funcionais com as respostas das perguntas disfuncionais para identificar os requisitos que o produto deve ou não ter, bem como sua importância na escolha do produto em relação ao concorrente. Desta forma o Quadro 15 é preenchido.



Quadro 14 - Quadro de Avaliação de Kano.

RESPOSTA DO CLIENTE		QUESTÃO DISFUNCIONAL (NEGATIVA)				
		Ficaria satisfeito	Deveria ser assim	Seria indiferente	Poderia conviver com isso	Ficaria insatisfeito
QUESTÃO FUNCIONAL (POSITIVA)	Ficaria satisfeito	Q	A	A	A	O
	Deveria ser assim	R	I	I	I	M
	Seria indiferente	R	I	I	I	M
	Poderia conviver com isso	R	I	I	I	M
	Ficaria insatisfeito	R	R	R	R	Q

Legenda: (O) Unidimensional; (A) Atrativo; (M) Obrigatório; (R) Reverso; (I) Indiferente; (Q) Questionável.

Fonte: adaptado de Sauerwein *et al.* 1996 e Kano, 1984.

Quadro 15 - Quadro preenchido para a Avaliação de Kano.

Cliente	Categoria para cada questão					
	1	2	3	4	5	<i>n</i>
1	M	A				
2	R	A				
3	O	M				
4	O	I				
5	O	O				

Fonte: (elaborado pelo autor)

A fim de facilitar a interpretação do questionário pode-se calcular as frequências das respostas, ou seja, verificar qual a importância dada para cada requisito apresentado, e identificar qual requisito obteve a maior porcentagem, como mostra o Quadro 16.

Quadro 16 - Quadro das frequências.

		REQUISITOS					
		1	2	3	4	5	<i>n</i>
FREQUÊNCIA DAS RESPOSTAS	A	0%	<b>40%</b>				
	O	<b>60%</b>	20%				
	M	20%	20%				
	I	0%	20%				
	R	20%	0%				
	Q	0%	0%				
CATEGORIA		<b>O</b>	<b>A</b>				

Fonte: (elaborado pelo autor)

Em caso de ocorrer que dois requisitos tenham a mesma porcentagem, deve-se observar a seguinte regra, de acordo com Sauerwein (1996):  $M > O > A > I$ . Esta regra para

decisão prioriza os requisitos que aumentam a qualidade aparente de um produto. Logo, os Requisitos Obrigatórios (M) são os mais importantes devido à percepção dos clientes com relação a este requisito. Os clientes vêem o Requisito Obrigatório como algo intrínseco ao produto, e a falta deste requisito torna o cliente completamente insatisfeito. O segundo requisito mais importante é o Unidimensional (O), o qual aumenta a satisfação do cliente proporcionalmente, quanto maior o nível de cumprimento do requisito maior a satisfação do cliente e vice-versa. Apenas depois da categoria (O) tem-se os Requisitos Atrativos (A). O cumprimento destes Requisitos Atrativos são os que proporcionam maior satisfação, apesar de serem vistos pelos clientes como algo bom de se ter. Logo, não existe problema se este requisito não for cumprido, mas se o Requisito Atrativo for realizado então a satisfação é máxima.

### 3.2. 2ª ETAPA: DECOMPOR

A segunda etapa compreende na decomposição do produto e em estabelecer os indicadores e índices de sustentabilidade antes da sua modularização, bem como na coleta dos dados e informações necessárias. Esta etapa é composta das seguintes ações: decompor o produto, definir os indicadores de sustentabilidade, e coletar os dados.

#### 3.2.1. **Decompor o produto**

A decomposição do produto pode ser considerada como uma habilidade básica estratégica para a criação de um bom projeto sob a perspectiva modular. A decomposição do produto também pode ser chamada de decomposição funcional ou modelagem funcional. Decomposição funcional é o processo de decompor a função global do produto em funções menores, em subfunções mais fáceis de resolver (Stone *et al.*2000). Estas subfunções fornecem uma descrição detalhada do que o produto deve fazer.

Um dos aspectos mais importantes percebidos na análise dos métodos para modularização de produtos com relação à fase de decomposição é a existência de diferentes graus e tipos de decomposição. Os métodos existentes contemplam: decomposição funcional (Heurístico); decomposição funcional e/ou física (DSM, HOME e FLB); e a decomposição física em soluções técnicas (MFD) e em componentes (DfV) (SONEGO e ECHEVESTE, 2016).

A decomposição requer a especificação do conceito geral do produto em termos de elementos funcionais e/ou físicos. Apesar desse passo ser geralmente simples, deve-se ter atenção ao determinar o quanto esses elementos devem ser divididos. Para o método proposto

são utilizadas a decomposição física em elementos e a decomposição física em soluções técnicas e elementos, propostas por Pimmler e Eppinger (1994).

Para auxiliar a decomposição física pode ser utilizada a lista de materiais do produto fornecida pela empresa, ou seja, uma lista que contém todas as submontagens, componentes intermediários, matérias primas e itens comprados que são utilizados na fabricação e/ou montagem do produto, inclusive a quantidade de cada item necessária. Esta é uma ação que pode ser realizada com o auxílio da equipe de trabalho, pois envolve a primeira intervenção com o produto a ser modularizado. Caso a empresa não tenha a lista de materiais disponível, é importante realizar um levantamento de todos os componentes que compõem o produto bem como suas quantidades e fornecedores, auxiliando assim a criação de uma lista de materiais para o produto.

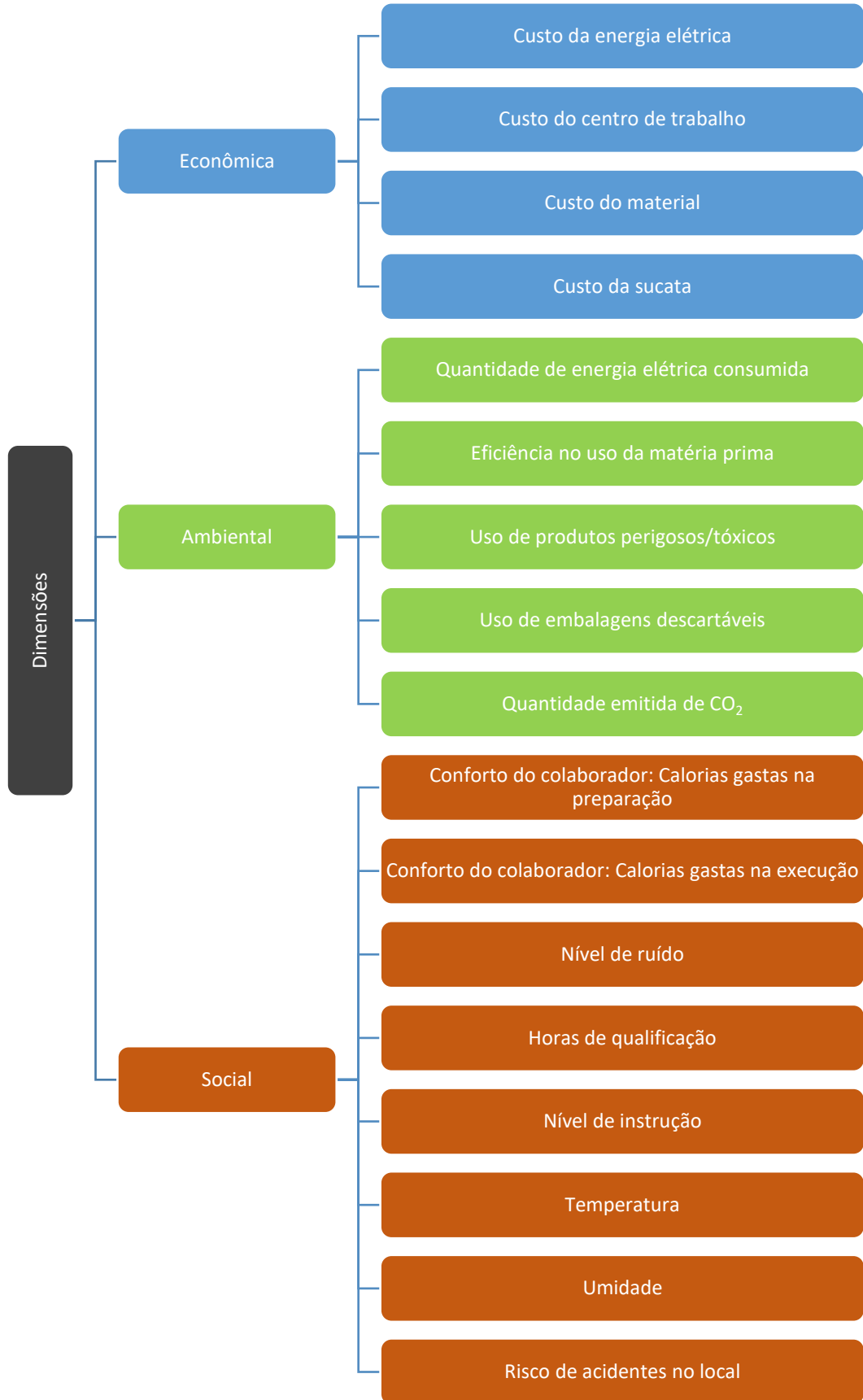
### **3.2.2. Definir os indicadores de sustentabilidade**

A segunda ação da Etapa de Decompor consiste em definir os indicadores de sustentabilidade que serão utilizados para gerar os respectivos índices e, posteriormente, realizar a modularização.

Neste sentido, o método utiliza indicadores que são diretamente atribuídos ao Tripé da Sustentabilidade, podendo-se assim avaliar os aspectos relacionados às dimensões ambiental, social e econômica do produto que está sendo analisado, e a triagem desses indicadores foi realizada com base na revisão da literatura específica sobre os aspectos sustentáveis apresentada na seção 2.2. A Figura 20 mostra os 17 indicadores estabelecidos dentro de suas respectivas dimensões.

Diferentes indicadores de sustentabilidade dos utilizados neste trabalho também podem ser considerados sempre que houver necessidade, da mesma maneira em que, caso preciso, indicadores hoje avaliados podem ser retirados da avaliação. Isso proporciona ao método versatilidade de escolha dos parâmetros e total adequação à real necessidade das empresas hoje, possibilitando até mesmo a comparação da evolução no processo de introdução de políticas sustentáveis aos processos de fabricação de produtos.

Figura 20 – Dimensões e Indicadores.



Fonte: (elaborado pelo autor)

Os indicadores de sustentabilidade utilizados podem ser divididos de acordo com sua característica: quantitativos e qualitativos. Nos quantitativos, os valores numéricos podem ser medidos e atribuídos por meio de medições locais nos respectivos centros de trabalho ou grupos de máquinas, catálogos das máquinas, e sistema interno da empresa. Nos qualitativos, os dados são construídos com a troca de informações entre os colaboradores de cada centro de trabalho, equipe de processo, equipe de produção, equipe de engenharia, e equipe de segurança do trabalho.

Com relação ao benefício ou prejuízo que o indicador pode revelar ao ser verificado, este é dividido em positivo ou negativo. Os indicadores positivos são considerados aqueles em que quanto maior o seu valor maior o benefício que ele traz, e os indicadores negativos são aqueles que quanto maior o seu valor menor será o benefício percebido. Todos os indicadores são considerados negativos, exceto os seguintes: eficiência no uso de matéria prima, horas de qualificação e nível de instrução (quanto maior esses índices, melhor o seu benefício).

Os indicadores devem ser estabelecidos para cada processo envolvido na fabricação de cada componente ou função, observando-se a decomposição realizada na etapa anterior.

Na dimensão econômica foram considerados os seguintes indicadores: Custo da Energia Elétrica, Custo do Centro de Trabalho, Custo do Material, e o Custo da Sucata. Todos os indicadores da dimensão econômica são quantitativos.

O indicador “Custo da Energia Elétrica” se refere ao valor gasto com a energia elétrica de uma máquina ou equipamento em função da sua potência, necessários para realizar uma ou mais operações em um determinado componente ou peça, considerando-se o tempo utilizado para a sua realização, bem como a tarifa da energia elétrica da operadora para o referido local.

O centro de trabalho ou centro de custo (ou “Grupo de Máquina”, como é chamado na empresa alvo da aplicação do método), é uma das maneiras encontradas pelas empresas de considerar a alocação de pessoas, recursos, máquinas e equipamentos, em um determinado espaço físico, como uma unidade de planejamento, sendo utilizada para atender as necessidades específicas de produto. Desta forma, o indicador “Custo do Centro de Trabalho” considera os tempos de preparação dos componentes e de operação de máquina em relação ao custo do centro de custo de cada centro de trabalho.

O terceiro indicador da dimensão econômica considera o custo da matéria prima utilizada para a fabricação de cada componente do produto, ou seja, o indicador “Custo do Material” é obtido em função da quantidade de material utilizado para a fabricação do devido componente em relação ao custo deste material.

O quarto indicador consiste na avaliação econômica da sucata gerada. Assim, o indicador “Custo da Sucata” considera o aproveitamento da matéria prima em relação aos processos de fabricação envolvidos em relação ao seu custo.

Na dimensão ambiental foram considerados os seguintes indicadores: Quantidade de Energia Elétrica consumida, Eficiência no uso da Matéria Prima, Uso de Produtos Perigosos/Tóxicos, Uso de Embalagens Descartáveis, e a Quantidade emitida de CO<sub>2</sub>.

O indicador “Quantidade de Energia Elétrica consumida” está relacionado ao consumo de energia elétrica e ao tempo de produção e execução necessários para se produzir uma peça ou componente, ou seja, considera o tempo em que a máquina estará operando. Já o indicador “Eficiência no uso da Matéria Prima” está relacionado diretamente ao aproveitamento da matéria prima utilizada na produção, observando-se os processos de remoção de material.

O indicador “Uso de Produtos Perigosos/Tóxicos” é analisado no decorrer do processo de produção dos componentes, considerando se em algum momento o operador do equipamento tem contato com algum tipo de produto como graxas, óleos, solventes, tintas, fluidos lubrificantes, etc. Este é um indicador qualitativo, pois é verificado mediante a observação do local de trabalho e da rotina do operador. Inicialmente é verificado se existe o contato e, posteriormente, analisado o nível com que este contato ocorre.

De forma semelhante ao tratamento e coleta de informações do indicador anterior, o indicador “Uso de Embalagens Descartáveis” para o transporte interno de componentes refere-se à utilização ou não de embalagens descartáveis para transportar peças ou componentes entre setores distintos dentro da empresa. Por se tratar de mais um indicador qualitativo, sua verificação é realizada através da observação da movimentação de peças e componentes de um setor para outro dentro da empresa.

O último indicador da dimensão ambiental é a “Quantidade emitida de CO<sub>2</sub>”, que considera o consumo de energia elétrica necessária em cada máquina ou equipamento para se produzir uma peça ou componente, em função do fator de emissão, estimado em 125g de CO<sub>2</sub> para cada 1 kWh gerado no Brasil, segundo Miranda (2012).

Na dimensão social, foram considerados os seguintes indicadores: Conforto do Colaborador: Calorias Gastas na Preparação, Conforto do Colaborador: Calorias Gastas na Execução, Nível de Ruído, Horas de Qualificação, Nível de Instrução, Temperatura, Umidade, e Risco de Acidentes no local.

O indicador “Conforto do colaborador: Calorias Gastas na Preparação” avalia a rotina de preparação das peças antes da execução da(s) operação(ões) em si, considerando o tipo de atividade que o colaborador realiza conforme o Quadro 17, que consta no Anexo III da NR15

– Atividades e Operações Insalubres. Conforme o tipo de atividade realizada, é considerada uma taxa de metabolismo diferente, que corresponde a uma quantidade de calorias consumidas, a qual é relacionada com o tempo necessário para a preparação da peça.

De forma semelhante ao indicador anterior, é avaliado também o “Conforto do colaborador: Calorias Gastas na Execução”, considerando-se o tempo em que a máquina realiza a operação e a atividade que o colaborador desenvolve no decorrer deste tempo.

Outro indicador avaliado na dimensão social é o “Nível de Ruído” verificado no local de trabalho durante as atividades desenvolvidas. Neste sentido, é avaliado o ruído máximo registrado na respectiva etapa de produção considerando o Anexo I da NR15 – Atividades e Operações Insalubres. Segundo a NR 15, os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibéis (dB) com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (SLOW), e as leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador.

Quadro 17 - Taxas de metabolismo por tipo de atividade.

<b><u>TAXA DE METABOLISMO POR TIPO DE ATIVIDADE</u></b>		
<b>TRABALHO</b>	<b>ATIVIDADE</b>	<b>Kcal/h</b>
	Sentado em repouso	100
LEVE	Sentado, movimentos moderados com braços e tronco	125
	Sentado, movimentos moderados com braços e pernas	150
	De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços	150
MODERADO	Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas	180
	De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação	175
	De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação	220
	Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar	300
PESADO	Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos	440
	Trabalho fatigante	550

Fonte: (adaptado de BRASIL, 2018)

É importante salientar que não é permitida exposição a níveis de ruído acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos. Desta forma, os modelos de protetor auricular utilizados pelos colaboradores devem ser observados, juntamente com os respectivos níveis de atenuação, considerando-se sempre seu uso da maneira correta.

Para o indicador “Horas de Qualificação”, deve ser avaliada a quantidade de horas recebidas de treinamentos e cursos pelo colaborador e que foram oportunizados pela empresa nos dois últimos anos. O indicador consiste no número de horas contabilizadas. Já o indicador “Nível de Instrução” tem por finalidade verificar o grau de instrução que o colaborador possui,

e deve ser verificado por meio de uma entrevista rápida com o próprio colaborador no seu local de trabalho.

Os indicadores “Temperatura” e “Humidade” devem ser verificados com instrumentos adequados em cada local de trabalho, ou seja, na altura e posição onde o trabalho é executado. O indicador “Risco de Acidentes no Local” considera os aspectos de segurança observados em cada local de trabalho pela equipe de trabalho como, por exemplo, as máquinas ou equipamentos instalados em seus arredores, o próprio local de trabalho, ferramentas adicionais utilizadas, e a movimentação e dimensão das peças.

### **3.2.3. Coletar os dados**

A coleta dos dados consiste na busca por informações necessárias para gerar os indicadores econômicos, sociais e ambientais que já foram definidos no passo anterior. Nesta ação a equipe de trabalho tem uma função de extrema importância, pois ela é responsável pela busca, coleta e identificação dos dados quantitativos e qualitativos de cada processo realizado e mapeado dos diversos componentes que compõem o produto.

Com a decomposição do produto já realizada e os componentes ou funções já identificados, é necessário coletar os dados que serão utilizados para formar os indicadores. Para cada componente ou função deve ser realizada a descrição dos processos de fabricação empregados e, para cada processo, verificados o tempo de preparação e o tempo de execução, ou seja, o tempo necessário para preparar as peças e/ou componentes pelo colaborador e o tempo de execução do processo propriamente dito (normalmente de máquina), respectivamente.

Nesta fase também são identificados os Grupos de Máquinas que fazem parte do processo produtivo. Um grupo de máquina pode ser considerado como todo e qualquer recurso disponível à produção, ou seja, pode ser desde uma única máquina até um grupo de máquinas, um operário ou um grupo de operários, uma bancada de trabalho, um equipamento ou conjunto de equipamentos. Como um grupo de máquina está alocado em um determinado espaço físico, as medições e verificações devem ocorrer neste espaço, envolvendo os recursos de produção ali disponíveis.

A Tabela 1 mostra os demais aspectos verificados bem como suas unidades de grandeza ou escalas de verificação. Com os dados coletados parte-se para a próxima etapa em que estes dados são analisados e tratados para iniciar o processo de modularização do produto.



Tabela 1 - Medições e verificações.

	Operação	10	20	30	40	50
		CORTAR	USINAR	JATEAR		operação n
	Unidades					
GRUPO DE MÁQUINA						
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )					
TEMPO MÁQUINA	( s )					
POTÊNCIA	( kW )					
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )					
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )					
MASSA PEÇA	( kg )					
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )					
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )					
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )					
TEMPERATURA	( °C )					
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )					
UMIDADE	( % )					
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )					
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )					
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )					
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )					
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )					

Fonte: (elaborado pelo autor)

### 3.3. 3ª ETAPA: FORMATAR

A terceira etapa compreende o processo de gerar os índices que serão utilizados para a modularização. Esta etapa é composta por três ações: gerar os índices individuais, gerar os índices brutos, e estabelecer os índices sustentáveis.

#### 3.3.1. Gerar os Índices Individuais

Os índices individuais são estabelecidos a partir dos dados coletados para cada processo de fabricação utilizado na produção dos elementos ou componentes de forma individual, ou seja, para cada operação realizada no componente será gerado um índice. O processo de verificação/obtenção dos índices individuais é exposto a seguir:

O índice individual para o indicador econômico Custo de Energia Elétrica é obtido por meio da Equação (1).

$$C_{EE} = t_{maq} \times P \times T_{ar} \quad (1)$$

onde:

$C_{EE}$  = Custo de Energia Elétrica [R\$]

$t_{maq}$  = Tempo de máquina [h]

$P$  = Potência [kW]

$T_{ar}$  = Tarifa da operadora [R\$/kWh]

O índice individual para o indicador econômico Custo do Centro de Trabalho pode ser calculado usando-se a Equação (2).

$$C_{CT} = (t_{prep} + t_{maq}) \times C_{CC} \quad (2)$$

onde:

$C_{CT}$  = Custo do Centro de Trabalho [R\$]

$t_{prep}$  = Tempo de preparação [h]

$t_{maq}$  = Tempo de máquina [h]

$C_{CC}$  = Custo do centro de custo [R\$/h]

O índice individual para o indicador econômico Custo do Material pode ser calculado pela Equação (3), assim como para o Custo da Sucata, usando-se a Equação (4). Os índices individuais referentes ao Custo do Material e ao Custo da Sucata são estabelecidos de forma semelhante, e ambos consideram a matéria prima utilizada ou descartada no processo.

$$C_M = m_{MP} \times C_{MP} \quad (3)$$

onde:

$C_M$  = Custo do Material [R\$]

$m_{MP}$  = Massa de matéria prima [kg]

$C_{MP}$  = Custo da Matéria Prima [R\$/kg]

$$C_S = (m_{MP} - m_P) \times R_S \quad (4)$$

onde:

$C_S$  = Custo da Sucata [R\$]

$m_{MP}$  = Massa de matéria prima [kg]

$m_P$  = Massa da peça [kg]

$R_S$  = Receita da sucata [R\$/kg]

Para o indicador ambiental Quantidade de Energia Elétrica Consumida, o índice individual pode ser obtido mediante a Equação (5).

$$Q_{EE} = t_{maq} \times P \quad (5)$$

onde:

$Q_{EE}$  = Quantidade de Energia Elétrica [kWh]

$t_{maq}$  = Tempo de máquina [h]

$P$  = Potência [kW]

Para o indicador ambiental Eficiência no Uso de Matéria Prima, o índice individual pode ser calculado usando-se a Equação (6).

$$E_{MP} = \left( \frac{\sum m_P}{\sum m_{MP}} \right) \times 100 \quad (6)$$

onde:

$E_{MP}$  = Eficiência no uso da Matéria Prima [%]

$m_P$  = Massa da peça [kg]

$m_{MP}$  = Massa de matéria prima [kg]

Os índices individuais para os indicadores ambientais Uso de produtos Perigosos/Tóxicos e Uso de Embalagens Descartáveis podem ser obtidos com o auxílio do

Quadro 18, o qual consiste em uma escala numérica de zero a nove, que indica o grau de exposição ou utilização destes produtos.

Quadro 18 - Escala para avaliação do grau de exposição/utilização.

ESCALA NUMÉRICA	INTENSIDADE	DESCRIÇÃO
0	Nenhum	Quando não existe.
1	Pequeno	Ocorre, mas é esporádico.
5	Médio	Ocorre com certa frequência, mas não é predominante.
9	Grande	Ocorre na maior parte do tempo.

Fonte: (elaborado pelo autor)

O índice individual do indicador ambiental Quantidade Emitida de CO<sub>2</sub> pode ser calculado por meio da Equação (7).

$$Q_{CO_2} = Q_{EE} \times F_{emissão} \quad (7)$$

onde:

$Q_{CO_2}$  = Quantidade emitida de CO<sub>2</sub> [gCO<sub>2</sub>e]

$Q_E$  = Quantidade de Energia Elétrica [kWh]

$F_{emissão}$  = Fator de emissão [gCO<sub>2</sub>e/KWh]

A Equação (8) mostra o cálculo do índice individual para o indicador social Conforto do colaborador: Calorias Gastas na Preparação.

$$CAL_{prep} = T_M \times t_{prep} \quad (8)$$

onde:

$CAL_{prep}$  = Calorias Gastas na Preparação [kcal]

$T_M$  = Taxa de metabolismo [kcal/h]

$t_{prep}$  = Tempo de preparação [h]

A Equação (9) mostra o cálculo do índice individual para o indicador social Conforto do colaborador: Calorias Gastas na Execução.

$$CAL_{prod} = T_M \times t_{maq} \quad (9)$$

onde:

$CAL_{prod}$  = Calorias Gastas na Execução [kcal]

$T_M$  = Taxa de metabolismo [kcal/h]

$t_{maq}$  = Tempo de máquina [h]

O índice individual para o indicador social Nível de Ruído é obtido usando-se a Equação (10), que descreve o nível de ruído a que está exposto o colaborador, considerando o uso do EPI.

$$R = R_M - A_{max} \quad (10)$$

onde:

$R$  = Nível de ação do Ruído [dB(A)]

$R_M$  = Ruído medido no local [dB(A)]

$A_{max}$  = Valor máximo de Atenuação do protetor auricular [dB(A)]

Os índices individuais para o indicador social Horas de Qualificação são obtidos diretamente por meio da quantidade de horas disponibilizadas pela empresa de cursos e treinamento, e para o Nível de Instrução podem ser obtidos com o auxílio do Quadro 19, que foi elaborado para facilitar o tratamento das informações e classifica o nível de instrução do(s) operador(es) em valores que vão de 1 a 9.

Com relação aos índices individuais dos indicadores sociais Temperatura e Umidade, os mesmos são obtidos mediante a medição com instrumento específico no local onde o trabalho é realizado.

Para o último indicador social, Risco de Acidentes no Local, seu índice individual é obtido através da observação do local de trabalho pela equipe de trabalho, onde uma nota entre

1 (um) e 10 (dez) deve ser estabelecida, considerando como 10 um ambiente com probabilidade maior de acontecer um acidente de trabalho, e 1 como um ambiente totalmente livre de riscos de acidentes.

Quadro 19 - Escala para nível de instrução.

NÍVEL DE INSTRUÇÃO	VALOR
Ensino fundamental	1
Ensino médio	3
Curso específico na área	5
Curso Técnico	7
Curso Superior	9
Níveis intermediários, podendo indicar a não conclusão do curso.	2, 4, 6, 8

Fonte: (elaborado pelo autor)

### 3.3.2. Gerar os Índices Brutos

Os índices brutos são gerados a partir dos índices individuais, porém, agora são consideradas todas as etapas de fabricação de cada componente. Nesta etapa os índices estabelecidos são classificados como positivos ou negativos, sendo considerados índices positivos aqueles em que quanto maior o seu valor melhor, e os índices negativos os que quanto maior o seu valor pior. Os valores melhor e pior estão relacionados ao próprio indicador avaliado. O processo de verificação/obtenção dos índices brutos é exposto a seguir.

Para gerar o índice bruto do indicador Custo da Energia Elétrica, é realizada a soma do custo da energia elétrica de cada processo de fabricação do componente analisado. O Quadro 20 mostra as informações necessárias para realizar este processo, bem como os campos a serem preenchidos na etapa da aplicação do método.

Quadro 20 - Dados para a obtenção do índice Custo da Energia Elétrica

<b>INDICADOR:</b> Custo da Energia Elétrica
<b>DIMENSÃO:</b> Econômica
<b>UNIDADE:</b> R\$
<b>CARACTERÍSTICA:</b> Quantitativo
<b>IMPACTO:</b> Negativo
<b>DADOS:</b> tempo de máquina, potência, tarifa da operadora.
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO:</b> Soma

Fonte: (elaborado pelo autor)

É considerado um impacto negativo não somente em relação ao aspecto econômico, que quanto mais energia elétrica utilizada maior o valor da conta de energia, mas também devido ao fato da geração da energia elétrica muitas vezes ser considerado como um processo que agride o meio ambiente. Ele possui sua característica como quantitativo por se tratar de um índice obtido através da coleta de dados nos referidos processos de fabricação empregados.

Os dados coletados para gerar o índice bruto do indicador Custo do Centro de Trabalho são apresentados no Quadro 21. Como mencionado anteriormente, esse indicador considera os tempos de preparação e de máquina juntamente com os custos envolvidos no centro de custo.

Quadro 21 - Dados para a obtenção do índice Custo do Centro de Trabalho

<b>INDICADOR:</b> Custo do Centro de Trabalho
<b>DIMENSÃO:</b> Econômica
<b>UNIDADE:</b> R\$
<b>CARACTERÍSTICA:</b> Quantitativo
<b>IMPACTO:</b> Negativo
<b>DADOS:</b> tempo de máquina, tempo de preparação, custo do centro de custo.
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO:</b> Soma

Fonte: (elaborado pelo autor)

Os índices referentes ao Custo do Material e ao Custo da Sucata são estabelecidos de forma semelhante, e ambos consideram a matéria prima utilizada ou descartada no processo. São indicadores quantitativos, e a obtenção do índice bruto é feita mediante a soma dos valores individuais de cada indicador, conforme mostra o Quadro 22 e o Quadro 23.

Quadro 22 - Dados para a obtenção do índice Custo do Material

<b>INDICADOR:</b> Custo do Material
<b>DIMENSÃO:</b> Econômica
<b>UNIDADE:</b> R\$
<b>CARACTERÍSTICA:</b> Quantitativo
<b>IMPACTO:</b> Negativo
<b>DADOS:</b> massa de matéria prima, custo da matéria prima.
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO:</b> Soma

Fonte: (elaborado pelo autor)

O Quadro 24 mostra as informações para calcular o índice bruto da Quantidade de Energia Elétrica Consumida, que é obtido por meio da soma relativa a cada processo.

Quadro 23 - Dados para a obtenção do índice Custo da Sucata

<b>INDICADOR:</b> Custo da Sucata
<b>DIMENSÃO:</b> Econômica
<b>UNIDADE:</b> R\$
<b>CARACTERÍSTICA:</b> Quantitativo
<b>IMPACTO:</b> Negativo
<b>DADOS:</b> massa da matéria prima, massa da peça, receita da sucata.
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO:</b> Soma

Fonte: (elaborado pelo autor)

Quadro 24 - Dados para a obtenção do índice Quantidade de Energia Elétrica Consumida.

<b>INDICADOR:</b> Quantidade de Energia Elétrica Consumida
<b>DIMENSÃO:</b> Ambiental
<b>UNIDADE:</b> kWh
<b>CARACTERÍSTICA:</b> Quantitativo
<b>IMPACTO:</b> Negativo
<b>DADOS:</b> tempo de máquina, potência.
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO:</b> Soma

Fonte: (elaborado pelo autor)

Para gerar o índice bruto do indicador Eficiência no Uso de Matéria Prima, é analisada a relação entre a massa da peça e a massa da matéria prima de forma proporcional, ou seja, é considerado um índice quantitativo. Ele possui a característica de positivo, pois quanto maior o valor do índice bruto melhor é o aproveitamento do material utilizado. O Quadro 25 mostra os dados necessários para gerar o índice bruto.

Quadro 25 - Dados para a obtenção do índice Eficiência no Uso de Matéria Prima.

<b>INDICADOR:</b> Eficiência no Uso de Matéria Prima
<b>DIMENSÃO:</b> Ambiental
<b>UNIDADE:</b> %
<b>CARACTERÍSTICA:</b> Quantitativo
<b>IMPACTO:</b> Positivo
<b>DADOS:</b> massa da peça, massa da matéria prima.
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO:</b> Média

Fonte: (elaborado pelo autor)



Os índices individuais dos indicadores Uso de produtos Perigosos/Tóxicos e Uso de Embalagens Descartáveis são utilizados para gerar seus respectivos índices brutos por meio das suas respectivas médias. Ambos são considerados qualitativos, pois se baseiam na observação do local de trabalho, tendo impactos negativos pois quanto maior o grau de exposição/utilização em relação a esses produtos maior o impacto ambiental. Os dados para a obtenção destes dois indicadores podem ser vistos no Quadro 26 e no Quadro 27.

Quadro 26 - Dados para a obtenção do índice Uso de produtos Perigosos/Tóxicos.

<b>INDICADOR:</b> Uso de Produtos Perigosos/Tóxicos
<b>DIMENSÃO:</b> Ambiental
<b>UNIDADE:</b> grau de exposição segundo a escala 0, 1, 5 e 9.
<b>CARACTERÍSTICA:</b> Qualitativo
<b>IMPACTO:</b> Negativo
<b>DADOS:</b> produtos tóxicos/perigosos observados.
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO:</b> Média

Fonte: (elaborado pelo autor)

Quadro 27 - Dados para a obtenção do índice Uso de Embalagens Descartáveis.

<b>INDICADOR:</b> Uso de Embalagens Descartáveis
<b>DIMENSÃO:</b> Ambiental
<b>UNIDADE:</b> grau de utilização segundo a escala 0, 1, 5 e 9.
<b>CARACTERÍSTICA:</b> Qualitativo
<b>IMPACTO:</b> Negativo
<b>DADOS:</b> embalagens utilizadas no transporte interno.
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO:</b> Média

Fonte: (elaborado pelo autor)

Para gerar o índice bruto referente ao indicador Quantidade Emitida de CO<sub>2</sub>, é realizada a soma dos valores de emissão de CO<sub>2</sub> equivalente de cada processo de fabricação do componente analisado. Ele tem característica quantitativa e seu impacto é considerado negativo. É avaliado com base na quantidade de energia elétrica utilizada e no fator de emissão, como mostra o Quadro 28.

Quadro 28 - Dados para a obtenção do índice Quantidade emitida de CO<sub>2</sub>

<b>INDICADOR:</b> Quantidade Emitida de CO <sub>2</sub>
<b>DIMENSÃO:</b> Ambiental
<b>UNIDADE:</b> gCO <sub>2</sub> e
<b>CARACTERÍSTICA:</b> Quantitativo
<b>IMPACTO:</b> Negativo
<b>DADOS:</b> quantidade de energia elétrica, fator de emissão.
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO:</b> Soma

Fonte: (elaborado pelo autor)

O índice bruto para o indicador social Conforto do colaborador: Calorias Gastas na Preparação é calculado por meio da soma das calorias gastas pelo operador na preparação das peças e componentes em cada um dos processos envolvidos na fabricação do próprio componente, e possui característica quantitativa. O Quadro 29 mostra os dados para a obtenção do índice bruto deste indicador.

Quadro 29 - Dados para a obtenção do índice Conforto do colaborador: Calorias Gastas na Preparação.

<b>INDICADOR:</b> Calorias gastas na preparação
<b>DIMENSÃO:</b> Social
<b>UNIDADE:</b> kCal/h.
<b>CARACTERÍSTICA:</b> Quantitativo
<b>IMPACTO:</b> Negativo
<b>DADOS:</b> tempo e taxa de metabolismo na preparação
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO:</b> Soma

Fonte: (elaborado pelo autor)

Da mesma forma que para o índice anterior, o indicador Conforto do colaborador: Calorias Gastas na Execução é calculado conforme mostra o Quadro 30.

Quadro 30 - Dados para a obtenção do índice Conforto do colaborador: Calorias Gastas na Execução.

<b>INDICADOR:</b> Calorias gastas na execução
<b>DIMENSÃO:</b> Social
<b>UNIDADE:</b> kCal/h.
<b>CARACTERÍSTICA:</b> Quantitativo
<b>IMPACTO:</b> Negativo
<b>DADOS:</b> tempo e taxa de metabolismo na execução
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO:</b> Soma

Fonte: (elaborado pelo autor)

Para o indicador Nível de Ruído o índice bruto é calculado mediante a média dos valores de ruído considerando-se o valor e atenuação dos EPIs, como mostra o Quadro 31.

Quadro 31 - Dados para a obtenção do índice Nível de Ruído.

<b>INDICADOR: Nível de Ruído</b>
<b>DIMENSÃO:</b> Social
<b>UNIDADE:</b> dB(A)
<b>CARACTERÍSTICA:</b> Quantitativo
<b>IMPACTO:</b> Negativo
<b>DADOS:</b> ruído verificado e fator de atenuação do EPI.
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO:</b> Média

Fonte: (elaborado pelo autor)

Para os indicadores Horas de Qualificação e Nível de Instrução, os respectivos índices brutos são gerados por meio da média dos valores coletados para os dois indicadores, e possuem característica quantitativa, como mostra o Quadro 32 e o Quadro 33.

Quadro 32 - Dados para a obtenção do índice Horas de Qualificação.

<b>INDICADOR: Horas de Qualificação</b>
<b>DIMENSÃO:</b> Social
<b>UNIDADE:</b> h
<b>CARACTERÍSTICA:</b> Quantitativo
<b>IMPACTO:</b> Positivo
<b>DADOS:</b> horas de treinamento e cursos.
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO:</b> Média

Fonte: (elaborado pelo autor)

Quadro 33 - Dados para a obtenção do índice Nível de Instrução.

<b>INDICADOR: Nível de Instrução</b>
<b>DIMENSÃO:</b> Social
<b>UNIDADE:</b> escala para nível de instrução entre 1 e 9
<b>CARACTERÍSTICA:</b> Quantitativo
<b>IMPACTO:</b> Positivo
<b>DADOS:</b> entrevista com o colaborador.
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO:</b> Média

Fonte: (elaborado pelo autor)

Com relação aos indicadores sociais Temperatura e Umidade, são indicadores considerados quantitativos e os seus respectivos índices brutos são gerados mediante a média dos valores obtidos em cada processo, como mostra o Quadro 34 e o Quadro 35.

Quadro 34 - Dados para a obtenção do índice Temperatura.

<b>INDICADOR: Temperatura</b>
<b>DIMENSÃO: Social</b>
<b>UNIDADE: °C</b>
<b>CARACTERÍSTICA: Quantitativo</b>
<b>IMPACTO: Negativo</b>
<b>DADOS: temperatura verificada.</b>
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO: Média</b>

Fonte: (elaborado pelo autor)

Quadro 35 - Dados para a obtenção do índice Umidade.

<b>INDICADOR: Umidade</b>
<b>DIMENSÃO: Social</b>
<b>UNIDADE: %</b>
<b>CARACTERÍSTICA: Quantitativo</b>
<b>IMPACTO: Negativo</b>
<b>DADOS: umidade relativa verificada.</b>
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO: Média</b>

Fonte: (elaborado pelo autor)

O índice bruto para o indicador Risco de Acidentes no Local é calculado por meio da média das avaliações de risco realizadas em cada centro de trabalho. Por sua obtenção corresponder a um processo de observação do trabalho, sua característica é qualitativa, como mostra o Quadro 36.

Quadro 36 - Dados para a obtenção do índice Risco de Acidente no Local.

<b>INDICADOR: Risco de Acidente no Local</b>
<b>DIMENSÃO: Social</b>
<b>UNIDADE: escala entre 1 e 10.</b>
<b>CARACTERÍSTICA: Qualitativo</b>
<b>IMPACTO: Negativo</b>
<b>DADOS: Processo de observação.</b>
<b>OBTENÇÃO DO ÍNDICE BRUTO: Média</b>

Fonte: (elaborado pelo autor)

### 3.3.3. Estabelecer os Índices Sustentáveis

Após serem gerados os índices individuais e conseqüentemente os índices brutos, os índices sustentáveis podem ser estabelecidos. Como já visto anteriormente, os indicadores podem ser “positivos” ou “negativos”. Desta forma, para os índices sustentáveis negativos é realizada a padronização dos índices conforme a Equação (11) e, assim, cada índice assume um valor entre 0 e 9.

$$I_{AMB_{nm}} = \left( \frac{I_{BRU_{nm}}}{MV} \right) \times VME \quad (11)$$

onde:

$I_{AMB_{nm}}$  = Índice ambiental do indicador “n” do componente “m”

$I_{BRU_{nm}}$  = Índice bruto do indicador “n” do componente “m”

$MV$  = Maior valor dentro do conjunto de dados

$VME$  = Valor máximo da escala (definido como 9)

No caso de indicadores positivos, deve-se considerar o inverso dos valores dos índices sustentáveis para a padronização dos índices, conforme a Equação (12).

$$I_{AMB_{nm}} = \left( \frac{(MV - I_{BRU_{nm}})}{MV} \right) \times VME \quad (12)$$

## 3.4. 4ª ETAPA: INTEGRAR

A etapa de integração corresponde ao processo de modularização propriamente dito. Nesta etapa são realizadas três ações: a primeira consiste em agregar o índice da dimensão emocional, a segunda em realizar a modularização, e a terceira em analisar os resultados.

### 3.4.1. Agregar os Índices da Dimensão Emocional

Com os indicadores das dimensões econômica, ambiental e social já definidos e seus respectivos índices já estabelecidos, é preciso considerar a relação que esses indicadores possuem com as expectativas e necessidades do cliente, ou seja, estabelecer a relação entre os indicadores sustentáveis e a forma com que os clientes percebem o produto.

Ao questionar o cliente referente a um determinado produto sobre os aspectos sustentáveis ali presentes e importantes, muitas vezes ele não consegue relacionar as suas expectativas e necessidades diretamente com a sustentabilidade, até porque seu foco está no resultado direto que o produto poderá proporcionar quando adquirido, e não nos processos de fabricação realizados até o momento. Por este motivo, no processo de modularização, é adicionado e considerado juntamente com os indicadores sustentáveis o indicador da dimensão emocional, que consiste em analisar a maneira com que os clientes percebem o produto.

Assim, para cada requisito identificado através dos questionários respondidos com o Modelo de Kano deve-se estabelecer as características ou propriedades do produto que o satisfarão (semelhante ao QFD – Desdobramento da Função da Qualidade: quanto maior a relação, maior será o valor atribuído, e quanto menor for a relação entre eles, menor o valor, considerando-se valores compreendidos entre 0 e 9). É importante para a efetivação do método proposto em considerar a sustentabilidade como princípio para a modularização, que cada propriedade derivada do respectivo requisito deva possuir alguma relação com os indicadores sustentáveis.

Desta forma, sugere-se que para cada característica analisada sejam estabelecidas relações com pelo menos um indicador econômico, um indicador ambiental e um indicador social. Caso não ocorra a relação, sugere-se revisar o procedimento. Para dar relevância ao que mais importa é utilizado aqui o nível de importância verificado para cada requisito estabelecido na primeira etapa, como mostra o Quadro 13. Assim, ao estabelecer a relação, pode-se verificar a importância desta percebida pelo cliente.

Desta maneira, cada requisito do cliente é relacionado aos indicadores ambientais, sociais e econômicos, reforçando a ideia de estabelecer um processo de modularização estruturada no Tripé da Sustentabilidade.

### **3.4.2. Realizar a modularização**

A segunda ação da Etapa Integrar refere-se especificamente ao processo de modularização. Nesta etapa todos os índices são reunidos em uma tabela que será usada posteriormente para a identificação dos módulos. O objetivo é agrupar esses índices considerando-se alguma medida de proximidade ou semelhança, minimizando as distâncias dentro dos grupos e maximizando as distâncias entre os grupos.

Em razão da quantidade de dados, é necessária a utilização de um software estatístico para realizar os agrupamentos. Para isso é utilizado o Software Action Stat<sup>®</sup>, um software

estatístico construído sob a plataforma R, e que está conectado com o Microsoft® Excel, facilitando a sua utilização por ter uma interface já conhecida dos usuários, e pelo fato de que o método apresentado neste trabalho ficará disponível a empresas que desejem utilizá-lo.

Neste caso é aplicado um método hierárquico que utiliza um algoritmo aglomerativo que, ao considerar a semelhança entre os elementos, os agrupa entre si de acordo com a proximidade entre os indivíduos. Como parâmetros são utilizados a Distância Euclidiana e o Método Completo. A Distância Euclidiana é a distância em linha reta entre dois pontos que representam os objetos, e o Método Completo considera a maior distância entre seus membros de um agrupamento em relação ao outro, e tem como tendência formar grupos compactos em que os ruídos dificilmente são percebidos.

O número de grupos depende diretamente da quantidade de elementos ou funções estabelecidas no processo de decomposição, e deve ser avaliado em cada caso, considerando não somente o tipo de produto, mas também os objetivos da modularização e a disposição da empresa em ter uma quantidade maior ou menor de grupos. Nesta etapa novamente a equipe de trabalho deve intervir se necessário para definir o número de grupos ideal. Como resultado desse agrupamento é gerado um dendrograma, em que pode-se identificar de forma visual os grupos formados e suas distâncias obtidas mediante a similaridade encontrada.

### **3.4.3. Analisar os resultados**

A última ação a ser desenvolvida no método proposto consiste em realizar uma análise do processo de modularização, mais especificamente dos resultados obtidos, e definir estratégias para o futuro do produto. Após a identificação dos grupos gerados por meio do dendrograma, é preciso realizar uma análise detalhada para verificar se ocorreram ou não desvios, bem como proporcionar melhorias ao processo de modularização como um todo.

Neste sentido, cada grupo deve ser avaliado individualmente e verificada a possibilidade de formar ou não um módulo. Os módulos nem sempre podem ser formados por apenas um grupo, da mesma forma que um grupo não necessariamente formará apenas um módulo.

Para definir novas estratégias com relação ao futuro do produto, pode-se utilizar a categoria do requisito juntamente com as frequências das respostas dos clientes para as três perguntas realizadas na seção 3.1.3. (Quadro 16), a fim de compreender quais requisitos tem maior influência para o cliente no momento da compra do produto em relação aos seus concorrentes, e também para estabelecer as prioridades com que essas estratégias devem ser

executadas. Essa decisão pode ser reforçada pela avaliação dos níveis de satisfação Quadro 12 e pelos níveis de importância (Quadro 13) verificados, pois, desta forma, é compreendido como o cliente vê o produto atual e o que ele considera mais importante no produto no momento da escolha da compra, respectivamente.

Desta forma, os requisitos devem ser avaliados frente cada um dos módulos gerados, e o(s) módulo(s) que melhor estabelece(m) essa relação deve(m) ser identificado(s). Para classificar as ações são utilizados os seguintes critérios, em ordem de importância: Categoria do requisito (através da regra  $M > O > A > I$ ), frequência da categoria, nível de satisfação e nível de importância.

Com as quatro etapas do método proposto para a modularização de produtos estabelecidas e delimitadas, bem como definidas as devidas ações a serem realizadas em cada etapa, a aplicação do mesmo à produtos é importante para verificar a maneira como o método irá se apresentar e os resultados que ele irá proporcionar, o que será tratado no próximo capítulo.



#### 4. APLICAÇÃO DO MÉTODO

Como forma de avaliação do método proposto, o mesmo foi aplicado em uma empresa de médio porte localizada no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. A empresa é líder nacional em soluções logísticas para a movimentação de cargas e materiais, atendendo às demandas do mercado industrial, agrícola e florestal, além de produzir soluções customizadas. Dentre seus produtos estão:

Linha Agrícola: plataformas de descarga – tombadores, dispositivos de segurança para plataformas de descarga, sistema de registro eletrônico para plataformas de descarga, coletores de amostras, desenlonadores, basculadores de container, e usomix - sistema completo para transferência de grãos.

Linha Industrial: equipamentos para empilhadeiras e carregadeiras (aparelho giratório, basculador lateral e frontal, caçamba hidráulica, empilhador trilateral, e garras para blocos de concreto, bobinas de papel, fardos, rodas, tambores, caixas, eletrodomésticos, etc.), niveladoras de docas e plataformas elevadoras, equipamentos para pontes rolantes, pórticos, talhas e guindastes, elevadores para ônibus e caminhões, equipamentos para construção civil, e equipamentos para movimentação manual.

Linha Florestal: guias florestais, autocarregáveis, carretas, garras e rotatores, equipamentos para carregadeiras, cabos aéreos, torres, guinchos de arraste, e equipamentos para o preparo do solo.

Soluções customizadas: máquina limpa grades, estações para a movimentação de cargas, manipuladores de cargas, mesas basculantes, garras especiais, plataforma deslocadora, e quebrador hidráulico de pilares de concreto.

O método proposto foi aplicado em dois produtos da empresa, e os seus respectivos processos de modularização são descritos nas seções a seguir.

##### 4.1. APLICAÇÃO DO MÉTODO: GARRA HIDRÁULICA PARA FARDOS

Como já visto no Capítulo 3, a aplicação do método consiste na realização de quatro etapas: 1ª Etapa: Avaliar; 2ª Etapa: Decompor; 3ª Etapa: Formatar, e 4ª Etapa: Integrar, as quais são descritas a seguir.

#### 4.1.1. 1ª Etapa: Avaliar - GHS

Para uma melhor organização das ações dentro da empresa, foi dividida a intervenção em setores e, a partir desses setores, uma equipe de trabalho heterogênea foi formada, buscando a experiência individual de cada colaborador da empresa na sua rotina diária. Neste processo foram acompanhados os seguintes setores: engenharia, comercial, processo e produção. A formação da equipe pode ser observada no Quadro 37.

Quadro 37 - Perfil da equipe de trabalho - GHS.

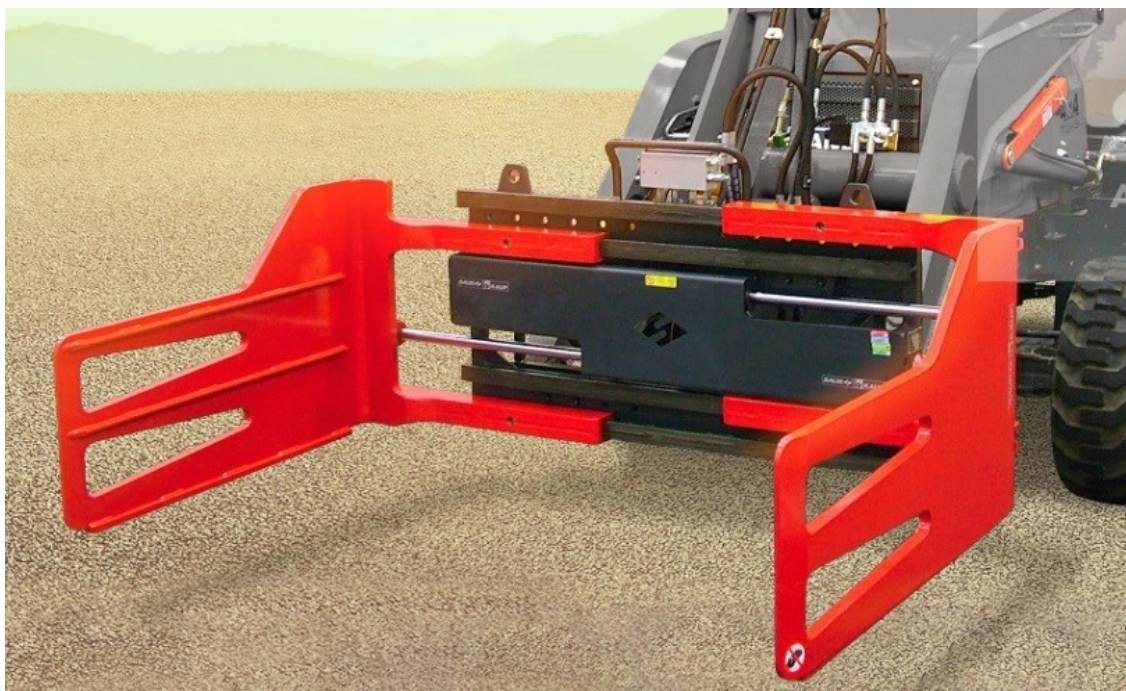
FORMAÇÃO	FUNÇÃO	EXPERIÊNCIA
Eng. Mecânico	Gerente de Projetos	Gerenciamento de projetos.
	Supervisor	Engenharia de processos.
	Consultor	Projeto sustentável.
	Apoiador	Projeto e manufatura sustentável.
	Projetista	Projetos especiais, ferramentas e protótipos.
Eng. Produção Mecânica	Projetista	Projetos de equipamentos.
Eng. Mecânico (incompleto)	Projetista	Projetos novos e customizados.
	Processos	Engenharia de processos.
Bacharel em direito.	Vendedor externo	Vendas e relacionamento com o cliente.
Técnico Mecânico / Arquiteto	Projetista	Projetos da linha industrial.

Fonte: (elaborado pelo autor)

Após a formação da equipe de trabalho, o produto alvo do estudo foi definido: a Garra Hidráulica para Fardos (GHS), mostrada na Figura 21. A GHS foi escolhida por se tratar de um produto que a empresa tem uma grande demanda e sua fabricação é constante. Além disso, há um interesse por parte da gerência da empresa no estudo e aprimoramento do produto, o que de fato é muito importante para o bom desempenho do método durante sua aplicação na empresa, tendo em vista a quantidade de informações necessárias a serem coletadas.

As Garras Hidráulicas para Fardos representam rapidez e praticidade nas operações, geram menos danos nos produtos e proporcionam melhor aproveitamento de espaço sem uso de paletes. Este equipamento pode ser aplicado no manuseio de fardos de algodão, lã, fibras sintéticas, celulose, aparas de papel, feno e bagaço de cana, blocos de sucata, blocos de espuma, entre outros. Os braços destas garras são produzidos em aço de alta resistência, e as mesmas podem ser instaladas em empilhadeiras, pás-carregadeiras e retroescavadeiras. (SAUR, 2018).

Figura 21 - Garra Hidráulica para Fardos.



Fonte: Catálogo de Produtos Saur, 2018.

A GHS pode ser utilizada para movimentação de fardos, caixas, eletrodomésticos, rodas, tijolos, telhas e tambores. Dentre os modelos produzidos pela empresa foi escolhido o modelo GHS 20 FA, que possui capacidade de carga de 2000 kg e abertura de 580mm a 1820mm, e sua massa é de 420 Kg (SAUR, 2018).

Para saber se o produto possui características modulares, o questionário do Quadro 10 foi utilizado em conjunto com a equipe de trabalho. As respostas foram positivas em relação ao gabarito proposto, indicando o processo de modularização como viável para o produto.

As necessidades e expectativas do cliente foram identificadas mediante o Modelo de Kano, utilizando-se o questionário com três perguntas visto na Seção 3.1.3. O questionário pode ser visto no APÊNDICE A, e as respostas para essas perguntas podem ser visualizadas no Quadro 38 de forma agrupada.

Ao analisar as respostas percebe-se que algumas acabam se repetindo. Neste caso é realizada a análise dessas respostas e a verificação dos principais requisitos a serem considerados para as etapas posteriores. Nesta ação a equipe de trabalho foi consultada a fim de evitar inconsistências considerando sua experiência no produto. Os requisitos elencados pela equipe de projeto são observados no Quadro 39.

Quadro 38 - Respostas sobre as expectativas e necessidades do cliente.

PERGUNTA	RESPOSTAS AGRUPADAS
Quais problemas / defeitos / reclamações o cliente associa ao uso da GHS?	<p>Vazamento no Sistema hidráulico.            Danos aos produtos manipulados devido ao excesso de pressão.            Queda da carga devido à queda de pressão.            Vazamento em terminais de mangueiras.            Marcas e danos aos produtos devido ao aperto necessário para a movimentação.            Visibilidade do operador reduzida.            Assincronismo da abertura dos braços.            Danos ao produto.</p>
Que critérios o cliente leva em consideração ao comprar uma GHS?	<p>Capacidade de carga.            Abertura máxima e mínima dos braços.            Comprimento e largura dos braços.            Necessidade de operação.            Produtividade.            Qualidade do equipamento.            Design.            Durabilidade.            Preço.            Pós-vendas.            Velocidade de abertura e fechamento dos braços.            Preço.            Pouca manutenção.            Qualidade.            Serviço de pós-vendas.</p>
Que mudanças você faria na GHS ou que novos recursos/capacidades adicionaria?	<p>Compactar a válvula.            Tamanhos de braços.            Desenvolver um sistema eletrônico para controle da pressão da garra.            Flexibilidade no posicionamento da válvula de alívio e de retenção.            Instalação hidráulica utilizando tubulação rígida.            Remodelagem do design.            Nenhuma no momento.</p>

Fonte: (elaborado pelo autor)

Quadro 39 - Requisitos do cliente para a GHS.

<p>Danos ao produto.            Design da garra.            Serviço de pós-vendas.            Sistema de controle de pressão da garra.            Vazamento de óleo no sistema hidráulico.            Sincronismo de abertura/fechamento dos braços da garra.            Manutenção.            Velocidade de abertura/fechamento dos braços.</p>
---

Fonte: (elaborado pelo autor)

Após estabelecer os requisitos, o segundo questionário do Modelo de Kano é aplicado para entender o grau de expectativa e como é a percepção do cliente para esses requisitos. O questionário de satisfação completo encontra-se no APÊNDICE B.

Com os questionários respondidos parte-se para a avaliação dos requisitos de acordo com o Quadro de Avaliação de Kano (Quadro 14) que, ao confrontar as perguntas funcionais com as perguntas disfuncionais, estabelece a classificação dos requisitos. O resultado desta análise é ilustrado no Quadro 40.

Quadro 40 - Resultado do Quadro de Avaliação de Kano para a GHS.

GHS		REQUISITOS							
		Danos ao produto	Design da garra	Pós vendas	Sistema de controle de pressão	Vazamento de óleo no sistema hidráulico	Sincronismo de abertura/fechamento dos braços	Manutenção	Velocidade de abertura/fechamento dos braços
CLIENTE	1	O	A	O	O	O	O	O	O
	2	O	I	O	I	M	I	A	I
	3	M	A	M	A	M	M	A	O
	4	O	A	O	O	O	A	A	A
	5	O	O	O	O	M	O	O	O

Legenda: (O) Unidimensional; (A) Atrativo; (M) Obrigatório; (R) Reverso; (I) Indiferente; (Q) Questionável.

Fonte: (elaborado pelo autor)

O Quadro 41 mostra as frequências com que as respostas aparecem, e as categorias relativas a essas frequências, facilitando a interpretação do questionário.

Quadro 41 - Frequências das respostas dos clientes para a GHS.

GHS		REQUISITOS							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Danos ao produto	Design da garra	Pós vendas	Sistema de controle de pressão	Vazamento de óleo no sistema hidráulico	Sincronismo de abertura/fechamento dos braços	Manutenção	Velocidade de abertura/fechamento dos braços
FREQUÊNCIA DAS RESPOSTAS	A	0%	60%	0%	20%	0%	20%	60%	20%
	O	80%	20%	80%	60%	40%	40%	40%	60%
	M	20%	0%	20%	0%	60%	20%	0%	0%
	I	0%	20%	0%	20%	0%	20%	0%	20%
	R	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Q	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	CATEGORIA	O	A	O	O	M	O	A	O

Fonte: (elaborado pelo autor)

Ao analisar o Quadro 41 de forma inicial, é verificado que os requisitos 2 e 7 foram classificados como Atrativos, os requisitos 1, 3, 4, 6 e 8 como Unidimensionais, e apenas o requisito 5 como Obrigatório.

Observa-se que os requisitos 1 e 3, danos ao produto e pós-vendas, respectivamente, contemplam 80% de requisitos Unidimensionais, ou seja, se eles estão presentes a satisfação do cliente aumenta proporcionalmente, e quanto maior o nível de cumprimento do requisito

maior a satisfação do cliente. Isto se dá pelo fato de que, em relação ao requisito 1, o cliente não gostaria em hipótese alguma que a garra afetasse ou danificasse o produto, o que descaracterizaria completamente a função da garra; e em relação ao requisito 3, a empresa desenvolver um trabalho individual com cada cliente no sentido de acolhida e satisfação plena.

Outros requisitos que tiveram pontuação maior em relação aos demais no campo Unidimensional foram os requisitos 4, 6 e 8: sistema de controle de pressão, sincronismo de abertura/fechamento dos braços, e velocidade de abertura/fechamento dos braços, respectivamente.

Os requisitos 2 e 7 (design na garra e manutenção, respectivamente) tiveram sua maior pontuação destacados como Atrativos, ou seja, eles podem atrair consumidores mas não são os requisitos que irão influenciar na decisão de compra ou não do produto. Percebe-se então que as vendas da garra ocorrem em primeiro lugar pelo seu funcionamento e não pelo seu design e, quanto à manutenção, esta é reduzida e se dá apenas depois de um certo tempo de uso.

Apenas o requisito 5, vazamento de óleo no sistema hidráulico, ficou elencado como Obrigatório, pois, se isto ocorrer, certamente o cliente ficará insatisfeito, pois o vazamento, além da sujeira gerada e possível comprometimento do meio ambiente, pode acarretar em problemas com praticamente todos os outros requisitos.

Para cada requisito avaliado sob a sua forma positiva ou negativa em relação a cumprimento ou não do próprio requisito, o estado atual do produto também é avaliado. Como mencionado na seção 3.1.3, para esta avaliação é utilizada uma variação da Escala Likert, que vai do valor 1 até o valor 7, sendo o valor 1 usado para completamente insatisfeito e o valor 7 para excelente.

O Quadro 42 mostra as respostas dos questionários para o nível de importância e para o nível de satisfação para a GHS. Todos os requisitos, com exceção do requisito serviço de pós-vendas, obtiveram o nível de satisfação “muito satisfeito”, ou seja, valores muito próximos do valor máximo da escala.

Quadro 42 – Níveis de satisfação e importância: GHS.

GHS	REQUISITOS							
	Danos ao produto	Design da garra	Serviço de Pós vendas	Sistema de controle de pressão	Vazamento de óleo no sistema hidráulico	Sincronismo de abertura / fechamento dos braços	Manutenção	Velocidade de abertura / fechamento dos braços
Nível de Satisfação	6	6	5	6	6	6	6	6
Nível de Importância	7	4	7	6	7	6	6	5

Fonte: (elaborado pelo autor)

Como mencionado anteriormente, apenas o requisito serviço de pós-vendas foi avaliado abaixo dos outros requisitos. Contudo, isso não chega a minimizar o serviço oferecido para o produto atual, pois na avaliação geral do produto o nível de satisfação continua sendo “muito satisfeito”. Considerando que este requisito alcançou uma porcentagem elevada em relação aos demais (80%), como visto no Quadro 41, e foi considerado como um requisito unidimensional, é fundamental que o serviço de pós-vendas seja analisado, e possíveis falhas sejam verificadas.

Ao considerar que os requisitos unidimensionais são os requisitos que trazem maior satisfação aos clientes, e essa satisfação é proporcional ao seu desempenho, percebe-se a importância destes requisitos para o sucesso do produto. Neste sentido, o último questionário aplicado aos clientes pode ser utilizado no sentido de reforçar esta ideia.

Analisando-se as informações dos níveis de importância destes requisitos percebidos, observa-se para os requisitos Danos ao produto e Pós-vendas, os quais tiveram um percentual elevado de indicação como Unidirecionais (80% cada), um nível de importância máximo na escala, ou seja, evidenciando ainda mais a importância que estes requisitos tem para a satisfação do consumidor.

Já nos níveis de importância analisados para os requisitos Sistema de controle de pressão da garra, Sincronismo da abertura/fechamento dos braços da garra, e Velocidade de abertura/fechamento dos braços da garra, pode-se identificar valores de importância entre 5 e 6, e que também são considerados requisitos Unidimensionais, os quais obtiveram indicação no Quadro 41 de 60%, 40% e 60%, respectivamente.

O requisito Vazamento de óleo no sistema hidráulico obteve um nível de importância 7, e esse valor confirma a importância de ter sido considerado um requisito obrigatório. Para o requisito Design da garra e para o requisito Manutenção, ambos considerados como requisitos atrativos, os níveis de importância verificados foram de 4 e 6, respectivamente.

#### **4.1.2. 2ª Etapa: Decompor - GHS**

A segunda etapa do método consiste em três ações: decompor o produto, definir os indicadores de sustentabilidade, e coletar os dados, conforme visto na seção 3.2.

Nesta etapa foi utilizada a decomposição física do produto em componentes com o auxílio da lista de peças da GHS. Esta ação foi desenvolvida inicialmente por meio da análise de desenhos cedidos pela empresa em que constam todos os componentes da GHS e, posteriormente, pela observação do produto nas diversas etapas que constituem o seu processo

de fabricação. O Quadro 43 elenca os elementos oriundos do resultado da decomposição, e a Figura 22 auxilia na identificação dos componentes da GHS.

Sobre a decomposição, alguns componentes podem ser utilizados mais de uma vez na montagem da garra. Sendo assim, para esses componentes a sua quantidade é considerada posteriormente, quando da geração dos indicadores e índices sustentáveis.

Quadro 43 – Decomposição da GHS em elementos.

BRAÇO
FIXADOR
CHAPA DE DESGASTE
PRESILHA SUPERIOR DIREITA COM
TRAVA
PRESILHA SUPERIOR ESQUERDA
PRESILHA INFERIOR
GUIA MÓVEL
CALÇO BASE
CILINDRO
CONJUNTO PASTILHA
VALVULA DE CONTROLE
CONJ. INSTALAÇÃO HIDRÁULICA
ACESSÓRIOS DE IDENTIFICAÇÃO
CONJUNTO TRAVA
CORPO

Fonte: (elaborado pelo autor)

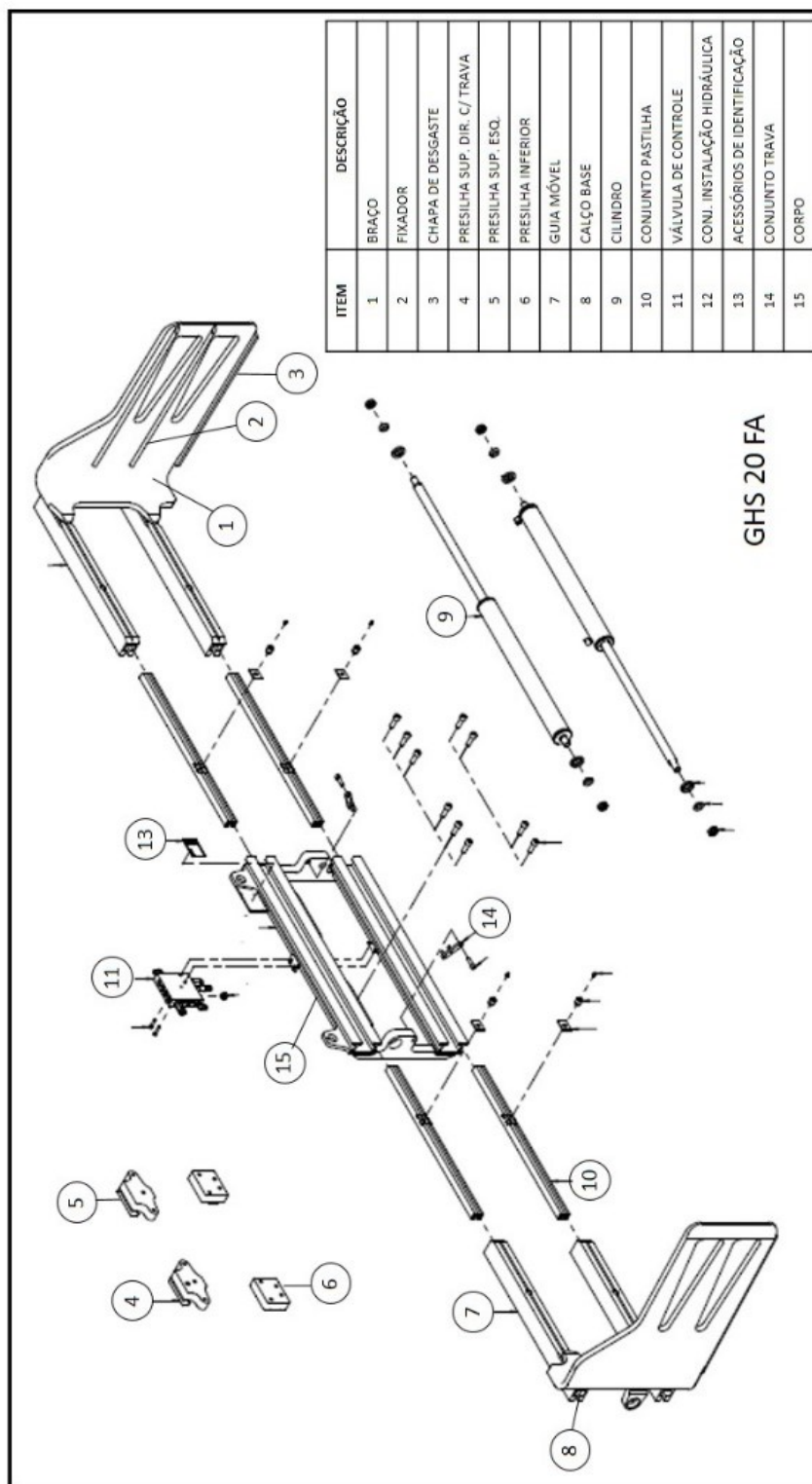
Outra situação que requer atenção e, neste caso, é importante a discussão com a equipe de trabalho para se chegar à melhor solução, é o fato de que um componente ou um conjunto de componentes pode ser semelhante a outro componente. Por exemplo, o braço direito da garra só muda em relação ao braço esquerdo pelo sentido da dobra realizada, uma para a esquerda e outra para a direita. Todos os outros processos são exatamente iguais. Desta forma, as informações coletadas sobre esses componentes serão as mesmas e, para estes casos, deve-se considerar apenas um componente na avaliação. Isto porque na etapa posterior de modularização, que é realizada em função da similaridade, os dois braços (esquerdo e direito) ficariam em um mesmo módulo (pois a distância entre eles seria mínima). Na prática isto não seria correto, pelo fato de que os dois braços estão em lados opostos da garra, resultando na geração de um módulo inconsistente.

Após a decomposição do produto e com os indicadores já estabelecidos na seção 3.2.2, a equipe de trabalho foi reunida e verificou-se a possibilidade de coleta dos dados necessários para compor os indicadores. É importante ressaltar que os indicadores sustentáveis selecionados anteriormente podem ser alterados conforme a intenção de modularização, podendo alguns



serem adicionados ou até mesmo excluídos. Neste sentido, a equipe optou por considerar todos os 17 indicadores sustentáveis (Figura 20), e a coleta dos dados pode iniciar de acordo com a sistemática proposta na seção 3.2.3.

Figura 22 - Decomposição física da GHS.



Fonte: (elaborado pelo autor)

Para facilitar a coleta dos dados na empresa, foi elaborada uma planilha com todos os grupos de máquinas utilizados nos processos de fabricação da garra. Desta forma, o tempo de busca das informações na fábrica pode ser otimizado, e a ação de verificar as informações também pode ser mais objetiva. A planilha pode ser observada no APÊNDICE C, que mostra as informações verificadas e os dados coletados para gerar os indicadores e índices de sustentabilidade.

Com relação a esses dados e informações consultadas e/ou verificadas, e também observadas, pode-se relatar o seguinte: os dados quantitativos foram obtidos por meio de medição direta junto ao grupo de máquina, bem como de manuais e catálogos de máquinas disponibilizados pela empresa. Os dados qualitativos foram obtidos junto com a equipe de trabalho em observação realizada em cada grupo de máquina.

Os dados coletados foram utilizados para formar uma planilha individual de cada elemento fruto da decomposição, em que é apresentada a sequência de operações relativas à fabricação dos elementos e as quantidades de cada elemento.

A Tabela 2 mostra os dados coletados para o primeiro elemento (o braço) que, juntamente com os fixadores (Tabela 3), são os componentes que entram em contato diretamente com os produtos a serem movimentados. O elemento conjunto instalação hidráulica compreende os componentes que são basicamente utilizados na instalação hidráulica, como mangueiras, conexões, adaptadores, tampões, e uniões, e os dados coletados podem ser vistos na Tabela 3.

A Tabela 4 mostra os dados para os elementos chapa de desgaste e acessórios de identificação. O primeiro é produzido pela empresa e é alocado na sua posição com a finalidade de evitar o desgaste do braço, que é um elemento maior e mais caro. O segundo é um item comprado externamente e, por isso, apresentam-se apenas os dados de montagem.

Para os demais elementos da GHS, os dados coletados podem ser vistos no APÊNDICE D, e a descrição dos mesmos é realizada a seguir.

Com relação à presilha superior direita com trava, as operações 10, 20 e 30 referem-se à presilha superior direita propriamente dita, e as operações 10 e 20 à trava da presilha. Esta presilha, por ser um item fundido, é comprada de fornecedor externo e armazenada no almoxarifado. Para esta operação considerou-se o custo do centro de custo como zero, ou seja, não foi indicado pois não é produzida na empresa. Essa mesma regra é aplicada em relação à potência.

Com relação ao custo da matéria prima para a presilha superior direita, o valor indicado refere-se ao valor de compra do componente. Desta forma, admite-se como a massa de matéria

prima e a massa da peça o valor de 1 para ambos, pois o componente não é fabricado na empresa.

Da mesma forma que a presilha superior direita, a presilha superior esquerda também é comprada, pois trata-se de um componente fundido. Já a presilha inferior é composta por dois elementos, o calço e a própria presilha, e as respectivas quantidades são duas unidades de cada, todas produzidas internamente.

A função das presilhas, tanto superiores quanto inferiores, é prover a fixação da garra à empilhadeira, deixando a estrutura temporariamente fixa e proporcionando rigidez ao conjunto e segurança no manuseio dos produtos e do operador.

Os dados referentes ao elemento guia móvel estão divididos em duas etapas de acordo com a sua fabricação. Na primeira etapa, ocorre a produção propriamente dita da guia (em sua maioria por processos de usinagem), enquanto na segunda etapa efetua-se o processo de soldagem de uma guia na outra, formando-se o elemento guia móvel. O guia móvel desloca-se sobre as pastilhas conferindo à garra a possibilidade de abertura e fechamento e, desta forma, é o responsável por ligar o braço ao corpo da garra.

O elemento calço base é fabricado internamente na empresa. Já a válvula de controle, por se tratar de um elemento comprado, considera-se apenas a sua montagem. A válvula de controle é o elemento que realiza a abertura e fechamento da garra, após o comando do operador da empilhadeira.

Com relação ao elemento cilindro, que é composto pelo próprio cilindro, anéis externos e anéis internos, os componentes são comprados de fornecedor externo, mas a sua montagem é realizada na empresa. Já os anéis, que integram a montagem do cilindro, são produzidos internamente.

O elemento conjunto pastilha é formado pelos seguintes componentes: trava, pastilha, e graxeira. A trava é produzida internamente, enquanto a pastilha e a graxeira são compradas e apenas montadas no produto final.

O elemento conjunto trava é composto por duas partes: a chapa e a trava. Ele é responsável pelo travamento da estrutura quando movimentada sem estar acoplada à empilhadeira, evitando sua abertura não intencional.

Por fim, o último elemento considerado é o corpo, o qual é comprado de fornecedor externo. Porém, algumas operações envolvidas na sua fabricação são realizadas internamente na empresa. O corpo é o elemento central, em que todos os demais elementos serão montados.

Tabela 2 - Dados coletados para o elemento: Braço.

BRAÇO (Quant. 01)	Operação	10	20	30	40	50	60
	Unidades	CORTAR - PLASMA MESSER	REBARBAR - EMERILHADEIRA COSTA	ENDIREITAR - PEÇAS GRANDES	REBARBAR E CHANFRAR	USINAR CENTRO USIN. FH1.08.00/HCN880	DOBRAR - DOBR. DURMA HIDR-400T D
GRUPO DE MÁQUINA		GM003	GM104	GM016	GM056	GM019	GM010
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	0,500	1,190	1,000	2,000	8,000	12,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	7,738	3,100	3,000	3,250	22,000	8,950
POTÊNCIA	( kW )	8	52	14,7	2,2	62,1	30
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )				4,61		
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )			105,27			
MASSA PEÇA	( kg )			83,16			
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	100,00	33,19	24,35	23,99	84,07	39,65
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	300	300	300	300	175	220
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	150	440	220	440	150	300
TEMPERATURA	( °C )	33,7	33,0	31,5	31,6	31,7	32,4
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	98,5	102,5	94,2	104,1	81,8	80,0
UMIDADE	( % )	59	48	58	55	48	47
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	40	40	30	20	36	40
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	0	0	0	0	9	1
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	0	0	0	0	1	0
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	7	10	8	10	6	8
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	7	5	1	1	7	2

Fonte: (elaborado pelo autor)

Tabela 3 - Dados coletados para os elementos: Fixador e Conjunto instalação hidráulica.

FIXADOR (Quant. 01)	Operação			CONJ. INSTALAÇÃO HIDRÁULICA (Quant. 01)	Operação
	10	20	30		10
Unidades	CORTAR - SERRA DISCO CNC	JATEAR NA FABRICA I	FRESAR - FRESADORA ZOCCA	Unidades	MONTAR - CILINDROS
GRUPO DE MÁQUINA	GM007	GM057	GM035		GM068
TEMPO PREPARAÇÃO (s)	1,000	2,000	16,000	(s)	0,000
TEMPO MÁQUINA (s)	0,156	0,500	5,000	(s)	30,000
POTÊNCIA (kW)	15,15	27	34	(kW)	0
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA (R\$/kg)		3,41		(R\$/kg)	177,70
MASSA MATÉRIA PRIMA (kg)		1,30		(kg)	1,00
MASSA PEÇA (kg)		1,24		(kg)	1,00
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO (R\$/h)	40,70	146,03	30,78	(R\$/h)	62,61
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO (kCal/h)	220	300	220	(kCal/h)	150
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO (kCal/h)	150	150	150	(kCal/h)	100
TEMPERATURA (°C)	32,5	31,1	32,3	(°C)	29,8
NÍVEL DE RUÍDO (dB)	85,5	86,7	88,0	(dB)	107,0
UMIDADE (%)	59	47	59	(%)	45
HORAS DE QUALIFICAÇÃO (h)	10	20	40	(h)	0
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS (0,1,5,9)	9	0	9	(0,1,5,9)	5
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS (0,1,5,9)	0	0	0	(0,1,5,9)	5
RISCO DE ACIDENTES (1-10)	7	5	6	(1-10)	6
NÍVEL DE INSTRUÇÃO (1-9)	5	1	5	(1-9)	6

Fonte: (elaborado pelo autor)

Tabela 4 - Dados coletados para os elementos: Chapa de desgaste e Acessórios de identificação.

CHAPA DE DESGASTE (Quant. 01)	Operação			
	10	20	30	40
	CORTAR - PLASMA MESSER	LIMPAR - CÉLULA DE REMOÇÃO ESCORIA	JATEAR - JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	ENDIREITAR - END. PEÇAS PEQUENAS
Unidades	GM003	GM111	GM112	GM017
GRUPO DE MÁQUINA				
TEMPO PREPARAÇÃO (s)	0,500	0,000	0,000	1,000
TEMPO MÁQUINA (s)	0,870	0,051	0,051	0,800
POTÊNCIA (kW)	8	2,2	260	5,51
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA (R\$/kg)		6,31		
MASSA MATÉRIA PRIMA (kg)		3,07		
MASSA PEÇA (kg)		2,48		
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO (R\$/h)	100,00	33,19	150,00	24,35
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO (kCal/h)	300	300	300	300
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO (kCal/h)	150	440	150	220
TEMPERATURA (°C)	33,7	31,6	33,2	31,5
NÍVEL DE RUÍDO (dB)	98,5	104,1	89,4	94,2
UMIDADE (%)	59	55	57	58
HORAS DE QUALIFICAÇÃO (h)	40	20	80	30
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS (0,1,5,9)	0	0	0	0
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS (0,1,5,9)	0	0	1	0
RISCO DE ACIDENTES (1-10)	7	10	5	8
NÍVEL DE INSTRUÇÃO (1-9)	7	1	3	1

ACESSÓRIOS DE IDENTIFICAÇÃO (Quant. 01)	Operação	
	10	
	MONTAR - INDUSTRIAL	
Unidades	GM064	
TEMPO PREPARAÇÃO (s)	0,000	
TEMPO MÁQUINA (s)	3,000	
POTÊNCIA (kW)	0	
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA (R\$/kg)	1,62	
MASSA MATÉRIA PRIMA (kg)	1,00	
MASSA PEÇA (kg)	1,00	
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO (R\$/h)	55,09	
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO (kCal/h)	220	
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO (kCal/h)	220	
TEMPERATURA (°C)	31,1	
NÍVEL DE RUÍDO (dB)	82,3	
UMIDADE (%)	49	
HORAS DE QUALIFICAÇÃO (h)	20	
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS (0,1,5,9)	1	
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS (0,1,5,9)	5	
RISCO DE ACIDENTES (1-10)	5	
NÍVEL DE INSTRUÇÃO (1-9)	6	

Fonte: (elaborado pelo autor)

#### 4.1.3. 3ª Etapa: Formatar - GHS

A terceira etapa do método prevê três ações: gerar os índices individuais, gerar os índices brutos, e estabelecer os índices sustentáveis.

Com os dados coletados e organizados, os índices sustentáveis podem ser gerados para cada elemento considerado na decomposição do produto, primeiramente gerando os índices individuais, depois os índices brutos e, por fim, estabelecendo os próprios índices sustentáveis. Como o processo de obtenção dos índices individuais é o mesmo para cada elemento, inicialmente é descrito de forma mais detalhada o processo de obtenção dos índices individuais

para o elemento braço. Para os demais elementos da decomposição, apenas são apresentados os quadros com os respectivos valores dos índices individuais.

Para os indicadores econômicos Custo da Energia Elétrica, Custo do Centro de Trabalho, Custo do Material e Custo da Sucata, os índices individuais são calculados pelas Equações (1), (2), (3) e (4), respectivamente, e são apresentados na Tabela 5. A tarifa de energia elétrica utilizada para calcular o custo da energia elétrica foi de 0,27 R\$/kWh, dado este que foi fornecido pela empresa. Com relação ao elemento Braço, para cada processo empregado na fabricação é calculado seu respectivo índice individual.

A respeito do indicador Custo do Centro de Custo, segundo a empresa, o mesmo é composto pelo valor da mão de obra direta, mão de obra indireta, gastos gerais de fabricação e depreciação da(s) máquina(s) e/ou equipamento(s) no local. Seu valor foi fornecido de forma fechada, ou seja, apenas o valor e não a composição exata e em percentuais de cada valor que o compõem.

Tabela 5 - Índices individuais para os indicadores econômicos do elemento braço.

BRAÇO (Quant. 01)	Operação	10	20	30	40	50	60
		CORTAR - PLASMA MESSER	REBARBAR - EMERILHADEIRA COSTA	ENDIREITAR - PEÇAS GRANDES	REBARBAR E CHANFRAR	USINAR CENTRO USIN. FH10800/HCN880	DOBRAR - DOBR. DURMA HIDR.400T D
Unidades							
GRUPO DE MÁQUINA		GM003	GM104	GM016	GM056	GM019	GM010
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,28	0,73	0,20	0,03	6,15	1,21
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	13,73	2,37	1,62	2,10	42,03	13,85
CUSTO DO MATERIAL	R\$	485,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CUSTO DA SUCATA	R\$	11,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: (elaborado pelo autor)

Para os indicadores ambientais Quantidade de Energia Elétrica Consumida e Eficiência no uso da Matéria Prima, os índices individuais são obtidos mediante as Equações (5) e (6), respectivamente, para os indicadores Uso de Produtos Perigosos/Tóxicos e Uso de Embalagens Descartáveis foi utilizado como apoio o Quadro 18, e para o indicador Quantidade emitida de CO<sub>2</sub> foi utilizada a Equação (7). Os índices individuais para o elemento braço referentes aos indicadores ambientais podem ser vistos na Tabela 6.

Tabela 6 - Índices individuais para os indicadores ambientais do elemento braço.

BRAÇO (Quant. 01)	Operação	10	20	30	40	50	60
		CORTAR - PLASMA MESSER	REBARBAR - EMERILHADEIRA COSTA	ENDIREITAR - PEÇAS GRANDES	REBARBAR E CHANFRAR	USINAR CENTRO USIN. FHI0800/HCN880	DOBRAR - DOBR. DURMA HIDR-400T D
GRUPO DE MÁQUINA	Unidades	GM003	GM104	GM016	GM056	GM019	GM010
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	1,03	2,69	0,74	0,12	22,77	4,48
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%	79,00					
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	0	0	0	0	9	1
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	0	0	0	0	1	0
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	128,97	335,83	91,88	14,90	2846,25	559,38

Fonte: (elaborado pelo autor)

Para os indicadores sociais Conforto do Colaborador: Calorias Gastas na Preparação, Conforto do Colaborador: Calorias Gastas na Execução, e Nível de Ruído, os índices individuais são obtidos por meio das Equações (8), (9) e (10), respectivamente. Para o nível de ruído é considerado o fator de atenuação do EPI, que pode ser do tipo *plug* ou concha, conforme constatado na coleta dos dados, e que consta no APÊNDICE C para cada processo. Como os fatores de atenuação variam de acordo com os fabricantes, foi utilizado um valor médio para cada tipo de protetor auricular, sendo o do tipo *plug* de 16 dB e o do tipo concha de 20 dB.

Para os indicadores Horas de Qualificação, Temperatura, e Umidade, os índices individuais são os próprios dados coletados. Para o indicador Nível de Instrução é utilizado o Quadro 19, e para o indicador Risco de Acidentes no local é considerada uma escala de um a dez, em que o valor máximo representa uma maior probabilidade de um acidente ocorrer, estabelecido por meio da observação do local de trabalho.

Os índices individuais referentes aos indicadores sociais podem ser vistos na Tabela 7, para o elemento Braço. Os índices individuais para os elementos fixador e conjunto instalação hidráulica, referentes aos indicadores econômicos, ambientais e sociais, podem ser visualizados na Tabela 8. Da mesma forma, os índices individuais para os elementos chapa de desgaste e acessórios de identificação, referentes aos indicadores sustentáveis, podem ser visualizados na Tabela 9.

Para os demais elementos que constituem a GHS, os respectivos índices individuais referentes aos indicadores sustentáveis podem ser vistos no APÊNDICE E.



Tabela 7 - Índices individuais para os indicadores sociais do elemento braço.

		Operação	10	20	30	40	50	60
<b>BRAÇO</b> <b>(Quant. 01)</b>			CORTAR - PLASMA MESSER	REBARBAR - EMERILHADEIRA COSTA	ENDIREITAR - PEÇAS GRANDES	REBARBAR E CHANFRAR	USINAR CENTRO USIN. FH10800/HCN880	DOBRAR - DOBR. DURMA HDR-400T D
	Unidades							
GRUPO DE MÁQUINA			GM003	GM104	GM016	GM056	GM019	GM010
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal		2,50	5,95	5,00	10,00	23,33	44,00
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal		19,35	22,73	11,00	23,83	55,00	44,75
NÍVEL DE RUÍDO	dB		82,5	86,5	78,2	84,1	65,8	64,0
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h		40,0	40,0	30,0	20,0	36,0	40,0
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)		7	5	1	1	7	2
TEMPERATURA	°C		33,7	33,0	31,5	31,6	31,7	32,4
UMIDADE	%		59,00	48,00	58,00	55,00	48,00	47,00
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)		7	10	8	10	6	8

Fonte: (elaborado pelo autor)

Os índices brutos são estabelecidos a partir dos índices individuais. Desta forma, agora são considerados todos os processos listados para cada elemento, em relação aos indicadores econômicos, ambientais e sociais.

Considerando-se os indicadores econômicos Custo da Energia Elétrica, Custo do Centro de Trabalho, Custo do Material e Custo da Sucata, os índices brutos são estabelecidos através das informações contidas nos Quadros 20, 17, 18 e 19, respectivamente.

Para os indicadores ambientais Quantidade de Energia Elétrica Consumida, Eficiência no uso da Matéria Prima, Uso de Produtos Perigosos/Tóxicos, Uso de Embalagens Descartáveis, e Quantidade emitida de CO<sub>2</sub>, os índices brutos são obtidos conforme os Quadros 23, 20, 21, 22, 23 e 24.

Ao analisar os indicadores sociais Conforto do Colaborador: Calorias Gastas na Preparação, Conforto do Colaborador: Calorias Gastas na Execução, Nível de Ruído, Horas de Qualificação, Nível de Instrução, Temperatura, Umidade, e Risco de Acidentes no local, os índices brutos são gerados com base nas informações contidas nos Quadros 29, 26, 27, 28, 29, 30, 31 e 32, respectivamente.

Tabela 8 - Índices individuais para os indicadores sustentáveis dos elementos fixador e conjunto instalação hidráulica.

FIXADOR (Quant. 01)	Operação			CONJ. INSTALAÇÃO HIDRÁULICA (Quant. 01)	Operação	
	Unidades	10 CORTAR - SERRA DISCO CNC	20 JATEAR NA FABRICA 1		30 FRESAR - FRESADORA ZOCCA	10 MONTAR - CILINDROS
GRUPO DE MÁQUINA		GM007	GM057		GM068	
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,01	0,06	0,77	R\$	0,00
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	0,78	6,08	10,77	R\$	31,31
CUSTO DO MATERIAL	R\$	4,44	0,00	0,00	R\$	177,70
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,03	0,00	0,00	R\$	0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,04	0,23	2,83	kWh	0,00
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%		94,93		%	100,00
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	9	0	9	(0,1,5,9)	5
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	0	0	0	(0,1,5,9)	5
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	4,92	28,13	354,17	gCo2e	0,00
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	3,67	10,00	58,67	kcal	0,00
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	0,39	1,25	12,50	kcal	50,00
NÍVEL DE RUÍDO	dB	69,5	66,7	72,0	dB	91,0
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	10,0	20,0	40,0	h	0,0
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	5	1	5	(1 - 9)	6
TEMPERATURA	°C	32,5	31,1	32,3	°C	29,8
UMIDADE	%	59,00	47,00	59,00	%	45,00
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	7	5	6	(1 - 10)	6

Fonte: (elaborado pelo autor)

Tabela 9 - Índices individuais para os indicadores sustentáveis dos elementos chapa de desgaste e acessórios de identificação.

CHAPA DE DESGASTE (Quant. 01)	Operação				
	10	20	30	40	
Unidades	CORTAR - PLASMA MESSER	LIMPAR - CÉLULA DE REMOÇÃO ESCORIA	JATEAR- JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	ENDREITAR - END. PEÇAS PEQUENAS	
GRUPO DE MÁQUINA	GM003	GM111	GM112	GM017	
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,03	0,00	0,06	0,02
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	2,28	0,03	0,13	0,73
CUSTO DO MATERIAL	R\$	19,35	0,00	0,00	0,00
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,29	0,00	0,00	0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,12	0,00	0,22	0,07
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%		81,00		
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	0	0	0	0
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	0	0	1	0
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	14,50	0,23	27,63	9,18
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	2,50	0,00	0,00	5,00
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	2,18	0,37	0,13	2,93
NÍVEL DE RUÍDO	dB	82,5	84,1	73,4	78,2
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	40,0	20,0	80,0	30,0
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	7	1	3	1
TEMPERATURA	°C	33,7	31,6	33,2	31,5
UMIDADE	%	59,00	55,00	57,00	58,00
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	7	10	5	8

ACESSÓRIOS DE IDENTIFICAÇÃO (Quant. 01)	Operação	
	10	
Unidades	MONTAR - INDUSTRIAL	
GRUPO DE MÁQUINA	GM064	
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,00
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	2,75
CUSTO DO MATERIAL	R\$	1,62
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,00
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%	100,00
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	1
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	5
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	0,00
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	0,00
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	11,00
NÍVEL DE RUÍDO	dB	66,3
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	20,0
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	6
TEMPERATURA	°C	31,1
UMIDADE	%	49,00
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	5

Fonte: (elaborado pelo autor)

O resultado deste processo de gerar os índices brutos para os indicadores econômico, ambiental e social, pode ser visto no Quadro 44.

Após calcular os índices individuais e, por meio destes estabelecer os índices brutos para cada elemento, os índices sustentáveis são obtidos mediante as Equações (11) e (12) conforme o seu impacto, negativo ou positivo, respectivamente. Os índices sustentáveis obtidos para a GHS podem ser vistos no Quadro 45.

Quadro 44 - Índices brutos para a GHS.

Dimensões	Indicadores	Unidades	Elementos													
			BRAÇO	FIXADOR	CHAPA DE DESGASTE	PRESILHA SUP. DIR. C/ TRAVA	PRESILHA SUP. ESQ.	PRESILHA INFERIOR	GUIA MÓVEL	CALÇO BASE	CILINDRO	CONJUNTO PASTILHA	VÁLVULA DE CONTROLE	CONJ. INSTALAÇÃO HIDRÁULICA	ACESSÓRIOS DE IDENTIFICAÇÃO	CONJ TRAVA
Econômico	CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	8,59	1,67	0,11	3,83	4,13	2,94	26,58	0,03	6,09	0,54	0,00	0,00	0,24	9,79
	CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	75,70	35,28	3,17	33,59	30,64	63,68	134,00	8,33	250,73	21,95	31,31	44,79	76,18	
	CUSTO DO MATERIAL	R\$	485,75	8,89	19,35	92,84	92,59	44,96	178,33	4,35	1348,52	140,59	177,70	1,62	1,31	4783,03
	CUSTO DA SUCATA	R\$	11,06	0,07	0,29	0,00	0,00	1,36	3,62	0,03	0,06	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00
Ambiental	QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	31,82	6,20	0,41	14,17	15,30	10,90	98,45	0,12	22,55	2,00	0,00	0,00	0,89	36,24
	EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%	79,00	94,93	81,00	99,63	100,00	79,58	82,85	94,99	98,19	99,57	100,00	100,00	85,43	100,00
	PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	1,67	6,00	0,00	5,40	5,40	3,60	2,88	4,50	8,33	3,00	5,00	1,00	4,50	4,80
	EMBALAGENS	(0,1,5,9)	0,17	0,00	0,25	1,80	3,80	2,00	0,00	0,00	2,67	2,50	5,00	5,00	0,00	2,00
Social	QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	3977,20	774,43	51,54	1771,09	1912,08	1362,22	12305,83	14,95	2818,99	250,00	0,00	0,00	111,50	45303,33
	CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	90,78	144,67	7,50	115,42	90,75	183,33	323,33	49,33	513,67	102,67	0,00	0,00	76,33	93,67
	CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	176,66	28,28	5,61	77,33	69,88	81,12	343,89	16,54	261,81	15,00	18,33	50,00	49,52	150,86
	NÍVEL DE RUÍDO	dB	76,85	69,40	79,55	73,40	70,88	77,60	77,26	79,70	72,80	78,40	66,30	91,00	78,10	72,18
	HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	34,33	23,33	42,50	28,40	54,40	52,00	38,75	15,00	27,33	20,00	20,00	0,00	25,50	68,00
	NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	3,83	3,67	3,00	3,80	3,80	3,80	3,80	3,75	4,83	5,50	6,00	6,00	4,50	4,80
	TEMPERATURA	°C	32,32	31,97	32,50	31,66	32,12	32,78	32,08	32,05	32,27	31,10	31,10	29,80	32,68	32,22
	UMIDADE	%	52,50	55,00	57,25	55,40	55,40	56,20	54,25	57,00	56,33	48,75	49,00	45,00	54,00	55,80
	RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	8,17	6,00	7,50	6,80	5,20	6,60	6,88	9,00	6,17	6,25	5,00	6,00	7,75	4,20

Fonte: (elaborado pelo autor)

Quadro 45 - Índices sustentáveis para a GHS.

	Econômico				Ambiental					Social							
	CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	CUSTO DO MATERIAL	CUSTO DA SUCATA	QUANT. DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	EMBALAGENS	QUANTIDADE DE CO2	CALORIAS PREPARAÇÃO	CALORIAS EXECUÇÃO	NÍVEL DE RUÍDO	HORAS DE QUALIFICAÇÃO	NÍVEL DE INSTRUÇÃO	TEMPERATURA	UMIDADE	RISCO DE ACIDENTES
BRAÇO	3	3	1	9	3	2	2	0	3	2	5	8	4	3	9	8	8
FIXADOR	1	1	0	0	1	0	6	0	1	3	1	7	6	4	9	9	6
CHAPA DE DESGASTE	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	8	3	5	9	9	8
PRESILHA SUP. DIR. C/ TRAVA	1	1	0	0	1	0	6	3	1	2	2	7	5	3	9	9	7
PRESILHA SUP. ESQ.	1	1	0	0	1	0	6	7	1	2	2	7	2	3	9	9	5
PRESILHA INFERIOR	1	2	0	1	1	2	4	4	1	3	2	8	2	3	9	9	7
GUIA MÓVEL	9	5	0	3	9	2	3	0	9	6	9	8	4	3	9	9	7
CALÇO BASE	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1	0	8	7	5	9	9	9
CILINDRO	2	9	3	0	2	0	9	5	2	9	7	7	5	2	9	9	6
CONJUNTO PASTILHA	0	1	0	0	0	0	3	5	0	2	0	8	6	1	9	8	6
VÁLVULA DE CONTROLE	0	0	2	0	0	0	1	9	0	0	0	7	6	0	9	8	5
CONJ. INSTALAÇÃO HIDRÁULICA	0	1	0	0	0	0	5	9	0	0	1	9	9	0	8	7	6
ACESSÓRIOS DE IDENTIFICAÇÃO	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	7	6	0	9	8	5
CONJ TRAVA	0	2	0	0	0	1	5	0	0	1	1	8	6	2	9	8	8
CORPO	3	3	9	0	3	0	5	4	3	2	4	7	0	2	9	9	4

Fonte: (elaborado pelo autor)

#### **4.1.4. 4ª Etapa: Integrar - GHS**

Com os índices sustentáveis definidos, é preciso estabelecer os índices da dimensão emocional. Como mencionado na seção 3.4.1, cada requisito identificado na primeira etapa do método é desmembrado em características que o satisfaçam, sendo que essas características devem ter alguma relação com os indicadores sustentáveis. Esta ação foi realizada juntamente com a equipe de trabalho, e o resultado está no Quadro 46, no qual pode-se observar o grau de importância de cada requisito.

Após desmembrar os requisitos em propriedades, os índices emocionais são estabelecidos a partir da relação entre essas propriedades e os elementos, como mostra o Quadro 47, considerando-se valores entre 0 e 9. Quanto maior for a relação, maior será o valor atribuído, e quanto menor for a relação entre eles, menor o valor.

Os índices emocionais agora podem ser unidos aos índices sustentáveis, como mostra o Quadro 48, formando os índices para realizar a modularização.



Quadro 47 - Índices emocionais para a GHS.

	DANOS AO PRODUTO		DESIGN DA GARRA			SERVIÇO DE PÓS VENDAS			SISTEMA DE CONTROLE DE PRESSÃO DA GARRA			VAZAMENTO NO SISTEMA HIDRÁULICO			SINCRONISMO DE ABERT. E FECHAM. DA GARRA		MANUTENÇÃO			VELOCIDADE DE ABERT. E FECHAM. DA GARRA	
	Aderência	Pressão adequada	Cor	Robustez	Formato	Manutenção de componentes	Treinamento operacional	Sugestões de atualização	Pressão constante na movimentação	Indicador de falhas hidráulicas	Parada imediata da garra por pane	Qualidade dos componentes	Correta montagem	Etapa de testes	Rigidez da estrutura	Baixa vibração	Substituição de componentes	Reparo de componentes	Reciclagem	Eficiência do conjunto hidráulico	Estabilidade da estrutura
BRAÇO	4	3	6	9	9	7	0	6	5	0	7	0	0	0	9	9	7	8	9	4	9
FIXADOR	9	7	6	9	6	9	0	1	4	0	0	0	0	0	8	8	9	5	9	0	0
CHAPA DE DESGASTE	0	0	6	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	9	5	9	0	0
PRESILHA SUP. DIR. C/ TRAVA	0	0	4	0	0	5	6	0	0	0	0	0	0	0	3	3	5	5	9	0	6
PRESILHA SUP. ESQ.	0	0	4	0	0	5	6	0	0	0	0	0	0	0	3	3	4	5	9	0	6
PRESILHA INFERIOR	0	0	4	0	0	5	6	0	0	0	0	0	0	0	3	3	4	5	9	0	6
GUIA MÓVEL	0	2	6	7	6	7	0	0	4	0	7	0	0	0	9	9	3	7	9	4	9
CALÇO BASE	0	0	6	5	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	3	7	9	0	0
CILINDRO	1	9	0	7	0	5	0	0	9	9	9	9	9	9	9	9	7	7	5	9	7
CONJUNTO PASTILHA	0	2	4	7	6	8	0	0	4	0	7	0	4	4	9	9	9	7	6	4	7
VÁLVULA DE CONTROLE	1	9	0	7	0	5	7	5	9	9	9	9	9	9	9	9	7	7	5	9	7
CONJ. INSTALAÇÃO HIDRÁULICA	1	9	0	5	0	8	0	3	9	9	9	9	9	9	9	9	8	5	9	7	7
ACESSÓRIOS DE IDENTIFICAÇÃO	0	0	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	8	0	0	0
CONJ TRAVA	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	9	0	0	0
CORPO	1	0	6	7	6	7	0	0	4	0	7	0	4	4	9	9	3	7	9	4	9

Fonte: (elaborado pelo autor)



Quadro 48 - Índices para a modularização da GHS.

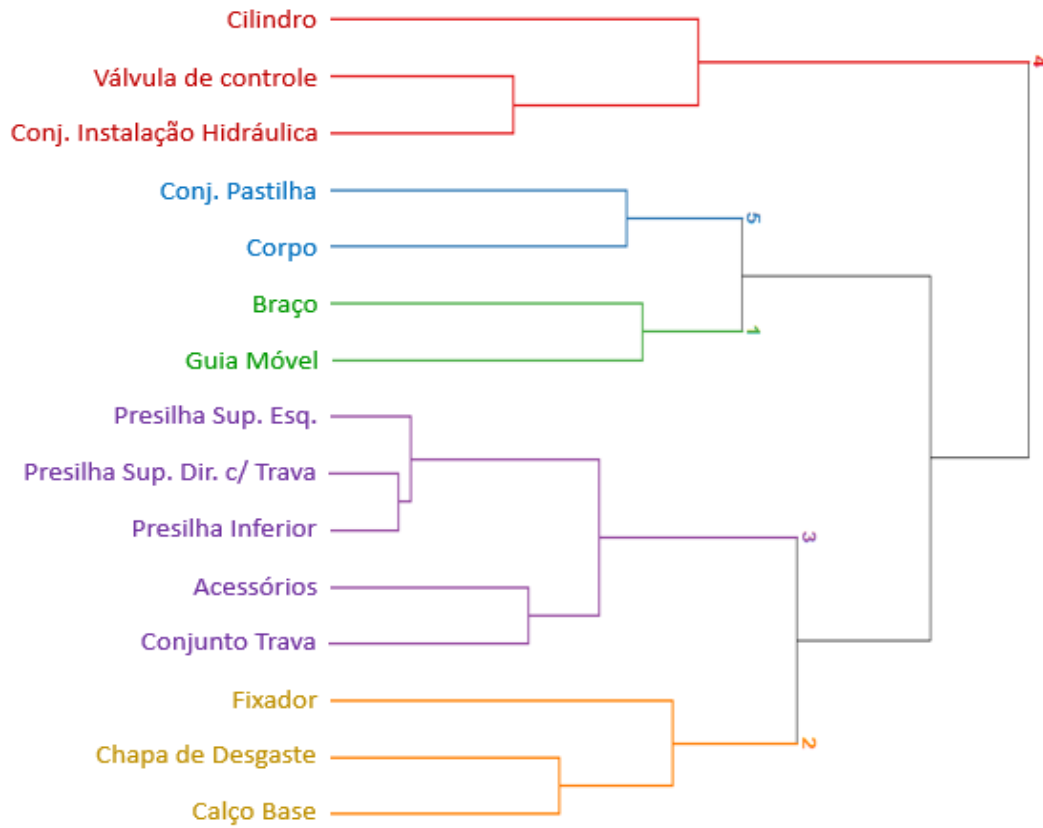
	Económico				Ambiental				Social						Emocional																							
	CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	CUSTO DO MATERIAL	CUSTO DA SUCATA	QUANT. DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	EMBALAGENS	QUANTIDADE DE CO2	CALORIAS PREPARAÇÃO	CALORIAS EXECUÇÃO	NÍVEL DE RUÍDO	HORAS DE QUALIFICAÇÃO	NÍVEL DE INSTRUÇÃO	TEMPERATURA	UMIDADE	RISCO DE ACIDENTES	DANOS AO PRODUTO	COR	ROBUSTEZ	FORMATO	MANUTENÇÃO DE COMPONENTES	TREINAMENTO OPERACIONAL	SUGESTÕES DE ATUALIZAÇÃO	PRESSÃO CONSTANTE NA MOVIMENTAÇÃO	INDICADOR DE FALHAS HIDRÁULICAS	PARADA IMEDITA DA GARRA POR PANE	QUALIDADE DOS COMPONENTES	CORRETA MONTAGEM	ETAPA DE TESTES	RIGIDEZ DA ESTRUTURA	BAIXA VIBRAÇÃO	SUBSTITUIÇÃO DE COMPONENTES	REPARO DE COMPONENTES	RECICLAGEM	EFICIÊNCIA DO CONJUNTO HIDRÁULICO	VELOCIDADE DE ABERT. E FECHAM.	
BRAÇO	3	3	1	9	3	2	2	0	3	2	5	8	4	3	9	8	8	4	3	6	9	7	0	6	5	0	7	0	0	0	0	9	9	7	8	9	4	9
FIXADOR	1	1	0	0	1	0	6	0	1	3	1	7	6	4	9	9	6	9	6	9	6	9	0	1	4	0	0	0	0	0	8	8	9	5	9	0	0	
CHAPA DE DESGASTE	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	8	3	5	9	9	8	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	5	9	0	0
PRESILHA SUP. DIR. C/ TRAVA	1	1	0	0	1	0	6	3	1	2	2	7	5	3	9	7	7	0	0	4	0	0	5	6	0	0	0	0	0	0	3	3	5	5	9	0	6	
PRESILHA SUP. ESQ.	1	1	0	0	1	0	6	7	1	2	2	7	2	3	9	5	0	0	4	0	0	5	6	0	0	0	0	0	0	3	3	4	5	9	0	6		
PRESILHA INFERIOR	1	2	0	1	1	2	4	4	1	3	2	8	2	3	9	7	0	0	4	0	0	5	6	0	0	0	0	0	0	3	4	5	9	0	6			
GUIA MÓVEL	9	5	0	3	9	2	3	0	9	6	9	8	4	3	9	9	7	0	6	7	6	7	0	0	4	0	7	0	0	9	9	3	7	9	4	9		
CALÇO BASE	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1	0	8	7	5	9	9	0	0	6	5	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	3	7	9	0	0	
CILINDRO	2	9	3	0	2	0	9	5	2	9	7	5	2	9	9	6	1	9	0	7	0	5	0	0	9	9	9	9	9	9	9	7	7	5	9	7		
CONJUNTO PASTILHA	0	1	0	0	0	0	3	5	0	2	0	8	6	1	9	8	6	0	4	7	6	8	0	0	4	0	7	0	4	9	9	9	7	6	4	7		
VÁLVULA DE CONTROLE	0	0	2	0	0	0	1	9	0	0	0	7	6	0	9	8	5	1	9	0	7	0	5	7	9	9	9	9	9	9	9	9	7	5	9	7		
CONJ. INSTALAÇÃO HIDRÁULICA	0	1	0	0	0	0	5	9	0	0	1	9	9	0	8	7	6	1	9	0	5	0	8	0	3	9	9	9	9	9	9	9	8	5	9	7		
ACESSÓRIOS DE IDENTIFICAÇÃO	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	7	6	0	9	8	5	0	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	8	0	0		
CONJ TRAVA	0	2	0	0	0	1	5	0	0	1	1	8	6	2	9	8	8	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	9	0	0		
CORPO	3	3	9	0	3	0	5	4	3	2	4	7	0	2	9	9	4	1	0	6	7	6	7	0	4	0	7	0	4	9	9	3	7	9	4	9		

Fonte: (elaborado pelo autor)

Como mencionado da seção 3.4.2, o software estatístico Action Stat® foi utilizado para realizar os agrupamentos. Neste sentido, foram utilizados os índices do Quadro 48 e os seguintes parâmetros: Método Hierárquico Completo, distância euclidiana, e considerados 5 grupos para o agrupamento. O resultado desta configuração pode ser visto na Figura 23, que mostra o dendrograma gerado para a GHS, estabelecido por meio dos critérios do Tripé da Sustentabilidade.

Através do dendrograma pode-se visualizar os agrupamentos e as distâncias entre os elementos que indicam os grupos. Esses grupos estão organizados no Quadro 49.

Figura 23 - Dendrograma para a GHS.



Fonte: (elaborado pelo autor)

Quadro 49 - Grupos gerados no agrupamento – GHS.

Agrupamento: Método Hierárquico				
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
BRAÇO	FIXADOR	PRESILHA SUP DIR C/ TRAVA	CILINDRO	CONJUNTO PASTILHA
GUIA MÓVEL	CHAPA DE DESGASTE	PRESILHA SUP ESQ	VÁLVULA DE CONTROLE	CORPO
	CALÇO BASE	PRESILHA INFERIOR	CONJUNTO INSTALAÇÃO HIDRÁULICA	
		ACESSÓRIOS		
		CONJUNTO TRAVA		

Fonte: (elaborado pelo autor)

Embora o dendrograma possa revelar uma grande similaridade entre os elementos, os quais formaram os grupos, é necessário realizar uma análise sobre estes resultados e validar os mesmos. Nesse sentido, a análise foi realizada juntamente com a equipe de trabalho, pois esta possui experiência prática do cotidiano na empresa e nos diversos processos de fabricação empregados na GHS.

Além disso, durante todo o processo de aplicação do método proposto, foram observadas as etapas de produção da GHS, realizando-se um acompanhamento detalhado de cada etapa que compõe o processo de desenvolvimento, fabricação e montagem final, em que os colaboradores foram ouvidos nos mais diversos níveis da estrutura da empresa: gerência, supervisores, líderes da fábrica, engenheiros, departamento comercial, projetistas, equipe de processo, soldadores, montadores, pintores, entre outros.

O Quadro 50 mostra os grupos identificados pelo dendrograma e os seus respectivos elementos, juntamente com uma breve descrição da sua função em relação ao produto como um todo.

Analisando-se os grupos 1 e 2, observa-se que ambos são constituídos por elementos que tem relação direta entre si, seja por proximidade, pois estão fisicamente próximos uns dos outros, seja pela função realizada, que consiste basicamente no manuseio dos produtos, e também pelo processo de fabricação principal, pois são todos elementos soldados. Desta forma, foi considerada a união dos dois grupos para formar o Módulo de Manipulação do Produto (Módulo A).

Analisando-se o grupo 3, todos os elementos que constituem o grupo são peças e/ou componentes que podem ser montados por último, pois não requerem pré-montagens ou outras peças adicionais anteriores. A função dos elementos também é bem definida, com exceção dos acessórios de identificação que, na verdade, podem ser instalados a qualquer momento do processo de montagem. As presilhas e a trava são elementos que tem finalidade de travamento, seja da garra na empilhadeira, como é o caso das presilhas (Presilha superior direita com trava, presilha superior esquerda, e presilha inferior), seja do próprio produto, como é o caso do conjunto trava. Assim, o grupo indicado pelo dendrograma é definido como o Módulo de Segurança (Módulo B).

Ao analisar-se o grupo 4, percebe-se que todos os elementos tem relação direta com a parte hidráulica da garra e, por este motivo, também o grupo indicado pelo dendrograma é mantido, e o Módulo Hidráulico (Módulo C) é estabelecido. A montagem dos elementos hidráulicos ocorre em um local específico. Primeiramente os cilindros, válvulas, mangueiras e conexões são testados em um setor onde eventuais vazamentos podem ser contidos de forma

rápida e sem que ocorra um dano ao meio ambiente, bem como o óleo destinado para os testes possa ser recolhido em local adequado. Somente após os testes esses elementos são disponibilizados para a montagem na garra, segundo o roteiro de processo de montagem dos mesmos.

Quadro 50 - Descrição dos grupos indicados pelo dendrograma – GHS.

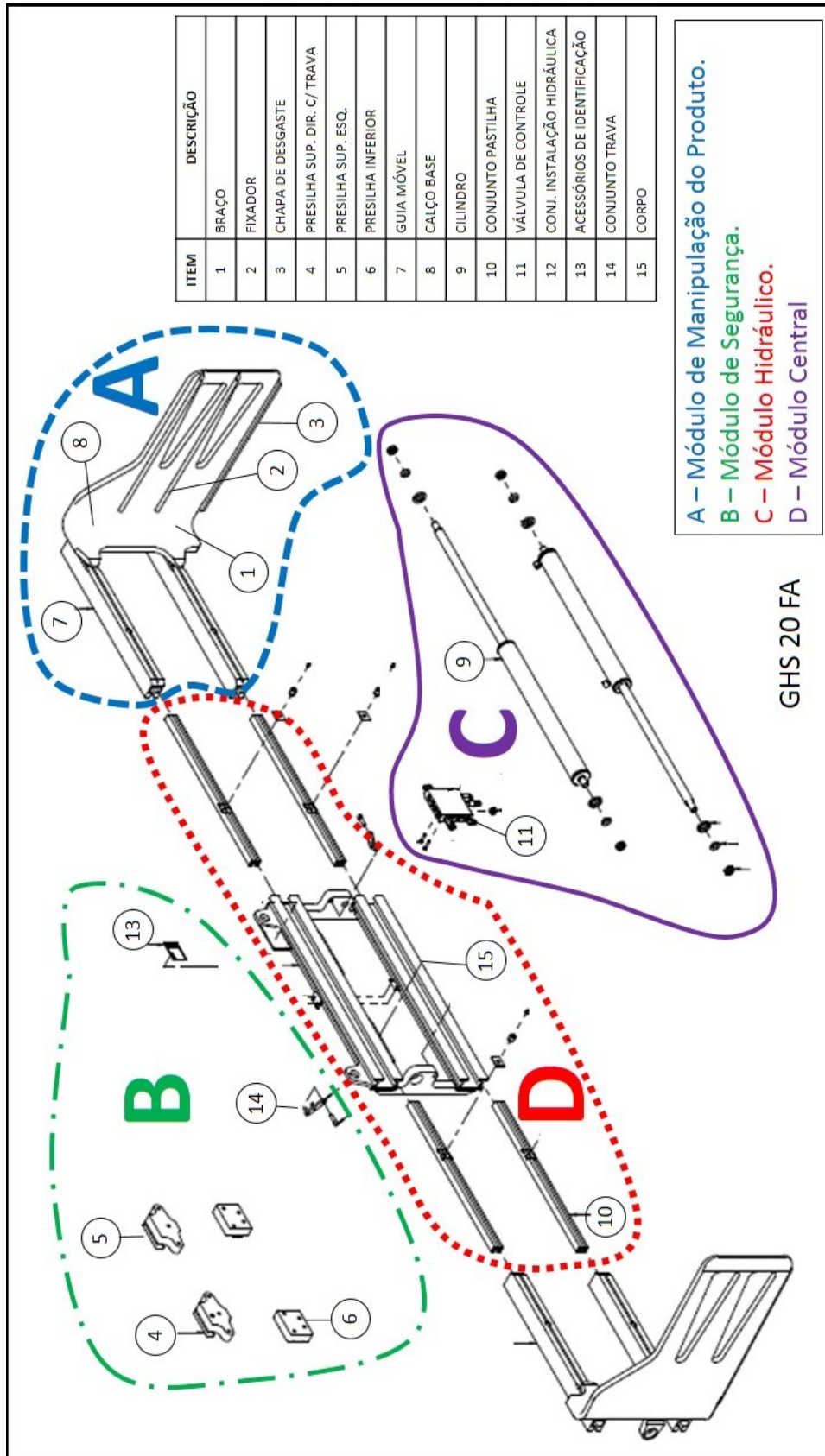
GRUPO	ELEMENTOS	DESCRIÇÃO
01	Braço. Guia móvel.	Fornecem ao processo de pega do produto segurança e estabilidade. É a parte estrutural relacionada à movimentação.
02	Fixador. Chapa de desgaste. Calço base.	Consistem em elementos de ligação e contato entre a garra e o produto.
03	Presilha Sup. Dir. c/ trava. Presilha Sup. Esq. Presilha inferior. Acessórios de identificação. Conjunto trava.	Com exceção do elemento Acessórios, os demais possuem a função de fixação e/ou travamento da garra. As presilhas fixam a garra na empilhadeira e o Conj. trava faz o travamento do conjunto todo para não abrir e não fechar.
04	Cilindro. Válvula de controle. Conj. instalação hidráulica.	São todos elementos referentes ao sistema hidráulico da garra, responsáveis pela transmissão do movimento, e que requerem uma atenção maior no decorrer da sua montagem.
05	Conjunto pastilha. Corpo.	O Corpo é o elemento central e estrutural da garra, onde todos os demais elementos são adicionados nas suas respectivas posições, e o Conjunto pastilha corresponde à ligação entre o Corpo e os demais elementos da garra.

Fonte: (elaborado pelo autor)

Por fim, ao analisar-se o grupo 5, que é composto apenas pelo Corpo da garra e pelas pastilhas, é estabelecido o Módulo Central (Módulo D). O corpo da garra é o elemento onde todos os demais são acoplados, e serve como estrutura principal da garra. Portanto, ele pode ser considerado o primeiro elemento da montagem dos módulos. Com relação ao conjunto pastilha, estes elementos são primeiramente fixados no corpo, e somente na montagem final as guias móveis são acopladas sobre as pastilhas, proporcionando o deslocamento lateral do Módulo A.

Os Módulos estabelecidos a partir dos grupos indicados no dendrograma podem ser vistos na Figura 24.

Figura 24 - Módulos finais da GHS.



Fonte: (elaborado pelo autor)

Com os módulos finais da GHS definidos, estratégias para o futuro devem ser estabelecidas tendo em vista que o processo de modularização é contínuo e iterativo, pois as necessidades do cliente verificadas hoje podem mudar com o tempo, novas tecnologias podem surgir, materiais e processos podem ser substituídos, além da possibilidade de atualização do produto como um todo que deve acompanhar as demandas do mercado sem deixar de lado a sustentabilidade.

Portanto, a partir do Quadro 41, que mostra as frequências das respostas dos clientes em relação à avaliação dos requisitos, e do Quadro 42, que mostra o nível de satisfação do cliente em relação ao produto atual e os níveis de importância sobre os requisitos, o Quadro 51 foi elaborado para auxiliar a estabelecer a relação de cada requisito com os módulos formados.

Quadro 51 - Relação dos requisitos com os módulos gerados para a GHS.

		MÓDULO DE MANIPULAÇÃO DO PRODUTO	MÓDULO DE SEGURANÇA	MÓDULO HIDRÁULICO	MÓDULO CENTRAL	CATEGORIA E FREQUÊNCIA DO REQUISITO	NÍVEL DE SATISFAÇÃO	NÍVEL DE IMPORTÂNCIA
1	DANOS AO PRODUTO	X	X	X	X	O 80%	6	7
2	DESIGN DA GARRA	X				A 60%	6	4
3	SERVIÇO DE PÓS VENDAS	X	X	X	X	O 80%	5	7
4	SISTEMA DE CONTROLE DE PRESSÃO DA GARRA			X		O 60%	6	6
5	VAZAMENTO NO SISTEMA HIDRÁULICO			X		M 60%	6	7
6	SINCRONISMO DE ABERT. / FECHAM. DA GARRA	X		X	X	O 40%	6	6
7	MANUTENÇÃO	X	X	X	X	A 60%	6	6
8	VELOCIDADE DE ABERT. / FECHAM. DA GARRA	X		X	X	O 60%	6	5

Fonte: (elaborado pelo autor)

Observando-se o Quadro 51 e considerando a ordem de importância estabelecida seção 3.4.3 como critério de classificação, o Quadro 52 é estabelecido, e as seguintes análises foram realizadas:

- O requisito Vazamento no sistema hidráulico obteve o primeiro lugar na classificação por ser um requisito obrigatório, em que qualquer problema relacionado a ele certamente deixará o cliente insatisfeito. O Módulo Hidráulico está diretamente ligado a ele e, portanto, merece maior atenção. Embora seu nível de satisfação seja alto (6 – muito satisfeito) para com o produto atual, o nível de importância também é máximo (7 – muito importante), evidenciando a importância dos elementos que constituem este módulo.
- O requisito Danos ao produto surge em segundo lugar e, por ser considerado um requisito unidimensional, quanto mais intenso for percebido maior a satisfação. Ele

está diretamente relacionado com o Módulo de Manipulação do Produto, e também possui níveis de satisfação e importância excelentes.

- Sobre o Serviço de pós-venda, o mesmo é realizado para o equipamento como um todo, e não apenas para peças e ou componentes de forma individual, por isso sua relação com todos os módulos.
- O Sistema de controle e pressão da garra também possui relação direta com o Módulo Hidráulico. Então, considera-se que o Módulo, além de ser um requisito obrigatório, também pode ser considerado com um requisito unidimensional, aumentando a satisfação do cliente quando é presente.
- Os requisitos Velocidade e Sincronismo de abertura e fechamento da garra estão relacionados aos módulos de manipulação do produto, hidráulico, e central, e também são considerados requisitos unidimensionais. Já seus níveis de importância são ligeiramente menores do que os demais requisitos unidimensionais apresentados anteriormente.
- Para o requisito Manutenção, a análise é a mesma do requisito Serviço de pós-vendas. Porém, agora trata-se de um requisito atrativo, ou seja, o cliente não fica insatisfeito se ele não existir e tampouco deixa de adquirir o produto com sua falta, não sendo vital para o seu sucesso.
- O último requisito é o Design da garra, que é relacionado diretamente com o Módulo de manipulação do produto e, por ser um requisito atrativo, recebe o mesmo tratamento do requisito anterior. Um fato a ser considerado é o baixo nível de importância dados pelos clientes para este requisito.

Quadro 52 - Classificação dos requisitos de acordo com a ordem de importância para a GHS.

	MÓDULO DE MANIPULAÇÃO DO PRODUTO	MÓDULO DE SEGURANÇA	MÓDULO HIDRÁULICO	MÓDULO CENTRAL	CATEGORIA E FREQUÊNCIA DO REQUISITO	NÍVEL DE SATISFAÇÃO	NÍVEL DE IMPORTÂNCIA
5 VAZAMENTO NO SISTEMA HIDRÁULICO			X		M 60%	6	7
1 DANOS AO PRODUTO	X				O 80%	6	7
3 SERVIÇO DE PÓS VENDAS	X	X	X	X	O 80%	5	7
4 SISTEMA DE CONTROLE DE PRESSÃO DA GARRA			X		O 60%	6	6
8 VELOCIDADE DE ABERT. / FECHAM. DA GARRA	X		X	X	O 60%	6	5
6 SINCRONISMO DE ABERT. / FECHAM. DA GARRA	X		X	X	O 40%	6	6
7 MANUTENÇÃO	X	X	X	X	A 60%	6	6
2 DESIGN DA GARRA	X				A 60%	6	4

Fonte: (elaborado pelo autor)

Por meio das análises realizadas entre os módulos e os requisitos, pode-se estabelecer a seguinte sequência de ações para a alteração nos módulos, obtida em razão da categoria e frequência dos requisitos, bem como dos seus respectivos níveis de satisfação e importância: Módulo Hidráulico, Módulo de Manipulação do Produto, Módulo Central e Módulo de Segurança.

Além da avaliação dos módulos formados, pode-se verificar e analisar outros fatores importantes que são relacionados diretamente aos processos produtivos da garra, considerando-se as dimensões econômica, ambiental e social:

- O corpo é o elemento com maior custo de material na garra, representando 55% do custo total de material. Considerando-se uma pequena redução neste valor, o resultado pode representar uma grande vantagem econômica para o produto. O cilindro e a válvula de controle também possuem valores elevados em relação aos demais, aproximadamente 15% cada.
- O braço é o elemento que possui o menor aproveitamento de matéria prima (79%) e, por representar 13% do custo de energia elétrica e 5,6% do custo de material, o projeto poderia ser revisto, bem como o próprio aproveitamento da matéria prima na sua fabricação, principalmente pelo fato de que este elemento faz parte do Módulo de Manipulação do Produto, o qual ficou com a segunda posição para ações futuras.
- O elemento guia móvel pode ser avaliado de forma semelhante ao braço, pois seu custo de energia elétrica chega a 41%, e o aproveitamento de matéria prima é de aproximadamente 83%. Uma otimização nos processos de fabricação poderia gerar uma redução nos custos de energia elétrica, e na quantidade emitida de CO<sub>2</sub>.
- O cilindro é o elemento que mais utiliza produtos tóxicos e/ou perigosos, no caso óleo e solvente. Por isso deve-se ter uma atenção maior quando montado e, principalmente, quando testado, para evitar vazamentos ocorridos por montagem incorreta, já que problemas nos próprios componentes são mais difíceis de se verificar antes do seu funcionamento. Por ser um elemento do Módulo Hidráulico, este aspecto requer atenção redobrada dada a importância do mesmo para o correto funcionamento da garra.
- Com relação à utilização de embalagens, o acompanhamento mostrou que a maior parte das peças e componentes é movimentada dentro da empresa por meio de



paletes de madeiras e caixas de aço, que são reutilizáveis. Apenas uma pequena quantidade de materiais utiliza embalagens descartáveis como papelão e plástico. Os elementos que mais utilizam embalagens descartáveis são: válvula de controle, conjunto de instalação hidráulica, e acessórios de identificação. Normalmente essas embalagens são usadas para componentes pequenos, o que poderia ser substituído por caixas de metal ou plástico permanentes.

- O nível de ruído é outro fator importante, pois, como mencionado anteriormente, o valor máximo sem o uso de EPI é de 115 dB. O maior valor encontrado nas medições foi de 125 dB para o processo de corte na guilhotina. Esse valor, ao descontar a atenuação do EPI (cerca de 16 dB), cai para 109 dB. Porém, como ainda consiste em um valor muito próximo do permitido, é necessária atenção e observação do processo. Para esse valor de ruído, a NR 15 prevê um tempo máximo de exposição de 15 minutos e, no caso da guilhotina, o processo dura aproximadamente três minutos, o que estaria de acordo com a NR 15.
- Com relação às horas de qualificação, destaca-se a inexistência de horas para os colaboradores envolvidos com o conjunto de instalação hidráulica nos dois últimos anos. Considerando-se que o Módulo Hidráulico ficou classificado como o mais importante para a garra, este aspecto precisa ser revisado com urgência, tendo em vista a repercussão que um problema neste elemento pode ocasionar.
- A umidade relativa do ar é outro aspecto a ser considerado. Segundo a OMS, os valores devem estar compreendidos entre 50% e 80%. Os dados coletados indicaram alguns valores ligeiramente abaixo do ideal, como nos grupos de máquina GM104, GM019 e GM020, GM010, GM057, GM071, GM068, GM064, GM037, que compreendem os processos de rebarbação, usinagem CNC, dobra, jateamento, alívio de tensões, montagem de cilindros, montagem industrial, e furação, respectivamente. E apenas para o grupo de máquina GM008, cortar guilhotina, foi constatado um valor relativamente menor que o ideal (38%). Como no geral são valores próximos do ideal, uma nova coleta dos dados em dias diferentes poderia ser realizada.
- Considerando-se que o GM008 já obteve um valor de ruído acima do permitido sem o uso de EPI (125dB), e umidade relativa de 38% (abaixo dos 50% recomendados pela OMS), uma avaliação do local de trabalho como um todo é recomendada.

- Com relação à formação da mão de obra, uma parcela significativa ainda não possui qualificação com certificação, sendo que aproximadamente 22% possui apenas o ensino fundamental. Por outro lado, os que tem algum curso específico ou curso técnico na área de trabalho correspondem a aproximadamente metade do quadro de pessoas. Considerando-se o cenário atual da educação e as possibilidades de continuar os estudos de forma presencial ou a distância, um trabalho de conscientização para com aqueles que não terminaram o ensino fundamental seria de grande importância, pois isso repercute não somente na vida funcional do colaborador, mas também na sua vida pessoal.
- Com relação à quantidade de calorías gastas na preparação e execução das operações realizadas, no geral os processos avaliados se referem a atividades leves e moderadas de trabalho. Apenas os processos de limpeza (GM111), rebarbação (GM104 e GM056) e acabamento solda robô (GM148) são atividades consideradas como trabalho pesado, e duram no máximo 3 minutos.
- Todos os locais onde são realizados os mais diversos processos de fabricação possuem algum risco. Porém, em alguns o risco é maior considerando-se que a atividade, além de ser perigosa, envolve trabalhos manuais. Esse é o caso dos grupos de máquina GM056, GM104, GM111, e GM148, que consistem basicamente no uso de esmerilhadeiras para a limpeza, remoção de escória, e acabamento. Além dos EPIs necessários, é fundamental o treinamento constante sobre segurança nas operações e correto uso do equipamento.

#### 4.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO: GARRA GIRATÓRIA PARA BOBINAS

O segundo produto em que o método foi aplicado é uma garra giratória para bobinas, e também consiste na realização de quatro etapas: Avaliar; Decompor; Formatar, e Integrar, as quais são descritas a seguir.

##### 4.2.1. 1ª Etapa: Avaliar - GGBS

Da mesma maneira que para a aplicação do método ao primeiro produto, a intervenção foi dividida nos mesmos setores, e contou com a mesma equipe de trabalho acompanhando os setores de engenharia, comercial, processo e produção. A formação da equipe pode ser observada no Quadro 37.

Para esta etapa, o produto escolhido para aplicação do método foi a Garra Hidráulica para Bobinas (GGBS). A GGBS (Figura 25) é um dos principais produtos vendidos pela empresa e, por esse motivo, frequentemente é reavaliado, o que viabilizou e justificou a aplicação do método. A GGBS pode ser considerada como um equipamento ideal para operações com bobinas em geral, pois atende grande parte das necessidades dos usuários que buscam operações simples, ágeis, seguras e sem danos ao papel (SAUR, 2018).

Figura 25 - Garra Giratória para Bobinas.



Fonte: Catálogo de Produtos Saur, 2018.

A linha de garras hidráulicas para bobinas possui capacidade de 1.000 a 3.000 kg e abertura de 350 a 2.600 mm, com giro de 360°. Possui também duas funções hidráulicas (giro e abertura/fechamento), design que permite visibilidade ao operador, estrutura em aço de alta resistência, articulações com buchas autolubrificadas, braços delgados para melhor aproveitamento dos espaços de armazenagem, olhais para içamento, bem como apoio e proteção às placas de contato, e válvula de alívio para regulagem da pressão de aperto (SAUR, 2018).

A garra escolhida foi o modelo GGBS 20 FU, com braço menor fixo e braço maior unido, com capacidade de carga de 2000 kg e abertura de 510mm a 1525mm, e sua massa é de 745 kg (SAUR, 2018).

O Quadro 10 foi utilizado para verificar e constatar que a garra giratória para bobinas possui as características necessárias para ser modularizado, e os questionários do Modelo de Kano foram utilizados para identificar as expectativas e necessidades do consumidor. As respostas para esse questionário foram agrupadas e podem ser visualizadas no Quadro 53, e o questionário aplicado pode ser visto no APÊNDICE A.

Quadro 53 - Respostas sobre as expectativas e necessidades do cliente - GGBS.

PERGUNTA	RESPOSTAS AGRUPADAS
Quais problemas / defeitos / reclamações o cliente associa ao uso da GGBS?	Modelo de conchas inadequado. Danos à bobina de papel. Regulagem da pressão. Não atender a operação. Falhas em elementos de fixação. Braços com espessura muito grande. Queda/excesso de pressão.
Que critérios o cliente leva em consideração ao comprar uma GGBS?	Área de movimentação. Segurança na operação. Valor do equipamento. Design. Serviço de Pós-Vendas. Agilidade na movimentação. Qualidade do produto. Eficiência na operação. Fácil manuseio.
Que mudanças você faria na GGBS ou que novos recursos/capacidades adicionaria?	Sensores indicadores de falhas hidráulicas. Monitoramento das operações. Geometria da garra para movimentação em container. Redução da espessura da garra. Otimização do projeto para redução de custos de produção.

Fonte: (elaborado pelo autor)

Analisando as respostas a equipe de trabalho, com base na sua experiência com seus principais clientes, definiu os requisitos que estão no Quadro 54.

Quadro 54 - Requisitos do cliente para a GGBS.

Danos ao produto. Área para movimentar bobinas. Pós-vendas. Segurança. Monitoramento das operações. Indicador de falhas hidráulicas. Agilidade na movimentação. Facilidade de operação.
--

Fonte: (elaborado pelo autor)

Após definir os requisitos, o segundo questionário do Modelo de Kano é aplicado para verificar a expectativa dos clientes e a sua percepção para com esses requisitos. O questionário de satisfação e importância completo encontra-se no APÊNDICE F. A avaliação das respostas dos questionários é realizada de acordo com o Quadro de Avaliação de Kano (Quadro 14), e o resultado desta análise pode ser visto no Quadro 55.

Quadro 55 - Resultado do Quadro de Avaliação de Kano para a GGBS.

GGBS		REQUISITOS							
		Danos ao produto	Área para movimentar bobinas	Pós vendas	Segurança	Monitoramento das operações	Indicador de falhas hidráulicas	Agilidade na movimentação	Facilidade de operação
CLIENTE	1	M	A	R	M	I	A	I	M
	2	R	A	M	M	A	A	O	A
	3	O	M	R	O	A	R	M	O
	4	O	I	O	M	M	I	O	A
	5	O	O	M	O	O	A	O	O

Legenda: (O) Unidimensional; (A) Atrativo; (M) Obrigatório; (R) Reverso; (I) Indiferente; (Q) Questionável.

Fonte: (elaborado pelo autor)

O Quadro 56 mostra as frequências com que as respostas foram identificadas no questionário, e as categorias relativas a essas frequências para facilitar a sua interpretação.

Quadro 56 - Frequências das respostas dos clientes para a GGBS.

GGBS		REQUISITOS							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Danos ao produto	Área para movimentar bobinas	Pós vendas	Segurança	Monitoramento das operações	Indicador de falhas hidráulicas	Agilidade na movimentação	Facilidade de operação
FREQUÊNCIA DAS RESPOSTAS	A	0%	40%	0%	0%	40%	60%	0%	40%
	O	60%	20%	20%	40%	20%	0%	60%	40%
	M	20%	20%	40%	60%	20%	0%	20%	20%
	I	0%	20%	0%	0%	20%	20%	20%	0%
	R	20%	0%	40%	0%	0%	20%	0%	0%
	Q	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
CATEGORIA		O	A	M	M	A	A	O	O

Fonte: (elaborado pelo autor)

Em uma primeira análise, verifica-se que os requisitos 1, 7 e 8 foram classificados como Unidimensionais, os requisitos 2, 5 e 6 como Atrativos, e os requisitos 3 e 4 como Obrigatórios.

Analisando-se os requisitos Unidimensionais (requisitos 1, 7 e 8 - danos ao produto, agilidade na movimentação e facilidade de operação, respectivamente), pode-se compreender

o porquê de terem sido considerados nesta categoria, pois quando estão presentes a satisfação do cliente aumenta proporcionalmente, e quanto maior o seu desempenho mais satisfeitos ficarão os clientes. São requisitos que refletem diretamente no uso e operação do equipamento, como o 7 e o 8, e na finalidade do equipamento, como o requisito 1, que é transportar o produto sem danificá-lo. Qualquer um destes requisitos que não seja plenamente atingido poderá trazer um descontentamento enorme ao cliente.

Os Requisitos 2, 5 e 6, área para movimentar bobinas, monitoramento das operações e indicador de falhas hidráulicas, respectivamente, tiveram sua maior pontuação relacionada como Atrativos, ou seja, se eles existirem, melhor, porém, se não existirem não significa que o cliente não estará satisfeito. De certa forma, eles podem atrair consumidores, mas não são os requisitos que irão influenciar na decisão de compra ou não do produto, nem na continuidade em permanecer com a empresa em compras futuras.

Percebe-se mais uma vez (na garra hidráulica para fardos também ocorre da mesma forma) que o cliente prioriza aspectos diretamente relacionados ao funcionamento da garra, como a agilidade de operação e a movimentação da garra, porém ambos sem danificar o produto. Sem eles certamente o cliente não compraria a garra ou ficaria muito insatisfeito caso ocorresse, deixando até mesmo de comprar outros produtos nesta empresa.

Os requisitos 3 e 4 (pós-vendas e segurança, respectivamente) foram classificados como Obrigatórios. A segurança é intrínseca a qualquer máquina ou equipamento, e está relacionada diretamente ao uso da garra e à movimentação de bobinas. O serviço de pós-vendas é algo que o cliente espera, ou seja, que deve estar presente na aquisição do produto.

Através do Quadro 57 pode-se observar o resultado do questionário para a avaliação do nível de satisfação para o atual produto e do nível de importância para cada requisito, ambos considerando uma escala de 1 a 7, sendo o 7 o mais importante.

Quadro 57 - Níveis de satisfação e importância para a GGBS.

GGBS	REQUISITOS							
	Danos ao produto	Área para movimentar bobinas	Pós vendas	Segurança	Monitoramento das operações	Indicador de falhas hidráulicas	Agilidade na movimentação	Facilidade de operação
Nível de Satisfação	5	5	5	6	4	4	6	6
Nível de Importância	7	5	6	6	4	5	6	6

Fonte: (elaborado pelo autor)

Os níveis de satisfação mostram que o cliente, de uma forma geral, está satisfeito com o produto, com exceção dos requisitos 5 e 6 (monitoramento das operações e indicador de falhas hidráulicas, respectivamente), que obtiveram um valor mediano, e que precisariam ser

melhorados. O requisito 1 (danos ao produto) obteve um valor alto, porém, devido à sua importância como máxima pelo cliente, ele também precisa ser verificado e tomadas medidas para elevar o nível de satisfação, pois, quanto maior o cumprimento deste requisito, maior a satisfação do cliente em relação a ele por ser um requisito unidimensional.

Outro requisito que pode ser despendida maior atenção é o requisito 5 (pós-vendas), pois, além de ser um requisito unidimensional, obteve um valor 5 na escala de satisfação. Além disso, por ter obtido um nível de importância elevado, merece ser reavaliado com mais cautela.

#### **4.2.2. 2ª Etapa: Decompor - GGBS**

Nesta etapa a decomposição física do produto foi realizada em soluções técnicas e elementos, e contou com o auxílio da lista de peças da GGBS. Esta ação iniciou através da observação e análise de desenhos da garra em que constam todos os seus componentes e, posteriormente, pela observação do produto no seu processo de fabricação.

Para efetuar a decomposição física, uma parte da etapa 3.4.1 (Agregar os índices da dimensão emocional) do método foi antecipada, pois aqui deve-se considerar as características do produto para estabelecer as funções. O Quadro 58 mostra esse desdobramento dos requisitos em características que neste trabalho foram denominadas como requisitos emocionais, os quais foram estabelecidos em conjunto com a equipe de trabalho considerando sua experiência no produto.

Quadro 58 - Requisitos emocionais para a GGBS.

REQUISITOS	CARACTERÍSTICAS
DANOS AO PRODUTO	aderência das garras
	pressão adequada
ÁREA PARA MOVIMENTAR BOBINAS	dimensão da garra aberta
	formato dos braços
SERVIÇO DE PÓS-VENDAS	manutenção de componentes
	treinamento operacional
	sugestões de atualização
SEGURANÇA NAS OPERAÇÕES	rigidez da estrutura
	resistência dos componentes estruturais
	"stop" da garra em caso de pane
MONITORAMENTO DAS OPERAÇÕES	indicador de movimentação da garra
INDICADOR DE FALHAS HIDRÁULICAS	indicador remoto de falhas hidráulicas
AGILIDADE NA MOVIMENTAÇÃO	velocidade de abertura/fechamento dos braços
	velocidade de giro da garra
FACILIDADE DE OPERAÇÃO	não usa ferramentas específicas para instalar
	conecta facilmente as mangueiras
	visibilidade dos produtos
	operação simples da garra
	transporte da garra

Fonte: (elaborado pelo autor)

A partir da definição destas características, o Quadro 59 foi construído relacionando-se as características com as funções comuns que elas desempenham, e as soluções técnicas e elementos necessários para satisfazer essas características foram encontradas. É importante ressaltar que uma solução técnica pode ser composta por um grupo de componentes ou por apenas um componente quando esse cumprir com a função a ele estabelecida.

Assim, o Quadro 60 mostra a relação das soluções técnicas encontradas para a GGBS mediante a sua decomposição física, enquanto a Figura 26 auxilia na visualização destas soluções.

É importante ressaltar que, para os componentes que são utilizados na garra mais de uma vez, a sua quantidade é considerada posteriormente, na etapa em que são gerados os indicadores e índices sustentáveis. Da mesma forma que para o primeiro produto, os 17 indicadores sustentáveis descritos na Figura 20 foram mantidos para a modularização. A planilha com todos os grupos de máquinas que em algum momento foram utilizados nos processos de fabricação da GGBS e as respectivas informações pode ser observada no APÊNDICE C, a qual é utilizada para gerar os indicadores e índices de sustentabilidade.



Quadro 59 - Decomposição física e Soluções técnicas para a GGBS.

CARACTERÍSTICAS	FUNÇÃO	SOLUÇÃO TÉCNICA
Aderência das garras. Pressão adequada. Dimensão da garra aberta. Formato dos braços. Rigidez da estrutura. Resistência dos componentes estruturais. Visibilidade dos produtos.	Mover as bobinas sem danificá-las.	Rolamento. Conjunto eixos e buchas. Conjunto braço menor. Conjunto braço maior. Concha. Biela. Suporte. Corpo.
Treinamento operacional. "stop" da garra em caso de pane. Indicador remoto de falhas hidráulicas. Sugestões de atualização. Indicador de movimentação da garra.	Garantir segurança durante o uso.	Presilhas superiores. Presilhas inferiores. Limitador. Válvula holding. Acessórios de Identificação.
Manutenção de componentes. Não usa ferramentas específicas para instalar. Conecta facilmente as mangueiras. Transporte da garra.	Instalar e dar manutenção para a garra.	Conjunto instalação hidráulica. Válvula de giro. Motor.
Velocidade de abertura/fechamento dos braços. Velocidade de giro da garra. Operação simples da garra.	Ser ágil na execução dos movimentos.	AGS. Bloco. Redutor. Cilindro.

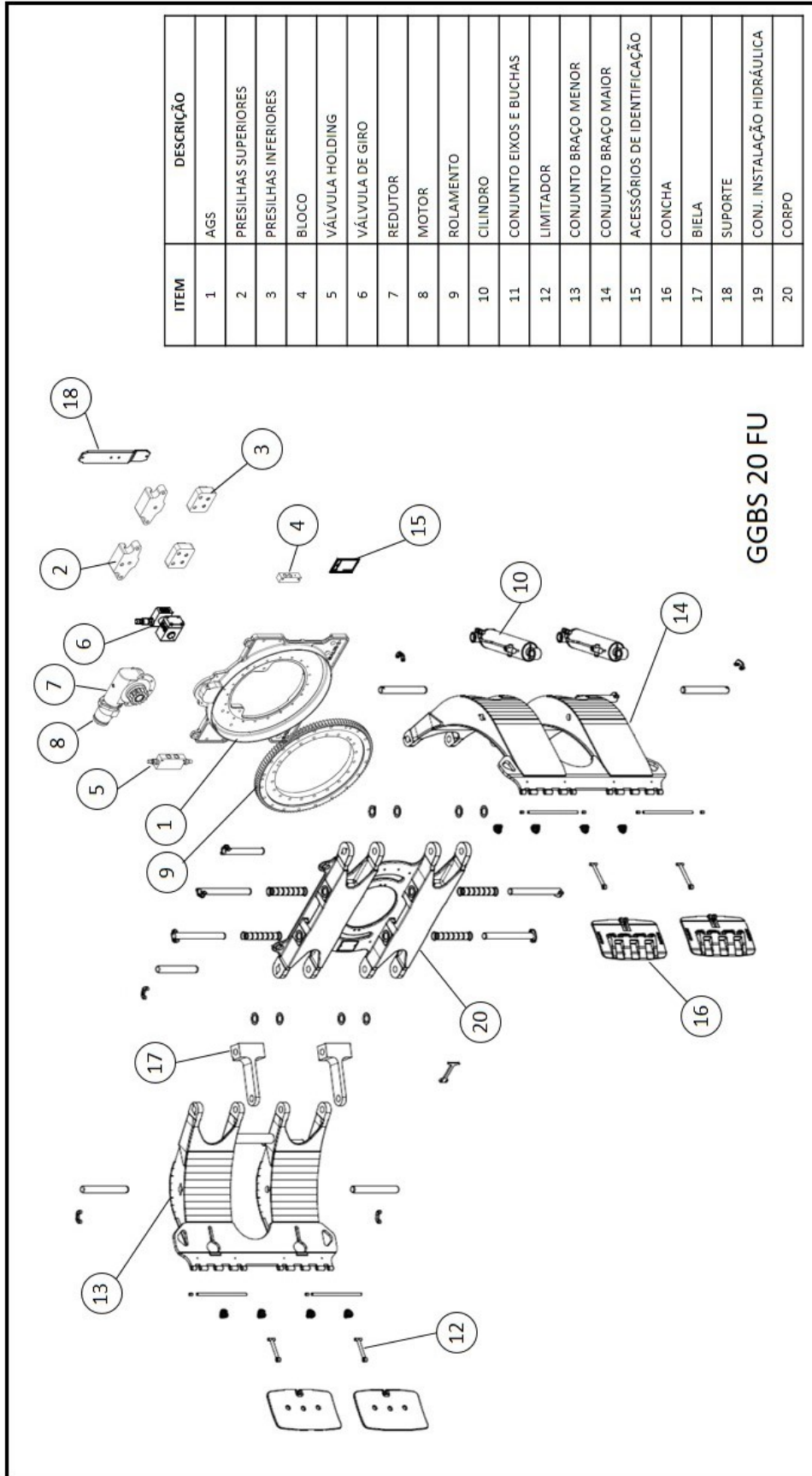
Fonte: (elaborado pelo autor)

Quadro 60 – Soluções técnicas da GGBS.

AGS PRESILHAS SUPERIORES PRESILHAS INFERIORES BLOCO VÁVULA HOLDING VÁLVULA DE GIRO REDUTOR MOTOR ROLAMENTO CILINDRO CONJUNTO EIXOS E BUCHAS LIMITADOR CONJUNTO BRAÇO MENOR CONJUNTO BRAÇO MAIOR ACESSÓRIOS DE IDENTIFICAÇÃO CONCHA BIELA SUPORTE CONJUNTO INSTALAÇÃO HIDRÁULICA CORPO
--

Fonte: (elaborado pelo autor)

Figura 26 - Decomposição física da GGBS.



ITEM	DESCRIÇÃO
1	AGS
2	PRESILHAS SUPERIORES
3	PRESILHAS INFERIORES
4	BLOCO
5	VÁLVULA HOLDING
6	VÁLVULA DE GIRO
7	REDUTOR
8	MOTOR
9	ROLAMENTO
10	CILINDRO
11	CONJUNTO EIXOS E BUCHAS
12	LIMITADOR
13	CONJUNTO BRAÇO MENOR
14	CONJUNTO BRAÇO MAIOR
15	ACESSÓRIOS DE IDENTIFICAÇÃO
16	CONCHA
17	BIELA
18	SUPORTE
19	CONJ. INSTALAÇÃO HIDRÁULICA
20	CORPO

Fonte: (elaborado pelo autor)

Da mesma forma que para o primeiro produto, ressalta-se que os dados quantitativos foram obtidos por meio de medição direta junto ao grupo de máquina, bem como de manuais e catálogos de máquinas disponibilizados pela empresa. Os dados qualitativos foram obtidos junto com a equipe de trabalho em observação realizada em cada grupo de máquina. A partir destes dados, planilhas individuais com a sequência das operações de fabricação foram elaboradas para cada solução técnica.

A Tabela 10 mostra os dados coletados para o primeiro elemento, o AGS (aparelho giratório), que é um item comprado de terceiros, e tem por finalidade transmitir o movimento do conjunto motor-redutor à garra, possibilitando seu giro.

A Tabela 11 mostra os dados para o elemento presilhas inferiores, constituído de duas presilhas e dois calços fabricados pela empresa. As presilhas superiores, juntamente com as presilhas inferiores, tem a finalidade de acoplar a garra à empilhadeira, cabendo a estes elementos a função de estabilizar o conjunto e proporcionar segurança para o equipamento. A Tabela 12 mostra os dados coletados para o elemento bloco, que é fabricado internamente, e sua função é agrupar as mangueiras do sistema hidráulico para evitar amassamentos ou cortes durante a movimentação da garra.

Os dados coletados para os demais elementos que constituem a GGBS podem ser visualizados no APÊNDICE G. O elemento presilhas superiores é composto pela presilha direita e presilha esquerda, e ambas são compradas, e também pela trava, que é fabricada internamente.

A Válvula holding é um elemento que tem a função de evitar movimentos bruscos do conjunto e também proteger contra quedas de carga mesmo com a bomba desligada. Por ser um item vendido comercialmente por empresas do ramo hidráulico, ela é comprada. Da mesma forma, a válvula de giro também é comprada e apenas montada na empresa, e sua função é realizar a rotação do aparelho giratório.

O redutor e o motor são itens comprados de terceiros, sendo que a montagem do redutor é realizada na empresa. O elemento rolamento é fabricado internamente e as peças para o cilindro são compradas. Os cilindros são montados e testados na empresa em um setor específico para testes que envolvam óleo.

Os eixos e buchas que são utilizados na garra foram alocados como um conjunto, pois são elementos pequenos, cujos processos de fabricação são relativamente simples, e depois de fabricados são utilizados apenas nas montagens. Os três primeiros eixos possuem o mesmo diâmetro, variando apenas o comprimento. As buchas são compradas de terceiros e os eixos fabricados na empresa.

Tabela 10 - Dados coletados para o elemento: AGS.

AGS (Quant. 01)	Operação	10	20	30	40	50
	Unidades	ALMOX REUNIR COMPONENTES	JATEAR-JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03	USINAR CENTRO USIN.FH10800/HCN8 800	FURAR - FURADEIRA RADIAL
GRUPO DE MÁQUINA		GM066	GM112	GM245	GM019	GM038
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	0,000	0,000	0,000	35,000	5,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	0,000	0,773	2,700	75,000	6,000
POTÊNCIA	( kW )	0	260	40	62,1	3
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )			686,68		
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )			1,00		
MASSA PEÇA	( kg )			1,00		
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	0,00	150,00	200,00	84,07	95,00
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	175	300	300	175	220
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	125	150	150	150	150
TEMPERATURA	( °C )	29,7	33,2	33,2	31,7	32,9
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	77	89,4	89,4	81,8	86,5
UMIDADE	( % )	51	57	57	48	43
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	32	80	80	36	32
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	0	0	9	9	9
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	9	1	9	1	0
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	4	5	5	6	6
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	3	3	3	7	7

Fonte: (elaborado pelo autor)

O elemento Limitador é comprado externamente, e é responsável por determinar a abertura máxima da garra, evitando a quebra de componentes e o estiramento de mangueiras por falta de comprimento. Já o elemento suporte é fabricado na empresa, e é constituído basicamente por uma chapa metálica dobrada em que a válvula de giro é posicionada e fixada no centro do AGS.

O conjunto braço menor é a parte fixa da garra, e é composto pelos seguintes elementos: barras de travamento retangular e quadrada, espaçador, buchas, conjunto olhal, flange de ligação, revestimento, suporte, e nervuras. De todos os elementos, apenas o flange de ligação não é fabricado pela empresa.

Tabela 11 - Dados coletados para o elemento: Presilhas inferiores.

PRESILHAS INFERIORES (Quant. 02)	Operação	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
	Unidades	CALÇO CORTAR - OXICORTE GERAL	REBARBAR	USINAR-CENTRO USIN. VERT. VCN 510	JATEAR-JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03	PRESILHA CORTAR - PLASMA MESSER	REBARBAR	USINAR-CENTRO USIN. VERT. VCN 510	JATEAR-JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03
GRUPO DE MÁQUINA		GM001	GM056	GM081	GM112	GM245	GM003	GM056	GM081	GM112	GM245
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	4,000	2,000	11,000	0,000	0,000	0,500	1,000	11,000	0,000	0,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	1,810	0,480	2,080	0,135	0,132	0,280	1,000	5,200	0,085	0,057
POTÊNCIA	( kW )	8	2,2	33,8	260	40	8	2,2	33,8	260	40
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )			3,15					3,07		
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )			5,05					1,29		
MASSA PEÇA	( kg )			3,99					1,06		
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	100,00	23,99	36,92	150,00	200,00	100,00	23,99	36,92	150,00	200,00
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	300	300	175	300	300	300	300	175	300	300
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	150	440	150	150	150	150	440	150	150	150
TEMPERATURA	( °C )	33,7	31,6	32,2	33,2	33,2	33,7	31,6	32,2	33,2	33,2
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	98,5	104,1	90,6	89,4	89,4	98,5	104,1	90,6	89,4	89,4
UMIDADE	( % )	59	55	53	57	57	59	55	53	57	57
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	40	20	40	80	80	40	20	40	80	80
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	0	0	9	0	9	0	0	9	0	9
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	0	0	0	1	9	0	0	0	1	9
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	7	10	6	5	5	7	10	6	5	5
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	7	1	5	3	3	7	1	5	3	3

Fonte: (elaborado pelo autor)

Por sua vez, o conjunto braço maior é a parte móvel da garra e fecha em direção ao conjunto braço menor para realizar a “pega” da bobina. Ele é formado pelos seguintes elementos: barras de travamento quadradas e retangulares, suporte, revestimentos, e nervuras.

Os elementos acessórios de identificação e concha são comprados e apenas montados na garra. Os acessórios de identificação tem a função de alertar o operador quanto à capacidade de carga, aberturas mínima e máxima da garra, bem como instruir quanto ao uso da garra. As conchas são responsáveis por entrar em contato diretamente com a garra e, por isso, devem ser altamente aderentes, e são compradas de acordo com as necessidades do cliente.

Tabela 12 – Dados coletados para o elemento: Bloco.

BLOCO (Quant. 01)	Operação	10	20	30	40
		CORTAR - SERVA DISCO CNC	USINAR - CENTRO USIN.VERTICAL ROMI	JATEAR-JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03
Unidades					
GRUPO DE MÁQUINA		GM007	GM021	GM112	GM245
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	1,000	11,000	0,000	0,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	0,216	18,000	0,120	0,054
POTÊNCIA	( kW )	15,15	16,5	260	40
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )			4,40	
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )			1,01	
MASSA PEÇA	( kg )			0,96	
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	40,70	36,92	150,00	200,00
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	220	175	300	300
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	150	150	150	150
TEMPERATURA	( °C )	32,5	32,2	33,2	33,2
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	85,5	90,6	89,4	89,4
UMIDADE	( % )	59	53	57	57
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	10	40	80	80
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	9	9	0	9
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	0	0	1	9
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	7	6	5	5
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	5	5	3	3

Fonte: (elaborado pelo autor)

A biela é o principal elemento de ligação entre o conjunto braço menor e o corpo da garra, e deve proporcionar estabilidade e rigidez ao conjunto. O elemento conjunto instalação hidráulica é composto por mangueiras, conexões, adaptadores, tampões, e uniões. O elemento corpo é o elemento base da estrutura da garra, em que todos os demais elementos são posicionados e fixados durante a montagem. Ambos são elementos comprados de terceiros, porém o corpo é usinado na empresa.

### 4.2.3. 3ª Etapa: Formatar - GGBS

Nesta etapa são gerados os índices individuais e brutos, e também são estabelecidos os índices sustentáveis. Os índices individuais são estabelecidos de forma igual para cada elemento, e são considerados os aspectos econômicos, ambientais e sociais.

Os indicadores Custo da Energia Elétrica, Custo do Centro de Trabalho, Custo do Material e Custo da Sucata, são utilizados para compor os índices individuais econômicos e foram calculados por meio das Equações (1), (2), (3) e (4). A tarifa de energia elétrica é a mesma utilizada para o primeiro produto, ou seja, 0,27 R\$/kWh, dado este fornecido pela empresa.

Para os indicadores ambientais Quantidade de Energia Elétrica Consumida e Eficiência no uso da Matéria Prima, os índices individuais são obtidos mediante as Equações (5) e (6), respectivamente. Para os indicadores Uso de Produtos Perigosos/Tóxicos e Uso de Embalagens Descartáveis foi utilizado como apoio o Quadro 18, e para o indicador Quantidade emitida de CO<sub>2</sub> foi utilizada a Equação (7).

As Equações (8), (9) e (10) são utilizadas para estabelecer os índices individuais referentes aos indicadores sociais Conforto do Colaborador: Calorias Gastas na Preparação, Conforto do Colaborador: Calorias Gastas na Execução, e Nível de Ruído, respectivamente. O Quadro 19 auxilia a estabelecer os índices para o indicador Nível de Instrução. Horas de Qualificação, Temperatura e Umidade tem como seus índices individuais os próprios dados coletados. Para o indicador Risco de Acidentes no local é realizada a observação do local, e considerada uma escala de um a dez, em que o valor máximo indica maior risco de acidentes.

Os índices individuais para o elemento AGS, referentes aos indicadores econômicos, ambientais e sociais, podem ser visualizados na Tabela 13. Os índices individuais para o elemento presilhas inferiores, referentes aos indicadores sustentáveis, podem ser visualizados na Tabela 14. Por sua vez, os índices individuais para os elementos bloco e válvula holding, referentes aos indicadores sustentáveis, são mostrados na Tabela 15. Os demais índices individuais para os indicadores sustentáveis dos elementos restantes da GGBS podem ser vistos no APÊNDICE H.

Tabela 13 - Índices individuais para os indicadores sustentáveis do elemento AGS.

AGS (Quant. 01)	Operação	10	20	30	40	50
		Unidades	ALMOX REUNIR COMPONENTES	JATEAR-JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03	USINAR CENTRO USIN.FH10800/HCN8 800
GRUPO DE MÁQUINA		GM066	GM112	GM245	GM019	GM038
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,00	0,90	0,49	20,96	0,08
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	0,00	1,93	9,00	154,13	17,42
CUSTO DO MATERIAL	R\$	686,68	0,00	0,00	0,00	0,00
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,00	3,35	1,80	77,63	0,30
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%			100,00		
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	0	0	9	9	9
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	9	1	9	1	0
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	0,00	418,71	225,00	9703,13	37,50
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	0,00	0,00	0,00	102,08	18,33
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	0,00	1,93	6,75	187,50	15,00
NÍVEL DE RUÍDO	dB	61,00	73,40	73,40	65,80	70,50
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	32	80	80	36	32
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	3	3	3	7	7
TEMPERATURA	°C	29,70	33,20	33,20	31,70	32,90
UMIDADE	%	51	57	57	48	43
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	4	5	5	6	6

Fonte: (elaborado pelo autor)



Tabela 14 - Índices individuais para os indicadores sustentáveis do elemento presilhas inferiores.

Operação	Calço					Presilha				
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
<b>PRESILHAS INFERIORES (Quant. 02)</b>	Unidades									
GRUPO DE MÁQUINA	GM001	GM056	GM081	GM112	GM245	GM003	GM056	GM081	GM112	GM245
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 0,07	0,00	0,32	0,16	0,02	0,01	0,01	0,79	0,10	0,01
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$ 9,68	0,99	8,05	0,34	0,44	1,30	0,80	9,97	0,21	0,19
CUSTO DO MATERIAL	R\$ 15,90	0,00	0,00	0,00	0,00	3,96	0,00	0,00	0,00	0,00
CUSTO DA SUÇATA	R\$ 0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh 0,24	0,02	1,17	0,59	0,09	0,04	0,04	2,93	0,37	0,04
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%		79,00					82,00		
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	0	9	0	9	0	0	9	0	9
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	0	0	0	1	0	0	0	1	9
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e 30,17	2,20	146,47	73,13	11,00	4,67	4,58	366,17	46,04	4,75
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal 20,00	10,00	32,08	0,00	0,00	2,50	5,00	32,08	0,00	0,00
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal 4,53	3,52	5,20	0,34	0,33	0,70	7,33	13,00	0,21	0,14
NÍVEL DE RUÍDO	dB 82,50	88,10	74,60	73,40	73,40	82,50	88,10	74,60	73,40	73,40
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h 40	20	40	80	80	40	20	40	80	80
NÍVEL DE INSTRUÇÃO (1 - 9)	7	1	5	3	3	7	1	5	3	3
TEMPERATURA	°C 33,70	31,60	32,20	33,20	33,20	33,70	31,60	32,20	33,20	33,20
UMIDADE	% 59	55	53	57	57	59	55	53	57	57
RISCO DE ACIDENTES (1 - 10)	7	10	6	5	5	7	10	6	5	5

Fonte: (elaborado pelo autor)

Tabela 15 - Índices individuais para os indicadores sustentáveis dos elementos bloco e válvula holding.

BLOCO (Quant. 01)	Operação				VÁLVULA HOLDING (Quant. 01)			
	10	20	30	40		10		
Unidades	CORTAR - SERRA DISCO CNC	USINAR - CENTRO USIN.VERTICAL ROMI	JATEAR-JATO AUTOM.DE GRANALHA 03	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03	MONTAR - INDUSTRIAL			
Unidades	GM007	GM021	GM112	GM245	GM064			
GRUPO DE MÁQUINA	R\$	0,01	1,34	0,14	0,01	R\$	0,00	
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,82	17,84	0,30	0,18	R\$	0,00	
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	4,46	0,00	0,00	0,00	R\$	316,74	
CUSTO DO MATERIAL	R\$	0,03	0,00	0,00	0,00	R\$	0,00	
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,05	4,95	0,52	0,04	kWh	0,00	
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	95,02				%	100,00	
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%	(0,1,5,9)	9	9	0	9	(0,1,5,9)	1
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	0	0	1	9	(0,1,5,9)	5	
EMBALAGENS	gCo2e	6,82	618,75	65,00	4,50	gCo2e	0,00	
QUANTIDADE DE CO2	kcal	3,67	32,08	0,00	0,00	kcal	0,00	
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	0,54	45,00	0,30	0,14	kcal	0,00	
CALORIAS EXECUÇÃO	dB	69,50	74,60	73,40	73,40	dB	66,30	
NÍVEL DE RÚIDO	h	10	40	80	80	h	20	
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	(1 - 9)	5	5	3	3	(1 - 9)	6	
NIVEL DE INSTRUÇÃO	°C	32,50	32,20	33,20	33,20	°C	31,10	
TEMPERATURA	%	59	53	57	57	%	49	
UMIDADE	(1 - 10)	7	6	5	5	(1 - 10)	5	
RISCO DE ACIDENTES								

Fonte: (elaborado pelo autor)

A partir dos índices individuais já calculados, os índices brutos são estabelecidos considerando-se todos os processos de fabricação envolvidos em cada elemento, relacionados com os indicadores econômicos, ambientais e sociais.

Com relação aos indicadores econômicos, os índices brutos são estabelecidos com o auxílio das informações contidas nos Quadros 20, 21, 22 e 23, para os indicadores Custo da Energia Elétrica, Custo do Centro de Trabalho, Custo do Material e Custo da Sucata, respectivamente.

Para os indicadores ambientais, os índices brutos são obtidos conforme os Quadros 23, 24, 25, 26, 27 e 28, ou seja, Quantidade de Energia Elétrica Consumida, Eficiência no uso da Matéria Prima, Uso de Produtos Perigosos/Tóxicos, Uso de Embalagens Descartáveis, e Quantidade emitida de CO<sub>2</sub>.

Ao analisar-se os indicadores sociais, os índices brutos são gerados com base nas informações contidas nos Quadros 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 e 36, a saber: Conforto do Colaborador: Calorias Gastas na Preparação, Conforto do Colaborador: Calorias Gastas na Execução, Nível de Ruído, Horas de Qualificação, Nível de Instrução, Temperatura, Umidade, e Risco de Acidentes no local, respectivamente.

Os índices brutos para a GGBS referentes às três dimensões sustentáveis, ou seja, econômica, ambiental e social, podem ser vistos no Quadro 61.

Com os índices brutos estabelecidos para cada elemento a partir dos índices individuais, os índices sustentáveis podem ser obtidos por meio das Equações (11) e (12) conforme o seu impacto, negativo ou positivo, respectivamente. Desta forma, os índices sustentáveis obtidos para a GGBS são mostrados no Quadro 62.

Quadro 61 - Índices brutos para a GGBS.

Dimensões	Indicadores	Unidades	Elementos																				
			AGS	PRESILHAS SUPERIORES	PRESILHAS INFERIORES	BLOCO	VÁLVULA HOLDING	VÁLVULA DE GIRO	REDUTOR	MOTOR	ROLAMENTO	CILINDRO	CONJUNTO EIXOS E BUCHAS	LIMITADOR	CONJUNTO BRAÇO MENOR	CONJUNTO BRAÇO MAIOR	ACESSÓRIOS DE IDENTIFICAÇÃO	CONCHA	BIELA	SUPOORTE	CONJUNTO INSTALAÇÃO HIDRÁULICA	CORPO	
Econômico	CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	22,43	8,77	2,98	1,50	0,00	1,80	0,08	0,00	10,13	0,22	7,47	0,00	170,79	168,04	0,00	0,00	3,93	0,19	0,00	77,07	
	CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	182,47	76,10	63,94	19,15	0,00	73,39	35,13	0,00	98,09	127,30	342,66	0,00	1.055,25	817,91	0,00	0,00	53,63	25,14	0,00	431,41	
	CUSTO DO MATERIAL	R\$	686,68	186,61	39,73	4,46	316,74	1.356,32	1.757,31	772,25	2.292,85	2.446,35	990,71	29,44	771,81	595,39	1,54	675,95	138,59	9,33	886,12	2.881,79	
	CUSTO DA SUCATA	R\$	0,00	0,00	1,29	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	0,00	5,47	8,69	0,00	0,00	2,41	0,23	0,00	0,00	
Ambiental	QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	83,07	32,49	11,03	5,56	0,00	6,67	0,28	0,00	37,50	0,83	27,68	0,00	632,55	622,37	0,00	0,00	14,54	0,69	0,00	285,44	
	EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%	100,00	99,87	79,61	95,02	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	96,04	100,00	87,38	86,71	100,00	100,00	80,00	85,00	100,00	100,00	
	PRODUTOS PERIGOSOS OU TOXICOS	(0,1,5,9)	5,40	4,64	3,60	6,75	1,00	7,00	7,00	1,00	0,00	7,00	6,30	1,00	4,13	2,13	1,00	1,00	3,60	2,50	1,00	4,50	
	EMBALAGENS	(0,1,5,9)	4,00	2,71	2,00	2,50	5,00	7,00	7,00	5,00	0,00	7,00	1,80	5,00	0,73	0,42	5,00	5,00	2,00	0,00	0,00	5,00	
Social	QUANTIDADE DE CO2	g <sub>CO2e</sub>	10.384,33	4.060,93	1.378,33	695,07	0,00	833,33	35,00	0,00	4.687,50	104,00	3.459,83	0,00	75.051,30	77.796,52	0,00	0,00	1.817,86	86,09	0,00	35.680,33	
	CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	120,42	246,17	203,33	35,75	0,00	15,00	5,33	0,00	20,00	20,00	846,67	0,00	1.475,75	593,15	0,00	0,00	89,17	63,45	0,00	87,51	
	CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	211,18	157,99	70,60	45,98	0,00	73,33	51,38	0,00	262,50	186,45	180,00	0,00	3.105,15	3.040,68	0,00	0,00	88,45	21,83	0,00	683,92	
	NÍVEL DE RÚIDO	dB	68,82	72,90	78,40	72,73	66,30	81,90	82,20	66,30	72,30	82,20	69,19	66,30	75,68	78,34	66,30	66,30	78,40	82,25	66,30	68,40	
	HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	52,00	45,29	52,00	52,50	20,00	10,00	40,00	20,00	80,00	40,00	18,40	20,00	34,87	42,25	20,00	20,00	52,00	38,00	20,00	57,00	
	NÍVEL DE INSTRUÇÃO (1-9)	(1-9)	4,60	4,36	3,80	4,00	6,00	3,50	4,50	6,00	3,00	4,50	4,20	6,00	4,37	4,33	6,00	6,00	3,80	5,25	6,00	4,00	
	TEMPERATURA	°C	32,14	32,06	32,78	32,78	31,10	30,85	31,50	31,10	31,90	31,50	31,46	31,10	32,19	32,48	31,10	31,10	32,78	33,00	33,00	31,10	31,95
	UMIDADE	%	51,20	56,00	56,20	56,50	49,00	46,00	51,00	49,00	55,00	51,00	54,90	49,00	53,30	52,96	49,00	49,00	56,20	49,25	49,25	48,00	53,25
	RISCO DE ACIDENTES	(1-10)	5,20	5,93	6,60	5,75	5,00	5,50	5,50	5,00	7,00	5,50	6,20	5,00	6,93	7,29	5,00	5,00	6,60	7,75	7,75	5,00	5,00

Fonte: (elaborado pelo autor)

Quadro 62 - Índices sustentáveis para a GGBS.

	Econômico				Ambiental					Social							
	CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	CUSTO DO MATERIAL	CUSTO DA SUCATA	QUANT. DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	EMBALAGENS	QUANTIDADE DE CO2	CALORIAS PREPARAÇÃO	CALORIAS EXECUÇÃO	NÍVEL DE RUÍDO	HORAS DE QUALIFICAÇÃO	NÍVEL DE INSTRUÇÃO	TEMPERATURA	UMIDADE	RISCO DE ACIDENTES
AGS	1	2	2	0	1	0	7	5	1	1	1	8	3	2	9	8	6
PRESILHAS SUPERIORES	0	1	1	0	0	0	6	3	0	2	0	8	4	2	9	9	7
PRESILHAS INFERIORES	0	1	0	1	0	2	5	3	0	1	0	9	3	3	9	9	8
BLOCO	0	0	0	0	0	0	9	3	0	0	0	8	3	3	9	9	7
VÁLVULA HOLDING	0	0	1	0	0	0	1	6	0	0	0	7	7	0	8	8	6
VÁLVULA DE GIRO	0	1	4	0	0	0	9	6	0	0	0	9	8	4	8	7	6
REDUTOR	0	0	5	0	0	0	9	9	0	0	0	9	5	2	9	8	6
MOTOR	0	0	2	0	0	0	1	6	0	0	0	7	7	0	8	8	6
ROLAMENTO	1	1	7	0	1	0	0	0	1	0	1	8	0	5	9	9	8
CILINDRO	0	1	8	0	0	0	9	9	0	0	1	9	5	2	9	8	6
CONJUNTO EIXOS E BUCHAS	0	3	3	1	0	0	8	2	0	5	1	8	7	3	9	9	7
LIMITADOR	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0	7	7	0	8	8	6
CONJUNTO BRAÇO MENOR	9	9	2	6	9	1	5	1	9	9	9	8	5	2	9	8	8
CONJUNTO BRAÇO MAIOR	9	7	2	9	9	1	3	1	9	4	9	9	4	3	9	8	8
ACESSÓRIOS DE IDENTIFICAÇÃO	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0	7	7	0	8	8	6
CONCHA	0	0	2	0	0	0	1	6	0	0	0	7	7	0	8	8	6
BIELA	0	0	0	2	0	2	5	3	0	1	0	9	3	3	9	9	8
SUPORTE	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	9	5	1	9	8	9
CONJUNTO INSTALAÇÃO HIDRÁULICA	0	0	3	0	0	0	1	6	0	0	0	7	7	0	8	8	6
CORPO	4	4	9	0	4	0	6	6	4	1	2	7	3	3	9	8	6

Fonte: (elaborado pelo autor)

#### 4.2.4. 4ª Etapa: Integrar - GGBS

A última etapa do método inicia com a definição dos índices da dimensão emocional, porém, como já foi mencionado e explicado o motivo na seção 4.2.2, estes índices já foram constituídos (Quadro 58). Desta forma, a relação de cada característica com os indicadores sustentáveis é apresentada no Quadro 63, onde pode-se observar o grau de importância de cada requisito. Esta ação foi realizada juntamente com a equipe de trabalho.

Os índices emocionais são estabelecidos a partir da relação entre as propriedades e os elementos considerando valores entre 0 e 9, ou seja, quanto maior for a relação maior será o valor atribuído, e quanto menor for a relação entre eles, menor o valor. O Quadro 64 mostra os índices emocionais para a GGBS.

Por fim, os índices emocionais são agrupados aos índices sustentáveis para formar os índices necessários para realizar a modularização, conforme mostra o Quadro 65.

Os agrupamentos foram realizados considerando-se os índices do Quadro 65 referentes à GGBS, bem como utilizados os seguintes parâmetros: Método Hierárquico Completo, distância euclidiana, e considerados 5 grupos para o agrupamento. A Figura 27 mostra o dendrograma gerado que contém os grupos indicados para a modularização da GGBS, considerando os aspectos relacionados ao Tripé da Sustentabilidade.

Através do dendrograma pode-se visualizar os agrupamentos e as distâncias entre os elementos que indicam os grupos, os quais podem ser vistos de forma organizada no Quadro 66.

Como já mencionado na aplicação do método para a garra hidráulica para fardos, o dendrograma indica a similaridade entre os elementos e, por este motivo, os grupos são formados. Porém, uma análise destes é grupo é fundamental para validá-los e, para isso, contou-se com a experiência da equipe de trabalho.

O Quadro 67 apresenta uma breve descrição das funções dos elementos em relação ao produto, considerando-se os grupos identificados pelo dendrograma.



Quadro 64 - Índices emocionais para a GGBS.

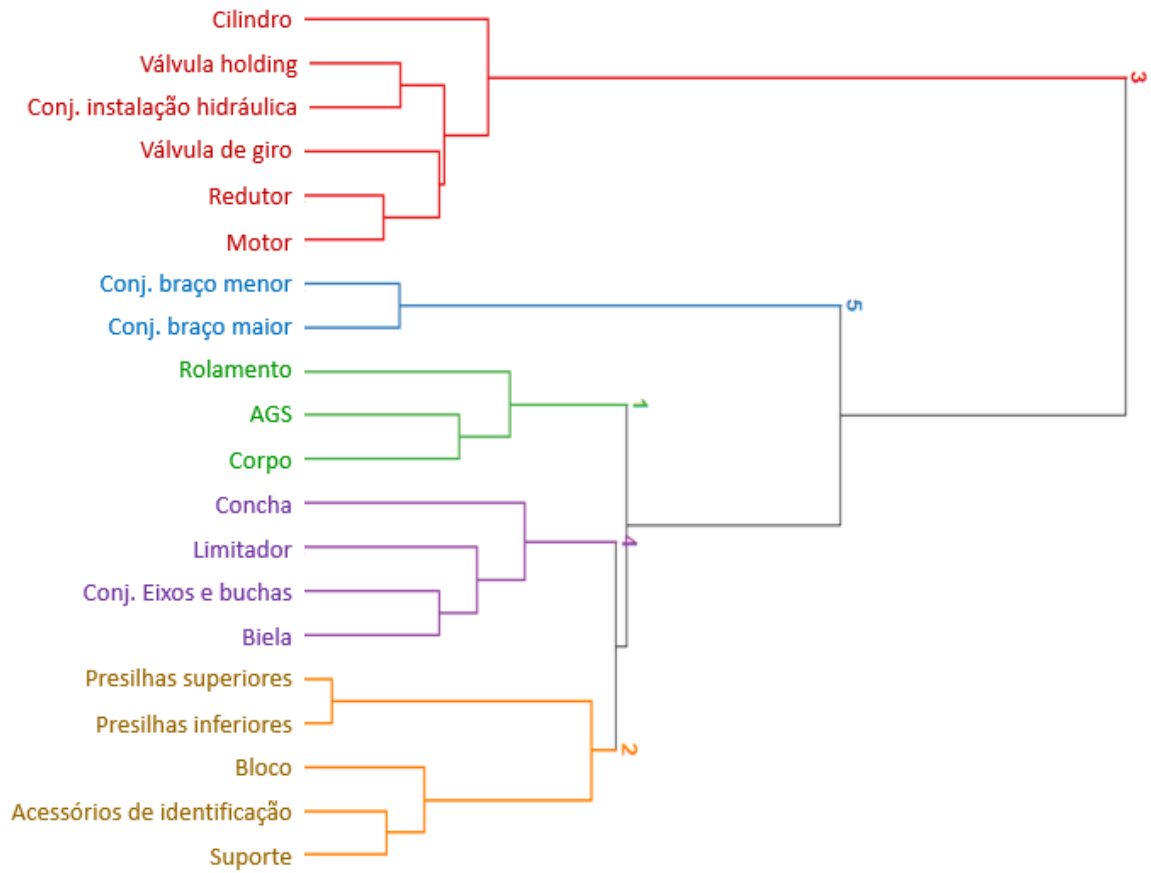
	DANOS AO PRODUTO		ÁREA PARA MOVIMENTAR BOBINAS		SERVIÇO DE PÓS-VENDAS			SEGURANÇA NAS OPERAÇÕES			MONITORAMENTO DAS OPERAÇÕES	INDICADOR DE FALHAS HIDRÁULICAS	AGILIDADE NA MOVIMENTAÇÃO		FACILIDADE DE OPERAÇÃO				
	Aderência das garras	Pressão adequada	Dimensão da garra aberta	Formato dos braços	Manutenção de componentes	Treinamento operacional	Sugestões de atualização	Rigidez da estrutura	Resistência dos componentes estruturais	"stop" da garra em caso de pane	Indicador de movimentação da garra	Indicador remoto de falhas hidráulicas	Velocidade de abertura/fechamento dos braços	Velocidade de giro da garra	Não usa ferramentas específicas para instalar	Conecta facilmente as mangueiras	Visibilidade dos produtos	Operação simples da garra	Transporte da garra
AGS	0	0	0	0	2	0	0	9	9	0	0	0	0	9	0	0	9	0	7
PRESILHAS SUPERIORES	0	0	0	0	4	9	0	7	9	0	0	0	0	9	0	0	3	0	0
PRESILHAS INFERIORES	0	0	0	0	4	9	0	7	9	0	0	0	0	9	0	0	3	0	0
BLOCO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
VÁLVULA HOLDING	0	9	0	0	5	9	5	0	0	9	9	9	0	0	9	0	0	0	0
VÁLVULA DE GIRO	0	9	0	0	5	2	5	0	0	9	9	9	0	9	0	9	5	9	0
REDUTOR	0	9	0	0	5	2	5	0	0	9	9	9	0	9	0	9	5	9	0
MOTOR	0	9	0	0	5	2	5	0	0	9	9	9	0	9	0	9	5	9	0
ROLAMENTO	0	0	0	0	7	0	0	9	9	9	0	0	0	9	0	0	9	0	0
CILINDRO	0	9	2	0	8	0	6	5	0	9	9	9	0	0	9	0	9	0	0
CONJUNTO EIXOS E BUCHAS	0	0	5	0	9	0	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
LIMITADOR	0	0	7	0	9	9	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONJUNTO BRAÇO MENOR	1	2	9	9	3	0	9	9	9	7	9	0	6	0	0	0	5	9	7
CONJUNTO BRAÇO MAIOR	1	2	9	9	3	0	9	9	9	7	9	0	6	0	0	0	5	9	7
ACESSÓRIOS DE IDENTIFICAÇÃO	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
CONCHA	9	9	9	7	9	0	8	9	0	7	9	0	0	0	0	0	0	9	3
BIELA	0	0	9	7	9	0	0	9	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
SUPORTE	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CONJ. INSTALAÇÃO HIDRÁULICA	0	9	0	0	9	9	0	0	0	7	0	9	9	0	9	0	9	0	0
CORPO	1	2	4	7	2	0	0	9	9	7	0	0	6	0	0	5	0	0	9

Fonte: (elaborado pelo autor)





Figura 27 - Dendrograma para a GGBS.



Fonte: (elaborado pelo autor)

Quadro 66 - Grupos gerados no agrupamento – GGBS.

Agrupamento: Método Hierárquico				
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
AGS	PRESILHAS SUPERIORES	VÁLVULA HOLDING	CJ EIXOS E BUCHAS	CJ BRAÇO MENOR
ROLAMENTO	PRESILHAS INFERIORES	VÁLVULA DE GIRO	LIMITADOR	CJ BRAÇO MAIOR
CORPO	BLOCO	REDUTOR	CONCHA	
	ACESSÓRIOS DE IDENTIF.	MOTOR	BIELA	
	SUPORTE	CILINDRO		
		CONJ. INST. HIDRÁULICA		

Fonte: (elaborado pelo autor)

Quadro 67 - Descrição dos grupos indicados pelo dendrograma – GGBS.

GRUPO	ELEMENTOS	DESCRIÇÃO
01	AGS Rolamento Corpo	O corpo é o elemento central da garra, onde o AGS e o rolamento são montados, os quais em a função do giro da garra.
02	Presilhas superiores Presilhas inferiores Bloco Acessórios de identificação Suporte	As presilhas tem a função de fixar a garra à empilhadeira. O bloco restringe as mangueiras para não ficarem soltas. O suporte é fixado no AGS para depois fixar a válvula de giro.
03	Válvula holding Válvula de giro Redutor Motor Cilindro Conj. Instalação hidráulica	Todos estes elementos possuem relação direta com o sistema hidráulico da garra, por utilizarem óleo para o seu funcionamento.
04	Conj. Eixos e buchas Limitador Concha Biela	Consistem em elementos de ligação no processo de montagem da garra, com exceção da concha, que é o elemento que possui contato direto com o produto.
05	Conj. Braço menor Conj. Braço maior	São os elementos responsáveis diretamente por segurar o produto e movimentá-lo.

Fonte: (elaborado pelo autor)

Analisando-se o primeiro grupo indicado, observa-se que os três elementos que o formaram possuem uma relação direta entre si, e também uma proximidade física que favorece sua montagem, conforme mostra a Figura 26. Contudo, o elemento corpo é o elemento central do processo de montagem, em que todos os demais elementos são alocados sobre ele. Por este motivo, passa-se a considerar o elemento corpo como um módulo único, chamado de Módulo Central (Módulo A). Assim, os elementos AGS e rolamento passam a formar um módulo chamado de Módulo de Rotação (Módulo B).

Ao analisar o grupo 2, verifica-se que todos os elementos, exceto os acessórios de identificação, são elementos responsáveis por algum tipo de fixação. As presilhas superiores e inferiores são os elementos que garantem a fixação da garra na empilhadeira, enquanto no suporte é fixada a válvula de giro, e no bloco as mangueiras são fixadas internamente para evitar o seu esmagamento e/ou rompimento. Todos os elementos deste grupo são fixados no AGS, e devem ser montados antes dos elementos do grupo 3. Os acessórios de identificação podem ser montados a qualquer tempo. Desta forma, o grupo indicado pelo dendrograma é mantido e definido como o Módulo de Fixação (Módulo C).

Analisando-se o terceiro grupo, percebe-se que todos os elementos representam o conjunto hidráulico da garra e, como utilizam óleo para o seu funcionamento, o processo de

montagem e de testes pode ser realizado em um local adequado, a fim de conter possíveis vazamentos (caso isso ocorra evita-se contaminações). Por esse motivo, o grupo indicado pelo dendrograma é definido como o Módulo Hidráulico (Módulo D). Todos os elementos do grupo devem ser montados apenas depois de testados, e também depois de montados os elementos do Módulo C – Módulo de Fixação.

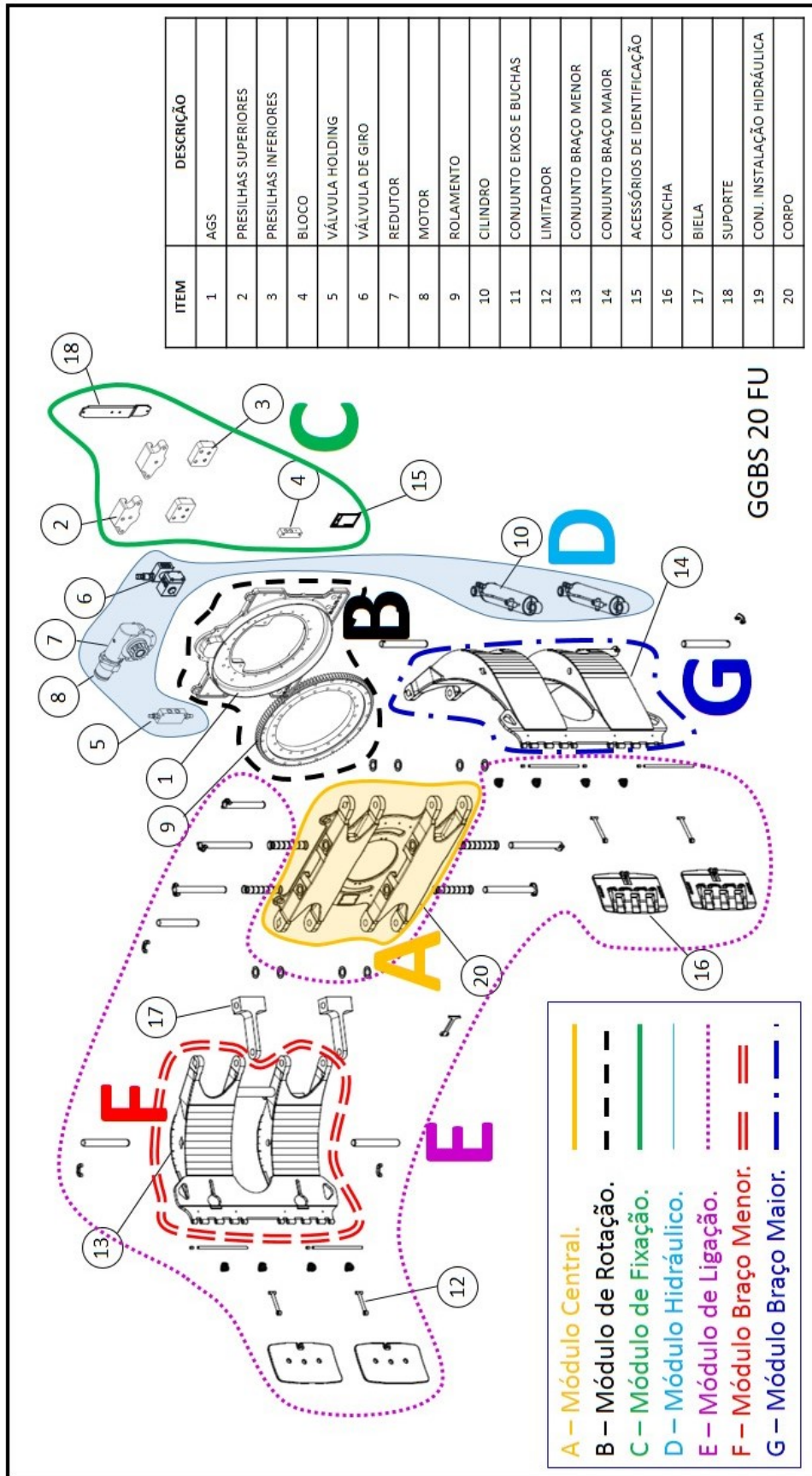
Ao analisar os elementos do grupo 4, percebe-se que são elementos responsáveis pela articulação entre os demais elementos, com exceção do elemento concha, que também é articulada, porém é um elemento da extremidade da garra. Assim, podem ser considerados como um módulo que não possui uma ordem de montagem, pois esta ocorre de acordo com a necessidade de utilização de cada elemento no processo de montagem da garra. A concha é o único elemento do grupo que pode ser montado a qualquer tempo. Desta forma, o grupo 4 é estabelecido como o Módulo de Ligação (Módulo E).

O grupo 5 contém os elementos responsáveis diretamente pela movimentação das garras e, pela similaridade dos processos de fabricação envolvidos, como soldagem, usinagem, dobramento, etc., acabaram por ficar no mesmo grupo. Neste caso, optou-se por separar os conjuntos braço menor e braço maior em dois módulos, devido à grande quantidade de elementos que cada um possui e, também, pela distância física entre os dois, considerando-se sua montagem. Assim, o grupo 5 é dividido em Módulo Braço Menor (Módulo F) e Módulo Braço Maior (Módulo G).

Os módulos estabelecidos a partir dos grupos indicados no dendrograma são mostrados na Figura 28.

Por meio da Figura 19, o processo de modularização proposto tem um início e fim teóricos, pois a ideia é de que ao finalizar um ciclo se inicie outro. Desta forma, após concluir a modularização, novas ações podem ser alinhadas em acordo com a empresa para o futuro do produto, seja no sentido de corrigir problemas existentes e verificados, ou até mesmo atualizá-lo em relação aos concorrentes.

Figura 28 - Módulos finais da GGBS.



Fonte: (elaborado pelo autor)

Neste sentido, pode-se relacionar os requisitos definidos inicialmente mediante os questionários com os módulos estabelecidos após o processo de modularização, e considerar as frequências das respostas dos clientes para estes requisitos (Quadro 56), e o nível de satisfação do cliente em relação ao produto atual e os níveis de importância sobre os requisitos (Quadro 57). O resultado deste cruzamento de informações é mostrado no Quadro 68.

Quadro 68 - Relação dos requisitos com os módulos gerados para a GGBS.

		MÓDULO CENTRAL	MÓDULO DE ROTAÇÃO	MÓDULO DE FIXAÇÃO	MÓDULO HIDRÁULICO	MÓDULO DE LIGAÇÃO	MÓDULO BRAÇO MENOR	MÓDULO BRAÇO MAIOR	CATEGORIA E FREQUÊNCIA DO REQUISITO	NÍVEIS DE SATISFAÇÃO / IMPORTÂNCIA	
1	DANOS AO PRODUTO	X	X	X	X	X	X	X	O 60%	5	7
2	ÁREA PARA MOVIMENTAÇÃO DE BOBINAS	X					X	X	A 40%	5	5
3	SERVIÇO DE PÓS VENDAS	X	X	X	X	X	X	X	M 40%	5	6
4	SEGURANÇA NAS OPERAÇÕES	X	X	X	X	X	X	X	M 60%	6	6
5	MONITORAMENTO DAS OPERAÇÕES		X		X		X	X	A 40%	4	4
6	INDICADOR DE FALHAS HIDRÁULICAS		X		X				A 60%	4	5
7	AGILIDADE NA MOVIMENTAÇÃO		X		X		X	X	O 60%	6	6
8	FACILIDADE DE OPERAÇÃO		X	X	X				O 40%	6	6

Fonte: (elaborado pelo autor)

Para efetuar a análise do Quadro 68 é preciso considerar a ordem de importância estabelecida seção 3.4.3 como critério de ranqueamento para estes requisitos, obtendo-se assim o Quadro 69.

Quadro 69 - Classificação dos requisitos de acordo com a ordem de importância para a GGBS.

		MÓDULO CENTRAL	MÓDULO DE ROTAÇÃO	MÓDULO DE FIXAÇÃO	MÓDULO HIDRÁULICO	MÓDULO DE LIGAÇÃO	MÓDULO BRAÇO MENOR	MÓDULO BRAÇO MAIOR	CATEGORIA E FREQUÊNCIA DO REQUISITO	NÍVEIS DE SATISFAÇÃO / IMPORTÂNCIA	
4	SEGURANÇA NAS OPERAÇÕES	X	X	X	X	X	X	X	M 60%	6	6
3	SERVIÇO DE PÓS VENDAS	X	X	X	X	X	X	X	M 40%	5	6
7	AGILIDADE NA MOVIMENTAÇÃO		X		X		X	X	O 60%	6	6
1	DANOS AO PRODUTO	X	X	X	X	X	X	X	O 60%	5	7
8	FACILIDADE DE OPERAÇÃO		X	X	X				O 40%	6	6
6	INDICADOR DE FALHAS HIDRÁULICAS		X		X				A 60%	4	5
2	ÁREA PARA MOVIMENTAÇÃO DE BOBINAS	X					X	X	A 40%	5	5
5	MONITORAMENTO DAS OPERAÇÕES		X		X		X	X	A 40%	4	4

Fonte: (elaborado pelo autor)

Analisando-se o Quadro 69, eventuais ações a serem tomadas pela empresa em relação ao produto atual podem ser melhor percebidas pelos clientes, já que foram determinadas por meio da própria avaliação deles. Desta forma, pode-se priorizar as ações e investir tempo e recursos em aspectos que realmente irão trazer resultados. Uma análise de acordo com a ordem de importância encontrada é realizada a seguir considerando-se os módulos envolvidos:

- O requisito segurança nas operações ficou classificado em primeiro lugar na avaliação por se tratar de um requisito obrigatório. Além disso, o seu nível de importância é alto. Todos os módulos possuem relação direta com este requisito, e caso algum destes falhe, a segurança do operador, das pessoas ao redor, da empilhadeira, e do produto poderá estar comprometida.
- Da mesma forma, o serviço de pós-vendas também foi considerado como um requisito obrigatório, e está relacionado a todos os outros módulos. Portanto, deve receber atenção especial, pois, normalmente, é por meio deste serviço prestado pela empresa que é realizado o contato direto com os compradores.
- O terceiro requisito refere-se à agilidade de movimentação da garra, atributo importante na execução da atividade fim da mesma, que consiste na movimentação de bobinas. Este requisito é unidimensional e está relacionado diretamente com os Módulos de Rotação, Hidráulico, Braço Menor e Braço Maior, ou seja, depende do conjunto hidráulico e dos braços da garra.
- O requisito danos ao produto é considerado como unidimensional, e a sua satisfação é maior quanto mais intenso ele for percebido. O cliente, em hipótese alguma, admite que a garra danifique o produto, pois isso pode trazer prejuízos financeiros, além de riscos de acidentes em caso de falta de aderência e quedas. Por isso este requisito está relacionado com todos os módulos, e possui um nível de importância máximo.
- O requisito facilidade de operação também está relacionado à atividade fim da garra. Porém, ele é percebido diretamente pelo operador da empilhadeira quanto movimenta a bobina. Os Módulos de Rotação e Hidráulico estão diretamente relacionados a ele, quando o equipamento está em uso, e o Módulo de Fixação se refere à etapa inicial em que o operador acopla a garra à empilhadeira, e também quando desacopla.
- O requisito indicador de falhas hidráulicas se refere apenas aos Módulos de Rotação e Hidráulico, pois são compostos de elementos comuns e que funcionam sobre a mesma perspectiva de ação do fluido hidráulico. Por ser considerado um requisito atrativo, não é algo que o cliente procura quando vai adquirir uma garra. Porém, se presente, pode elevar a satisfação do cliente a um nível máximo.

- O requisito área para movimentação de bobinas está relacionado diretamente com o espaço mínimo necessário para a garra pegar e soltar uma bobina, bem como realizar as manobras com a garra acoplada à empilhadeira. Por este motivo, os módulos relacionados a este requisito são os Módulos Central, Braço Menor e Braço Maior, que são os módulos que indicam as dimensões máximas da garra quando aberta e quando fechada com o produto em seu interior. Da mesma forma que para o requisito anterior, por ser atrativo, a percepção somente será notada quando o cliente perceber na prática o cumprimento do requisito.
- Por fim, o requisito monitoramento das operações é o que menos influencia na tomada de decisão para a compra da garra. Ele está relacionado com os Módulos de Rotação, Hidráulico, Braço Menor e Braço Maior. Além de ser um requisito atrativo, ele possui o menor nível de importância verificado para a garra, o que reforça sua posição na classificação frente aos demais requisitos.

Considerando a análise acima, que relaciona os módulos e os requisitos, bem como a categoria e a frequência dos requisitos, e também os níveis de satisfação e de importância verificados, pode ser estabelecida a seguinte ordem dos módulos considerando-se ações a serem realizadas para com os mesmos: Módulos de Rotação e hidráulico, Módulos Braço Menor e Braço Maior, Módulo de Fixação, Módulo Central, e Módulo de Ligação.

Avaliando o processo de fabricação para além dos módulos formados, e considerando as dimensões econômica, ambiental e social, algumas conclusões e orientações podem ser realizadas, como:

- Os elementos conjunto braço menor e conjunto braço maior são os que contabilizaram os maiores custos com energia elétrica na garra, chegando a aproximadamente 35% cada, ou seja, quando somados representam 70% do total. Consequentemente, eles são os que representam a maior quantidade de CO<sub>2</sub> emitida e, desta forma, sua redução não somente representa economia financeira mas também resulta na redução do impacto ambiental.
- Com relação ao custo do material, os elementos rolamento, cilindro e corpo são os que possuem os maiores valores, e são responsáveis por 17%, 14% e 14%, do valor total, respectivamente. Somados, os três representam 45% do valor gasto em materiais para a garra. Logo, qualquer esforço para a redução destes valores, tanto



diretamente financeiro por meio da negociação com fornecedores, quanto na otimização dos processos envolvidos, a percepção será visível no produto todo.

- Com relação à eficiência no uso da matéria prima, apenas o elemento presilhas inferiores possui valor abaixo de 80% e, por ter um custo de fabricação baixo em relação aos demais (custo de energia elétrica, custo do centro de trabalho, e custo de material), investir em elevar este percentual poderia não refletir em resultados muito significativos.
- Com relação à utilização de embalagens descartáveis para o transporte interno, a observação é a mesma realizada para o primeiro produto e, neste caso, o cilindro e o redutor são os elementos que mais utilizam estas embalagens. Da mesma maneira que sugerido anteriormente, caixas metálicas ou plásticas menores podem ser utilizadas para transportar estes componentes, podendo ser reutilizadas posteriormente.
- Ao analisar a utilização de produtos perigosos ou tóxicos, encontram-se alguns elementos que utilizam esses produtos em quantidades maiores do que os demais, tais como: bloco, válvula de giro, redutor, cilindros e conjunto eixos e buchas. São utilizados fluidos de corte, tinta, e solvente.
- O nível de ruído máximo verificado foi de 107 dB para o local onde ocorre a montagem dos cilindros. Após a atenuação do EPI, este valor cai para 91 dB. Na montagem dos cilindros, os mesmos são limpos utilizando ar comprimido, o que gera, em alguns momentos, valores maiores de ruído no local de montagem.
- Analisando-se o indicador horas de qualificação, verifica-se que em 8 grupos de máquina a quantidade de horas disponibilizadas em treinamento e cursos é inferior a 10 horas por ano, quando considerados os últimos dois anos. Esse aspecto merece atenção, pois dentro destes 8 grupos estão elementos relacionados ao Módulo Hidráulico, que foi considerado como um dos mais importantes para a garra segundo a avaliação realizada.
- A análise do grau de instrução da mão de obra corresponde à mesma análise realizada para o produto anterior, pois as pessoas que realizam os processos são as mesmas. Logo, as recomendações são as mesmas.
- Analisando-se os dados coletados para a umidade, os valores ficaram um pouco abaixo do recomendado pela OMS, como nos grupos de máquina GM104, GM019

e GM020, GM010 e GM012, GM071, GM068, GM064, GM037 e GM038, GM060, GM131, GM075, que abrangem os processos de rebarbação, usinagem CNC, dobra, alívio de tensões, montagem de cilindros, montagem industrial, furação, pintura, solda, e chanfro, respectivamente. E, da mesma forma que para o primeiro produto, o grupo de máquina GM008 (cortar guilhotina) foi constatado o valor de 38%. Sugere-se realizar medições com mais frequência e ao longo de um período maior, alternando-se inclusive as estações do ano.

- Com relação à quantidade de calorías gastas, as únicas atividades em que foi constatada a realização de trabalho pesado foram a rebarbação (GM104 e GM056) e o acabamento solda robô (GM148), para os quais o tempo máximo da atividade não ultrapassa os 3 minutos. As demais verificações foram consideradas atividades leves e moderadas de trabalho.
- Os maiores riscos identificados foram referentes à utilização de equipamentos manuais, como do tipo esmerilhadeiras, como é o caso dos grupos de máquina GM056, GM104 e GM148, onde são realizados a limpeza e o acabamento das peças. O treinamento operacional é fundamental, além da conscientização dos colaboradores quanto ao tamanho do risco existente na execução das tarefas.

Este capítulo foi dedicado à aplicação do método para projeto de produtos modulares considerando o Tripé da Sustentabilidade como principal norteador para o processo de modularização. A modularização foi realizada para dois produtos: uma garra hidráulica para fardos e uma garra giratória para bobinas. As ações realizadas foram fundamentais para o cumprimento de cada etapa, iniciando pela formação da equipe de trabalho e a definição dos produtos alvos do estudo, bem como as expectativas do cliente identificadas e classificadas. Após decompor o produto e definir os indicadores sustentáveis, os dados foram coletados e os índices foram gerados. Depois da dimensão emocional ser agregada ao método, a modularização foi realizada para os dois produtos considerando-se os aspectos econômicos, ambientais e sociais.

## 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo apresenta as conclusões finais desta tese, contemplando suas limitações com relação à proposta de estudo, e dando direcionamento para a realização de trabalhos futuros como forma de dar prosseguimento para o método proposto.

### 5.1. CONCLUSÕES

Pode-se concluir sobre o método proposto que ele contribui para os objetivos propostos da seguinte forma:

- A revisão da literatura possibilitou compreender os principais aspectos relacionados ao processo de modularização de produtos, identificando os métodos existentes e mais utilizados, seu funcionamento, as etapas envolvidas, as áreas e produtos em que foram aplicados, os resultados obtidos, e também as suas limitações. A observação desta lacuna, ou seja, das limitações destes métodos, possibilitou a estruturação e o desenvolvimento do método proposto neste trabalho.
- Esta revisão também possibilitou uma melhor compreensão sobre os aspectos econômicos, ambientais, e sociais referentes ao Tripé da Sustentabilidade, os quais contribuíram para a criação e estabelecimento dos indicadores sustentáveis utilizados para o processo de modularização.
- A coleta dos dados que resultou na obtenção dos índices sustentáveis realizada na fábrica e o contato direto com os colaboradores da empresa possibilitou uma real percepção e identificação dos processos produtivos envolvidos na fabricação dos produtos avaliados. Desta forma, as questões sociais, ambientais e econômicas relacionadas puderam ser observadas sob uma perspectiva real, possibilitando a obtenção de dados do cotidiano da empresa para cada processo.
- Do ponto de vista econômico, pelo fato de o corpo dos dois produtos ser responsável por uma parcela significativa do custo de matéria prima, uma redução percentual poderia diminuir significativamente o seu custo de fabricação, o qual é diretamente relacionado à quantidade de energia elétrica utilizada nos processos, o custo do centro de custo e também da sucata gerada. Isso poderia ser alcançado através do reprojeção das garras e otimização da estrutura.

- Do ponto de vista ambiental, o uso de embalagens descartáveis de um modo geral poderia ser substituído pelo uso de embalagens permanentes. Um levantamento das dimensões das peças e componentes deve ser realizado para dimensionar as embalagens de um modo que possam ser reutilizadas periodicamente.
- Do ponto de vista social, um maior investimento em treinamento e qualificação profissional é necessário, pois como visto, os principais módulos de acordo com a pesquisa realizada possuem colaboradores com pouco ou nenhum treinamento, e sua formação é mínima. Neste sentido, também percebe-se que os principais riscos são os relacionados à operações manuais realizadas pelos colaboradores, o que também pode ser reduzido com orientação e treinamento locais, bem como a empresa incentivar a continuidade da formação dos seus colaboradores.
- O método estabelecido possui uma dinâmica de fácil compreensão e rápida aplicação para equipes de engenharia que buscam por soluções inovadoras, porém aplicáveis no dia a dia da empresa. Por se tratar de um método cíclico, o mesmo considera os resultados finais da aplicação como parâmetros de entrada para um novo processo de modularização. Este ciclo vem ao encontro do que as empresas buscam em relação à constante melhoria dos seus processos e produtos, garantindo não somente a qualidade dos mesmos, mas também como uma maneira de se preocupar com as questões ambientais.
- Em relação ao processo de modularização em si, o método apresentou uma visão mais ampla comparada a forma tradicional de se produzir produtos que a maioria das empresas utiliza, pois introduz os aspectos sustentáveis no projeto modular de forma clara e objetiva, proporcionando à empresa uma metodologia de fácil aplicação para estabelecer os módulos dos seus produtos. Como consequência disso, a organização do processo produtivo pode ser delimitada, e os tempos de produção de cada peça e/ou componente, bem como a hora em que ele deve estar pronto para a montagem podem ser definidos com a ajuda dos módulos estabelecidos.
- A tradução dos aspectos qualitativos observados em dados numéricos (tabulação em planilhas) permite avaliar o processo de modularização de uma maneira mais criteriosa, podendo esses dados serem utilizados em comparações futuras, quando de alterações nos produtos e processos, entre os estados atual e futuro do produto em questão. A documentação e arquivamento do material coletado gera economia

de tempo e de recursos quando de alterações, bem como evita a perda do histórico das informações utilizadas nos variados momentos.

- Os aspectos relacionados às dimensões econômica, social e ambiental referentes à cada processo e/ou componente podem ser observados para além do processo de modularização. Como uma das etapas do método foca na busca destas informações, as dimensões avaliadas podem ser questionadas em relação ao futuro que a empresa deseja para os seus produtos, estabelecendo prioridades e metas futuras.
- A modularização dos dois produtos apresentada neste trabalho possibilitou que o método proposto fosse avaliado de forma prática em uma empresa utilizando como informações para o processo dados reais da produção e projeto. A modularização permitiu à empresa, além da identificação dos módulos e com isso a organização dos componentes em grupos, estabelecer critérios para realizar ações nos seus produtos de acordo com as informações anteriormente coletadas. Isso reduz o tempo ao realizar estas ações, focando em aspectos que realmente necessitam ser modificados, e otimiza o trabalho dos colaboradores da empresa, que possuem as informações necessárias para realizar as ações previstas.

Além de atender aos objetivos propostos inicialmente, o desenvolvimento e aplicação do método também possibilitaram outras conclusões como:

- A revisão da literatura mostrou que o Modelo de Kano, utilizado como suporte à etapa inicial do trabalho, possibilitou uma avaliação do estado atual do produto, bem como identificar aspectos nos produtos que realmente importam aos clientes. A ideia de encantar o cliente é a chave para o desenvolvimento de produtos. Desta forma, os questionários aplicados se mostraram uma ferramenta simples e objetiva na identificação destas informações, e que podem contribuir significativamente para o sucesso do produto.
- O projeto modular ainda é visto como um desafio em pequenas e médias empresas, como, por exemplo, a empresa em que o método proposto foi aplicado. Ainda há um grande desconhecimento em relação às vantagens e benefícios que esta metodologia pode trazer aos seus produtos e, neste sentido, este trabalho contribuiu para ratificar que o projeto sustentável pode ser uma forma de realizar bons projetos

e, principalmente, considerar nestes projetos a preocupação com a sustentabilidade dos produtos e processos.

- A importância de desenvolver trabalhos acadêmicos como este em empresas de pequeno e médio porte se dá através da integração entre escola e empresa, além de proporcionar o envolvimento de toda a equipe em um projeto inovador e desafiador. Com o desenvolvimento do trabalho, toda a equipe de trabalho é incentivada a participar do projeto, e buscar o aprendizado necessário para garantir sua conclusão.
- A busca por uma empresa parceira para desenvolver o trabalho foi um desafio à parte, principalmente pelo autor do trabalho não ser um colaborador da empresa. Esse fator pode dificultar o acesso às informações e afetar o desenvolvimento do trabalho. Porém, neste caso, após a aprovação do projeto pela gerência da empresa, a mesma demonstrou grande interesse e comprometimento com a execução do mesmo. Isso possibilitou a obtenção de dados e informações, bem como o acompanhamento de todo o processo de produção das garras. É importante destacar que a aplicação do método aos dois produtos só foi possível pelo fato de a empresa ter compreendido a importância do projeto modular sustentável aplicado aos seus produtos.
- Com relação à escolha dos produtos para aplicar o método, as duas garras foram escolhidas em conjunto com a gerência e projetistas da empresa, pois há um interesse especial pelo fato de serem produtos que tem suas vendas anuais na ordem de 90 unidades cada. Isso aumenta o interesse pelo desenvolvimento do trabalho, e a expectativa dos resultados.
- A formação da equipe de trabalho é um fator determinante para o andamento do projeto, pois todas as informações obtidas, tanto pela verificação ou medição, quanto do sistema interno da empresa, dependem destas pessoas. Uma equipe com formação heterogênea e composta por pessoas de diversos setores contribui significativamente para o andamento do projeto, pois a visão de cada colaborador sobre o produto é diferente, principalmente tratando-se de setores distintos dentro da empresa.
- Para a aplicação do método aos dois produtos, foram utilizados 17 indicadores sustentáveis definidos previamente. Nesse ponto o método possui flexibilidade e permite alterações nos indicadores de acordo com a necessidade da empresa em

incluir mais aspectos para a avaliação, bem como reduzir caso não tenha condições de estabelecer todos os indicadores.

- Os índices obtidos através dos indicadores puderam revelar aspectos sustentáveis positivos ou negativos relacionados a cada elemento e/ou componente quando comparados entre si nos seus respectivos processos de fabricação. Neste sentido, ações podem ser realizadas independentemente da modularização, para minimizar os impactos negativos e maximizar os positivos.
- Com a definição dos índices emocionais, a forma com que os clientes percebem o produto pode ser considerada na modularização, pois muitas vezes o projeto considera apenas aspectos técnicos e limitações de processos de fabricação. Por outro lado, o cliente muitas vezes desconhece os aspectos sustentáveis que foram considerados ao longo da cadeia produtiva. Porém, este estudo mostrou que essa conscientização sobre a sustentabilidade vem crescendo ano após ano nos mais diversos setores.
- O fato de o método ser dividido em quatro etapas principais, e cada uma dessas etapas ser subdividida em três ações específicas facilita a aplicação do método, além de estabelecer uma ordem lógica e simples para a busca e tratamento das informações. O método também possibilita que essas informações não se percam com o passar do tempo, pois os índices estabelecidos também podem ser utilizados para comparação quando o produto for atualizado.
- Além de realizar a modularização dos produtos, o método possibilitou identificar e estabelecer uma ordem para futuras alterações e correções nos módulos. Desta forma, a empresa tem a possibilidade de considerar critérios pré-determinados para estabelecer novas ações em relação aos seus produtos, as quais são classificadas de acordo com pontos elencados pelos próprios clientes. Ou seja, os recursos podem ser aplicados no que realmente interessa ao consumidor final.

## 5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Aplicar o método a outros produtos na empresa, a fim de fortalecer o conceito de sustentabilidade no projeto. Também realizar a aplicação em outras empresas, de outros setores, para verificar como o processo de modularização ocorre, bem como avaliar as quatro etapas propostas e suas ações.

- Avaliar o método em aplicações em produtos com uma quantidade maior de peças e componentes, tendo em vista de que a quantidade de informações será bem maior, e esses dados deverão ser tratados e analisados.
- Considerar a aplicação do método em grandes empresas, não somente para avaliar a modularização em si, mas também para verificar como ocorre a integração entre os setores, a disponibilidade das informações, avaliar como e onde os dados são armazenados e se há controle sobre isso, bem como testar a competência da equipe de trabalho.
- Estabelecer novos indicadores sustentáveis para incluir no método, bem como reavaliar os que foram utilizados neste trabalho. Como já mencionado, foram utilizados 17 indicadores e a forma de obtenção destes. Não existe uma regra específica para a obtenção destes índices e, assim, novos parâmetros podem ser acrescentados e definidos de acordo a necessidade do momento.
- Desenvolver um software para realizar a modularização de produtos, que compreenda todas as etapas do método, e que possua a possibilidade de incluir e/ou excluir indicadores mediante necessidade. O software precisa se comunicar com o sistema da empresa, reduzindo assim tempo de coleta de dados e informações, tendo em vista que, uma vez mapeados os processos, as informações seriam armazenadas e utilizadas para a modularização de produtos.



## REFERÊNCIAS

- AGARD, B.; BASSETTO, S. Modular design of product families for quality and cost. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 6, p. 1648–1667, 2013.
- AGRAWAL, R.; GEHRKE, J.; GUNOPULOS, D.; RAGHAVAN, P. Automatic subspace clustering of high dimensional data. **Data Mining and Knowledge Discovery**, v. 11, p. 5–33, 2005.
- AGRAWAL, T.; SAO, A.; FERNANDES, K. J.; TIWARI, M. K.; KIM, D. Y. A hybrid model of component sharing and platform modularity for optimal product family design. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 2, p. 614–625, 2013.
- AHMAD, A. U.; STARKEY, A. Application of feature selection methods for automated clustering analysis: a review on synthetic datasets. **Neural Computing and Applications**, vol. 29, p.317–328, 2017.
- ALEXANDRE, J. W. C.; ANDRADE, D. F.; VASCONCELOS, A. P.; ARAUJO, A. M. S.; BATISTA, M. J. **Análise do número de categorias da escala de Likert aplicada à gestão pela qualidade total através da teoria da resposta ao item**. Anais do XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Ouro Preto. 2003.
- ALVAREZ, G. M. **Análise de agrupamentos e mineração de opinião como suporte à gestão de ideias**. 2018. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- AMARAL, D. C., ROZENFELD, H. Integrating new product development process references with maturity and change management models. **Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED)**, Paris, France, 2007.
- ANDERBERG, M. R. **Cluster analysis for applications**. New York: Academic Press, 1973.
- ANDRADE, M. M. de. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- APPOLINÁRIO, F.; ATLAS, (Ed.) **Dicionário de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2007.

ARAÚJO, G. C.; BUENO, M. P.; de SOUZA, A. A.; MENDONÇA, P. S. M. **Sustentabilidade Empresarial: conceitos e indicadores**. In: Congresso Brasileiro Virtual de Administração. 2006. Disponível em: <[http://www.convibra.com.br/2006/artigos/61\\_pdf.pdf](http://www.convibra.com.br/2006/artigos/61_pdf.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2016.

ARAÚJO, J. B. **Desenvolvimento de método de avaliação de desempenho de processos de manufatura considerando parâmetros de sustentabilidade**. 2010. 193 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - EESC/USP, São Carlos, 2010.

AZIZ, N. A.; WAHAB, D. A.; RAMLI, R.; AZHARI, C. H. Modelling and optimisation of upgradability in the design of multiple life cycle products: a critical review. **Journal of Cleaner Production**. v. 112, p. 282 – 290, 2016.

BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. B. (2000). **Design rules**. v.1. The Power of Modularity, MIT Press, Cambridge MA.

BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. B. (2004). **Modularity in the design of complex engineering systems**. Disponível em: <<http://www.people.hbs.edu/cbaldwin/dr2/baldwinclarkces.pdf> >. Acesso em: 01 de out. 2016.

BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. B. Managing in an age of modularity. **Harvard Business Review**, v. 75, p. 84-93, 1997.

BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. B. (2003) **The value, costs and organizational consequences of modularity**. Disponível em: < <http://www.people.hbs.edu/cbaldwin/dr1/dr1overview.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2018. 2003.

BARBIERI, J. C.; CAJAZEIRA, J. E. R. **Responsabilidade social empresarial e empresa sustentável: da teoria à prática**. São Paulo: Saraiva, 2009.

BARBIERI, J. C.; CAJAZEIRA, J. E. R. **Responsabilidade e sensibilidade social**. ResearchGate, 2010. Disponível em: <<http://www.researchgate.net/publication/238760633>>. Acesso em: 20 jul. 2016.

BARBIERI, J. C.; SILVA, D. Desenvolvimento sustentável e educação ambiental: uma trajetória comum com muitos desafios. **Revista de Administração da Mackenzie**. São Paulo, SP. v. 12, n. 3, p. 51-82, mai./jun. 2011.

BARBOSA, G. F. **Aplicação da metodologia DFMA - Design for manufacturing and assembly no projeto de aeronaves**. 2007. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - EESC/USP, São Carlos, 2007.

BASK, A.; LIPPONEN, M.; RAJAHONKA, M.; TINNILÄ, M. Modularity in logistics services: A business model and process review. **International Journal of Services and Operations Management**, v. 10, n. 4, p. 379-399, 2011.

BATAGLIN, M. **O método do desdobramento da função modular no projeto e manufatura sustentável de produtos**: Aplicação em uma Empresa do Setor Metal-Mecânico. 2012. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – UFSC, Florianópolis, 2012.

BAXTER, M. **Projeto de Produto**: Guia prático para o design de novos produtos. 2.ed. Editora Blucher. São Paulo-SP, 2000.

BELLEN, H. M. van. **Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação**. Cadernos EBAPE.BR. v.2, n. Março, 2004.

BELLEN, H. M. van. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. 2.ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006. 253 p.

BERGER, C. Kano's methods for understanding customer-defined quality. **Center for Quality Management Journal**, v. 2, n. 4, p. 33-35, 1993.

BERKHIN, P. (2002). **Survey of clustering data mining techniques**. Technical report, Accrue Software, San Jose, CA.

BERMUDES, W. L.; SANTANA, B. T.; BRAGA, J. H. O.; SOUZA, P. H. **Tipos de escalas utilizadas em pesquisas e suas aplicações**. Vértices. Campos dos Goytacazes. Rio de Janeiro. v.18, n.2, p. 7-20, maio/ago. 2016.

BERONIUS, A. Case study of modularization in the industry. **Proceedings from the 2nd Seminar on Development of Modular Products**. Suécia. 2004.

BOCKEN, N. M.; SHORT, S. W.; RANA, P.; EVANS, S.; A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. **Journal of Cleaner Production**. v. 65, p. 42-56, 2014.

BONJOUR, E.; DENIAUD, S.; MICAËLLI, J-P. A method for jointly drawing up the functional and design architectures of complex systems during the preliminary system-definition phase. **Journal of Engineering Design**. v. 24, n. 4, p. 305–319, 2013.

BORJESSON, F.; HÖLTTÄ-OTTO, K. A module generation algorithm for product architecture based on component interactions and strategic drivers. **Research in Engineering Design**. v. 25, p. 31–51, 2014.

BRADLEY, R.; JAWAHIR, I. S.; BADURDEEN, F.; ROUCH, K. A framework for material selection in multi-generational components: sustainable value creation for a circular economy. **Procedia CIRP**, v. 48, p. 370-375, 2016.

BRANDÃO, C. N.; BARBIERI, J. C.; REYES JUNIOR, E. Análise da sustentabilidade do turismo: um estudo em comunidades indígenas no estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, v. 9, n.3, p. 500-518, 2015.

BRASIL. **Norma Regulamentadora NR 15 – Atividade e Operações Insalubres**. Portaria MTE n.º 1.084, de 18 de dezembro de 2018, MTb. Brasília, 2018.

BRAUNGART, M.; MCDONOUGH, W.; BOLLINGER, A. Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions - a strategy for eco-effective product and system design. **Journal of Cleaner Production**. v. 15, p. 1337-1348, 2007.

BROWNING, T. R.; Applying the design structure matrix to system decomposition and integration problems: a review and new directions. **IEEE Transactions on Engineering Management**. v. 48, n. 3, p. 292-306. August, 2001.

BRUNDTLAND, G. H. **Our Common Future**: Report of the World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, 1987.

CARIDI, M.; PERO, M.; SIANESI, A. Linking product modularity and innovativeness to supply chain management in the Italian furniture industry. **International Journal of Production Economics**, v. 136, n. 1, p. 207-217, 2012.

CARLANTONIO, L. M. **Novas metodologias para clusterização de dados**. 2001. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

CAO, X.; LI, X.; ZHU, Y.; ZHANG, Z. A comparative study of environmental performance between prefabricated and traditional residential buildings in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 109, p. 131-143, 2015.

CARLILE, P. R. A pragmatic view of knowledge and boundaries: Boundary objects in new product development. **Organization Science**. v. 13, n. 4, p. 442-455, 2002.

CAVALCANTI, C. **Sustentabilidade**: mantra ou escolha moral? Uma abordagem ecológico-econômica. *Estudos avançados*, v. 26, n. 74, São Paulo-SP, 2012.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. da. **Metodologia Científica**. 6. ed. Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2007.

CHEN, R-Y. An innovative decision-support approach for design consideration EOL in feedback-based sustainable supply chain. **International Journal Advanced Operations Management**. v. 7, n. 2, 2015.

CHEN, C.-C.; CHUANG, M.-C. Integrating the Kano model into a robust design approach to enhance customer satisfaction with product design. **International Journal of Production Economics**. v. 114, p. 667-681, 2008.

CHIU, M. C.; KREMER, G. E. O. Investigation on centralized and decentralized supply chain scenarios. **IEEE Transactions on Engineering Management**. v. 61, n. 1, February, 2014.

CHOUCRI N.; MISTREE, D.; HAGHSETA, F.; MEZHER, T.; BAKER, W. R.; ORTIZ, C. I. **Mapping sustainability** - knowledge e-networking and the value chain. Dordrecht, Netherlands. Springer, 2007.

CODINHOTO, R. **Diretrizes para o planejamento e controle integrado dos processos de projeto e produção**. 2003. 162 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CORDEIRO, L. M. M. **Utilização da metodologia triz e modelo de kano na solução de conflitos e melhoria de uma estação de posicionamento de carroçaria**. 2016. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2016.

CUNHA, L. M. da. **Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na medição de atitudes**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Probabilidades e Estatística). Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2007.

DANIILIDIS, C.; ENBLIN, V.; EBEN, K. G.; LINDEMANN, U. 2011. A classification framework for product modularization methods. In: DS 68-4: Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design (ICED 11), Impacting Society through Engineering Design, v. 4: **Product and Systems Design**, Lyngby, Copenhagen, Denmark.

DEY, S.; GHOSH, S.; DATTA, B.; BARAI, P. A study on the antecedents and consequences of customer delight. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 28, n, 1, p. 47-61, 2017.

DIETZ, T.; ROSA, E. A.; YORK, R. Environmentally efficient well-being: Rethinking sustainability as the relationship between human well-being and environmental impacts. **Human Ecology Review**, p. 114-123, 2009.

do VALE, M. N. **Agrupamentos de Dados: Avaliação de métodos e desenvolvimento de aplicativo para análise de grupos**. 2015. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – PUC-RIO, Rio de Janeiro, 2015.

DOC (Department of Commerce). ITA - **International Trade Administration**, EUA, 2010. How does commerce define sustainable manufacturing? Disponível em: <[http://www.trade.gov/competitiveness/sustainablemanufacturing/how\\_doc\\_defines\\_SM.asp](http://www.trade.gov/competitiveness/sustainablemanufacturing/how_doc_defines_SM.asp)>. Acesso em 24 dez. de 2014.

DONAIRE, D. **Gestão Ambiental na Empresa**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

DONI, M. V. **Análise de Cluster: Métodos hierárquicos e de particionamento**. 2004. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Sistemas de Informação) - Faculdade de Computação e Informática da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2004.

ERICSSON, A.; ERIXON, G. **Controlling design variants: modular products platforms**. Society of manufacturing engineers. Michigan: Dearborn, 1999.

ERIXON, G. **Modular Function Deployment - A Method for Product Modularisation**. 1998. 188 f. Tese de Doutorado, The Royal Institute of Technology, Sweden, 1998.

ESTER, M.; KRIEGEL, H.-P.; SANDER, J.; XU, X. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. **Proc. 2nd Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining**. Portland, OR, 226-231. 1996.

FAHAD, A.; ALSHATRI, N.; TARI, Z.; ALAMRI, A.; KHALIL, I.; ZOMAYA, A. Y.; FOUFOU, S.; BOURAS, A. A survey of clustering algorithms for big data: Taxonomy and empirical analysis. **IEEE transactions on emerging topics in computing**, v. 2, n. 3, p. 267-279, 2014.

FENG, S. C.; JOUNG, C. B. Development overview of sustainable manufacturing metrics. **Proceedings of the 17th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering**, 2010.

FERNANDES, P. G.; CABRAL, L. C. G. Análise do Triple Bottom Line em uma associação de catadores de materiais recicláveis situada no município de Mossoró-RN. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**. Florianópolis. v. 6, n. 2, p. 28 - 43, jul./set., 2017.

FLEIG, A. M. **Sistematização da concepção de produtos modulares: um estudo de caso na indústria de refrigeração**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – UFSC, Florianópolis, 2008.

FULKERSON, B. A response to dynamic change in the market place. **Decision Support Systems**, v. 21, n. 3, p. 99-214, 1997.

GAVIOLLI, M. B.; FRANCISCO, R.; SEHNEM, S. Indicadores de sustentabilidade de uma empresa agroindustrial do Brasil no período de 2009 a 2014. **Revista Organizações em Contexto**, v. 12, n.23, p. 103-142, 2016.

GENG, L.; XING, J.; KONG, Z.; GENG, L.; GAO, H. Study on Evaluating the Sustainability of Innovative Products. **Advances in Materials Science and Engineering**. v. 2019, Article ID 8493034, 10 pages, 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. Atlas, São Paulo, 2010.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Atlas, São Paulo, 2008.

GIMENEZ, C.; SIERRA, V.; RODON, J. Sustainable operations: Their impact on the triple bottom line. **International Journal of Production Economics**. v. 140, n. 1, p. 149-159, 2012.

GIORIA, G. S. **Proposta de modelagem funcional integral do produto aplicável a projetos derivativos**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

GOLDSCHMIDT, R.; BEZERRA, E.; PASSOS, E. **Data mining**: conceitos, técnicas, algoritmos, orientações e aplicações. Elsevier Brasil, 2015.

GREINER, T. J. **Indicators of sustainable production case study**: guilford of maine. Lowell Center for Sustainable Production, 2001. Disponível em: <<http://sustainableproduction.org/downloads/Guilford%20Case%20Study.pdf>> Acesso em: 05 mai. 2011.

HAAPALA, K. R.; ZHAO, F.; CAMELIO, J.; SUTHERLAND, J. W.; SKERLOS, S. J.; DORNFELD, D. A.; JAWAHIR I. S. CLARENS, A. F.; RICKLI, J. L. A review of engineering research in sustainable manufacturing. **Journal of Manufacturing Science and Engineering**, v. 135, august, 2013.

HACKING, T.; GUTHRIE, P. A framework for clarifying the meaning of Triple Bottom-Line, integrated, and sustainability assessment. **Environmental Impact Assessment**. v. 28, p. 73-89, February–April 2008.

HALSTENBERG, F. A.; BUCHERT, T.; BONVOISIN, J.; LINDOW, K.; STARK, R. Target-oriented modularization - Addressing sustainability design goals in product modularization. **Procedia CIRP**, v. 29, p. 603 – 608, 2015.

HAMMAD, A. W.; AKBARNEZHAD, A.; WU, P.; WANG, X.; HADDAD, A. Building information modelling-based framework to contrast conventional and modular construction methods through selected sustainability factors. **Journal of Cleaner Production**. v. 228, p. 1264-1281, 2019.

HAN, J.; KAMBER, M.; PEI, J. **Data mining**: Concepts and techniques. 3 ed. 2012. Morgan Kaufmann is an imprint of Elsevier. 740 p. ISBN 978-0-12-381479-1.

HANAI, F. Y.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Indicadores de sustentabilidade: conceitos, tipologias e aplicação ao contexto do desenvolvimento turístico local. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 135-149, 2011.



HAUSCHILD, M. Z.; HERRMANN, C.; KARA, S. An integrated framework for life cycle engineering. The 24th CIRP Conference on Life Cycle Engineering. **Procedia CIRP**, v. 61, p. 2–9, 2017.

HELBIG, T.; HOOS, J.; WESTKÄMPER, E. A method for estimating and evaluating life cycle costs of decentralized component-based automation solutions. Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems. **Procedia CIRP**, v. 17, p. 332 – 337, 2014.

HELD, M.; WEIDMANN, D.; KAMMERL, D.; HOLLAUER, C.; MÖRTL, M.; OMER, M.; LINDEMANN, U. Current challenges for sustainable product development in the German automotive sector: A survey based status assessment. **Journal of Cleaner Production**. v. 195, p. 869-889, 2018.

HOLMQVIST, T. K. P.; PERSSON, M. L. Analysis and improvement of product modularization methods: their ability to deal with complex products. **Systems Engineering**, v. 6, n. 3, p. 195-209, 2003.

HUANG, A. **A framework and metrics for sustainable manufacturing performance evaluation at the production line, plant and enterprise levels**. Theses and Dissertations - Mechanical Engineering. University of Kentuck. Lexington, EUA, 2017.

HUANG, G. Q. **Design for X: concurrent engineering imperatives**. Londres: Champman e Hail, 1996, 489 p.

HUANG, Y. Y.; LI, S. J. Suitable application situation of different postponement approaches: standardization vs. modularization. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 1, n. 27, p.111-122, 2008.

IATA, C. M. **Modelo kano de satisfação do cliente: um estudo de caso para clientes internos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – UFSC, Florianópolis, 2002.

IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil: 2015** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais [e] Coordenação de Geografia. – Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 352p. – (Estudos e pesquisas. Informação geográfica, ISSN 1517-1450; n. 10)

ISAAC, S.; BOCK, T.; STOLIAR, Y. A methodology for the optimal modularization of building design. **Automation in Construction**. v. 65, p. 116–124, 2016.

JACK, H. **Projeto, Planejamento e Gestão de Produtos**. Uma abordagem para a engenharia. Elsevier. Rio de Janeiro. 2015.

JAIN, A. K.; MURTY, M. N.; FLYNN, P. J. Data clustering: a review. **ACM computing surveys (CSUR)**, v. 31, n. 3, p. 264-323, 1999.

JANG, W.; LEE, S. K.; HAN, S. H. Sustainable Performance Index for Assessing the Green Technologies in Urban Infrastructure Projects. **Journal of Management in Engineering**, v. 34, n. 2, 2018.

JESWIET, J.; HAUSCHILD, M. **Eco-Desing and future environmental impacts**. Materials e Desing. Elsevier. 2004.

JINYIN, C.; XIANG, L.; HAIBING, Z.; XINTONG, B. A novel cluster center fast determination clustering algorithm. **Applied Soft Computing**, v. 57, p. 539-555, 2017.

JOUNG, C. B.; CARRELL, J.; SARKAR, P.; FENG, S. C. Characterization of indicators for sustainable manufacturing. **Ecological Indicators**, v. 24, p. 148-157, 2013.

KAHLMAYER, M.; WARNECKE, H. J.; SCHNEIDER, W. D. Fractal product design: Design for assembly and disassembly in fractal factory. **Proceedings of DFMA Conference**, v. 4, p. 1-9, 1994.

KAMALI, M.; HEWAGE, K. Development of performance criteria for sustainability evaluation of modular versus conventional construction methods. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 3592-3606, 2017.

KAMALI, M.; HEWAGE, K. Life cycle performance of modular buildings: A critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 62, p. 1171–1183, 2016.

KAMPKER, A.; BURGGRÄF, P.; DEUTSKENS, C.; MAUE, A.; FÖRSTMANN, R. Integrated product and process development: modular production architectures based on process requirements. 2<sup>nd</sup> International Conference on Ramp-Up Management 2014 (ICRM). **Procedia CIRP 20**, p. 109 – 114, 2014.

KANO, N.; SERAKU, N.; TAKAHASHI, F; TSUJI, S. Attractive quality and mustbe quality. **Journal of the Japanese Society for Quality Control**, v. 14, n. 2, p. 39-48, 1984.

KAUFMANN, L.; ROUSSEEUW, P. J. **Finding groups in data**: an introduction to cluster analysis. New York: Wiley, 1990.

KECKL, S.; ABOU-HAYDAR, A.; WESTKÄMPER, E. Method for evaluating modularization potential in product design based on production time variety. **CIRP Annals – Manufacturing Technology**, v. 41, p. 213-217, 2016.

KORHONEN, J. 2001. Four ecosystem principles for an industrial ecosystem. **Journal of Cleaner Production**, v. 9, p. 253-259, 2001.

KREMER, G. E.; HAAPALA, K.; MURAT, A.; CHINNAM, R. B.; KIM, K.; MONPLAISIR, L.; LEI, T. Directions for instilling economic and environmental sustainability across product supply chains. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 2066 – 2078, 2016.

KUSIAK, A. Integrated product and process design: a modularity perspective. **Journal of Engineering Design**, v. 13, p. 223-231, 2002.

LANDHERR, M.; WESTKÄMPER, E. Integrated product and assembly configuration using systematic modularization and flexible integration. Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems, **Procedia CIRP 17**, p. 260 – 265, 2014.

LEFF, E. **Saber ambiental**: Sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Tradução de Lúcia Mathilde Orth. 8.ed. Petrópolis: Vozes, 2011.

LEHTONE, T. **Designing modular product architecture in the new product development**. Tesis of Doctor of Technology. Tampere University of technology. Finland. 2007.

LEWIS, W. P.; CANGSHAN, L. The timely allocation of resources in the concurrent design of new products. **Journal of Engineering Design**, v. 8, p. 3-17, 1997.

LINDEN, R. Técnicas de Agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, n. 4, p. 18-36, 2009.

LOPES, H. **Modularidade no Desenvolvimento do Produto – Parte 2: Ampliação na Quantidade de Casos**. 15º Congresso de Iniciação Científica / 5ª Mostra Acadêmica UNIMEP. Piracicaba. 2007.

LOPES, V. F. **Método para avaliar a montagem de produtos com base no DFA no âmbito do tripé da sustentabilidade**. 2014. 184 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - UFSC. Florianópolis, 2014.

LOUREIRO, S. M. **Competências para a sustentabilidade / desenvolvimento sustentável: Um modelo para educação em engenharia no Brasil**. 2015. 315 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – UFSC. Florianópolis, 2015.

LU, T.; GUPTA, A.; JAYAL, A. D.; BADURDEEN, F.; FENG, S. C.; DILLON, O. W.; JAWAHIR, I. S. A framework of product and process metrics for sustainable. **Proceedings of the Eighth International Conference**. 2010.

MAGALHÃES, R. F.; DANILEVICZ, A. de M. F.; PALAZZO, J. Managing trade-offs in complex scenarios: A decision-making tool for sustainability projects. **Journal of Cleaner Production**, v. 212, p. 447-460, 2019.

MANI, M.; MADAN, J.; LEE, J. H.; LYONS, K. W.; GUPTA, S. K. Sustainability characterisation for manufacturing processes. **International Journal of Production Research**, v. 52, n. 20, p. 5895–5912, 2014.

MATZLER, K.; HINTERHUBER, H. H. How to make product development projects more successful by integrating Kano's model of customer satisfaction into quality function deployment. **Technovation**, v.18, n.1, p.25-38, 1998.

MAXWELL, D.; VORST, R. V. D. Developing sustainable products and services. **Journal of Cleaner Production**, v. 11, p. 883–895, 2003.

MEADOWS, D. H.; MEADOWS, D. L.; RANDERS, J.; BEHRENS III, W. W. **Limites do crescimento: um relatório para o projeto do Clube de Roma sobre o dilema da humanidade**. Tradução Inês M. F. Litto. São Paulo: Perspectiva, 1972.

MILLER, T. D.; ELGARD, P. Defining modules, modularity and modularization: evolution of the concept in a historical perspective. In **Proceeding of the 13th IPS Research Seminar**, Denmark, 1998.

MIÑO, A. V. P.; RADOS, G. J. V. **Sistemática de projeto conceitual com abordagem modular** – ambiental para o desenvolvimento de produtos. 3º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. Florianópolis. 2001.

MIRANDA, M. M. de. **Fator de emissão de gases de efeitos estufa da geração de energia elétrica no Brasil**: implicações da aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - EESC – USP. São Carlos, 2012.

MKPOJIOGU, E. O. C.; HASHIM, N. L. **Understanding the relationship between Kano model's customer satisfaction scores and self-stated requirements importance**. SpringerPlus, 2016.

NEPAL, B.; MONPLAISIR, L.; SINGH, N. A methodology for integrating design for quality in modular product design. **Journal of Engineering Design**, v. 17, n. 5, p. 387-409, 2006.

NEWTON, R. **O Gestor de Projetos**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

NG, R. T.; HAN, J. Efficient and effective clustering methods for spatial data mining. **Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases**, p.144-155, September 12-15, 1994.

OECD; INECE. Measuring What Matters. **Proceedings from the INECE-OECD Workshop on Environmental Compliance and Enforcement Indicators**, Paris, France, 3-4 November 2003.

PADAMATI, M. R. Methods for modularization. **Proceedings from the 2nd Seminar on Development of Modular Products**. Suécia. 2004.

PAHL, G.; BEITZ, W. (1996) **Engineering Design** – A systematic approach, Springer-Verlag, ISBN 3-540-19917-9

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Projeto na Engenharia**: Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

PAIVA, A. Clima e pobreza desafiam os modelos de negócios. **Jornal Valor Online**. Rio de Janeiro, 12 set. 2008. Entrevista.

PANDREMENOS, J.; PARALIKAS, J.; SALONITIS, G.; CHRYSOLOURIS, J. Modularity concepts for the automotive industry: a critical review. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v.1, p. 148-152, 2009.

PEREIRA, M. S. Os princípios do the triple bottom line e o meio ambiente de trabalho: necessidade de convergência. **Revista Argumentum**, v. 15, p. 389-407, 2014.

PERSSON, M. ÅHLSTRÖM, P. Managerial issues in modularising complex products. **Technovation**, v. 26, n. 11, p. 1201-1209, november 2006.

PEUKERT, B.; BENECKEB, S.; CLAVELL, J.; NEUGEBAUER, J.; NISSEN, N. F.; UHLMANN, E.; LANG, K-D.; FINKBEINER, M. Addressing sustainability and flexibility in manufacturing via smart modular machine tool frames to support sustainable value creation. **The 22nd CIRP conference on Life Cycle Engineering. Procedia CIRP**, v. 29, p. 514 – 519, 2015.

PIMMLER, T. U.; EPPINGER, S. D. **Integration analysis of product decompositions**. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, Massachusetts; 10p.; 1994.

PIRAN, F. A. S. **Modularização de produto e os efeitos sobre a eficiência Técnica: uma avaliação em uma fabricante de ônibus**. 2015. 233 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – UNISINOS, São Leopoldo, 2015.

PIRRUNG, C. Comparison of different methods of modularisation and their best application. **Proceedings from the 2nd Seminar on Development of Modular Products**. Suécia, 2004.

PORTER, M. E.; LINDE, C. Green and competitive: Ending the stalemate. **Harvard Business Review**, 1995.

PRIETO, E.; MIGUEL, P. A. C. Consolidação da cadeia modular automotiva e a progressividade na transferência de valor no desenvolvimento de produto entre os fornecedores estratégicos e de segundo nível: Um caso exploratório. **XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**. Fortaleza. 2006.

PRONK, J.; UL HAQ, M. **Sustainable development: from concept to action**. The Hague Report. New York: United Nations Development Programme, 1992.

RAUTMANN, R.; (2009). **Produtos Modulares**. Disponível em: <<http://www.elemaq.com.br/modules/smartsection/item.php?itemid=121&keywords=modular>>. Acesso em: 02 out. 2010.

RÊGO, G. S.; PIMENTA, H. C. C.; SARAIVA, V. M. **Agenda ambiental na administração pública – A3P: um estudo sobre a potencialidade de aplicação no município de São Gonçalo do Amarante/RN**. 2011.

REN, J.; MANZARDO, A.; ANNA, M.; ZULIANI, F.; SCIPIONI, A. Prioritization of bioethanol production pathways in China based on life cycle sustainability assessment and multicriteria decision-making. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 6, p. 842-853, 2015.

RIBEIRO, I.; KAUFMANN, J.; SCHMIDT, A.; PEÇAS, P.; HENRIQUES, E.; GÖTZE, U. Fostering selection of sustainable manufacturing technologies e a case study involving product design, supply chain and life cycle performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 3306 – 3319, 2016.

RODRIGUES, F. S. **Métodos de agrupamento na análise de dados de expressão gênica**. 2009. 93 f. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

RODRIGUEZ, M. A.; RICART, J. E.; SANCHEZ, P. **Sustainable development and sustainability of competitive advantage: a dynamic sustainable view of the firm**. 2002.

ROMEIRO, E. F.; FERREIRA, C. V.; MIGUEL, P. A. C.; GOUVINHAS, R. P.; NAVEIRO, R. M.; **Projeto do Produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

ROOS, C.; SARTORI, S.; GODOY, L. P. Modelo de Kano para a identificação de atributos capazes de superar as expectativas do cliente. **Revista Produção on-line**, v. IX, p. 536-550, 2009

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma Referência para melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SAKO, M.; MURRAY, F. **Modular strategies in cars and computers**. Boston: Massachusetts Institute of Technology. 1999. Disponível em: <<http://www.impvp.mit.edu/papers/99/sako2.pdf>>. Acesso em: 25 Dez. 2013.

SAKO, M.; MURRAY, F. **Modules in design, production and use**: implications for the global automotive industry. International Motor Vehicle Program (IMVP). Annual Sponsors Meeting 5-7 October 1999, Cambridge Massachusetts, USA, 2000.

SALVADOR, F.; FORZA, C.; RUNGTUSANATHAM, M. Modularity, product variety, production volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions. **Journal of Operations Management**, v. 20, p. 549-575, 2002.

SARTORI, S.; LATRONICO, F.; CAMPOS, L. M. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. **Ambiente & sociedade** [online], v. 17, n. 1, p. 1-22, 2014.

SAUERWEIN, E., BAILOM, F., MATZLER, K.; HINTERHUBER, H. H., The Kano Model: How to delight your customers. Volume I of the IX. **International working seminar on Production Economics**, Innsbruck/Igls/Austria, p. 313-327, 19-23 February, 1996.

SAUR. Catálogo de Produtos. Disponível em: <<http://www.saur.com.br/>>. Acesso em 05 ago. 2018.

SCHENINI, P. C. **Gestão Ambiental e sustentabilidade**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração – UFSC, 2009.

SCHLICKMANN, M. N. **Método para avaliação da obsolescência de equipamentos do processo de manufatura com base no tripé da sustentabilidade**. 2018. 255 f. Tese (Doutorado em engenharia Mecânica) – UFSC, Florianópolis, 2018.

SCHUH, G.; RUDOLF, S.; VOGELS, T. Development of modular product architectures. **Procedia CIRP**, v. 20, p. 120 – 125, 2014.

SETTE, T. C. C. **Desenvolvimento de um proposta de indicadores para avaliação do desempenho ambiental dos processos produtivos industriais sob a ótica da biomimética**. 2010. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – UNISINOS. São Leopoldo, 2010.



SHAHTAHERI, Y.; FLINT, M. M.; la GARZA, J. M. Sustainable Infrastructure Multi-Criteria Preference Assessment of Alternatives for Early Design. **Automation in Construction**, v. 96, p. 16-28, 2018.

SHEN, X.X.; TAN, K.C. e XIE, M. An integrated approach to innovative product development using Kano's model and QFD. **European Journal of Innovation Management**, v. 3, p. 91–99, 2000.

SHOVAL, S. Dynamic modularization throughout system lifecycle using multilayer design structure matrices. **Procedia CIRP**, v. 40, p. 85 – 90, 2016.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**, v. 10, n. 2, p. 137-148, 2007.

SILVA, C. R. de O. **Metodologia e organização do projeto de pesquisa**: guia prático. IFCE. 2004.

SILVA JUNIOR, S. D.; COSTA, F. J. Mensuração e escalas de verificação: uma análise comparativa das escalas de Likert e phrase completion. PMKT – **Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia**, v. 15, p. 1-16, outubro, 2014.

SILVA, O. F. M.; CAVENAGHI, V.; BARROS, G. C. S. Desempenho nos sistemas de operações: A contribuição da manufatura sustentável em uma empresa gráfica. **3rd International Workshop: Advances in Cleaner Production**, São Paulo, 2011.

SONEGO, M.; ECHEVESTE, M. S. Seleção de métodos para modularização no desenvolvimento de produtos: revisão sistemática. **Production**, v. 26, n. 2, p. 476-487, abr./jun. 2016.

SONG, W.; WUB, Z.; LI, X.; XU, Z. Modularizing product extension services: An approach based on modified service blueprint and fuzzy graph. **Computers & Industrial Engineering**, v. 85, p. 186–195, 2015.

SOUZA, J. J.; BOTELHO, R. D. Os conceitos de modularização na indústria automotiva. **VI Encuentro Latinoamericano de Diseño**. 2011.

SOUZA, J. P. E.; ALVES, J. M. Lean-integrated management system: A model for sustainability improvement. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 2667-2682, 2018.

STEWART, B.; YAN, X. **Modular product family development within a SME**. In *Global Design to Gain a Competitive Edge: An Holistic and Collaborative Design Approach based on Computational Tools*, p. 21-30, 2008.

STONE, R. B., WOOD, K. L., CRAWFORD, R. H. A heuristic method for identifying modules for product architectures. **Design Studies**, v. 21, n. 1, p. 5-31, 2000.

SUSHANDOYO, D.; MAGNUSSON, T. A two-way relationship between multi-level technological change and organisational characteristics-cases involving the development of heavy hybrid buses. **Technovation**, v. 32, n. 7-8, p. 477-486, 2012.

SZÉKELY, F.; KNIRSCH, M. Responsible leadership and corporate social responsibility: Metrics for sustainable performance. **European Management Journal**, v. 23, p. 628-647, 2005.

TATE, W. L.; BALS, L. Achieving shared triple bottom line (TBL) value creation: toward a social resource-based view (SRBV) of the firm. **Journal of Business Ethics**, v. 152, n. 3, p. 803-826, 2017.

TCHERTCHIAN, N.; MILLET, D.; PIALOT, O. Modifying module boundaries to design remanufacturable products: the modular grouping explorer tool. **Journal of Engineering Design**, v. 24, n. 8, p. 546-574, 2013.

TONTINI, G. Integrating the Kano Model and QFD for designing new products. **Total Quality Management**, v. 18, n. 6, p. 599–612, august 2007.

TSENG, M. L.; TAN, R. R.; SIRIBAN-MANALANG, A. B. Sustainable consumption and production for Asia: sustainability through green design and practice. **Journal of Cleaner Production**, v. 40, p. 1-5, 2013.

TSVETKOVA, A.; HELLSTRÖM, M.; GUSTAFSSON, M.; SJÖBLOM, J. Replication of industrial ecosystems: the case of a sustainable biogas-for-traffic solution. **Journal of Cleaner Production**, v. 98, p. 123 – 132, 2015.

TYAGI, S.; YANG, K.; TYAGI, A.; VERMA, A. A fuzzy goal programming approach for optimal product family design of mobile phones and multiple-platform architecture. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part C: Applications and Reviews**, v. 42, n. 6, p. 1519-1530, 2012.

ÜLKÜ, M. A.; HSUAN, J. Towards sustainable consumption and production: Competitive pricing of modular products for green consumers. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 4230-4242, 2017.

UNITED NATIONS. **United Nations Conference on Environment and Development**. Rio de Janeiro. Brazil. In: Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development. New York: United Nations, 1992.

UNITED NATIONS. **Un documents cooperation circles gathering**: a body of global agréments. Report of the world commission on environment and development: Our Common Future. Disponível em: <<http://um-documents.net/ocf-02.htm#I>>. Acesso em 20 jul. 2017.

VALERIANO, D. L. **Gerência em Projetos**: Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia. São Paulo: Makron Books, 2004, 438 p.

VERASZTO, E.V.; SILVA, D. da; GARCÍA, F.G.; AMARAL, S.F. do; SIMON, F.O.; BARROS FILHO, J. Desafios da globalização para garantir um desenvolvimento científico, tecnológico e sustentável. In: **Udesc virtu@l – online**, v. 2, n. 2, p. 15-36, nov/dez 2009.

VILA, C.; ALBIÑANA, J. C. An approach to conceptual and embodiment design within a new product development lifecycle framework. **International Journal of Production Research**, v. 54, p. 2856-2874, 2016.

WANG, P.; LIU, Y.; ONG, S. K.; NEE, A.Y.C. Modular design of machine tools to facilitate design for disassembly and remanufacturing. **Procedia CIRP**, v. 15, p. 443 – 448, 2014.

WORREN, N.; MOORE, K.; CARDONA, P. Modularity, strategic flexibility, and firm performance: a study of the home appliance industry. **Strategic Management Journal**, v. 23, p. 1123-1140, 2002.

XU, Q.; JIAO, R. J.; YANG, X. J.; HELANDER, M.; KHALID, H. M.; OPPERUD, A. An analytical Kano model for customer need analysis. **Design Studies**, v. 30, n. 1, p. 87-110, 2009.

YU, H.; LIU, Z.; WANG, G. An automatic method to determine the number of clusters using decision-theoretic rough set. **International Journal of Approximate Reasoning**, v. 55, n. 1, p. 101-115, 2014.

YU, S.; YANG, Q.; TAO, J.; XU, X. Incorporating quality function deployment with modularity for the end-of-life of a product family. **Journal of Cleaner Production**, v. 87, p. 423-430, 2015.

YUNOH, M. F. M.; ABDULLAH, S.; SAAD, M. H. M.; NOPIAH, Z. M.; NUAWI, M. Z. K-means clustering analysis and artificial neural network classification of fatigue strain signals. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, v. 39, n. 3, p. 757-764, 2016.

WATANABE, E. H.; da SILVA, R. M.; BLOS, M. F.; JUNQUEIRA, F.; SANTOS FILHO, D. J.; MIYAGI, P. E. Framework to evaluate the performance and sustainability of a disperse productive system. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, v. 40, n. 277, p. 1-27, 2018.

WITELL, L.; LÖFGREN, M.; DAHLGAARD, J. J. Theory of attractive quality and the Kano methodology – The Past, the Present, and the Future. **Total Quality Management and Business Excellence**, v. 24, n. 11-12, p. 1241-1252, 2013.

ZARTE, M.; PECHMANN, A.; NUNES, I. L. Decision support systems for sustainable manufacturing surrounding the product and production life cycle - A literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 219, p. 336-349, 2019.

ZHU, D-S.; LIN, C-T.; TSAI, C-T.; WU, J-F. A study on the evaluation of customers' satisfaction - the perspective of quality. **International Journal for Quality research**. v. 4, n. 2, p. 105-116, 2010.

ZUANAZZI, F. A.; HABAS, R. F.; BARICHELLO, R.; DEIMING, M. F. Desenvolvimento de um modelo para avaliar a sustentabilidade nas micro e pequenas empresas. **Revista gestão e sustentabilidade ambiental**, Florianópolis, v. 5, n. 1, p. 163-180, abr./set. 2016.

## APÊNDICE A – Questionário para entrevista individual



Este questionário é parte de um estudo de doutorado que está sendo realizado na empresa Saur com alguns de seus clientes, em parceria com a Universidade Federal de Santa Catarina.

Muito obrigado por responder e possibilitar este trabalho.

1. Quais são os principais problemas / defeitos / reclamações que você (cliente) associa ao uso da GHS/GGBS?

---

---

---

2. Que critérios você (cliente) leva em consideração ao comprar uma GHS/GGBS?

---

---

---

3. Que mudanças você faria na GHS/GGBS ou que novos recursos/capacidades adicionaria?

---

---

---

## APÊNDICE B – Questionário de Satisfação e Importância – GHS.

### 1 - Danos ao produto

Como você se sente se a garra <b>NÃO</b> danificar o produto?	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito
Como você se sente se a garra danificar o produto?	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito

#### 1.1 - Como você avalia os danos gerados ao produto pela garra atualmente?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Completamente Insatisfeito					Excelente	

---

### 2 - Design da garra

Como você se sente se a garra tiver um design moderno?	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito
Como você se sente se a garra <b>NÃO</b> tiver um design moderno?	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito

#### 2.1 - Como você avalia o design da garra atualmente?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Completamente Insatisfeito					Excelente	

## 3 - Serviço de pós vendas

Como você se sente se houver um serviço de pós vendas?	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito
Como você se sente se <b>NÃO</b> houver um serviço de pós vendas?	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito

## 3.1 - Como você avalia o serviço de pós vendas atualmente?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Completamente Insatisfeito						Excelente

---

## 4 - Sistema de controle de pressão da garra

Como você se sente se a garra possuir um sistema de controle de pressão?	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito
Como você se sente se a garra <b>NÃO</b> possuir um sistema de controle de pressão?	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito

## 4.1 - Como você avalia o sistema de controle de pressão da garra atualmente?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Completamente Insatisfeito						Excelente





## 7 - Manutenção

<p>Como você se sente se a garra tiver <b>manutenção mínima</b> ou nem sequer necessitar desta?</p>	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito
<p>Como você se sente se a garra precisar de manutenção periódica?</p>	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito

## 7.1 - Como você avalia a manutenção da garra atualmente?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Completamente Insatisfeito						Excelente

---

## 8 - Velocidade de abertura/fechamento dos braços

<p>Como você se sente se a abertura/fechamento dos braços for rápida?</p>	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito
<p>Como você se sente se a abertura/fechamento dos braços <b>NÃO</b> for rápida?</p>	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito

## 8.1 - Como você avalia a velocidade de abertura/fechamento dos braços da garra atualmente?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Completamente Insatisfeito						Excelente

Quão importantes são os seguinte parâmetros/requisitos para a **GHS**?

	Pouco Importante				Muito Importante		
	1	2	3	4	5	6	7
1 - Danos ao produto							
2 - Design da garra							
3 - Serviço de pós vendas							
4 - Sistema de controle de pressão da garra							
5 - Vazamento de óleo no sistema hidráulico							
6 - Sincronismo da abertura/fechamento dos braços da garra							
7 - Manutenção							
8 - Velocidade de abertura/fechamento dos braços							

**APÊNDICE C – Dados coletados por grupo de máquina.**

Descrição dos Processos	Grupo Máq.	Potência (kW)	Taxa de Metabolismo (kCal/h)		Temperatura (°C)	Ruído (dB)	Protetor auricular	Unidade de	Curso 02 anos (h)	Produtos perigosos tóxicos. S/N	Embalagem descartável p/ uso interno. S/N	Risco de acidente no local	Nível de instrução do colaborador
			Prep.	Exec.									
CORTAR - OXICORTE PLASMA MESSER	GM001	8	300	150	33,7	98,5	Plug	59	40	N	N	7	Técnico
CORTAR - PLASMA MESSER	GM003	8	300	150	33,7	98,5	Plug	59	40	N	N	7	Técnico
CORTAR NA SERRA	GM005	3,7	220	150	32,5	91,3	Plug	59	10	Fluido de Corte	N	8	Especifico
CORTAR - SERRA ANGULAR	GM006	1,85	220	150	32,5	91,3	Plug	59	10	Fluido de Corte	N	8	Especifico
CORTAR - SERRA DISCO CNC	GM007	15,15	220	150	32,5	85,5	Plug	59	10	Fluido de Corte	N	7	Especifico
CORTAR - GUILHOTINA DHGM 3020 TG1	GM008	45	220	300	29,9	125,0	Plug	38	0	Óleo	N	8	Ensino Médio Fundamental
DOBRAR - DOBR. DURMA HIDR.400T D	GM010	30	220	300	32,4	80,0	Plug	47	40	Óleo	N	8	Ensino Médio Fundamental
DOBRAR - DOBR. CNC NEWTON 50T	GM012	5,5	220	300	32,4	105,5	Plug	47	40	Óleo	N	8	Ensino Médio Fundamental
ENDIREITAR - END. PEÇAS GRANDES	GM016	14,7	300	220	31,5	94,2	Plug	58	30	N	N	8	Fundamental
ENDIREITAR - END. PEÇAS PEQUENAS	GM017	5,51	300	220	31,5	94,2	Plug	58	30	N	N	8	Fundamental
USINAR CENTRO USIN.FH10800/HCN880	GM019	62,1	175	150	31,7	81,8	Plug	48	36	Fluido de Corte	Plástico Papelão	6	Técnico
USINAR - CENTRO USINAGEM WOTAN	GM020	82	220	150	31,1	85,7	Plug	49	120	Fluido de Corte	N	6	Técnico
USINAR - CENTRO USIN.VERTICAL ROMI	GM021	16,5	175	150	32,2	90,6	Plug	53	40	Fluido de Corte	N	6	Especifico
USINAR - CENTRO USIN.MAZAK VTC200C	GM022	33,45	175	150	32,2	90,6	Plug	53	40	Fluido de Corte	N	6	Especifico

Descrição dos Processos	Grupo Máq	Potência (kW)	Taxa de Metabolismo (kCal/h)		Temperatura (°C)	Ruído (dB)	Protetor auricular	Unidade de	Curso de 02 anos	Produtos perigosos tóxicos. S/N	Embalagem descartável p/ uso interno. S/N	Risco de acidente no local	Nível de instrução do colaborador
			Prep.	Exec.									
TORNEAR - TORNO CNC NEXUS 250	GM024	47,8	220	150	32,8	82,7	Plug	59	32	Fluido de Corte	Plástico	6	Especifico
TORNEAR - TORNO CNC ROMI COSMOS	GM026	7,5	220	150	32,8	82,7	Plug	59	32	Fluido de Corte	Plástico	6	Especifico
USINAR - FRESADORA CNC - HELLER	GM034	15	220	150	32,3	88,0	Plug	59	40	Fluido de Corte	N	7	Superior Incompleto
FRESAR - FRESADORA ZOCCA	GM035	34	220	150	32,3	88,0	Plug	59	40	Fluido de Corte	N	7	Superior Incompleto
FURAR - FURAD. COLUNA	GM037	3	220	150	32,9	86,5	Plug	43	32	Fluido de Corte	N	6	Técnico
FURAR - FURADEIRA RADIAL	GM038	3	220	150	32,9	86,5	Plug	43	32	Fluido de Corte	N	6	Técnico
PONTEAR - ACESSORIOS MT2	GM044	18	300	220	31,8	90,2	Plug	58	30	Anti repingo	N	5	Ensino Médio
SOLDAR - ACESSORIOS MT2	GM052	18	300	220	31,8	90,2	Plug	58	30	Anti repingo	N	6	Superior Incompleto
REBARBAR E CHANFRAR	GM056	2,2	300	440	31,6	104,1	Concha	55	20	N	N	10	Fundamental
JATEAR NA FABRICA 1	GM057	27	300	150	31,1	86,7	Concha	47	20	N	N	5	Fundamental
PINTAR NA FABRICA 1	GM060	50	150	175	31,9	88,8	Concha	47	20	Tinta Solvente	Plástico Papeão	5	Fundamental
MONTAR - INDUSTRIAL	GM064	-	220	220	31,1	82,3	Plug	49	20	Graxa	Plástico Papeão	5	Técnico Incompleto
ALMOX REUNIR COMPONENTES	GM066	-	175	125	29,7	77,0	Plug	51	32	N	Plástico Papeão Madeira	4	Ensino Médio
MONTAR - CILINDROS	GM068	-	150	100	29,8	107,0	Plug	45	0	Óleo Solvente	Plástico	6	Técnico Incompleto

Descrição dos Processos	Grupo Máq	Potência (kW)	Taxa de Metabolismo (kCal/h)		Temperatura (°C)	Ruído (dB)	Protetor auricular	Unidade de (%)	Curso 02 anos (h)	Produtos perigosos toxicos. S/N	Embalagem descartável p/ uso interno. S/N	Risco de acidente no local	Nível de instrução do colaborador
			Prep.	Exec.									
ALIVIO DE TENSOES	GM071	70	150	100	31,9	88,8	Plug	47	20	Tinta Solvente	Plástico Papelão	5	Fundamental
CHANFRAR - CHANFRADEIRA SAUR	GM075	9	220	150	32,9	86,5	Plug	43	32	Fluido de Corte	N	6	Técnico
USINAR-CENTRO USIN. VERT. VCN 510	GM081	33,8	175	150	32,2	90,6	Plug	53	40	Fluido de Corte	N	6	Especifico
TORNEAR - TORNO MAZAK SMART 200	GM098	35,5	220	150	32,8	82,7	Plug	59	32	Fluido de Corte	Plástico	6	Especifico
REBARBAR - EMERILHADEIRA COSTA LE	GM104	52	300	440	33,0	102,5	Plug	48	40	PÓ	N	10	Especifico
LIMPAR - CÉLULA DE REMOÇÃO ESCORIA	GM111	2,2	300	440	31,6	104,1	Concha	55	20	N	N	10	Fundamental
JATEAR- JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	GM112	260	300	150	33,2	89,4	Plug	57	80	N	Plástico Papelão	5	Ensino Médio
USINAR - INTEGRIX J300	GM124	51,93	220	150	31,2	82,0	Plug	52	20	Fluido de Corte	N	5	Especifico
SOLDAR - ROBO 2	GM126	99	300	220	31,9	87,2	Plug	54	40	N	N	4	Técnico
SOLDAR ROBO 5	GM131	34	300	220	30,6	84,0	Plug	41	20	Anti repingo	N	4	Técnico Incompleto
MONTAR - ROLAMENTOS	GM136	25	300	175	31,9	88,3	Plug	55	80	N	N	7	Ensino Médio
ACABAMENTO SOLDADA ROBÓ	GM148	99	300	440	31,6	104,1	Concha	55	80	Anti repingo	N	10	Ensino Médio
CALANDRAR - CALANDRA CALFRAN	GM231	10	220	175	33,1	105,1	Plug	45	56	N	N	8	Especifico
PINTAR - LINHA DE PINTURA 03	GM245	40	300	150	33,2	89,4	Plug	57	80	Tinta Solvente	Plástico Papelão	5	Ensino Médio

## APÊNDICE D – Dados coletados para os elementos da GHS

	Operação			Operação		
	10	20	30	10	20	
<b>PRESILHA SUP. DIR. C/ TRAVA (Quant. 01)</b>	<b>Presilha Sup. Dir.</b>	ALMOX REUNIR COMPONENTES - FUNDIDO	FRESAR - PRESADORA ZOCCA	USINAR-CENTRO USIN. VERT. VCN 510	<b>Trava</b>	CORTAR - SERRA ANGULAR
	Unidades					CHANFRAR
GRUPO DE MÁQUINA	GM066	GM035	GM081	GM006	GM056	
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	0,000	16,000	11,000	4,000	2,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	3,000	10,000	15,000	0,500	1,000
POTÊNCIA	( kW )	0	34	33,8	1,85	2,2
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )		92,59		3,18	
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )		1,00		0,08	
MASSA PEÇA	( kg )		1,00		0,07	
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	0,00	30,78	36,92	40,70	23,99
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	175	220	175	220	300
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	125	150	150	150	440
TEMPERATURA	( °C )	29,7	32,3	32,2	32,5	31,6
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	77,0	88,0	90,6	91,3	104,1
UMIDADE	( % )	51	59	53	59	55
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	32	40	40	10	20
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	0	9	9	9	0
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	9	0	0	0	0
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	4	6	6	8	10
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	3	5	5	5	1

Operação	10	20	30	40	50
	ALMOX REUNIR COMPONENTES - FUNDIDO	FRESAR - FRESADORA ZOCCA	USINAR-CENTRO USIN. VERT. VCN 510	JATEAR-JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03
Unidades					
<b>PRESILHA SUP. ESQ. (Quant. 01)</b>					
GRUPO DE MÁQUINA	GM066	GM035	GM081	GM112	GM245
TEMPO PREPARAÇÃO (s)	0,000	16,000	11,000	0,000	0,000
TEMPO MÁQUINA (s)	3,000	10,000	15,000	0,240	0,210
POTÊNCIA (kW)	0	34	33,8	2,2	0
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA (R\$/kg)			92,59		
MASSA MATÉRIA PRIMA (kg)			1,00		
MASSA PEÇA (kg)			1,00		
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO (R\$/h)	0,00	30,78	36,92	150,00	200,00
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO (kCal/h)	175	220	175	300	300
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO (kCal/h)	125	150	150	150	150
TEMPERATURA (°C)	29,7	32,3	32,2	33,2	33,2
NÍVEL DE RUÍDO (dB)	77,0	88,0	90,6	89,4	89,4
UMIDADE (%)	51	59	53	57	57
HORAS DE QUALIFICAÇÃO (h)	32	40	40	80	80
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS (0,1,5,9)	0	9	9	0	9
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS (0,1,5,9)	9	0	0	1	9
RISCO DE ACIDENTES (1-10)	4	6	6	5	5
NÍVEL DE INSTRUÇÃO (1-9)	3	5	5	3	3

PRESILHA INFERIOR (Quant. 02)	Operação	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
	Calço	CORTAR - OXICORTE PLASMA MESSER	LIMPAR - CÉLULA DE REMOÇÃO ESCORIA	JATEAR- JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	USINAR-CENTRO USIN. VERT. VCN 510	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03	Presilha	CORTAR - PLASMA MESSER	REBARBAR	USINAR-CENTRO USIN. VERT. VCN 510	JATEAR- JATO AUTOM. DE GRANALHA 03
Unidades											
GRUPO DE MÁQUINA		GM001	GM111	GM112	GM081	GM245	GM003	GM056	GM081	GM112	GM245
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	4,000	0,000	0,000	11,000	0,000	0,500	1,000	11,000	0,000	0,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	1,890	0,988	0,030	2,700	0,150	0,280	1,000	5,200	0,085	0,057
POTÊNCIA	( kW )	8	2,2	34	33,8	33,8	8	2,2	33,8	34	33,8
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )			3,40					3,24		
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )			5,38					1,29		
MASSA PEÇA	( kg )			4,25					1,06		
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	100,00	33,19	150,00	36,92	200,00	100,00	23,99	36,92	150,00	200,00
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	300	300	300	175	300	300	300	175	300	300
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	150	440	150	150	150	150	440	150	150	150
TEMPERATURA	( °C )	33,7	31,6	33,2	32,2	33,2	33,7	31,6	32,2	33,2	33,2
NÍVEL DE RÚIDO	( dB )	98,5	104,1	89,4	90,6	89,4	98,5	104,1	90,6	89,4	89,4
UMIDADE	( % )	59	55	57	53	57	59	55	53	57	57
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	40	20	80	40	80	40	20	40	80	80
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	0	0	0	9	9	0	0	9	0	9
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	0	0	1	0	9	0	0	0	1	9
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	7	10	5	6	5	7	10	6	5	5
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	7	1	3	5	3	7	1	5	3	3



GUIA MÓVEL (Quant. 04)	Operação					Operação				
		10	20	30	40	50		10	20	30
	Unidades	Guia CORTAR - OXICORTE PLASMA MESSER	ALVIO DE TENSOES	REBARBAR	ENDIREITAR - END. PEÇAS PEQUENAS	USINAR - CENTRO USIN.MAZAK VTC200C	Conj. Móvel	SOLDAR - ROBO 2	ACABAMENTO SOLDA ROBÓ	USINAR - CENTRO USIN.MAZAK VTC200C
GRUPO DE MÁQUINA		GM003	GM071	GM056	GM017	GM022		GM126	GM148	GM022
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	0,500	4,000	2,000	1,000	11,000		10,000	4,000	11,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	2,540	13,000	1,820	5,000	22,500		9,500	0,500	7,000
POTÊNCIA	( kW )	8	70	2,2	5,51	33,95		99	99	33,95
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )			4,44					0,00	
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )			20,10					1,00	
MASSA PEÇA	( kg )			16,48					1,00	
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	100,00	6,68	23,99	24,35	36,92		60,80	61,74	36,92
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	300	150	300	300	175		300	300	175
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	150	100	440	220	150		220	440	150
TEMPERATURA	( °C )	33,7	31,9	31,6	31,5	32,2		31,9	31,6	32,2
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	98,5	88,8	104,1	94,2	90,6		87,2	104,1	90,6
UMIDADE	( % )	59	47	55	58	53		54	55	53
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	40	20	20	30	40		40	80	40
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	0	0	0	0	9		0	5	9
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	0	0	0	0	0		0	0	0
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	7	4	10	8	6		4	10	6
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	7	1	1	1	5		7	3	5

CALÇO BASE (Quant. 02)	Operação		10	20
	Unidades		CORTAR NA SERRA	CHANFRAR
GRUPO DE MÁQUINA			GM005	GM056
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )		4,000	2,000
TEMPO MÁQUINA	( s )		0,375	1,000
POTÊNCIA	( kW )		3,7	2,2
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )		3,41	
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )		0,64	
MASSA PEÇA	( kg )		0,61	
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )		40,70	23,99
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )		220	300
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )		150	440
TEMPERATURA	( °C )		32,5	31,6
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )		91,3	104,1
UMIDADE	( % )		59	55
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )		10	20
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )		9	0
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )		0	0
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )		8	10
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )		5	1

VÁLVULA DE CONTROLE (Quant. 01)	Operação		10
	Unidades		MONTAR - INDUSTRIAL
			GM064
	( s )		0,000
	( s )		5,000
	( kW )		0
	( R\$/kg )		1254,42
	( kg )		1,00
	( kg )		1,00
	( R\$/h )		55,09
	( kCal/h )		220
	( kCal/h )		220
	( °C )		31,1
	( dB )		82,3
	( % )		49
	( h )		20
	( 0,1,5,9 )		1
	( 0,1,5,9 )		5
	( 1-10 )		5
	( 1-9 )		6

	Operação	10		20		10		20	
		10	20	10	20	10	20	10	20
<b>CILINDRO (Quant. 02)</b>									
	Unidades	Cilindro (Quant. 02) MONTAR - CILINDROS	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03	Anel Externo (Quant. 04) CORTAR - SERRA DISCO CNC	TORNEAR - TORNO CNC NEXUS 250	Anel Interno (Quant. 04) CORTAR - SERRA DISCO CNC	TORNEAR - TORNO CNC NEXUS 250		
GRUPO DE MÁQUINA		GM068	GM245	GM007	GM024	GM007	GM024		
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	3,000	0,000	1,000	16,000	1,000	16,000		
TEMPO MÁQUINA	( s )	55,000	0,576	0,530	4,000	0,530	2,500		
POTÊNCIA	( kW )	0	40	15,15	47,8	15,15	47,8		
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )	664,28		8,82		8,82			
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )	1,00		0,28		0,28			
MASSA PEÇA	( kg )	1,00		0,27		0,27			
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	62,61	200,00	40,70	45,79	40,70	45,79		
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	150	300	220	220	220	220		
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	100	150	150	150	150	150		
TEMPERATURA	( °C )	29,8	33,2	32,5	32,8	32,5	32,8		
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	107,0	89,4	85,5	82,7	85,5	82,7		
UMIDADE	( % )	45	57	59	59	59	59		
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	0	80	10	32	10	32		
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	5	9	9	9	9	9		
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	5	9	0	1	0	1		
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	6	5	7	6	7	6		
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	6	3	5	5	5	5		

CONJUNTO PASTILHA (Quant. 02)	Operação		Operação		Operação	
	Trava (Quant. 02)	10	20	Pastilha (Quant. 02)	10	10
Unidades	CORTAR - GUILHOTINA DHGM 3020 TGI	GM008	USINAR - FRESADORA CNC - HELLER	MONTAR - INDUSTRIAL	Graxeira (Quant. 02)	MONTAR - INDUSTRIAL
GRUPO DE MÁQUINA		GM008	GM034	GM064		GM064
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	4,000	5,000		3,000	2,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	1,000	1,000		1,000	1,000
POTÊNCIA	( kW )	45	15		0	0
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )		3,10		69,50	0,54
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )		0,08		1,00	1,00
MASSA PEÇA	( kg )		0,07		1,00	1,00
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	39,65	30,78		55,09	55,09
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	220	220		220	220
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	300	150		220	220
TEMPERATURA	( °C )	29,9	32,3		31,1	31,1
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	125,0	88,0		82,3	82,3
UMIDADE	( % )	38	59		49	49
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	0	40		20	20
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	1	9		1	1
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	0	0		5	5
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	8	7		5	5
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	2	8		6	6

CONJUNTO TRAVA (Quant. 02)	Operação	10	20	30	Operação	10
	Chapa	CORTAR - OXICORTE PLASMA MESSER	REBARBAR	FURAR - FURAD. COLUNA	Trava	CORTAR - SERRA ANGULAR
GRUPO DE MÁQUINA	Unidades	GM003	GM056	GM037		GM006
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	0,500	2	3		4
TEMPO MÁQUINA	( s )	0,138	0,5	8		0,3
POTÊNCIA	( kW )	8	2,2	3		1,85
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )		3,30			3,27
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )		0,19			0,01
MASSA PEÇA	( kg )		0,16			0,01
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	100,00	23,99	95,00		40,70
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	300	300	220		220
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	150	440	150		150
TEMPERATURA	( °C )	33,7	31,6	32,9		32,5
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	98,5	104,1	86,5		91,3
UMIDADE	( % )	59	55	43		59
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	40	20	32		10
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	0	0	9		9
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	0	0	0		0
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	7	10	6		8
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	7	1	5		5

		Operação	10	20	30	40	50
<b>CORPO (Quant. 01)</b>			PONTEAR - ACESSÓRIOS MT2	SOLDAR - ACESSÓRIOS MT2	USINAR - CENTRO USINAGEM WOTAN	JATEAR-JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03
		Unidades					
GRUPO DE MÁQUINA			GM044	GM052	GM020	GM112	GM245
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )		4,000	3	16	0,000	0
TEMPO MÁQUINA	( s )		12,000	15	15	1,040	4,704
POTÊNCIA	( kW )		18	18	82	260	40
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )				4783,03		
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )				1,00		
MASSA PEÇA	( kg )				1,00		
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )		44,40	44,40	63,37	150,00	200,00
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )		300	300	220	300	300
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )		220	220	150	150	150
TEMPERATURA	( °C )		31,8	31,8	31,1	33,2	33,2
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )		90,2	90,2	85,7	89,4	89,4
UMIDADE	( % )		58	58	49	57	57
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )		30	30	120	80	80
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )		1	5	9	0	9
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )		0	0	0	1	9
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )		5	6	0	5	5
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )		3	8	7	3	3

## APÊNDICE E – Índices individuais para os indicadores sustentáveis dos elementos da GHS

PRESILHA SUP. DIR. C/ TRAVA (Quant. 01)	Operação			Operação		
		10	20	30	10	20
Unidades	Presilha Sup. Dir.	ALMOX REUNIR COMPONENTES - FUNDIDO	FRESAR - FRESADORA ZOCCA	USINAR-CENTRO USIN. VERT. VCN 510	Trava	CHANFRAR
					CORTAR - SERRA ANGULAR	
GRUPO DE MÁQUINA		GM066	GM035	GM081	GM006	GM056
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,00	1,53	2,28	0,00	0,01
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	0,00	13,34	16,00	3,05	1,20
CUSTO DO MATERIAL	R\$	92,59	0,00	0,00	0,25	0,00
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,00	5,67	8,45	0,02	0,04
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%		100,00		95,00	
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	0	9	9	9	0
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	9	0	0	0	0
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	0,00	708,33	1056,25	1,93	4,58
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	0,00	58,67	32,08	14,67	10,00
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	6,25	25,00	37,50	1,25	7,33
NÍVEL DE RUÍDO	dB	61,0	72,0	74,6	75,3	84,1
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	32,0	40,0	40,0	10,0	20,0
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	3	5	5	5	1
TEMPERATURA	°C	29,7	32,3	32,2	32,5	31,6
UMIDADE	%	51,00	59,00	53,00	59,00	55,00
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	4	6	6	8	10

		Operação	10	20	30	40	50
<b>PRESILHA SUP. ESQ. (Quant. 01)</b>							
	Unidades	ALMOX REUNIR COMPONENTES - FUNDIDO	FRESAR - FRESADORA ZOCCA	USINAR-CENTRO USIN. VERT. VCN 510	JATEAR-JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03	
GRUPO DE MÁQUINA		GM066	GM035	GM081	GM112	GM245	
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,00	1,53	2,28	0,28	0,04	
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	0,00	13,34	16,00	0,60	0,70	
CUSTO DO MATERIAL	R\$	92,59	0,00	0,00	0,00	0,00	
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,00	5,67	8,45	1,04	0,14	
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%			100,00			
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	0	9	9	0	9	
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	9	0	0	1	9	
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	0,00	708,33	1056,25	130,00	17,50	
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	0,00	58,67	32,08	0,00	0,00	
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	6,25	25,00	37,50	0,60	0,53	
NÍVEL DE RUÍDO	dB	61,0	72,0	74,6	73,4	73,4	
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	32,0	40,0	40,0	80,0	80,0	
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	3	5	5	3	3	
TEMPERATURA	°C	29,7	32,3	32,2	33,2	33,2	
UMIDADE	%	51,00	59,00	53,00	57,00	57,00	
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	4	6	6	5	5	





GUIA MÓVEL (Quant. 04)	Operação					Operação				
	Unidades	10	20	30	40	50	10	20	30	
	Guia	CORTAR - OXICORTE PLASMA MESSER	ALIVIO DE TENSOES	REBARBAR	ENDIREITAR - END. PEÇAS PEQUENAS	USINAR - CENTRO USIN.MAZAK VTC200C	Conj. Móvel	SOLDAR - ROBO 2	ACABAMENTO SOLDA ROBÔ	USINAR - CENTRO USIN.MAZAK VTC200C
GRUPO DE MÁQUINA		GM003	GM071	GM056	GM017	GM022	GM126	GM148	GM022	
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,09	4,10	0,02	0,12	3,44	4,23	0,22	1,07	
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	5,07	1,89	1,53	2,43	20,61	19,76	4,63	11,08	
CUSTO DO MATERIAL	R\$	89,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CUSTO DA SUCATA	R\$	1,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,34	15,17	0,07	0,46	12,73	15,68	0,83	3,96	
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%			82,00						
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	0	0	0	0	9	0	5	9	
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	0	0	0	0	0	0	0	0	
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	42,33	1895,83	8,34	57,40	1591,41	1959,38	103,13	495,10	
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	2,50	10,00	10,00	5,00	32,08	50,00	20,00	32,08	
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	6,35	21,67	13,35	18,33	56,25	34,83	3,67	17,50	
NÍVEL DE RUÍDO	dB	82,5	68,8	84,1	78,2	74,6	71,2	84,1	74,6	
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	40,0	20,0	20,0	30,0	40,0	40,0	80,0	40,0	
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	7	1	1	1	5	7	3	5	
TEMPERATURA	°C	33,7	31,9	31,6	31,5	32,2	31,9	31,6	32,2	
UMIDADE	%	59,00	47,00	55,00	58,00	53,00	54,00	55,00	53,00	
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	7	4	10	8	6	4	10	6	

CALÇO BASE (Quant. 02)	Operação		10	20
	Unidades		CORTAR NA SERRA	CHANFRAR
GRUPO DE MÁQUINA			GM005	GM056
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$		0,01	0,01
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$		2,97	1,20
CUSTO DO MATERIAL	R\$		2,18	0,00
CUSTO DA SUCATA	R\$		0,02	0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh		0,02	0,04
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%		94,99	
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)		9	0
EMBALAGENS	(0,1,5,9)		0	0
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e		2,89	4,58
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal		14,67	10,00
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal		0,94	7,33
NÍVEL DE RUÍDO	dB		75,3	84,1
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h		10,0	20,0
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)		5	1
TEMPERATURA	°C		32,5	31,6
UMIDADE	%		59,00	55,00
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)		8	10

VÁLVULA DE CONTROLE (Quant. 01)	Operação		10
	Unidades		MONTAR - INDUSTRIAL
			GM064
	R\$		0,00
	R\$		4,59
	R\$		1254,42
	R\$		0,00
	kWh		0,00
	%		100,00
	(0,1,5,9)		1
	(0,1,5,9)		5
	gCo2e		0,00
	kcal		0,00
	kcal		18,33
	dB		66,3
	h		20,0
	(1 - 9)		6
	°C		31,1
	%		49,00
	(1 - 10)		5

Cilindro (Quant. 02)	Operação		10		20		10		20		
	Unidades	Cilindro (Quant. 02) MONTAR - CILINDROS	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03	Anel Externo (Quant. 04) CORTAR - SERRA DISCO CNC	TORNEAR - TORNO CNC NEXUS 250	Anel Interno (Quant. 04) CORTAR - SERRA DISCO CNC	TORNEAR - TORNO CNC NEXUS 250	GM007	GM024	GM007	GM024
GRUPO DE MÁQUINA		GM068	GM245		GM007	GM024		GM007	GM024		GM024
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,00	0,10		0,04	0,86		0,04			0,54
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	60,53	1,92		1,04	15,26		1,04			14,12
CUSTO DO MATERIAL	R\$	664,28	0,00		2,49	0,00		2,49			0,00
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,00	0,00		0,01	0,00		0,01			0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,00	0,38		0,13	3,19		0,13			1,99
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%		100,00			94,98				94,98	
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	5	9		9	9		9		9	9
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	5	9		0	1		0		1	1
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	0,00	48,00		16,73	398,33		16,73		248,96	
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	7,50	0,00		3,67	58,67		3,67		58,67	
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	91,67	1,44		1,33	10,00		1,33		6,25	
NÍVEL DE RUÍDO	dB	91,0	73,4		69,5	66,7		69,5		66,7	
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	0,0	80,0		10,0	32,0		10,0		32,0	
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	6	3		5	5		5		5	
TEMPERATURA	°C	29,8	33,2		32,5	32,8		32,5		32,8	
UMIDADE	%	45,00	57,00		59,00	59,00		59,00		59,00	
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	6	5		7	6		7		6	

<b>CONJUNTO PASTILHA (Quant. 02)</b>	Operação 10		Operação 20		Operação 10		Operação 10	
	Trava (Quant. 02)  Unidades	CORTAR - GUILHOTINA DHGM 3020 TGI	USINAR - FRESADORA CNC - HELLER	Pastilha (Quant. 02)	MONTAR - INDUSTRIAL	Grazeira (Quant. 02)	MONTAR - INDUSTRIAL	
GRUPO DE MÁQUINA		GM008	GM034		GM064		GM064	
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,20	0,07		0,00		0,00	
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	3,30	3,08		2,75		1,84	
CUSTO DO MATERIAL	R\$	0,25	0,00		69,50		0,54	
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,00	0,00		0,00		0,00	
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,75	0,25		0,00		0,00	
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%		89,00		100,00		100,00	
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	1	9		1		1	
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	0	0		5		5	
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	93,75	31,25		0,00		0,00	
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	14,67	18,33		11,00		7,33	
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	5,00	2,50		0,00		0,00	
NÍVEL DE RUÍDO	dB	109,0	72,0		66,3		66,3	
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	0,0	40,0		20,0		20,0	
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	2	8		6		6	
TEMPERATURA	°C	29,9	32,3		31,1		31,1	
UMIDADE	%	38,00	59,00		49,00		49,00	
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	8	7		5		5	

		Operação	10	20	30	Operação	10
<b>CONJUNTO TRAVA (Quant. 02)</b>		<b>Chapa</b>	<b>CORTAR - OXICORTE PLASMA MESSER</b>	<b>REBARBAR</b>	<b>FURAR - FURAD. COLUNA</b>	<b>Trava</b>	<b>CORTAR - SERRA ANGULAR</b>
		Unidades					
GRUPO DE MÁQUINA			GM003	GM056	GM037		GM006
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,00	0,00	0,11			0,00
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	1,06	1,00	17,42			2,92
CUSTO DO MATERIAL	R\$	0,62	0,00	0,00			0,03
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,01	0,00	0,00			0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,02	0,02	0,40			0,01
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%		84,95				94,17
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	0	0	9			9
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	0	0	0			0
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	2,30	2,29	50,00			1,16
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	2,50	10,00	11,00			14,67
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	0,35	3,67	20,00			0,75
NÍVEL DE RUÍDO	dB	82,5	84,1	70,5			75,3
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	40,0	20,0	32,0			10,0
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	7	1	5			5
TEMPERATURA	°C	33,7	31,6	32,9			32,5
UMIDADE	%	59,00	55,00	43,00			59,00
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	7	10	6			8

CORPO (Quant. 01)	Operação	10	20	30	40	50
		PONTEAR - ACESSÓRIOS MT2	SOLDAR - ACESSÓRIOS MT2	USINAR - CENTRO USINAGEM WOTAN	JATEAR- JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03
	Unidades	GM044	GM052	GM020	GM112	GM245
GRUPO DE MÁQUINA		GM044	GM052	GM020	GM112	GM245
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,97	1,22	5,54	1,22	0,85
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	11,84	13,32	32,74	2,60	15,68
CUSTO DO MATERIAL	R\$	4783,03	0,00	0,00	0,00	0,00
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	3,60	4,50	20,50	4,51	3,14
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%			100,00		
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	1	5	9	0	9
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	0	0	0	1	9
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	450,00	562,50	2562,50	563,33	392,00
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	20,00	15,00	58,67	0,00	0,00
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	44,00	55,00	37,50	2,60	11,76
NÍVEL DE RUÍDO	dB	74,2	70,2	69,7	73,4	73,4
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	30,0	30,0	120,0	80,0	80,0
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	3	8	7	3	3
TEMPERATURA	°C	31,8	31,8	31,1	33,2	33,2
UMIDADE	%	58,00	58,00	49,00	57,00	57,00
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	5	6	0	5	5





## 3 - Serviço de pós vendas

Como você se sente se houver um serviço de pós vendas?	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito
Como você se sente se <b>NÃO</b> houver um serviço de pós vendas?	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito

## 3.1 - Como você avalia o serviço de pós vendas atualmente?

1     2     3     4     5     6     7  
 Completamente Insatisfeito Excelente

---

## 4 - Segurança nas operações

Como você se sente se a garra for segura durante as operações?	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito
Como você se sente se a garra <b>NÃO</b> for segura durante as operações?	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito

## 4.1 - Como você avalia a segurança da garra atualmente?

1     2     3     4     5     6     7  
 Completamente Insatisfeito Excelente

## 5 - Sistema de monitoramento das operações realizadas pela garra

Como você se sente se a garra tivesse um sistema de monitoramento das operações?	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito
Como você se sente se a garra <b>NÃO</b> tivesse um sistema de monitoramento das operações?	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito

## 5.1 - Como você avalia o sistema de monitoramento das operações da garra atualmente?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Completamente Insatisfeito						Excelente

---

## 6 - Indicador de falhas hidráulicas

Como você se sente se a garra dispusesse de indicador de falhas hidráulicas?	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito
Como você se sente se a garra <b>NÃO</b> dispusesse de indicador de falhas hidráulicas?	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito

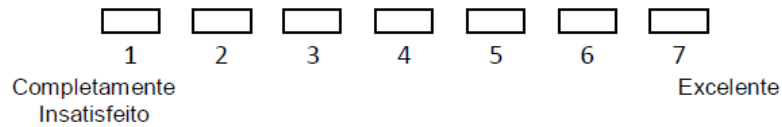
## 6.1 - Como você avalia o indicador de falhas hidráulicas na garra atualmente?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5	6	7
Completamente Insatisfeito						Excelente

7 - Agilidade na movimentação

<p>Como você se sente se a garra for ágil na movimentação de bobinas?</p>	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito
<p>Como você se sente se a garra <b>NÃO</b> for ágil na movimentação de bobinas?</p>	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito

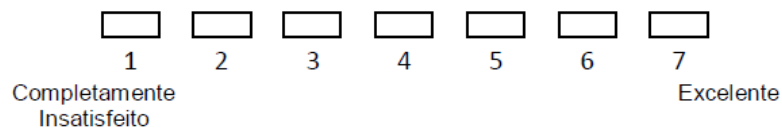
7.1 - Como você avalia a agilidade na movimentação da garra atualmente?



8 - Facilidade de operação

<p>Como você se sente se a garra for fácil de operar?</p>	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito
<p>Como você se sente se a garra <b>NÃO</b> for fácil de operar?</p>	<input type="checkbox"/> Ficaria satisfeito <input type="checkbox"/> Deveria ser assim <input type="checkbox"/> Seria indiferente <input type="checkbox"/> Poderia conviver com isso <input type="checkbox"/> Ficaria insatisfeito

8.1 - Como você avalia a facilidade de operação da garra atualmente?



Quão importantes são os seguinte parâmetros/requisitos para a GGBS?

	Pouco Importante				Muito Importante		
	1	2	3	4	5	6	7
1 - Danos ao produto							
2 - Área necessária para a garra movimentar as bobinas							
3 - Serviço de pós vendas							
4 - Segurança nas operações							
5 - Sistema de monitoramento das operações realizadas pela garra							
6 - Indicador de falhas hidráulicas							
7 - Agilidade na movimentação							
8 - Facilidade de operação							

## APÊNDICE G – Dados coletados para os elementos da GGBS.

Operação	Montagem										Unidades									
	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	50			
<b>PRELISHAS SUPERIORES (Quant. 01)</b>																				
GRUPO DE MÁQUINA	GM044	GM052	GM112	GM245	GM044	GM052	GM112	GM245	GM066	GM035	GM081	GM006	GM056	GM066	GM035	GM081	GM112	GM245		
TEMPO PREPARAÇÃO (s)	4,000	4,000	0,000	0,000	4,000	4,000	0,000	0,000	0,000	16,000	11,000	4,000	2,000	0,000	16,000	11,000	0,000	0,000		
TEMPO MÁQUINA (s)	2,000	4,000	0,240	0,249	4,000	4,000	0,240	0,249	0,000	10,000	15,000	0,500	1,000	0,000	10,000	15,000	0,240	0,234		
POTÊNCIA (kW)	18	18	260	40	18	18	260	40	0	34	33,8	1,85	2,2	0	34	33,8	0	40		
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA (R\$/kg)			0,00				0,00		93,18	93,18		3,22			93,18	93,18				
MASSA MATÉRIA PRIMA (kg)			1,00				1,00		1,00	1,00		0,08			1,00	1,00				
MASSA PEÇA (kg)			1,00				1,00		1,00	1,00		0,08			1,00	1,00				
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO (R\$/h)	44,40	44,40	150,00	200,00	44,40	44,40	150,00	200,00	0,00	30,78	36,92	40,70	23,99	0,00	30,78	36,92	150,00	200,00		
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO (kCal/h)	300	300	300	300	300	300	300	300	175	220	175	220	300	175	220	175	300	300		
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO (kCal/h)	220	220	150	150	220	220	150	150	125	150	150	150	440	125	150	150	150	150		
TEMPERATURA (°C)	31,8	31,8	33,2	33,2	31,8	31,8	33,2	33,2	29,7	32,3	32,2	32,5	31,6	29,7	32,3	32,2	33,2	33,2		
NÍVEL DE RUÍDO (dB)	90,2	90,2	89,4	89,4	90,2	90,2	89,4	89,4	77	88	90,6	91,3	104,1	77	88	90,6	89,4	89,4		
UMIDADE (%)	58	58	57	57	58	58	57	57	51	59	53	59	55	51	59	53	57	57		
HORAS DE QUALIFICAÇÃO (h)	30	30	80	80	30	30	80	80	32	40	40	10	20	32	40	40	80	80		
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS (0,1-5,9)	1	1	0	9	1	1	0	9	0	9	9	9	0	0	9	9	0	9		
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS (0,1-5,9)	0	0	1	9	0	0	1	9	9	0	0	0	0	9	0	0	1	9		
RISCO DE ACIDENTES (1-10)	5	6	5	5	5	6	5	5	4	7	6	8	10	4	7	6	5	5		
NÍVEL DE INSTRUÇÃO (1-9)	3	8	3	3	3	8	3	3	3	8	5	5	1	3	8	5	3	3		

		Operação	10
<b>VÁLVULA HOLDING</b> <b>(Quant. 01)</b>			
			MONTAR - INDUSTRIAL
	Unidades		
GRUPO DE MÁQUINA			GM064
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )		0,000
TEMPO MÁQUINA	( s )		0,000
POTÊNCIA	( kW )		0
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )		316,74
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )		1
MASSA PEÇA	( kg )		1
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )		55,09
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )		220
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )		220
TEMPERATURA	( °C )		31,1
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )		82,3
UMIDADE	( % )		49
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )		20
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )		1
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )		5
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )		5
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )		6

		Operação	10	20
<b>VÁLVULA DE GIRO</b> <b>(Quant. 01)</b>				
			MONTAR - CILINDROS	PINTAR NA FABRICA 1
	Unidades			
GRUPO DE MÁQUINA			GM068	GM060
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )		2,000	4,000
TEMPO MÁQUINA	( s )		30,000	8,000
POTÊNCIA	( kW )		0	50
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )		1.356,32	
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )		1,00	
MASSA PEÇA	( kg )		1,00	
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )		62,61	200,00
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )		150	150
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )		100	175
TEMPERATURA	( °C )		29,8	31,9
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )		107	88,8
UMIDADE	( % )		45	47
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )		0	20
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )		5	9
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )		5	5
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )		6	5
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )		6	1

	Operação		
		10	20
<b>REDUTOR (Quant. 01)</b>		MONTAR - CILINDROS	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03
	Unidades		
GRUPO DE MÁQUINA		GM068	GM245
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	2,130	0,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	30,195	0,420
POTÊNCIA	( kW )	0	40
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )	1.757,31	
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )	1,00	
MASSA PEÇA	( kg )	1,00	
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	62,61	200,00
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	150	300
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	100	150
TEMPERATURA	( °C )	29,8	33,2
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	107	89,4
UMIDADE	( % )	45	57
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	0	80
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	5	9
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	5	9
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	6	5
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	6	3

	Operação	
		10
<b>MOTOR (Quant. 01)</b>		MONTAR - INDUSTRIAL
	Unidades	
GRUPO DE MÁQUINA		GM064
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	0,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	0,000
POTÊNCIA	( kW )	0
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )	772,25
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )	1
MASSA PEÇA	( kg )	1
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	55,09
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	220
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	220
TEMPERATURA	( °C )	31,1
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	82,3
UMIDADE	( % )	49
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	20
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	1
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	5
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	5
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	6

	Operação	10
<b>ROLAMENTO</b> <b>(Quant. 01)</b>		
	Unidades	MONTAR - ROLAMENTOS
GRUPO DE MÁQUINA		GM 136
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	4,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	90,000
POTÊNCIA	( kW )	25
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )	2.292,85
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )	1,00
MASSA PEÇA	( kg )	1,00
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	62,61
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	300
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	175
TEMPERATURA	( °C )	31,9
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	88,3
UMIDADE	( % )	55
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	80
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	0
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	0
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	7
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	3

	Operação	10	20
<b>CILINDRO</b> <b>(Quant. 01)</b>			
	Unidades	MONTAR - CILINDROS	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03
GRUPO DE MÁQUINA		GM068	GM245
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	4,000	0,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	55,000	0,624
POTÊNCIA	( kW )	0	40
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )	1.223,18	
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )	1,00	
MASSA PEÇA	( kg )	1,00	
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	62,61	200,00
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	150	300
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	100	150
TEMPERATURA	( °C )	29,8	33,2
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	107	89,4
UMIDADE	( % )	45	57
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	0	80
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	5	9
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	5	9
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	6	5
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	6	3



Operação	10		20		10		20		10		20		10		20	
	CORSTAR - SERRA DISCO CNC		USINAR - INTEGREGX J300		CORSTAR - SERRA DISCO CNC		USINAR - INTEGREGX J300		CORSTAR - SERRA DISCO CNC		USINAR - INTEGREGX J300		CORSTAR - SERRA DISCO CNC		USINAR - INTEGREGX J300	
<b>CONJUNTO EIXO E BUCHAS (Quant. 01)</b> <b>Eixo 35 x 235 (Quant. 04)</b> <b>Eixo 35 x 275 (Quant. 04)</b> <b>Eixo 35 x 310 (Quant. 04)</b> <b>Eixo 12,5 x 235 (Quant. 04)</b> <b>ALMOX REUNIR COMPONENTES (Quant. 24)</b> <b>ALMOX REUNIR COMPONENTES (Quant. 08)</b> <b>buchas sem flange</b> <b>buchas com flange</b> <b>CORTAR - SERRA ANGULAR</b> <b>REBARBAR E CHANFRAR</b>																
GRUPO DE MÁQUINA	GM007	GM124	GM007	GM124	GM007	GM124	GM007	GM124	GM007	GM124	GM066	GM066	GM0966	GM066	GM006	GM056
TEMPO PREPARAÇÃO ( s )	1,000	16,000	1,000	16,000	1,000	16,000	1,000	16,000	1,000	16,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,000	2,000
TEMPO MÁQUINA ( s )	0,400	2,500	0,400	2,500	0,400	2,500	0,400	2,500	0,400	2,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	3,000
POTÊNCIA ( kW )	15,15	51,93	15,15	51,93	15,15	51,93	15,15	51,93	15,15	51,93	0	0	0	0	1,85	2,2
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA ( R\$/kg )	23,75	23,75	23,75	23,75	23,75	23,75	23,75	23,75	23,75	23,75	3,07	3,07	11,22	11,22	4,09	4,09
MASSA MATÉRIA PRIMA ( kg )	2,12	2,43	2,12	2,43	2,12	2,43	2,12	2,43	2,12	2,43	1,00	1,00	1,00	1,00	0,34	0,34
MASSA PEÇA ( kg )	2,01	2,31	2,01	2,31	2,01	2,31	2,01	2,31	2,01	2,31	1,00	1,00	1,00	1,00	0,32	0,32
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO ( R\$/h )	40,70	84,07	40,70	84,07	40,70	84,07	40,70	84,07	40,70	84,07	0,00	0,00	0,00	0,00	40,70	23,99
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO ( kCal/h )	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	175	175	175	175	220	300
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO ( kCal/h )	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	125	125	125	125	150	440
TEMPERATURA ( °C )	32,5	31,2	32,5	31,2	32,5	31,2	32,5	31,2	32,5	31,2	29,7	29,7	29,7	29,7	32,5	31,6
NÍVEL DE RUÍDO ( dB )	85,5	82	85,5	82	85,5	82	85,5	82	85,5	82	77	77	77	77	91,3	104,1
UMIDADE ( % )	59	52	59	52	59	52	59	52	59	52	51	51	51	51	59	55
HORAS DE QUALIFICAÇÃO ( h )	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	32	32	32	32	10	20
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS ( 0,1,5,9 )	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	9	0
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS ( 0,1,5,9 )	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	9	9	0	0
RISCO DE ACIDENTES ( 1-10 )	7	5	7	5	7	5	7	5	7	5	4	4	4	4	8	10
NÍVEL DE INSTRUÇÃO ( 1-9 )	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	5	1

	Operação	10
<b>LIMITADOR (Quant. 01)</b>		
		MONTAR - INDUSTRIAL
	Unidades	
GRUPO DE MÁQUINA		GM064
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	0,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	0,000
POTÊNCIA	( kW )	0
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )	14,72
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )	1
MASSA PEÇA	( kg )	1
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	55,09
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	220
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	220
TEMPERATURA	( °C )	31,1
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	82,3
UMIDADE	( % )	49
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	20
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	1
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	5
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	5
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	6

	Operação	10	20	30	40
<b>SUPORTE (Quant. 01)</b>					
		CORTAR - PLASMA MESSER	REBARBAR - ESMERILHA DEIRA COSTA LE	FURAR - FURAD. COLUNA	DOBRAR - DOBR. CNC NEWTON 50T
		GM003	GM104	GM037	GM012
		0,500	1,190	3,000	12,000
		0,518	0,298	6,000	0,670
		8	52	3	5,5
			3,10		
			3,00		
			2,55		
		100,00	33,19	95,00	39,65
		300	300	220	220
		150	440	150	300
		33,7	33	32,9	32,4
		98,5	102,5	86,5	105,5
		59	48	43	47
		40	40	32	40
		0	0	9	1
		0	0	0	0
		7	10	6	8
		7	5	7	2



Operação	10		20		30		40		50		60		70		80		90		100	
	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
<b>CONJUNTO BRAÇO MENOR (Quant. 01)</b>																				
Unidades																				
GRUPO DE MÁQUINA	GM131	GM148	GM066	GM019	GM008	GM075	GM012	GM003	GM104	GM017	GM038	GM010	GM003	GM104	GM003	GM104	GM016			
TEMPO PREPARAÇÃO (s)	10,000	4,000	0,000	5,000	4,000	2,000	12,000	0,500	1,190	1,000	5,000	12,000	0,500	1,190	0,500	1,190	1,000			
TEMPO MÁQUINA (s)	1,135	1,000	0,000	12,000	0,500	1,115	6,030	3,000	1,000	2,500	6,000	0,670	0,919	0,199	0,919	0,199	3,000			
POTÊNCIA (kW)	34	99	0	62,1	45	9	5,5	8	52	5,51	3	30	8	52	8	52	14,7			
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA (R\$/kg)	0,00		179,40		4,55		4,57		4,57		4,57		4,57		4,57					
MASSA MATÉRIA PRIMA (kg)	1,00		1,00		6,42		29,53		29,53		29,53		29,53		29,53					
MASSA PEÇA (kg)	1,00		1,00		5,72		25,39		25,39		25,39		25,39		25,39					
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO (R\$/h)	60,80	61,74	0,00	84,07	39,65	33,19	39,65	100,00	33,19	24,35	95,00	39,65	100,00	33,19	100,00	33,19	24,35			
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO (kCal/h)	300	300	175	175	220	220	220	300	300	300	220	220	300	300	300	300	300			
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO (kCal/h)	220	400	125	150	300	150	300	150	440	220	150	300	150	440	150	440	220			
TEMPERATURA (°C)	30,6	31,6	29,7	31,7	29,9	32,9	32,4	33,7	33	31,5	32,9	32,4	33,7	33	33,7	33	31,5			
NÍVEL DE RUÍDO (dB)	84	104,1	77	81,8	125	86,5	105,5	98,5	102,5	94,2	86,5	80	98,5	102,5	98,5	102,5	94,2			
UMIDADE (%)	41	55	51	48	38	43	47	59	48	58	43	47	59	48	59	48	58			
HORAS DE QUALIFICAÇÃO (h)	20	80	32	36	0	32	40	40	40	30	32	40	40	40	40	40	30			
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS (0,1,5,9)	5	5	0	9	1	1	1	0	0	0	9	1	0	0	0	0	0			
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS (0,1,5,9)	0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
RISCO DE ACIDENTES (1-10)	4	10	4	6	8	6	8	7	10	8	6	8	7	10	7	10	8			
NÍVEL DE INSTRUÇÃO (1-9)	6	3	3	7	2	7	2	7	5	1	7	2	7	5	7	5	1			

Operação	10	20	30	40	50	60	70	10	10	10	10	20	30	40	50	
	Unidades															
<b>CONJUNTO BRAÇO MAIOR (Quant. 01)</b>																
Unidades																
GRUPO DE MÁQUINA	GM044	GM052	GM071	GM016	GM020	GM112	GM245	GM006	GM006	GM006	GM003	GM104	GM017	GM038	GM010	
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	4,000	4,000	1,000	25,000	0,000	0,000	4,000	4,000	4,000	0,500	1,190	1,000	5,000	12,000	
TEMPO MÁQUINA	( s )	180,000	350,000	135,000	12,000	200,000	2,500	0,375	0,500	3,000	3,000	1,000	2,500	6,000	0,670	
POTÊNCIA	( kW )	18	18	70	14,7	82	260	40	1,85	1,85	8	52	5,51	3	30	
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )			0,00				3,35	3,22				4,57			
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )			1,00				0,07	0,03				29,61			
MASSA PEÇA	( kg )			1,00				0,07	0,03				25,46			
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	44,40	44,40	6,68	24,35	63,37	150,00	200,00	40,70	40,70	100,00	33,19	24,35	95,00	39,65	
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	300	300	150	300	220	300	300	220	220	300	300	300	220	220	
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	220	220	100	220	150	150	150	150	150	150	440	220	150	300	
TEMPERATURA	( °C )	31,8	31,8	31,9	31,5	31,1	33,2	32,5	32,5	32,5	33,7	33	31,5	32,9	32,4	
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	90,2	90,2	88,8	94,2	85,7	89,4	91,3	91,3	91,3	98,5	102,5	94,2	86,5	80	
UMIDADE	( % )	58	58	47	58	49	57	59	59	59	59	48	58	43	47	
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	30	30	20	30	120	80	10	10	10	40	40	30	32	40	
PRODUTOS PERIGOSOS OU TOXICOS	( 0,1,5,9 )	1	1	0	0	9	0	9	9	9	0	0	0	9	1	
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	0	0	0	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	5	6	5	8	6	5	8	8	8	7	10	8	6	8	
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	3	8	1	1	7	3	5	5	5	7	5	1	7	2	

	Operação											
	10	20	30	40	50	60						
<b>CONJUNTO BRAÇO MAIOR (Quant. 01)</b>												
	Revestimento (Quant. 02)	CORTAR - GUILHOTINA DHGM 3020 TGI	CHANFRAR - CHANFRADORA SAUR	CALANDRAR - CALANDRA CALFRAN	Revestimento (Quant. 04)	CORTAR - PLASMA MESSER	REBARBAR - EMERILHADORA COSTA LEV	ENDIREITAR - CALFRAN DORRAR - DOBR. CNC NEWTON 50T	Nervuras (Quant. 04)	CORTAR - PLASMA MESSER	REBARBAR - EMERILHADORA COSTA LEV	ENDIREITAR - END. PEÇAS GRANDES
		GM008	GM075	GM231	GM003	GM104	GM231	GM012	GM003	GM104	GM016	
GRUPO DE MÁQUINA												
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	4,000	2,000	4,000	0,500	1,190	4,000	12,000	0,500	1,190	1,000	
TEMPO MÁQUINA	( s )	1,000	1,431	18,000	0,986	0,199	1,522	8,040	1,377	0,199	3,000	
POTÊNCIA	( kW )	45	34	10	8	52	10	5,5	8	52	14,7	
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )		4,55			4,55				4,55		
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )		12,41			11,54				13,25		
MASSA PEÇA	( kg )		11,04			10,27				11,26		
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	30,78	33,19	33,19	100,00	33,19	33,19	39,65	100,00	33,19	24,35	
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	220	220	300	300	300	300	220	300	300	300	
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	300	150	150	150	440	150	300	150	440	220	
TEMPERATURA	( °C )	29,9	32,9	33,2	33,7	33	33,2	32,4	33,7	33	31,5	
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	125	86,5	89,4	98,5	102,5	89,4	105,5	98,5	102,5	94,2	
UMIDADE	( % )	38	43	57	59	48	57	47	59	48	58	
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	0	32	80	40	40	80	40	40	40	30	
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	8	6	8	7	10	8	8	7	10	8	
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	2	7	5	7	5	5	2	7	5	1	

Operação		10
<b>ACESSÓRIOS DE IDENTIFICAÇÃO (Quant. 01)</b>		<b>MONTAR - INDUSTRIAL</b>
Unidades		
GRUPO DE MÁQUINA		GM064
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	0,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	0,000
POTÊNCIA	( kW )	0
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )	1,54
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )	1
MASSA PEÇA	( kg )	1
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	55,09
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	220
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	220
TEMPERATURA	( °C )	31,1
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	82,3
UMIDADE	( % )	49
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	20
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	1
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	5
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	5
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	6

Operação		10
<b>CONCHA (Quant. 01)</b>		<b>MONTAR - INDUSTRIAL</b>
Unidades		
GRUPO DE MÁQUINA		GM064
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	0,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	0,000
POTÊNCIA	( kW )	0
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )	168,99
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )	1
MASSA PEÇA	( kg )	1
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	55,09
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	220
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	220
TEMPERATURA	( °C )	31,1
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	82,3
UMIDADE	( % )	49
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	20
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	1
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	5
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	5
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	6

		Operação				
		10	20	30	40	50
<b>BIELA</b> <b>(Quant. 02)</b>		CORTAR - OXICORTE MESSER	REBARBAR	USINAR-CENTRO USIN. VERT. VCN 510	JATEAR-JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03
	Unidades					
GRUPO DE MÁQUINA		GM003	GM056	GM081	GM112	GM245
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	0,500	2,000	11,000	0,000	0,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	5,585	0,985	8,000	0,320	0,896
POTÊNCIA	( kW )	8	2,2	33,8	260	40
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )			5,75		
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )			12,06		
MASSA PEÇA	( kg )			9,65		
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	100,00	23,99	36,92	150,00	200,00
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	300	300	175	300	300
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	150	440	150	150	150
TEMPERATURA	( °C )	33,7	31,6	32,2	33,2	33,2
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	98,5	104,1	90,6	89,4	89,4
UMIDADE	( % )	59	55	53	57	57
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	40	20	40	80	80
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	0	0	9	0	9
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	0	0	0	1	9
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	7	10	6	5	5
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	7	1	5	3	3



<b>CONJUNTO INSTALAÇÃO HIDRÁULICA (Quant. 01)</b>			Operação	10	<b>CORPO (Quant. 01)</b>			
Unidades					10	20	30	40
			MONTAR - INDUSTRIAL		ALMOX REUNIR COMPONENTES	JATEAR- JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03	USINAR CENTRO USIN.FH10800/HCN8 800
			GM064		GM066	GM112	GM245	GM019
GRUPO DE MÁQUINA			GM064		GM066	GM112	GM245	GM019
TEMPO PREPARAÇÃO	( s )	0,000			0,001	0,001	0,001	30,000
TEMPO MÁQUINA	( s )	0,000			0,001	0,986	2,580	270,000
POTÊNCIA	( kW )	0			0	260	40	62,1
CUSTO DA MATÉRIA PRIMA	( R\$/kg )	221,53			2.881,79			
MASSA MATÉRIA PRIMA	( kg )	1			1,00			
MASSA PEÇA	( kg )	1			1,00			
CUSTO DO CENTRO DE CUSTO	( R\$/h )	55,09			0,00	150,00	200,00	84,07
TAXA DE METABOLISMO: PREPARAÇÃO	( kCal/h )	220			175	300	300	175
TAXA DE METABOLISMO: EXECUÇÃO	( kCal/h )	220			125	150	150	150
TEMPERATURA	( °C )	31,1			29,7	33,2	33,2	31,7
NÍVEL DE RUÍDO	( dB )	82,3			77	89,4	89,4	81,8
UMIDADE	( % )	49			51	57	57	48
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	( h )	20			32	80	80	36
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	( 0,1,5,9 )	1			0	0	9	9
EMBALAGENS DESCARTÁVEIS	( 0,1,5,9 )	5			9	1	9	1
RISCO DE ACIDENTES	( 1-10 )	5			4	5	5	6
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	( 1-9 )	6			3	3	3	7

**APÊNDICE H – Índices individuais para os indicadores sustentáveis dos elementos da  
GHS**

Operação	Montagem										Unidades									
	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	50			
<b>PRELIMINARES SUPERIORES (Quant. 01)</b>																				
GRUPO DE MÁQUINA	GM044	GM052	GM112	GM245	GM066	GM035	GM081	GM006	GM056	GM066	GM035	GM081	GM112	GM081	GM112	GM245				
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 0,16	0,32	0,28	0,04	0,00	1,53	2,28	0,00	0,01	0,00	1,53	2,28	0,00	0,28	0,28	0,04				
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$ 4,44	5,92	0,60	0,83	0,00	13,34	16,00	3,05	1,20	0,00	13,34	16,00	3,05	0,60	0,60	0,78				
CUSTO DO MATERIAL	R\$ 0,00	0,00	0,00	0,00	93,18	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
CUSTO DA SUÇATA	R\$ 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh 0,60	1,20	1,04	0,17	0,00	5,67	8,45	0,02	0,04	0,00	5,67	8,45	0,02	1,04	1,04	0,16				
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	% 100,00	100,00	100,00	100,00	95,00	100,00	100,00	95,00	95,00	100,00	100,00	100,00	95,00	100,00	100,00	100,00				
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9) 1	1	0	9	0	9	9	9	0	0	9	9	9	0	0	9				
EMBALAGENS	(0,1,5,9) 0	0	1	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9				
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e 75,00	150,00	130,00	20,75	0,00	708,33	1056,25	1,93	4,58	0,00	708,33	1056,25	130,00	130,00	19,50	19,50				
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal 20,00	20,00	0,00	0,00	0,00	58,67	32,08	14,67	10,00	0,00	58,67	32,08	0,00	0,00	0,00	0,00				
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal 7,33	14,67	0,60	0,62	0,00	25,00	37,50	1,25	7,33	0,00	25,00	37,50	0,00	0,60	0,60	0,59				
NÍVEL DE RUÍDO	dB 74,20	74,20	73,40	73,40	61,00	72,00	74,60	75,30	88,10	61,00	72,00	74,60	73,40	73,40	73,40	73,40				
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h 30	30	80	80	32	40	40	10	20	32	40	40	80	80	80	80				
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9) 3	8	3	3	3	8	5	5	1	3	8	5	3	3	3	3				
TEMPERATURA	°C 31,80	31,80	33,20	33,20	29,70	32,30	32,20	32,50	31,60	29,70	32,30	32,20	33,20	33,20	33,20	33,20				
UMIDADE	% 58	58	57	57	51	59	53	59	55	51	59	53	57	57	57	57				
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10) 5	6	5	5	4	7	6	8	10	4	7	6	5	5	5	5				

	Operação				Operação		
		10	20			10	20
<b>VÁLVULA DE GIRO</b> <b>(Quant. 01)</b>				<b>REDUTOR</b> <b>(Quant. 01)</b>			
		MONTAR - CILINDROS	PINTAR NA FABRICA 1			MONTAR - CILINDROS	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03
	Unidades				Unidades		
GRUPO DE MÁQUINA		GM068	GM060			GM068	GM245
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,00	1,80		R\$	0,00	0,08
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	33,39	40,00		R\$	33,73	1,40
CUSTO DO MATERIAL	R\$	1356,32	0,00		R\$	1757,31	0,00
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,00	0,00		R\$	0,00	0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,00	6,67		kWh	0,00	0,28
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%	100,00			%	100,00	
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	5	9		(0,1,5,9)	5	9
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	5	5		(0,1,5,9)	5	9
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	0,00	833,33		gCo2e	0,00	35,00
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	5,00	10,00		kcal	5,33	0,00
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	50,00	23,33		kcal	50,33	1,05
NÍVEL DE RUÍDO	dB	91,00	72,80		dB	91,00	73,40
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	0	20		h	0	80
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	6	1		(1 - 9)	6	3
TEMPERATURA	°C	29,80	31,90		°C	29,80	33,20
UMIDADE	%	45	47		%	45	57
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	6	5		(1 - 10)	6	5

Operação 10			Operação 10		
<b>MOTOR (Quant. 01)</b>			<b>ROLAMENTO (Quant. 01)</b>		
Unidades			Unidades		
GRUPO DE MÁQUINA		GM064			GM136
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,00	R\$		10,13
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	0,00	R\$		98,09
CUSTO DO MATERIAL	R\$	772,25	R\$		2292,85
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,00	R\$		0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,00	kWh		37,50
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%	100,00	%		100,00
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	1	(0,1,5,9)		0
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	5	(0,1,5,9)		0
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	0,00	gCo2e		4687,50
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	0,00	kcal		20,00
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	0,00	kcal		262,50
NÍVEL DE RUÍDO	dB	66,30	dB		72,30
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	20	h		80
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	6	(1 - 9)		3
TEMPERATURA	°C	31,10	°C		31,90
UMIDADE	%	49	%		55
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	5	(1 - 10)		7

	Operação		
		10	20
<b>CILINDRO (Quant. 01)</b>			
		MONTAR - CILINDROS	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03
	Unidades		
GRUPO DE MÁQUINA		GM068	GM245
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,00	0,11
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	61,57	2,08
CUSTO DO MATERIAL	R\$	1223,18	0,00
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,00	0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,00	0,42
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%	100,00	
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	5	9
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	5	9
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	0,00	52,00
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	10,00	0,00
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	91,67	1,56
NÍVEL DE RUÍDO	dB	91,00	73,40
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	0	80
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	6	3
TEMPERATURA	°C	29,80	33,20
UMIDADE	%	45	57
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	6	5

	Operação	
		10
<b>LIMITADOR (Quant. 01)</b>		
		MONTAR - INDUSTRIAL
	Unidades	
		GM064
	R\$	0,00
	R\$	0,00
	R\$	14,72
	R\$	0,00
	kWh	0,00
	%	100,00
	(0,1,5,9)	1
	(0,1,5,9)	5
	gCo2e	0,00
	kcal	0,00
	kcal	0,00
	dB	66,30
	h	20
	(1 - 9)	6
	°C	31,10
	%	49
	(1 - 10)	5

Operação	10		20		10		20		10		20		10		20	
	COPTAR - SERRA DISCO CNC	USINAR - INTEGRERX J300	COPTAR - SERRA DISCO CNC	USINAR - INTEGRERX J300	COPTAR - SERRA DISCO CNC	USINAR - INTEGRERX J300	COPTAR - SERRA DISCO CNC	USINAR - INTEGRERX J300	COPTAR - SERRA DISCO CNC	USINAR - INTEGRERX J300	COPTAR - SERRA DISCO CNC	USINAR - INTEGRERX J300	COPTAR - SERRA DISCO CNC	USINAR - INTEGRERX J300	COPTAR - SERRA DISCO CNC	USINAR - INTEGRERX J300
<b>CONJUNTO EIXO E BUCHAS (Quant. 01)</b>																
	Eixo 35 x 235 (Quant. 04)															
	Eixo 35 x 275 (Quant. 04)															
	Eixo 35 x 310 (Quant. 04)															
	Eixo 12,5 x 235 (Quant. 04)															
	COPTAR - SERRA ANGULAR															
	REBARBAR E CHANFAR															
<b>Unidades</b>																
GRUPO DE MÁQUINA	GM007	GM124	GM007	GM124	GM007	GM124	GM007	GM124	GM007	GM124	GM007	GM124	GM007	GM124	GM006	GM056
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 0,03	0,58	0,03	0,58	0,03	0,58	0,03	0,58	0,03	0,58	0,03	0,58	0,03	0,00	0,00	0,03
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$ 0,95	25,92	0,95	25,92	0,95	25,92	0,95	25,92	0,95	25,92	0,95	25,92	0,00	0,00	3,05	2,00
CUSTO DO MATERIAL	R\$ 50,31	0,00	57,80	0,00	64,71	0,00	64,71	0,00	3,07	11,22	1,38	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
CUSTO DA SUCATA	R\$ 0,05	0,00	0,06	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh 0,10	2,16	0,10	2,16	0,10	2,16	0,10	2,16	0,00	0,00	0,02	0,11	0,00	0,00	0,00	0,11
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	% 95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	100,00	100,00	100,00	95,00	100,00	100,00	95,00	95,00
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9) 9	9	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0	9	0
EMBALAGENS	(0,1,5,9) 0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	0	0	9	9	0	0
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e 12,63	270,47	12,63	270,47	12,63	270,47	12,63	270,47	0,00	0,00	1,93	13,75	0,00	0,00	1,93	13,75
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal 3,67	58,67	3,67	58,67	3,67	58,67	3,67	58,67	0,00	0,00	14,67	10,00	0,00	0,00	14,67	10,00
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal 1,00	6,25	1,00	6,25	1,00	6,25	1,00	6,25	0,00	0,00	1,25	22,00	0,00	0,00	1,25	22,00
NÍVEL DE RUÍDO	dB 69,50	66,00	69,50	66,00	69,50	66,00	69,50	66,00	61,00	61,00	75,30	88,10	61,00	61,00	75,30	88,10
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h 10	20	10	20	10	20	10	20	32	32	10	20	32	32	10	20
NÍVEL DE INSTRUÇÃO (1 - 9)	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	5	1	3	3	5	1
TEMPERATURA	°C 32,50	31,20	32,50	31,20	32,50	31,20	32,50	31,20	29,70	29,70	32,50	31,60	29,70	29,70	32,50	31,60
UMIDADE	% 59	52	59	52	59	52	59	52	51	51	59	55	51	51	59	55
RISCO DE ACIDENTES (1 - 10)	7	5	7	5	7	5	7	5	4	4	8	10	4	4	8	10

Operação	10	20	30	40	50	60	70	10	10	10	20	10	20	10	20						
	PONTEAR - ACESSÓRIOS MT2	SOLDAR - ACESSÓRIOS MT2	ALIVIO DE TENSOES	ENDIREITAR - END. PEÇAS GRANDES	USINAGEM WOTAN	JATEAR-JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03	Barra de travamento RET (Quant. 02)	CORTAR - SERRA ANGULAR	Espaçador (Quant. 01)	CORTAR NA SERRA	Barra de travam. QUA (Quant. 04)	CORTAR - SERRA ANGULAR	Bucha (Quant. 06)	CORTAR - SERRA DISCO CNC	TORNAR - TORNO DISCO CNC	TORNAR - TORNO DISCO CNC	Bucha (Quant. 04)	CORTAR - SERRA DISCO CNC	TORNAR - TORNO CNC ROMI COSMOS	TORNAR - TORNO MAZAK SMART 200
Unidades	GM044	GM052	GM071	GM016	GM020	GM112	GM245	GM006	GM005	GM005	GM006	GM005	GM006	GM007	GM006	GM007	GM006	GM007	GM006	GM007	GM008
GRUPO DE MÁQUINA	R\$	14,58	28,35	42,53	0,79	66,42	2,93	0,45	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,02	0,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,80
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	136,15	261,95	15,47	5,28	211,24	6,25	8,33	3,05	3,34	2,95	2,95	2,95	0,85	14,12	0,85	14,12	0,85	14,12	0,85	16,03
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	24,05	0,11	0,00	0,00	1,52	0,00	0,58	0,00	0,58	0,00	0,00	0,00
CUSTO DO MATERIAL	R\$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	54,00	105,00	157,50	2,94	246,00	10,83	1,67	0,02	0,06	0,02	0,06	0,02	0,06	0,31	0,06	0,06	0,06	0,31	0,06	2,96
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%								95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	100,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00	95,00
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	1	1	0	0	9	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	0	0	0	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	6750,00	13125,00	19687,50	367,50	30750,00	1354,17	208,33	1,93	7,15	2,70	1,35	7,89	39,06	7,76	369,79	7,76	369,79	7,76	369,79	369,79
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	20,00	20,00	10,00	5,00	73,33	0,00	0,00	14,67	14,67	14,67	14,67	14,67	3,67	58,67	3,67	58,67	3,67	58,67	3,67	58,67
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	660,00	1283,33	225,00	44,00	450,00	6,25	6,25	1,25	2,32	0,88	0,88	0,88	0,63	6,25	0,62	6,25	0,62	6,25	0,62	12,50
NÍVEL DE RUÍDO	dB	74,20	74,20	72,80	78,20	69,70	73,40	73,40	75,30	75,30	75,30	75,30	75,30	69,50	66,70	69,50	66,70	69,50	66,70	69,50	66,70
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	30	30	20	30	120	80	80	10	10	10	10	10	10	32	10	32	10	32	10	32
NÍVEL DE INSTRUÇÃO (1-9)	(1-9)	3	8	1	1	7	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
TEMPERATURA	°C	31,80	31,80	31,90	31,50	31,10	33,20	33,20	32,50	32,50	32,50	32,50	32,50	32,50	32,80	32,50	32,80	32,50	32,80	32,50	32,80
UMIDADE	%	58	58	47	58	49	57	57	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
RISCO DE ACIDENTES (1-10)	(1-10)	5	6	5	8	6	5	5	8	8	8	8	8	7	6	7	6	7	6	7	6

**CONJUNTO BRAÇO  
MENOR  
(Quant. 01)**

Operação	10		20		30		40		50		10		20		30		40		50		10		20		30			
	CONJUNTO BRAÇO MENOR (Quant. 01)																											
Conjunto Olhal																												
Unidades																												
GRUPO DE MÁQUINA	GM131	GM148	GM066	GM019	GM008	GM075	GM012	GM003	GM104	GM017	GM038	GM010	GM003	GM104	GM010	GM003	GM104	GM016	GM003	GM104	GM010	GM003	GM104	GM016	GM003	GM104	GM016	
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,17	0,45	0,00	3,35	0,10	0,05	0,15	0,11	0,23	0,06	0,08	0,09	0,03	0,05	0,03	0,05	0,20	0,03	0,05	0,20	0,03	0,05	0,20	0,03	0,05	0,20	
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	11,28	5,15	0,00	23,82	2,97	1,72	11,92	5,83	1,21	1,42	17,42	8,37	2,37	0,77	2,37	0,77	1,62	2,37	0,77	1,62	2,37	0,77	1,62	2,37	0,77	1,62	
CUSTO DO MATERIAL	R\$	0,00	0,00	179,40	0,00	29,23	0,00	0,00	134,79	0,00	0,00	0,00	0,00	31,28	0,00	0,00	0,00	0,00	31,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	2,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,64	1,65	0,00	12,42	0,38	0,17	0,55	0,40	0,87	0,23	0,30	0,34	0,12	0,17	0,12	0,17	0,74	0,12	0,17	0,74	0,12	0,17	0,74	0,12	0,17	0,74	
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%			100,00		89,00			86,00					86,00					86,00									
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	5	5	0	9	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	80,40	206,25	0,00	1552,50	46,88	20,91	69,09	50,00	108,33	28,70	37,50	41,88	15,32	21,56	15,32	21,56	91,88	15,32	21,56	91,88	15,32	21,56	91,88	15,32	21,56	91,88	
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	50,00	20,00	0,00	14,58	14,67	7,33	44,00	2,50	5,95	5,00	18,33	44,00	2,50	5,95	2,50	5,95	5,00	2,50	5,95	5,00	2,50	5,95	5,00	2,50	5,95	5,00	
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	4,16	6,67	0,00	30,00	2,50	2,79	30,15	7,50	7,33	9,17	15,00	3,35	2,30	1,46	2,30	1,46	11,00	2,30	1,46	11,00	2,30	1,46	11,00	2,30	1,46	11,00	
NÍVEL DE RUÍDO	dB	68,00	88,10	61,00	65,80	109,00	70,50	89,50	82,50	86,50	78,20	70,50	64,00	82,50	86,50	82,50	86,50	78,20	82,50	86,50	78,20	82,50	86,50	78,20	82,50	86,50	78,20	
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	20	80	32	36	0	32	40	40	40	30	32	40	40	40	40	40	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	30
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	6	3	3	7	2	7	2	7	5	1	7	2	7	5	7	5	1	7	5	1	7	5	1	7	5	1	
TEMPERATURA	°C	30,60	31,60	29,70	31,70	29,90	32,90	32,40	33,70	33,00	31,50	32,90	32,40	33,70	33,00	33,70	33,00	31,50	33,70	33,00	31,50	33,70	33,00	31,50	33,70	33,00	31,50	
UMIDADE	%	41	55	51	48	38	43	47	59	48	58	43	47	59	48	59	48	58	59	48	58	59	48	58	59	48	58	
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	4	10	4	6	8	6	8	7	10	8	6	8	7	10	7	10	8	7	10	8	7	10	8	7	10	8	



Operação	10	20	30	40	50	60	70	10	10	10	20	30	40	50
	PONTEAR - ACESSÓRIOS MT2	SOLDAR - ACESSÓRIOS MT2	ALIVIO DE TENSOES	ENDREITAR - END. PEÇAS GRANDES	USINAR - CENTRO USINAGEM WOTAN	JATEAR- JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03	Barra de travam. QUA (Quant. 02)	CORTAR - SERRA ANGULAR	Barra de travam. (Quant. 04)	CORTAR - SERRA ANGULAR	Suporte (Quant. 01)	CORTAR - OXICORTE PLASMA MESSER REBARBAR - EMERILHADERA COSTA LEV	ENDREITAR - END. PEÇAS PEQUENAS FURAR - RADIAL DOBRA - DOBR. DURMA H1DR.400T DBI
<b>CONJUNTO BRAÇO MAIOR (Quant. 01)</b>														
Unidades														
GRUPO DE MÁQUINA	GM044	GM052	GM071	GM016	GM020	GM112	GM245	GM006	GM006	GM003	GM104	GM017	GM038	GM010
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 14,58	28,35	42,53	0,79	73,80	2,93	0,45	0,00	0,00	0,11	0,23	0,06	0,08	0,09
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$ 136,15	261,95	15,47	5,28	237,64	6,25	8,33	2,97	3,05	5,83	1,21	1,42	17,42	8,37
CUSTO DO MATERIAL	R\$ 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,10	135,15	0,00	0,00	0,00	0,00
CUSTO DA SUCA TA	R\$ 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,07	0,00	0,00	0,00	0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh 54,00	105,00	157,50	2,94	273,33	10,83	1,67	0,01	0,02	0,40	0,87	0,23	0,30	0,34
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%							95,00	95,00			86,00		
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9) 1	1	0	0	9	0	9	9	9	0	0	0	9	1
EMBALAGENS	(0,1,5,9) 0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e 6750,00	13125,00	19687,50	367,50	34166,67	1354,17	208,33	1,45	1,93	50,00	108,33	28,70	37,50	41,88
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal 20,00	20,00	10,00	5,00	91,67	0,00	0,00	14,67	14,67	2,50	5,95	5,00	18,33	44,00
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal 660,00	1283,33	225,00	44,00	500,00	6,25	6,25	0,94	1,25	7,50	7,33	9,17	15,00	3,35
NÍVEL DE RUIDO	dB 74,20	74,20	72,80	78,20	69,70	73,40	73,40	75,30	75,30	82,50	86,50	78,20	70,50	64,00
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h 30	30	20	30	120	80	80	10	10	40	40	30	32	40
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9) 3	8	1	1	7	3	3	5	5	7	5	1	7	2
TEMPERATURA	°C 31,80	31,80	31,90	31,50	31,10	33,20	33,20	32,50	32,50	33,70	33,00	31,50	32,90	32,40
UMIDADE	% 58	58	47	58	49	57	57	59	59	59	48	58	43	47
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10) 5	6	5	8	6	5	5	8	8	7	10	8	6	8

Operação	10			20			30			40			50			
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	
<b>CONJUNTO BRAÇO MAIOR (Quant. 01)</b>																
Unidades																
GRUPO DE MÁQUINA	GM008	GM075	GM231	GM003	GM104	GM231	GM012	GM003	GM104	GM016	GM003	GM104	GM016	GM003	GM104	
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,20	0,06	0,81	0,04	0,05	0,07	0,20	0,05	0,05	0,05	0,05	0,20	0,05	0,20	
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	2,57	1,90	12,17	2,48	0,77	3,05	13,24	3,13	0,77	1,62	0,77	1,62	0,77	1,62	
CUSTO DO MATERIAL	R\$	56,50	0,00	0,00	52,56	0,00	0,00	0,00	60,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,68	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,75	0,21	3,00	0,13	0,17	0,25	0,74	0,18	0,17	0,74	0,17	0,74	0,17	0,74	
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%	89,00														
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	93,75	26,83	375,00	16,43	21,56	31,71	92,13	22,95	21,56	91,88	21,56	91,88	21,56	91,88	
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	14,67	7,33	20,00	2,50	5,95	20,00	44,00	2,50	5,95	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	5,00	3,58	45,00	2,47	1,46	3,81	40,20	3,44	1,46	11,00	3,44	11,00	3,44	11,00	
NÍVEL DE RUIDO	dB	109,00	70,50	73,40	82,50	86,50	73,40	89,50	82,50	86,50	78,20	82,50	86,50	82,50	78,20	
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	0	32	80	40	40	80	40	40	40	30	40	40	40	30	
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	2	7	5	7	5	5	2	7	5	1	7	5	7	1	
TEMPERATURA	°C	29,90	32,90	33,20	33,70	33,00	33,20	32,40	33,70	33,00	31,50	33,70	33,00	33,70	31,50	
UMIDADE	%	38	43	57	59	48	57	47	59	48	58	59	48	59	58	
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	8	6	8	7	10	8	8	7	10	8	7	10	7	8	

BIELA (Quant. 02)	Operação	10	20	30	40	50
	Unidades	CORTAR - OXICORTE MESSER	REBARBAR	USINAR-CENTRO USIN. VERT. VCN 510	JATEAR-JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03
GRUPO DE MÁQUINA		GM003	GM056	GM081	GM112	GM245
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,20	0,01	1,22	0,37	0,16
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	10,14	1,19	11,69	0,80	2,99
CUSTO DO MATERIAL	R\$	69,30	0,00	0,00	0,00	0,00
CUSTO DA SUCATA	R\$	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,74	0,04	4,51	1,39	0,60
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%			80,00		
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	0	0	9	0	9
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	0	0	0	1	9
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	93,08	4,51	563,33	173,33	74,67
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	2,50	10,00	32,08	0,00	0,00
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	13,96	7,22	20,00	0,80	2,24
NÍVEL DE RÚIDO	dB	82,50	88,10	74,60	73,40	73,40
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	40	20	40	80	80
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	7	1	5	3	3
TEMPERATURA	°C	33,70	31,60	32,20	33,20	33,20
UMIDADE	%	59	55	53	57	57
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	7	10	6	5	5

ACESSÓRIOS DE IDENTIFICAÇÃO (Quant. 01)	Operação	10
	Unidades	MONTAR - INDUSTRIAL
		GM064
	R\$	0,00
	R\$	0,00
	R\$	1,54
	R\$	0,00
	kWh	0,00
	%	100,00
	(0,1,5,9)	1
	(0,1,5,9)	5
	gCo2e	0,00
	kcal	0,00
	kcal	0,00
	dB	66,30
	h	20
	(1 - 9)	6
	°C	31,10
	%	49
	(1 - 10)	5

Operação	Operação	10	20	30	40
<b>SUPORTE (Quant. 01)</b>		CORTAR - PLASMA MESSER	REBARBAR - ESMERILHADEIRA COSTA LE	FURAR - FURAD. COLUNA	DOBRAR - DOBR. CNC NEWTON 50T
	Unidades	GM003	GM104	GM037	GM012
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,02	0,07	0,08	0,02
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	1,70	0,82	14,25	8,37
CUSTO DO MATERIAL	R\$	9,33	0,00	0,00	0,00
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,23	0,00	0,00	0,00
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,07	0,26	0,30	0,06
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%		85,00		
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	0	0	9	1
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	0	0	0	0
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	8,63	32,28	37,50	7,68
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	2,50	5,95	11,00	44,00
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	1,30	2,19	15,00	3,35
NÍVEL DE RUÍDO	dB	82,50	86,50	70,50	89,50
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	40	40	32	40
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	7	5	7	2
TEMPERATURA	°C	33,70	33,00	32,90	32,40
UMIDADE	%	59	48	43	47
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	7	10	6	8

Operação	10
<b>CONCHA (Quant. 01)</b>	MONTAR - INDUSTRIAL
	Unidades
	GM064
	R\$ 0,00
	R\$ 0,00
	R\$ 168,99
	R\$ 0,00
	kWh 0,00
	% 100,00
	(0,1,5,9) 1
	(0,1,5,9) 5
	gCo2e 0,00
	kcal 0,00
	kcal 0,00
	dB 66,30
	h 20
	(1 - 9) 6
	°C 31,10
	% 49
	(1 - 10) 5

<b>CONJUNTO INSTALAÇÃO HIDRÁULICA (Quant. 01)</b>			Operação	10
	Unidades		MONTAR - INDUSTRIAL	
GRUPO DE MÁQUINA		GM064		
CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA	R\$	0,00		
CUSTO DO CENTRO DE TRABALHO	R\$	0,00		
CUSTO DO MATERIAL	R\$	221,53		
CUSTO DA SUCATA	R\$	0,00		
QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA	kWh	0,00		
EFICIÊNCIA NO USO DA MATÉRIA PRIMA	%	100,00		
PRODUTOS PERIGOSOS OU TÓXICOS	(0,1,5,9)	1		
EMBALAGENS	(0,1,5,9)	5		
QUANTIDADE DE CO2	gCo2e	0,00		
CALORIAS PREPARAÇÃO	kcal	0,00		
CALORIAS EXECUÇÃO	kcal	0,00		
NÍVEL DE RUÍDO	dB	66,30		
HORAS DE QUALIFICAÇÃO	h	20		
NÍVEL DE INSTRUÇÃO	(1 - 9)	6		
TEMPERATURA	°C	31,10		
UMIDADE	%	49		
RISCO DE ACIDENTES	(1 - 10)	5		

<b>CORPO (Quant. 01)</b>					
Operação	Operação	10	20	30	40
	Unidades	ALMOX REUNIR COMPONENTES	JATEAR-JATO AUTOM. DE GRANALHA 03	PINTAR - LINHA DE PINTURA 03	USINAR CENTRO USIN.FH10800/HCN8 800
		GM066	GM112	GM245	GM019
	R\$	0,00	1,15	0,46	75,45
	R\$	0,00	2,47	8,60	420,34
	R\$	2881,79	0,00	0,00	0,00
	R\$	0,00	0,00	0,00	0,00
	kWh	0,00	4,27	1,72	279,45
	%		100,00		
	(0,1,5,9)	0	0	9	9
	(0,1,5,9)	9	1	9	1
	gCo2e	0,00	534,08	215,00	34931,25
	kcal	0,00	0,01	0,01	87,50
	kcal	0,00	2,47	6,45	675,00
	dB	61,00	73,40	73,40	65,80
	h	32	80	80	36
	(1 - 9)	3	3	3	7
	°C	29,70	33,20	33,20	31,70
	%	51	57	57	48
	(1 - 10)	4	5	5	6