

Diego Fracasso Menezes dos Santos

**DESENVOLVIMENTO DE UM ALIMENTADOR  
AUTOMÁTICO PARA EVISCERADORA DE PESCADO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Jonny Carlos da Silva,  
Dr. Eng.

Florianópolis  
2018

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

Santos, Diego

Desenvolvimento de um alimentador automático para  
evisceradora de pescado / Diego Santos; orientador, Jonny  
Carlos da Silva, 2018. 201 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2018.

Inclui referências

1. Engenharia Mecânica. 2. Indústria alimentícia. 3.  
Desenvolvimento de produtos. 4. Projeto de máquinas. 5.  
Alimentador automático. I. Silva, Jonny Carlos da. II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Mecânica. III. Título.

Diego Fracasso Menezes dos Santos

**DESENVOLVIMENTO DE UM ALIMENTADOR  
AUTOMÁTICO PARA EVISCERADORA DE PESCADO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia Mecânica”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Florianópolis, 09 de novembro de 2018.

---

Prof. Jonny Carlos da Silva, Dr. Eng.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Jonny Carlos da Silva, Dr. Eng. – Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Acires Dias, Dr. Eng.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Rodrigo de Souza Vieira, Dr. Eng.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Henrique Simas, Dr. Eng.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais,  
minha amada esposa Anielle e à minha princesa  
Isadora, minha filha, razão do meu viver.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Sirlei e Nilton e meu irmão Nicolas, que sempre me apoiaram na minha jornada como estudante e sempre me ampararam para que eu pudesse correr atrás dos meus sonhos.

À minha esposa Anielle por seu amor, paciência, apoio e compreensão durante o desenvolvimento deste trabalho.

À minha filha Isadora pelo carinho, inspiração, alegrias e motivação para vencer os obstáculos e desafios cotidianos.

À Universidade Federal de Santa Catarina pela oportunidade de estudo, pesquisa e desenvolvimento acadêmico.

Aos professores do POSMEC pelo conhecimento transmitido, pelo compromisso e dedicação com os alunos.

Ao Professor Jonny Carlos da Silva pela orientação neste trabalho, pela paciência e pela confiança que depositou em mim.

À GDC Alimentos por fornecer a infraestrutura para desenvolvimento do protótipo e dos testes realizados neste trabalho.

Aos companheiros do setor de Engenharia da GDC Alimentos Manolo e Juan, cujo apoio foi fundamental na construção e na etapa de testes do protótipo.

A maioria dos produtos não fracassa por causa da execução insatisfatória, mas sim porque a empresa está desenvolvendo algo que ninguém quer.  
(Eric Ries, 2011)

## RESUMO

O parque industrial pesqueiro brasileiro produziu em 2011 por volta de 553 mil toneladas de pescado provindo da pesca extrativa marinha, sendo Santa Catarina, protagonista no segmento de conservas de peixes pelágicos de pequeno porte. Devido ao grande número de espécies existentes entre os peixes (cerca de 22.000 somente entre os ósseos), neste trabalho buscou-se dar ênfase à subordem dos Clupeoides, que possuem duas famílias importantes: a Clupeidae (clupeídeos), e a Engraulididae (engraulidos). A família Clupeidae inclui os representantes mais importantes para a pesca e a indústria alimentícia tanto no Brasil, como no resto do mundo. No Brasil, o processo de beneficiamento destes peixes para produção de conservas consome uma elevada quantidade de mão de obra direta para alimentação de máquinas de corte e evisceração. Por tratar-se de um processo extremamente repetitivo, a alimentação manual destas máquinas pode resultar em doenças do trabalho e acidentes, devido à concentração de energia dos sistemas técnicos. Neste sentido buscou-se desenvolver, a partir de métodos estruturados, o projeto de um alimentador automático para evisceradora de pescado, tendo como principais saídas, o leiaute final do produto e um protótipo básico contemplando as principais subfunções do produto. O protótipo foi testado em duas espécies de peixes, sendo um representante da família Clupeidae e um representante da família Engraulididae. Os princípios de solução utilizados para orientação de cabeças e enfileiramento dos peixes, bem como os parâmetros estabelecidos, foram validados através dos testes e atenderam as especificações de projeto. No término do trabalho, concluiu-se que os objetivos delineados foram alcançados e que os conceitos aplicados atendem à necessidade de automatizar o processo de alimentação de máquinas para processamento de alimentos, preservando assim, a segurança e a saúde dos trabalhadores desta indústria.

### **Palavras-chave:**

1. Alimentador automático 2. Indústria alimentícia 3. Desenvolvimento de produtos 4. Projeto de máquinas

## ABSTRACT

In 2011, the Brazilian fishing industry produced around 553 thousand tons of fish coming from the marine extractive fishery, with Santa Catarina being the protagonist in the segment of small pelagic fish canning. Due to the great number of species among the fish (about 22,000 only between the bones), this work has sought to emphasize the suborder Clupeoidei, which have two important families: Clupeidae and Engraulididae. The Clupeidae family includes the most important representatives for fishing and the food industry both in Brazil and in the rest of the world. In Brazil, the canning process of these fish produces a high amount of direct labor for the feeding of cutting and gutting machines. Due to the extremely repetitive process, manual feeding of these machines can result in work-related illnesses and accidents caused by the concentration of energy in the engineering systems. In this respect, one tried to develop, using a systematic approach, the design of an automatic feeder applied to a fish-gutting machine, having as main results the embodiment design and a basic prototype having the main subfunctions of the product. The prototype was tested in two species of fish, one representative of the Clupeidae family and one representative of the Engraulididae family. The solution principles used for head orientation and fish queuing as well as the established parameters were validated through the tests and met the design specifications. At the end of this work, one concluded that the objectives have been met and that the applied concepts meet the need to automate the process of feeding machines for food processing, thus preserving the safety and health of workers in this industry.

### **Keywords:**

1. Automatic feeder 2. Food industry 3. Product development 4. Machine design

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Volume de desembarques de sardinha-verdadeira 2007-2011 (Brasil x SC).....	24
Figura 1.2 – Comportamento dos valores (dólar) e dos volumes (kg) anuais de importação da sardinha congelada pelo Brasil de 1996 a 2009 .....	25
Figura 1.3 – Quantidade (t) de sardinha congelada importada pelo Brasil, por país de origem e total, no período de 2000 a 2009.....	26
Figura 1.4 – Modelo PRODIP.....	29
Figura 2.1 – Dimensões de proporção dos Clupeoides .....	32
Figura 2.2 – Principais áreas de pesca.....	33
Figura 2.3 – Área de pesca 41 .....	34
Figura 2.4 – Processo produtivo de conservas de sardinha .....	37
Figura 2.5 – Sistema de pressão e vácuo para transporte de pescado....	38
Figura 2.6 – Desembarque por correias transportadoras .....	39
Figura 2.7 – Mesa de enlatamento de sardinhas.....	42
Figura 2.8 – Recravação de uma lata com costura dupla .....	43
Figura 2.9 – Autoclave horizontal.....	44
Figura 2.10 – Alimentador multicabeçote.....	47
Figura 2.11 – Alimentador automático para pelágicos.....	49
Figura 2.12 – Princípio de orientação de cabeças por atrito.....	49
Figura 2.13 – Dispositivo orientador de cabeça .....	50
Figura 2.14 – Dispositivo para alimentação de peixes um a um, com a cabeça primeiro .....	51
Figura 2.15 – Aparelho para transporte e alinhamento de peixes .....	52
Figura 2.16 – Aparelho para rotação de peixes em relação a posição do abdômen e dorso .....	52
Figura 2.17 – Aparelho para transferência de objetos de um primeiro para um segundo transportador .....	53
Figura 2.18 – Dispositivo para alimentar peixes em compartimentos de um transportador de evisceradora de peixes.....	54
Figura 3.1 – Classificação de tipos de projeto.....	56
Figura 3.2 – Espiral do desenvolvimento .....	57
Figura 3.3 – QFD (matriz de relacionamentos em evidência).....	66
Figura 4.1 – Função global do sistema técnico .....	73
Figura 4.2 – Estrutura funcional do sistema técnico “organizar e alimentar peixes em uma máquina evisceradora” .....	75
Figura 4.3 – Modelo simplificado da Concepção 01.....	82
Figura 4.4 – Modelo simplificado da Concepção 03.....	83
Figura 4.5 – Modelo simplificado da Concepção 04.....	84

Figura 4.6 – Comparação dos perfis da função de utilidade das Concepções 01 e 03 .....	91
Figura 5.1 – Elevador com tremonha.....	96
Figura 5.2 – Talisca curva.....	97
Figura 5.3 – Área de transporte por talisca .....	98
Figura 5.4 – Vista em perspectiva do elevador com tremonha .....	99
Figura 5.5 – Vista explodida do elevador com tremonha .....	100
Figura 5.6 – Vista superior do elevador com tremonha .....	100
Figura 5.7 – Diagrama do deslocamento de peixes no orientador de cabeças (vista superior).....	101
Figura 5.8 – Mecanismos de linha reta: (a) mecanismo de Watt, (b) mecanismo de Roberts, (c) mecanismo de Chebychev, (d) inversor de Peaucellier.....	102
Figura 5.9 – Mecanismos de movimento recíproco: (a) mecanismo biela-manivela, (b) mecanismo scotch yoke, (c) mecanismo de plaina limadora, (d) mecanismo Withworth de retorno rápido .....	103
Figura 5.10 – Da esquerda para a direita, gráficos comparativos de posição, velocidade e aceleração de um mecanismo scotch yoke (B) e um mecanismo de biela/manivela (A).....	104
Figura 5.11 – Esboço esquemático do sistema de oscilação .....	105
Figura 5.12 – Sistema de transmissão do orientador de cabeças.....	107
Figura 5.13 – Vista em perspectiva do orientador de cabeças .....	109
Figura 5.14 – Vista explodida do orientador de cabeças.....	109
Figura 5.15 – Corte longitudinal do orientador de cabeças em perspectiva .....	110
Figura 5.16 – Detalhe do carro (mecanismo de oscilação) .....	110
Figura 5.17 – Concepção selecionada para o enfileirador de peixes...	111
Figura 5.18 – Soluções para o dispositivo espaçador.....	112
Figura 5.19 – Esboço esquemático do conjunto enfileirador .....	113
Figura 5.20 – Desenho esquemático - Esteira 01 do enfileirador .....	113
Figura 5.21 – Desenho esquemático - tubo helicoidal do enfileirador em perspectiva (esquerda) e em vista frontal (direita).....	114
Figura 5.22 – Ensaio em um plano inclinado para obtenção dos coeficientes de atrito .....	116
Figura 5.23 – Comportamento da velocidade linear de dois peixes no tubo helicoidal.....	117
Figura 5.24 – Distância do ponto de partida de dois peixes até a saída do tubo helicoidal.....	117
Figura 5.25 – Detalhe do ponto de início da segunda hélice no tubo helicoidal.....	118
Figura 5.26 – Conjunto Esteira 02 (esquerda) e Esteira 03 (direita)...	119

Figura 5.27 – Vista em perspectiva do enfileirador .....	120
Figura 5.28 – Vistas superior e frontal do enfileirador, respectivamente .....	121
Figura 5.29 – Esteiras 01 - detalhe .....	122
Figura 5.30 – Esteiras 02 e 03 – detalhe.....	122
Figura 5.31 – Modelo simplificado do dispositivo de rotação de peixes .....	123
Figura 5.32 – Cortes transversais do processo de orientação de dorso	123
Figura 5.33 – Vista superior do orientador de dorsos .....	124
Figura 5.34 – Vista da entrada do orientador de dorsos – 4 canais .....	125
Figura 5.35 – Chapa de desvio do orientador de dorsos.....	125
Figura 5.36 – Motores lineares aplicados em sistemas de transporte..	126
Figura 5.37 – Esquema de funcionamento de um LSM heteropolar ...	127
Figura 5.38 – Corte parcial: estator LMS heteropolar e transportador	128
Figura 5.39 – Componentes utilizados no sincronizador: (a) módulo motor reto; (b) módulo motor clotóide; (c) transportador; (d) trilhos guia. ....	129
Figura 5.40 – Sistema LMS, XTS Hygienic .....	130
Figura 5.41 – Leiaute do sincronizador.....	130
Figura 5.42 – Vista superior do alimentador automático .....	132
Figura 5.43 – Vista em perspectiva do alimentador automático .....	133
Figura 5.44 – Vista lateral do alimentador automático .....	133
Figura 6.1 – Montagem geral do protótipo (orientador de cabeças e enfileirador).....	136
Figura 6.2 – Aspecto final do protótipo do alimentador automático...	137
Figura 6.3 – Protótipo evidenciando orientador de cabeças e primeiro transportador enfileirador .....	138
Figura 6.4 – Conjunto oscilador (à esquerda, após a construção e à direita no modelo tridimensional) .....	139
Figura 6.5 – Conjunto oscilador linear e excêntrico do orientador de cabeças .....	139
Figura 6.6 – Sardinha verdadeira (esquerda) e Boca torta (direita).....	140
Figura 6.7 – Calibração de dimensão física do orientador de cabeças no Software Kinovea.....	142
Figura 6.8 – Trajetória de uma sardinha no orientador de cabeças .....	142
Figura 6.9 – Trajetória de uma boca torta no orientador de cabeças...	143
Figura 6.10 – Posição da sardinha e boca torta no orientador de cabeças ao longo do tempo .....	145
Figura 6.11 – Velocidade da sardinha e boca torta no orientador de cabeças ao longo do tempo.....	146

Figura 6.12 – Calibração de dimensão física do enfileirador no Software Kinovea .....	147
Figura 6.13 – Formação da trajetória do indivíduo 1 (magenta) e do indivíduo 2 (verde), ambos da espécie Boca torta .....	148
Figura 6.14 - Posição dos indivíduos 1 e 2 no enfileirador ao longo do tempo .....	150
Figura 6.15 – Bico aspersor instalado na entrada do tubo helicoidal..	151

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Espécies de clupeídeos analisadas.....	35
Quadro 2.2 – Espécies de engraulidos analisadas .....	36
Quadro 3.1 – Fases do ciclo de vida X clientes do projeto .....	58
Quadro 3.2 – Equipe envolvida no projeto informacional .....	60
Quadro 3.3 – Necessidades de usuários .....	61
Quadro 3.4 – Escala de conversão do nível de importância dos requisitos .....	62
Quadro 3.5 – Requisitos de usuários .....	63
Quadro 3.6 – Requisitos de projeto do alimentador automático .....	64
Quadro 3.7 – Relacionamento entre requisitos (QFD).....	66
Quadro 3.8 – Lista de especificações de projeto .....	69
Quadro 4.1 – Matriz morfológica da função global “organizar e alimentar peixes em uma máquina evisceradora” .....	78
Quadro 4.2 – Concepções geradas a partir dos princípios de solução... 79	
Quadro 4.3 – Matriz de Pugh para triagem de concepções .....	81
Quadro 4.4 – Matriz de avaliação dos pesos dos critérios específicos.. 86	
Quadro 4.5 – Priorização dos critérios específicos .....	87
Quadro 4.6 – Determinação dos valores da função utilidade das concepções do produto .....	89
Quadro 5.1 – Padronização de materiais utilizados para fabricação .... 94	
Quadro 5.2 – Resumo das grandezas envolvidas no acionamento do orientador de cabeças .....	108
Quadro 5.3 - Propriedades de contatos entre os corpos na simulação de movimento no tubo helicoidal.....	117
Quadro 5.4 – Parâmetros de simulação baseada em eventos do sincronizador .....	131

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Percentual de importação e desembarques de pesca local de sardinha-verdadeira no Brasil entre 1996 e 2011 .....	27
Tabela 2.1 – Quadro comparativos de latas utilizadas para acondicionamento de sardinhas.....	42
Tabela 2.2 – Comparativo dos alimentadores automáticos pesquisados.....	48
Tabela 3.1 – Requisitos de projeto .....	67
Tabela 6.1 – Dados de posição e velocidade no tempo - sardinha e boca torta	144
Tabela 6.2 – Dados de posição relativa e vetor posição dos indivíduos 1 e 2 em função do tempo .....	149

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i> (Sociedade Americana para Testes e Materiais)
AISI	<i>American Iron and Steel Institute</i> (Instituto Americano do Ferro e do Aço)
CAD	<i>Computed Aided Design</i> (Desenho assistido por computador)
CLP	Controlador Lógico Programável
CTTMAR	Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i> (Instituto Alemão de Normalização)
DFA	<i>Design for assembly</i> (Projeto para montagem)
DFM	<i>Design for manufacturing</i> (Projeto para manufaturabilidade)
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i> (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura)
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IP69K	Índice de proteção contra entrada de sujeira e contra infiltração de água à alta pressão
LSM	<i>Linear Synchronous Motor</i> (Motor Linear Síncrono)
MPA	Ministério da Pesca e Aquicultura
NeDIP	Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos
NR-12	Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos
NR-36	Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados
PIB	Produto Interno Bruto
POM	Polioximetileno

PRODIP	Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos
PTFE	Politetrafluoretileno
PVC	Policloreto de Vinila
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> (Desdobramento da Função Qualidade)
RIISPOA	Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal
RGP	Registro Geral da Atividade Pesqueira
SIF	Serviço de Inspeção Federal
SINPESQ	Sistema Nacional de Informações da Pesca e Aquicultura
TRIZ	<i>Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch</i> (Teoria da Solução Inventiva de Problemas)
UHMW	<i>Ultra-High Molecular Weight</i> (Polietileno de ultra alto peso molecular)
UNIVALI	Universidade do Vale do Itajaí

## LISTA DE SÍMBOLOS

### Alfabeto latino:

F	[N]	Força total de tração
g	[m/s <sup>2</sup> ]	Aceleração da gravidade
Mt	[Nm]	Momento torsor
n	[RPM]	Frequência rotacional
P	[kW]	Potência
r	[m]	Raio da manivela
SL	[cm]	Comprimento padrão
t	[s]	Tempo
t'	[s]	Tempo para uma rotação de 180°
T <sub>máx</sub>	[Nm]	Torque máximo do mecanismo scotch yoke
u <sub>ij</sub>	-	Valor atribuído ao critério específico <i>i</i> da concepção alternativa <i>j</i>
U <sub>j</sub>	-	Valor da função Utilidade
W	[N]	Força de peso transportada

### Alfabeto grego:

η	-	Rendimento
v	[m/s]	Velocidade da esteira
ω	[rad/s]	Velocidade angular
ω <sub>i</sub>	-	Peso da importância do critério específico

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>23</b>
1.1.	GENERALIDADES .....	23
1.2.	PANORAMA DA INDÚSTRIA PESQUEIRA NACIONAL .....	23
1.3.	OBJETIVOS .....	28
1.4.	METODOLOGIA .....	28
1.5.	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	29
<b>2.</b>	<b>ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>31</b>
2.1.	INTRODUÇÃO .....	31
2.2.	BIOLOGIA DOS PEIXES CLUPEOIDES .....	31
2.3.	PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE PEIXES CLUPEOIDES .....	36
2.3.1.	Recepção de Pescados .....	37
2.3.2.	Corte e Evisceração .....	40
2.3.3.	Lavagem.....	41
2.3.4.	Salmouração .....	41
2.3.5.	Enlatamento .....	41
2.3.6.	Pré-cozimento.....	42
2.3.7.	Adição de líquido de cobertura.....	43
2.3.8.	Recravação .....	43
2.3.9.	Esterilização .....	44
2.3.10.	Embalagem .....	45
2.4.	ALIMENTADORES AUTOMÁTICOS PARA INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS .....	46
<b>3.</b>	<b>PROJETO INFORMACIONAL DE ALIMENTADOR PARA UMA EVISCERADORA DE PEIXES.....</b>	<b>55</b>
3.1.	ANÁLISE DO PROBLEMA DO PROJETO .....	55
3.2.	CICLO DE VIDA E CLIENTES DO PRODUTO .....	57
3.3.	DEFINIÇÃO DOS ATRIBUTOS DO PRODUTO .....	59

3.4.	NECESSIDADES E REQUISITOS DOS USUÁRIOS.....	59
3.5.	REQUISITOS DE PROJETO.....	63
3.6.	PRIORIZAÇÃO DE REQUISITOS DE PROJETO.....	65
3.7.	ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO.....	68
<b>4.</b>	<b>PROJETO CONCEITUAL DE ALIMENTADOR PARA UMA EVISCERADORA DE PEIXES.....</b>	<b>72</b>
4.1.	ESTRUTURA FUNCIONAL DO PRODUTO.....	72
4.2.	GERAÇÃO DE CONCEPÇÕES DO PRODUTO.....	77
4.3.	TRIAGEM DE CONCEPÇÕES.....	80
4.4.	ANÁLISE DAS MELHORES CONCEPÇÕES.....	81
4.4.1.	Concepção 01.....	81
4.4.2.	Concepção 03.....	83
4.4.3.	Concepção 04.....	84
4.4.4.	Escolha da concepção definitiva.....	85
<b>5.</b>	<b>PROJETO PRELIMINAR DE ALIMENTADOR PARA UMA EVISCERADORA DE PEIXES.....</b>	<b>93</b>
5.1.	PADRONIZAÇÃO DE MATERIAIS, PROCESSOS E ACABAMENTOS.....	93
5.2.	DESENVOLVIMENTO.....	95
5.2.1.	Elevador com tremonha de armazenamento.....	96
5.2.2.	Dimensionamento de parâmetros básicos do elevador....	97
5.2.3.	Modelo do elevador com tremonha.....	99
5.2.4.	Orientador de cabeças.....	101
5.2.5.	Dimensionamento de parâmetros básicos do orientador	104
5.2.6.	Enfileirador.....	111
5.2.7.	Orientador de dorso.....	123
5.2.8.	Sincronizador.....	126
5.3.	COMENTÁRIOS SOBRE O LEIAUTE FINAL.....	132
<b>6.</b>	<b>PROTÓTIPO - ORIENTADOR DE CABEÇAS E ENFILEIRADOR.....</b>	<b>135</b>
6.1.	PROJETO MECÂNICO DO PROTÓTIPO.....	135

6.2.	CUSTOS COM MATERIAIS E FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO .....	136
6.3.	APARÊNCIA DO PROTÓTIPO.....	137
6.4.	TESTES DO PROTÓTIPO .....	140
<b>6.4.1.</b>	<b>Metodologia e execução dos testes com o protótipo .....</b>	<b>140</b>
<b>6.4.2.</b>	<b>Análise dos resultados dos testes com o protótipo .....</b>	<b>141</b>
6.5.	CONSIDERAÇÕES ACERCA DO PROTÓTIPO.....	151
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>153</b>
7.1.	ANÁLISE DE RESULTADOS E CONTRIBUIÇÕES .....	154
7.2.	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .	155
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>157</b>
	<b>APÊNDICE A – Obtenção dos requisitos de projeto.....</b>	<b>167</b>
	<b>APÊNDICE B – Priorização dos requisitos de projeto.....</b>	<b>169</b>
	<b>APÊNDICE C – Concepções alternativas.....</b>	<b>171</b>
	<b>APÊNDICE D – Listas de materiais.....</b>	<b>177</b>
	<b>APÊNDICE E – Relação de custos com a fabricação do protótipo .....</b>	<b>181</b>
	<b>APÊNDICE F – Desenhos executivos do protótipo.....</b>	<b>182</b>





## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. GENERALIDADES

De acordo com pesquisa bibliográfica realizada, o parque industrial pesqueiro brasileiro produziu em 2011, por volta de 553 mil toneladas de pescado provindo da pesca extrativa marinha, sendo Santa Catarina, protagonista no segmento de conservas de peixes pelágicos de pequeno porte, como a sardinha (Dias Neto, 2011).

Neste trabalho, devido ao grande número de espécies existentes entre os peixes (cerca de 22.000 somente entre os ósseos), decidiu-se dar ênfase à subordem dos Clupeoides, que possuem duas famílias importantes: a Clupeidae (clupeídeos), e a Engraulididae (engraulidos). A família Clupeidae inclui os representantes mais importantes para a pesca e a indústria alimentícia tanto no Brasil, como no resto do mundo.

Em uma pesquisa de campo realizada em uma indústria de conserva de pescados, constatou-se a necessidade de um grande número de pessoas envolvidas na alimentação manual de peixes em máquinas de corte e evisceração. Os dados obtidos demonstram a produção na ordem de 45 peças por minuto por operador.

Por tratar-se de um processo repetitivo, principalmente quando em uma jornada de trabalho de oito horas diárias, o processo de alimentação manual pode gerar sobrecarga musculoesquelética e resultar em doenças do trabalho (Colombini et al., 2014). As máquinas de evisceração de pescado ainda apresentam relativa periculosidade devido à concentração de energia dos sistemas técnicos, podendo comprometer a integridade física do trabalhador.

Neste sentido, esta pesquisa objetiva o desenvolvimento de um produto que possibilite a alimentação automática de máquinas de corte utilizadas em indústrias alimentícias, pode contribuir para eliminar problemas de saúde do trabalhador por esforço repetitivo e mitigar riscos físicos.

Propõe-se neste trabalho que o desenvolvimento do alimentador automático seja realizado com foco no abastecimento de máquinas de evisceração de pescado, podendo o projeto conceitual ser aplicado a outros alimentos, como frutas e vegetais.

### 1.2. PANORAMA DA INDÚSTRIA PESQUEIRA NACIONAL

De acordo com dados da *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2010), em 2010 as atividades pesqueiras no Brasil, representavam

apenas 0,5% do PIB. Ainda assim, cerca de 3,5 milhões de pessoas estão direta ou indiretamente envolvidas com a atividade de pesca ou aquicultura. Conforme dados do Registro Geral da Atividade Pesqueira – RGP, de 2015 (SINPESQ, 2015), existem atualmente no Brasil, mais de 1.050.000 pescadores profissionais em atividade, e cerca de 36.500 deles atuam no estado de Santa Catarina.

O parque industrial pesqueiro do Brasil é formado por 300 empresas (FAO 2010), sendo que as produções industriais do Norte e Nordeste são predominantemente destinadas à exportação, enquanto as produções das regiões Sul e Sudeste são predominantemente destinadas ao mercado interno (Dias-Neto, 2011).

Segundo o último boletim estatístico gerado pelo Grupo de Estudos Pesqueiros – GEP, publicado em 2012, a sardinha-verdadeira representava o maior volume de pescado desembarcado no estado de Santa Catarina, cerca de 51.888 t (UNIVALI/CTTMar, 2013), representando uma média 35,7% entre 2007 e 2011 do total anual do Brasil (Figura 1.1), sendo o porto de Itajaí um dos principais portos de desembarque considerando as regiões sudeste e sul.

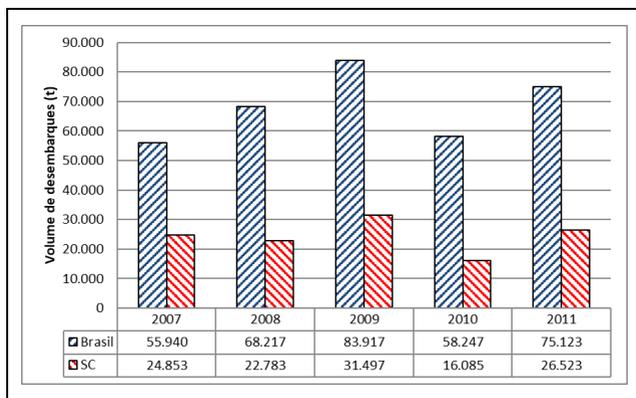


Figura 1.1 – Volume de desembarques de sardinha-verdadeira 2007-2011 (Brasil x SC)

Fonte: Adaptado de UNIVALI-CTTMAR

A região de Itajaí possui ampla infraestrutura para a pesca, possuindo estaleiros especializados em embarcações de pesca, além das maiores empresas de conserva de pescado do país, como a GDC Alimentos S/A com as marcas Gomes da Costa e 88, empresa que forneceu infraestrutura para a realização de testes com o protótipo desenvolvido, a partir deste ponto referida como empresa alvo.

Adicionando a empresa Camil Alimentos S/A, com as marcas Coqueiro e Pescador, estes dois grupos representam 98% do faturamento em conservas de pescado do Brasil (Cardoso, 2006).

O estado de Santa Catarina possui também a maior capacidade frigorífica instalada do país, podendo congelar 1000 t/dia de peixe, armazenar 25.000 t de pescado em suas câmaras frigoríficas, produzir 1.500 t de gelo/dia e conta com 500 caminhões térmicos frigoríficos (Costa et al., 1998).

Após a década de 1990, a economia do Brasil sofreu grandes alterações estruturais que permitiram às redes de supermercados a comercialização de diversos produtos, entre eles, o peixe industrializado em conserva (Dias-Neto, 2011). Em consequência do crescimento da economia e principalmente da sobrepesca, as indústrias tiveram que buscar alternativas para atenderem suas demandas de mercado. A solução encontrada foi o início da importação de peixes congelados de outros países produtores.

A queda nas capturas na década de 90 levou a um decréscimo da mão de obra empregada no setor de conservas de peixes Clupeoídes, refletindo também no número de indústrias do ramo, que passaram a ser de apenas 7 (IBAMA, 2008), um decréscimo de 65% em relação à quantidade de empresas ativas na década de 80.

A Figura 1.2 apresenta o comportamento dos valores e dos volumes anuais de importação de sardinha congelada para atender a demanda complementar do parque industrial de conserva no período de 1996 a 2011.

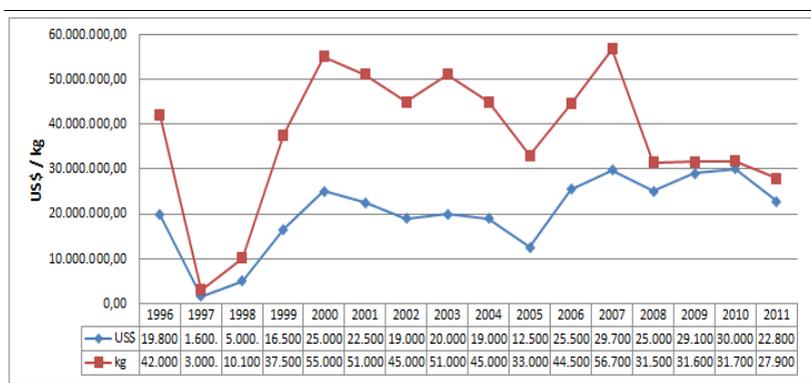


Figura 1.2 – Comportamento dos valores (dólar) e dos volumes (kg) anuais de importação da sardinha congelada pelo Brasil de 1996 a 2009

Fonte: Adaptado de Dias-Neto (2011) e MPA (2011)

Até o ano de 2009, os principais países exportadores do produto para o Brasil eram Venezuela, Mauritània, Rússia e Marrocos, sendo o último o maior exportador dos últimos anos, chegando a mais de 35 t no ano de 2006 (Dias-Neto, 2011), vide Figura 1.3.

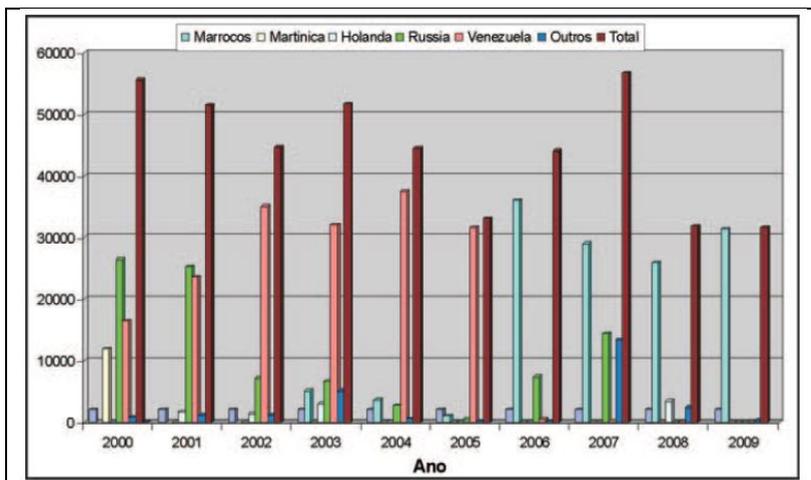


Figura 1.3 – Quantidade (t) de sardinha congelada importada pelo Brasil, por país de origem e total, no período de 2000 a 2009

Fonte: Dias-Neto (2011)

Pode-se observar de acordo com os dados da Tabela 1.1 a evidência da instabilidade no volume de desembarques da sardinha-verdadeira no Brasil e o decréscimo do estoque principalmente entre os anos de 1999 e 2003. Tal fato resultou na necessidade da importação de grandes volumes do pescado para atendimento da demanda da indústria conserveira.

Segundo Cergole (2005), o decréscimo no estoque e consequente queda na captura da sardinha-verdadeira, ocorrem de maneira cíclica, em que a cada dez anos ocorre um período com altos índices de abundância/captura e um com baixos índices de abundância/captura.

De acordo com Paes (2007), a maior parcela das variações nos estoques de peixes pelágicos pode ser explicada por variações na temperatura da superfície do mar. Um estudo realizado por Matsuura (1998) correlaciona anomalias oceanográficas com falhas no recrutamento do estoque, o que pode ocasionar a morte prematura dos peixes.

Tabela 1.1 - Percentual de importação e desembarques de pesca local de sardinha-verdadeira no Brasil entre 1996 e 2011

Anos	Desembarque (%)	Importação (%)	Total
1991	49,87	50,13	132.575
1992	68,85	31,15	95.660
1993	46,93	53,07	114.267
1994	72,09	27,91	117.329
1995	58,37	41,63	103.343
1996	69,8	30,2	139.184
1997	97,55	2,45	120.622
1998	88,42	11,58	93.105
1999	40,92	59,08	63.643
2000	23,5	76,5	72.565
2001	43,11	56,89	90.557
2002	33,07	66,93	66.676
2003	36,71	63,29	81.729

Fonte: Adaptado de Dias-Neto (2011)

### 1.3. OBJETIVOS

#### Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em desenvolver a partir de métodos estruturados, o projeto de um alimentador automático para evisceradora de pescado, tendo como principais saídas, o leiaute final e protótipo básico do produto.

#### Objetivos específicos

Os objetivos específicos que contribuem para o objetivo geral da dissertação são:

- Conhecer o processo de beneficiamento e evisceração de peixes da subordem Clupeoidei;
- Aplicar o conhecimento de métodos sistemáticos de projeto para apoio à inovação de produtos;
- Identificar os requisitos dos usuários do produto para elaboração das especificações de projeto;
- Gerar conceitos viáveis para solução da função global e subfunções do produto e identificar a melhor concepção;
- Elaborar o leiaute final do produto;
- Construir um protótipo com as subfunções mais críticas do produto, a fim de testar sua funcionalidade.

### 1.4. METODOLOGIA

Como metodologia de apoio para desenvolvimento do projeto do alimentador automático para evisceradora de pescado, será utilizado o Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos – PRODIP, proposto com base e em pesquisas e experiências desenvolvidas pelo NeDIP (Back, 2008).

O modelo PRODIP proposto por Romano (2003) é composto de três macrofases:

- Planejamento, tendo como principal saída o plano do projeto;
- Processo de projeto ou projeção, decomposta nas fases de projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado. Os resultados destas fases são, respectivamente, especificações de projeto, concepção do produto, viabilidade técnica e documentação do produto (Back, 2008);
- Implementação, tendo como principal produto, a liberação do produto, liberação do lote piloto e validação do produto.

A Figura 1.4 representa a visão geral do modelo PRODIP.



Figura 1.4 – Modelo PRODIP

Fonte: Adaptado de Romano (2003)

Neste trabalho, o processo de desenvolvimento do produto encerra-se com a construção do protótipo básico e testes, portanto, a fase de implementação não será abordada.

## 1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Capítulo 2 – Estado da arte: neste capítulo é apresentado um estudo acerca das características físicas e biológicas dos peixes Clupeoídes, sendo estes usados como referência para definição das características construtivas da máquina. Também é feita uma explicação sucinta sobre as fases do processo de beneficiamento e envasamento destes pescados no Brasil. Por fim, é apresentada uma pesquisa sobre as principais máquinas para alimentação automática em indústrias alimentícias, com ênfase nas máquinas para peixes da subfamília dos Clupeoídes.

Capítulo 3 – Projeto informacional: este capítulo aborda o procedimento de obtenção das especificações de projeto. A metodologia de obtenção das necessidades de usuários é descrita, assim como a sistemática de conversão destas para os requisitos de projeto, que são priorizados conforme seu nível de importância e, por fim, convertidos nas especificações de projeto.

Capítulo 4 – Projeto conceitual: neste capítulo é formada a função global do produto, que é dividida em subfunções através do método da síntese funcional. Após esta divisão, são propostos princípios de solução para resolver cada uma das subfunções, sendo estes combinados para formar concepções alternativas para a máquina. As concepções obtidas

passam por uma triagem e as melhores são detalhadas para posterior análise complementar, onde é definida a concepção final do alimentador automático.

Capítulo 5 – Projeto preliminar: são elaborados diagramas esquemáticos dos princípios de solução, agrupamentos e são definidos os componentes do produto que devem ser comprados e construídos. São definidos também, os materiais de fabricação, as formas, arranjos e leiautes alternativos para construção da máquina.

Capítulo 6 – Construção e validação de protótipo: este capítulo apresenta o processo de projeto, fabricação e testes em campo realizados na empresa-alvo. Os resultados são avaliados e validados de acordo com as especificações de projeto.

Capítulo 7 – Conclusão: este capítulo apresenta a discussão referente aos resultados obtidos com o trabalho, as impressões e as possibilidades de trabalhos futuros.

## 2. ESTADO DA ARTE

### 2.1. INTRODUÇÃO

A abordagem deste capítulo é inicialmente direcionada ao estudo das características físicas e biológicas dos peixes da subordem Clupeoidei. Este estudo se faz importante para definição de características geométricas e para tomadas de decisão quanto à interação dos peixes com a máquina em questão.

Na segunda parte do capítulo, é realizada a descrição do processo de beneficiamento e envasamento em conserva de peixes da família dos Clupeoides. O processo retratado faz referência ao método utilizado pelas indústrias conserveiras do Brasil.

Por fim, é feita uma contextualização acerca dos alimentadores automáticos utilizados em indústrias alimentícias e o panorama atual da fabricação destas máquinas no Brasil e no exterior.

### 2.2. BIOLOGIA DOS PEIXES CLUPEOIDES

Conforme exposto por Dias-Neto (2011), a posição sistemática dos Clupeoides pode ser descrita conforme o esquema abaixo:

- Classe: Teleostomi
- Subclasse: Actinopterygii
- Infraclasse: Neopterygii
- Divisão: Teleostei
- Coorte: Clupeocephala
- Superordem: Clupeomorpha
- Ordem: Clupeiformes
- Subordem: Clupeoidei

A subordem dos Clupeoides possui quatro famílias, sete subfamílias, oitenta gêneros e mais de trezentas espécies conhecidas. Os Clupeoides são de suma importância para a pesca. Segundo Whitehead (1985)<sup>1</sup>, eles representam a maior subordem de vertebrados capturados pelo homem. A metade da pesca do mundo é provida de 60 espécies de vários grupos, sendo um terço destas espécies pertencentes à subordem dos Clupeoides.

---

1. Literatura referente ao Catálogo de Espécies da FAO, Vol. 7: Peixes Clupeoides do Mundo, empregada neste trabalho como referência principal no que diz respeito à biologia dos peixes desta subordem.

Quase todas as espécies de Clupeoides possuem uma cobertura completa de escamas cicloidais no corpo e a maioria são marinhas e costeiras, entretanto, algumas podem adentrar águas salobras ou doces e viver permanentemente nos rios e lagos.

Em muitos trabalhos de taxonomia acerca dos Clupeoides, várias medidas externas são consideradas como percentuais ou como proporções do comprimento padrão, ou do comprimento da cabeça; em alguns casos, uma parte do corpo pode ser expressa como X vezes maior que outra (Whitehead, 1985). As medidas de proporção representadas na Figura 2.1, são as mais utilizadas.

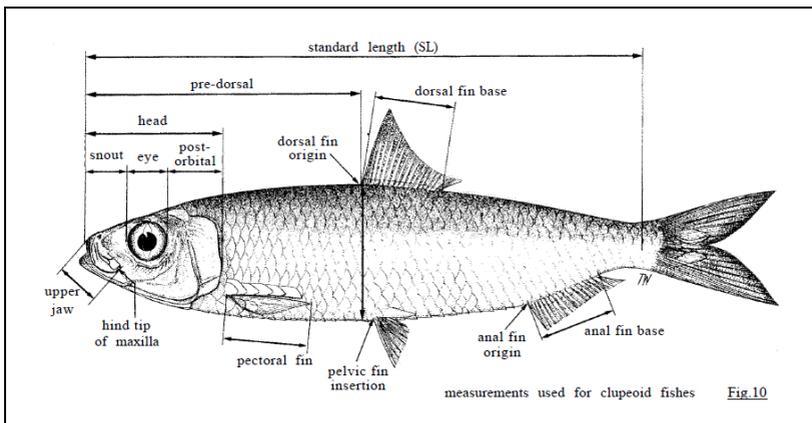


Figura 2.1 – Dimensões de proporção dos Clupeoides

Fonte: Whitehead, 1985

- Comprimento padrão (SL) – da ponta do focinho até o final do corpo;
- Profundidade do corpo – medida do ponto mais profundo, usualmente sob a origem da barbatana dorsal;
- Comprimento da cabeça – a medição mais longa possível, a partir da ponta do focinho até a borda traseira das brânquias;
- Focinho versus olho – da ponta do focinho até a fronteira do olho, comparado com o diâmetro horizontal do olho;
- Maxilar superior – da ponta do focinho até a ponta posterior da maxila;
- Pós-orbital – da borda traseira do olho até a borda traseira das brânquias, a maior medição;
- Bases das barbatanas – a distância entre o primeiro e o último raio da barbatana

A literatura da pesca, biologia e taxonomia dos Clupeoides é bastante extensa. Por exemplo, mais de quinhentos livros, artigos e relatórios compilam os dados de apenas onze espécies de Clupeoides encontrados na costa oeste da África (Whitehead, 1985). Se isto for multiplicado para as mais de trezentas espécies conhecidas no mundo, então, a produção científica corresponderia para quase dezessete mil livros, artigos e relatórios que contribuiriam para a base de conhecimento sobre esta subordem de peixes.

Para fins estatísticos, 27 principais áreas de pesca foram estabelecidas internacionalmente até a data atual (Figura 2.2), sendo estas divididas em oito principais áreas de águas continentais e dezenove principais áreas de águas marinhas cobrindo os Oceanos Atlântico, Índico, Pacífico e oceanos meridionais, com seus mares adjacentes (FAO, 2015).

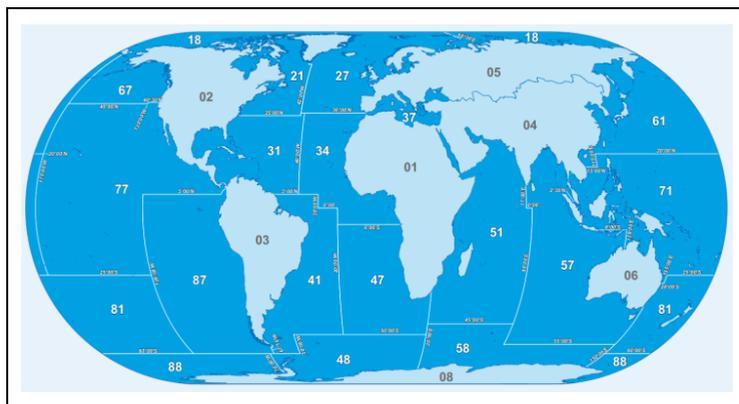


Figura 2.2 – Principais áreas de pesca

Fonte: FAO, 2015

A delimitação das espécies contempladas neste trabalho para dimensionamento do alimentador automático levou em consideração três aspectos, sendo eles:

- Localização geográfica: espécies nativas da Área de Pesca 41 (Atlântico Sudoeste), onde está localizada a costa brasileira;
- Comprimento padrão (SL) máximo dos peixes: adotou-se o comprimento padrão máximo de 30 cm, que inclui as espécies de maior importância comercial;
- Meio aquático: são considerados apenas os peixes de ambiente marinho, que representam a grande maioria dos Clupeoides.

Por padrão, as áreas de pesca são divididas em subáreas, divisões e subdivisões. A Área de Pesca 41 inicia à latitude de 5°00' N na América do Sul, abrangendo toda a costa brasileira, uruguaia e argentina até a divisa com o Chile, na Terra do Fogo. A Área 41 avança para leste até 20°00' W de longitude, fazendo divisa com a Área de Pesca 47. A Figura 2.3 ilustra a Área de Pesca 41 e suas subdivisões, representada pela projeção cilíndrica de Miller.

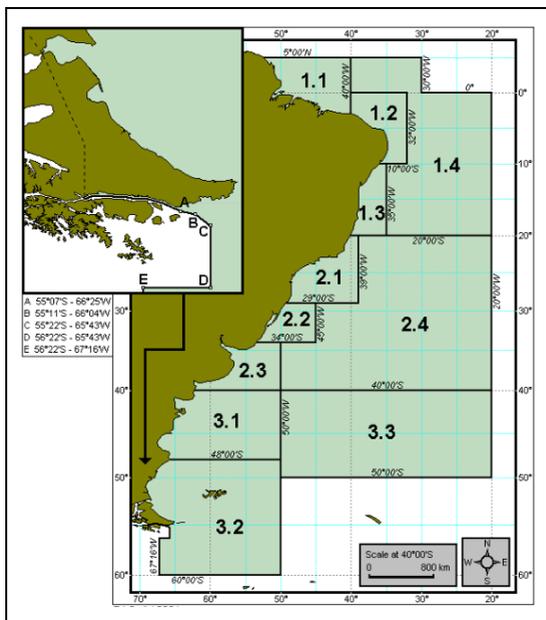
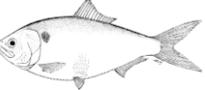


Figura 2.3 – Área de pesca 41  
Fonte: FAO, 2015

Conforme exposto em Whitehead (1985), a subordem dos Clupeoideos possui duas famílias importantes: a Clupeidae (clupeídeos) e a Engraulididae (engraulidos). A subfamília dos clupeídeos possui mais de duzentas espécies catalogadas, sendo composta pelos arenques, sardinhas, savelhas e semelhantes. Já a subfamília dos engraulidos, possui mais de cento e quarenta espécies catalogadas, as quais são compostas pelas anchovas.

O Quadro 2.1 corresponde a um levantamento acerca das espécies de clupeídeos que vão de acordo com as delimitações estabelecidas neste trabalho, sendo estas, utilizadas como referência para o projeto do alimentador automático.

Quadro 2.1 – Espécies de clupeídeos analisadas

Imagem	Subfamília	Nome oficial	Nome vulgar	Distribuição geográfica	Comprimento padrão
	Dussumierinae	Etrumeus Teres	Sardinha redonda	Em várias regiões do mundo. Na Área 41, é encontrado nas águas do Suriname e Guianas. Na América do Sul, também pode ser encontrada no Peru (Área 87)	Até cerca de 25 cm
	Clupeinae	Sprattus fuegensis	Sardina quichay (Chile) / Sardina fuegina (Argentina)	Ao oeste do Atlântico Sul, na costa leste da Argentina até a Terra do Fogo, também nas Malvinas	Até 18 cm, geralmente até 15 cm
	Clupeinae	Harengula clupeola	Carpachona (Venezuela) /Sardinha cascuda/bandeira	No Golfo do México, em todo o Caribe, até o norte do Brasil	Até 15 cm, geralmente até 10 cm
	Clupeinae	Harengula jaguana	Sardineta jaguana	No Atlântico Oeste, a partir de Nova Jersey (EUA), e em direção ao sul, abundante no Golfo do México, Caribe e em toda a costa brasileira	Até 15 cm, geralmente até 12 cm
	Clupeinae	Opisthonema oglinum	Sardinha laje	No Atlântico Oeste, a partir do Golfo do Maine (EUA), e em direção ao sul, Bermudas, Golfo do México, Caribe e na costa brasileira até Santa Catarina	Até 15 cm, geralmente até 12 cm
	Clupeinae	Sardinella aurita	Spanish sardine (EUA)	No Mediterrâneo, na costa oeste africana de Gibraltar em direção ao sul até a Baía de Saldanha na África do Sul, no Atlântico Oeste de Cape Cod (EUA) até a Argentina	Até 30 cm, geralmente até 25 cm
	Clupeinae	Sardinella brasiliensis	Sardinha verdadeira	No Atlântico Oeste, a partir do Golfo do México em direção ao Sul, no Caribe, em toda a costa do Brasil até o norte do Uruguai	Até 25 cm, geralmente até 20 cm
	Alosinae	Brevoortia aurea	Savelha	No Atlântico Sudoeste, a partir do Rio de Janeiro em direção ao sul, até a Argentina na foz do Rio da Prata	Até cerca de 20 cm

Fonte: Adaptado de Whitehead, 1985

O Quadro 2.2 lista as espécies de engraulidos que atendem as delimitações estabelecidas do trabalho e que, assim como os clupeídeos, são utilizadas como referência para o projeto do alimentador automático.

Quadro 2.2 – Espécies de engraulidos analisadas

Imagem	Subfamília	Nome oficial	Nome vulgar	Distribuição geográfica	Comprimento padrão
	Engraulis	Engraulis anchoita	Anchoita / Anchoveta	Sudoeste do Atlântico. Do norte do Rio de Janeiro até o Golfo San Jorge na Argentina	Até 22 cm, geralmente até 17 cm
	Anchoa	Anchoa spinifer	Enchoveta / Arenque-da-noite	No Oeste do Atlântico, do Panamá até Santos na costa do Brasil. Também encontrada no Oceano Pacífico, na Costa Rica até o norte do Peru	Até 18,6 cm, geralmente até 15 cm
	Anchovia	Anchovia clupeoides	Boca torta	No Atlântico Sul e Oeste, em Cuba e Guatemala. Em direção ao Sul na Venezuela e Trinidad, contomando a costa brasileira até o Rio de Janeiro	Até cerca de 20 cm
	Pterengraulis	Pterengraulis atherinoides	Timbiro	Na costa do Atlântico Oeste e Sul (delta do Orinoco e Guianas, até o sul do Ceará	Pelo menos 20 cm e até 30 cm
	Lycengraulis	Lycengraulis grossidens	Manjubão / Sardinha prata	Na costa do Atlântico Oeste e Sul (delta do Orinoco e Guianas, até o sul do Ceará	Até 23,5 cm, geralmente entre 15 e 18 cm

Fonte: Adaptado de Whitehead, 1985

### 2.3. PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE PEIXES CLUPEOIDES

Um modelo básico de processo de enlatamento utilizado nas empresas de conserva de pescados do Brasil pode ser descrito de acordo com as etapas descritas na Figura 2.4.



Figura 2.4 – Processo produtivo de conservas de sardinha

Fonte: GDC Alimentos S/A, 2018

De maneira genérica, a primeira etapa do processo engloba a logística de “recebimento e armazenagem” de peixes em câmara fria. De acordo com a demanda da fábrica, os peixes são descongelados, cortados, eviscerados e lavados no processo de “limpeza”. Na fase de “enlatamento”, os peixes são acondicionados em latas de aço que são transportadas até a estação de “cobertura”, onde recebem o molho e demais condimentos. O “fechamento e esterilização” das latas é desenvolvido por recravação e autoclavagem respectivamente. Por fim, as latas são encaixotadas, fiscalizadas e expedidas na etapa de “finalização”.

Estas etapas são descritas em mais detalhes nos subcapítulos seguintes, que abordam cada um dos principais processos atualmente utilizados para conserva de peixes Clupeoides no Brasil.

### 2.3.1. Recepção de Pescados

Os peixes utilizados na linha de produção podem ser providos das traineiras de pesca ou de caminhões frigoríficos que trazem o pescado congelado, seja ele de importação ou de outros fornecedores que atendem à demanda complementar da fábrica.

A recepção de traineiras acontece nos períodos de safra, definidos pelo IBAMA e representam a maior parte de recebimento Clupeoides (nacionais) processados nas fábricas de conserva.

O método de recepção de pescado provindo das traineiras deve ser flexível, visto que hoje existem traineiras que conservam o peixe em salmoura e ainda, as tradicionais que conservam o pescado em gelo. Os barcos salmourados são mais eficientes, visto que podem armazenar o pescado por até duas semanas, proporcionando pescarias mais longas.

- Recepção de traineiras salmouradas

Geralmente é de responsabilidade da fábrica de beneficiamento, a retirada do pescado de dentro das traineiras. No caso de barcos salmourados, o pescado é removido por sistema de vácuo, onde uma mangueira flexível é inserida no tanque de salmoura da traineira.

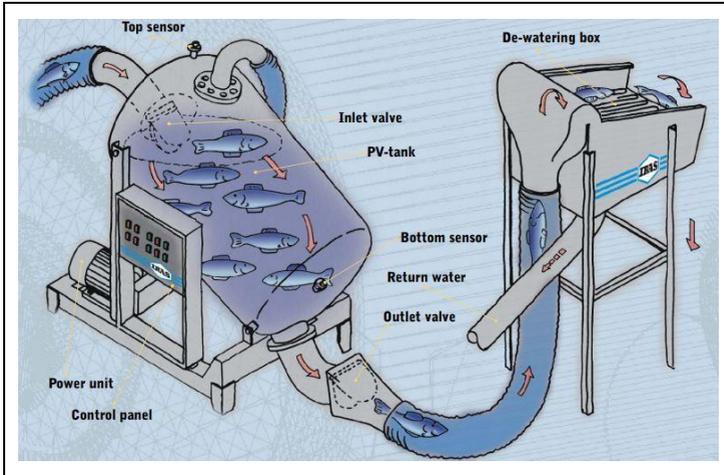


Figura 2.5 – Sistema de pressão e vácuo para transporte de pescado  
Fonte: Iras A/S, 2017

Conforme demonstrado na Figura 2.5, essa mangueira transporta o pescado e salmoura para um reservatório intermediário, responsável por armazenar um volume pequeno de pescado. O sistema então corta o vácuo e pressuriza o reservatório, transportando o pescado e salmoura via tubulação para um separador de água, que é responsável por fazer o retorno da salmoura para o barco. Após o separador de água, o pescado desce por gravidade a um reservatório de água que faz a separação do gelo e transporta o pescado para a linha de beneficiamento.

- Recepção de traineiras com conservação em gelo

O desembarque de peixes de traineiras com conservação em gelo, usualmente é feito através de correias transportadoras. Uma esteira fixa no píer (popularmente conhecida como marreca), provida de uma cuba de alimentação, é projetada para dentro do barco, onde os pescadores descarregam o pescado, conforme demonstrado na Figura 2.6.



Figura 2.6 – Desembarque por correias transportadoras  
Fonte: GDC Alimentos S/A, 2016

Essa esteira direciona o pescado para um separador de gelo intermediário de pequeno porte, que então direciona o pescado por correia transportadora até o reservatório final que faz a separação de gelo. A grande capacidade volumétrica desse reservatório se faz necessária devido ao fluxo intenso de pescado, servindo como pulmão de estocagem.

O método de desembarque por sistema de vácuo é superior ao método por correias tanto no fluxo de pescado quanto no transporte. Um sistema de transporte a vácuo-pressão bem dimensionado propicia um transporte suave e livre de acidentes. Já no sistema de correia transportadora, os peixes podem sofrer deterioração tanto no transporte como no armazenamento em gelo no barco.

O desembarque de peixes Clupeoides por correia, tipicamente proporciona um fluxo máximo de 15 t/h, enquanto o sistema de pressão-vácuo pode superar com facilidade um fluxo de 20 t/h (Fonte: GDC Alimentos S/A).

Após o recebimento e pré-armazenagem no reservatório separador de gelo, de acordo com a demanda da fábrica, o pescado pode ser armazenado em câmaras frias ou diretamente direcionado para o beneficiamento.

- Recepção de caminhões frigoríficos

O pescado provindo de transporte em caminhões é recebido em docas rodoviárias e é utilizado conforme a demanda da fábrica, podendo

ser encaminhado diretamente para a linha de beneficiamento ou estocado em câmaras frias. O transporte rodoviário de peixes é feito em caminhões frigoríficos, em caixas monoblocos recobertas com gelo.

### **2.3.2. Corte e Evisceração**

O processo de corte e evisceração consiste no corte da cabeça e cauda e posterior remoção de vísceras. As máquinas são ajustadas para cortar os peixes em tamanhos padronizados, assim, a uniformidade do enlatamento é alcançada (Warne, 1988).

Segundo Ludorff e Meyer (1973), os desperdícios provenientes da evisceração de pequenos pelágicos representam cerca de 37% da massa total do peixe. Sendo 27% provindos da cabeça, cauda, barbatana, espinha e vísceras sem gônadas e os outros 10% provindos das gônadas reprodutoras. De maneira similar, Vaz-Pires (2006) atribui cerca 36% do peso de peixes fusiformes a partes sem valor comercial, sendo 20% referentes à cabeça e 16% às vísceras, incluindo todo o conteúdo da cavidade abdominal, como o fígado e as gônadas.

No Brasil, a maior parte das indústrias de enlatamento de pescados, realiza o processo de corte e evisceração dos peixes em máquinas semiautomáticas. Estas máquinas consistem na alimentação manual destes peixes e posterior corte e evisceração automática. Ainda é prática comum a utilização de mesas de evisceração manual, onde colaboradores fazem o processo de limpeza com a utilização de facas.

As máquinas de corte e evisceração automáticas (nobbing machines) são as que apresentam maior produtividade, podendo processar até 400 peixes por minuto (Fonte: Baader, 2012). Além do ganho de produtividade, as máquinas de corte e evisceração automática apresentam outras vantagens em relação às semiautomáticas e mesas de corte, dentre elas pode-se citar a diminuição do grande volume de operários no setor de evisceração. Como o volume de produção é geralmente grande, é comum a ocorrência de doenças do trabalho devido a esforços repetitivos nas máquinas semiautomáticas.

Uma máquina automática precisa de apenas um supervisor, em vista de que uma máquina semiautomática utiliza de seis a dez operários para a alimentação do corte. Outra funcionalidade interessante de algumas máquinas automáticas está na pré-classificação do pescado, em que uma câmara de inspeção visual faz a análise da forma do peixe. Caso o peixe seja de espécie diferente ou apresente alguma anomalia óssea identificável visualmente, este é expulso da máquina (Costa et al., 2013). Apesar das vantagens deste equipamento, atualmente não existem

fabricantes brasileiros de máquinas de corte e evisceração automáticas, o que limita o mercado de conservas a trabalharem com as semiautomáticas. Os principais fabricantes que possuem tecnologia de fabricação de máquinas automáticas estão situados na Europa, em torno do Mar Báltico e Mar do Norte, onde ocorre pesca intensa de peixes da subordem dos Clupeoides.

### **2.3.3. Lavagem**

Após o processo de corte e evisceração, o peixe passa por um processo de lavagem para remover o sangue e o lodo da superfície (Myrseth, 1985). Diferentes processos de lavagem podem ser aplicados, porém o mais comumente utilizado nesta etapa é o contínuo, onde o pescado recebe um jato de água pressurizada enquanto é transportado por correia.

### **2.3.4. Salmouração**

O processo de salga dos peixes é feito em banho de salmoura. O pescado é geralmente transportado por correia até um tanque com uma solução concentrada de sal, onde é imerso e guiado por aletas até a outra extremidade do tanque, onde é descarregado.

A quantidade de sal absorvida pela pele é da ordem de 1% a 2% do peso do peixe. A salmoura ainda resulta em outros benefícios. O processo melhora a aparência do peixe através da remoção do lodo remanescente e ainda enrijece a pele, o que impede que a mesma adira à lata (Myrseth, 1985).

### **2.3.5. Enlatamento**

Após o processo de salmouração, os peixes são transportados por correia até mesas de enlatamento, onde são manualmente acondicionadas em latas, o que elimina a possibilidade da inclusão de corpos estranhos. A Figura 2.7 ilustra um processo manual de enlatamento de sardinhas, feito com auxílio de esteiras distribuidoras de latas e de peixes.



Figura 2.7 – Mesa de enlatamento de sardinhas

Fonte: GDC Alimentos S/A, 2016

As latas para acondicionamento de peixes da família dos clupeídeos seguem padrões internacionais, e no mercado brasileiro podem ser encontradas três variações de modelo. A Tabela 2.1 apresenta as dimensões e aplicações das latas utilizadas no Brasil.

Tabela 2.1 – Quadro comparativos de latas utilizadas para acondicionamento de sardinhas

LATA	COMPIMENTO	LARGURA	ALTURA	APLICAÇÃO
1/4 club	104	59	28	Linha 125g
Dingley	105	73	24	Linha 250g
1 lb oval	160	108	34	Linha 454g

Fonte: Adaptado de Sommecan, 2012

### 2.3.6. Pré-cozimento

O pré-cozimento é feito com a lata aberta e é um processo opcional no beneficiamento. O pré-cozimento dos peixes Clupeoides não gera diferenças significativas em aparência, aroma e textura no pescado. As diferenças significativas sensoriais estão ligadas ao sabor (Pfeil, 1999).

O pré-cozimento é realizado em fornos contínuos (*Flash Cookers*), que geralmente são constituídos de dois módulos, um para cozimento (em vapor a aproximadamente 95°C) e um para secagem (em ar quente a aproximadamente 130°C) (Myrseth, 1985).

### 2.3.7. Adição de líquido de cobertura

As latas já preenchidas são dispostas em esteiras e recebem o líquido de cobertura que é derramado por cascatas em um processo contínuo. Os temperos mais comumente utilizados para preenchimento são óleo vegetal e molho de tomate, porém algumas empresas fornecem algumas variedades como molhos picantes, molho light de ervas finas e limão.

### 2.3.8. Recravação

Após a adição do líquido de cobertura, as latas são direcionadas por correia transportadora a máquinas que tem por função o fechamento hermético da lata, sendo este processo conhecido como recravação.

De acordo com Dantas (1996), a recravação pode ser definida como a junção hermética formada pela interligação das extremidades da tampa e do corpo de uma lata, sendo normalmente produzida em duas operações. O vedante, previamente adicionado à tampa, auxilia no processo de vedação corrigindo as imperfeições e não deve transferir ao produto nenhum tipo de sabor ou odor (Gatti, 1999). A Figura 2.8 mostra a progressão da formação do perfil de recravação entre a tampa e o corpo da lata.

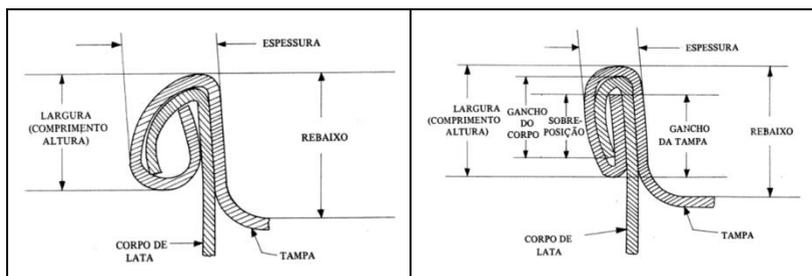


Figura 2.8 – Recravação de uma lata com costura dupla

Fonte: Adaptado de Gava, 1998

A tampa é unida ao corpo pela recravadeira, onde cinco espessuras da chapa são dobradas e prensadas firmemente. Na primeira operação, um rolete faz o metal formar cinco dobras, e na segunda operação o rolete as achata, formando uma selagem apertada (Gava, 1998).

### 2.3.9. Esterilização

Após a recravação, as latas já fechadas são transportadas por esteira até um sistema de paletização automática, que faz o empilhamento das latas em um container metálico, que é então transportado através de correia ao forno de esterilização.

A esterilização de conservas de pescado é feita em fornos autoclaves (Figura 2.9) e o processo engloba diversas variáveis a serem estudadas em cada etapa.

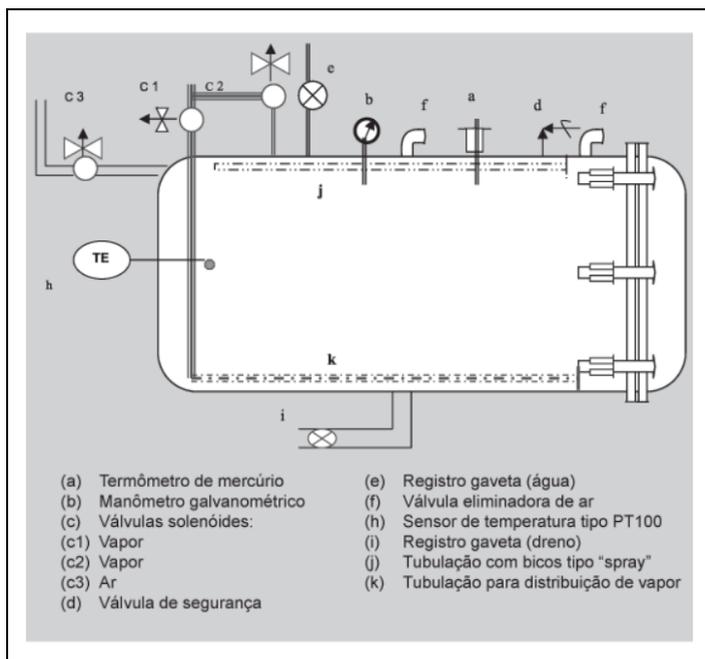


Figura 2.9 – Autoclave horizontal

Fonte: Santos Filho e Penna, 2003

O principal tipo de autoclavagem praticado na esterilização de pescado enlatado é o método por vapor saturado. De acordo com Warne (1988) e conforme demonstrado na Figura 2.9, os principais acessórios de um forno autoclave podem ser descritos como:

- Entradas e distribuição de vapor (c1, c2, k): O fornecimento deve ser suficiente para propiciar uma autoclavagem completa na temperatura de trabalho durante 15 minutos, com capacidade de regulação de temperatura de até 1°C durante o processo.

- Ventilação ou saída de ar (f): A conexão de ventilação é incluída para permitir que o operador purgue todo o ar do vaso de pressão, com o objetivo de estabilizar a temperatura de operação.
- Entrada de água de resfriamento (e, j): A entrada de água geralmente é feita através de um divisor posicionado no topo da autoclave, o que proporciona um resfriamento mais uniforme. A água deve ser suficiente para preencher o vaso em plena carga, contra a pressão de vapor durante 10 minutos.
- Purgadores: São necessários para que o ar e gases não condensáveis inseridos com o vapor, possam ser removidos.
- Dreno (i): É necessária para remover a água e o condensado acumulado no fundo do forno durante o processo de aquecimento.
- Válvula de segurança (d): Todas as autoclaves são equipadas com válvulas de segurança para que a pressão do vaso não exceda os limites recomendados.
- Linha de ar comprimido: A linha de ar comprimido é utilizada para a operação das válvulas automáticas, responsáveis pelo processo de resfriamento por água.
- Instrumentação (a, b): Um forno autoclave requer um termômetro indicativo, um termômetro de gravação (para promover uma gravação permanente e confirmação de que a temperatura e o tempo do processo corresponderam ao agendado) e um manômetro.

### **2.3.10.Embalagem**

O setor de embalagem de uma fábrica de conservas de pescados geralmente inicia-se com a lavagem (feita automaticamente com vapor, água e detergente) e posterior secagem das latas.

As latas seguem por correia transportadora até máquinas que fazem o enfardamento e encaixotamento automático. O processo também pode ser realizado manualmente, porém, resulta em um decaimento de produtividade e é necessário o desprendimento de grande quantidade de mão de obra.

As caixas de papelão são então paletizadas manualmente e enfardadas com plástico filme. O palete é então encaminhado à expedição onde é acondicionado e mantido em quarentena por no mínimo 10 dias e, na ausência de defeitos, é encaminhado para a distribuição, acompanhado dos documentos fiscais e sanitários (Fonte: GDC Alimentos S/A).

## 2.4. ALIMENTADORES AUTOMÁTICOS PARA INDÚSTRIAS DE ALIMENTOS

As altas demandas de certos produtos alimentícios requerem constante evolução das fábricas de beneficiamento, que precisam produzir mais e mais rápido, e, também, diminuir custos de produção para permanecerem competitivas no mercado.

Com a constante modernização das indústrias alimentícias, a indústria de máquinas e equipamentos tem papel chave no desenvolvimento de novas tecnologias que agreguem cada vez mais qualidade e produtividade nos processos.

Um problema comum encontrado em indústrias alimentícias é a carga de máquinas de processamento, que em alguns casos se feita manualmente pode prejudicar a fluidez e a eficiência do processo. Dentre algumas das situações onde a viabilidade de implementação de sistema de alimentação automática deve ser analisada, pode-se citar:

- Necessidade de pesagem ou dosagem;
- Formação de lotes combinados;
- Alta velocidade de processamento;
- Necessidade de grande número de operadores por máquina;
- Trabalho repetitivo e problemas ergonômicos;
- Trabalho inseguro;
- Ambiente nocivo e espaço limitado.

Um modelo de alimentador automático bastante difundido em vários setores alimentícios é o sistema de balança multicabeçote, introduzido e patenteado pela Ishida Company em 1972 (Fonte: Ishida 2017). Este alimentador é composto por um sistema de distribuição, geralmente vibratório, que distribui os produtos em canais para balanças individuais que formam lotes precisos a uma taxa de até 440 pacotes por minuto (Fonte: Ishida, 2017). A Figura 2.10, representa um alimentador multicabeçote utilizado para empacotar salgadinhos.



Figura 2.10 – Alimentador multicabeçote  
Fonte: Ishida Corporation Ltd., 2017

No âmbito do processamento de pescados, o Brasil carece de fabricantes especializados em projeto e construção de máquinas, sobretudo para peixes Clupeoídes. A indústria de máquinas e equipamentos para frigoríficos desenvolveu-se principalmente para atender a demanda de processamento de frangos e suínos.

No Sul do Brasil, destacam-se na industrialização de máquinas e equipamentos, a Mesorregião do Oeste Catarinense e Mesorregião do Oeste Paranaense. Historicamente, a indústria Metalmeccânica se desenvolveu nestas regiões em função da necessidade de prestação de serviços aos grandes frigoríficos de aves, suínos e bovinos que ali se instalaram.

Os principais fabricantes de máquinas para beneficiamento de pescados encontram-se na Europa, com destaque para a Região Setentrional e Ocidental, no Mar Báltico e Mar do Norte, onde ocorre intensa pesca de peixes pelágicos, como arenques, espadilhas e cavalinhas. A pesca de peixes pelágicos soma cerca de 85% do volume total de capturas no Mar Báltico (Baltic Sea Regional Advisory Council, 2010).

Nas regiões Setentrional e Ocidental da Europa, uma pesquisa realizada apontou quatro principais fabricantes de alimentadores automáticos para máquinas de corte e evisceração de peixes pelágicos. Como demonstrado nos Capítulos 3 e 4, de maneira geral, todas as máquinas possuem a mesma estrutura funcional, ou seja: receber; orientar o sentido dos peixes; transportar e ordenar em fila; rotacionar o peixe no sentido barriga-dorso; e, transferir os peixes sincronicamente com a máquina evisceradora.

A Tabela 2.2, apresenta um comparativo dos alimentadores dos quatro fabricantes pesquisados, levando-se em consideração suas principais características quando utilizados com o clupeídeo *sardinella brasiliensis*. A máquina do Fabricante 3 apresenta maior capacidade de produção em relação às demais estudadas, destacando-se também no quesito de eficiência energética, ao lado do Fabricante 1, com um consumo energético de 450 J por peixe processado.

Tabela 2.2 – Comparativo dos alimentadores automáticos pesquisados

ITEM	Un.	FABRICANTE 1 SUÉCIA	FABRICANTE 2 ALEMANHA	FABRICANTE 3 LETONIA	FABRICANTE 4 SUÉCIA
Patente nº		US3315299	US3348260A	WO2016174502	WO1997009257
Requerente		Arenco AB	Baader Gmbh	Peruza LTD	Swedish AB
Capacidade de produção	peixes/min	200 - 250	180 - 300	400	300 - 330
Número de operadores	Un.	1	1	2	1
Dimensões do peixe	mm	150 - 250	170 - 320	150 - 250	250
Potência elétrica	kW	1,50	2,20	3,00	4,20
Eficiência energética	Joules/peixe	450,00	550,00	450,00	800,00
Consumo de água	m³/h	0,72	0,48	0,05	0,48
Dimensões (L x C)	mm	3550 x 3000	3300 x 1250	3495 x 3618	1371 x 2296
Área ocupada	m²	10,65	4,13	12,64	3,15

Fonte: O autor

No alimentador automático do Fabricante 1 (Figura 2.11), assim como em todos os demais pesquisados, a carga da máquina (subfunção “receber”) é feita através de um transportador elevatório, dotado de taliscas para elevar e dosar o volume de peixes necessário ao processo. Este transportador possui uma cuba de recebimento, onde os peixes ficam submersos em água até que entrem no alimentador automático.



Figura 2.11 – Alimentador automático para pelágicos

Fonte: VMK Fish Machinery, 2017

Quanto à subfunção “orientar o sentido dos peixes”, todos os fabricantes utilizam o mesmo princípio de solução, aproveitando a diferença entre os fatores de atrito no deslocamento longitudinal do peixe. Devido ao posicionamento hidrodinâmico das escamas em todo o corpo do peixe, estas proporcionam um menor fator de atrito no sentido do deslocamento do peixe na água, ou seja, da cabeça para a cauda (Figura 2.12).

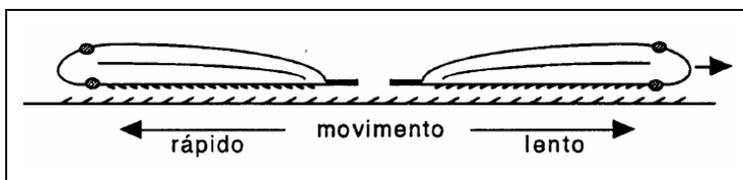


Figura 2.12 – Princípio de orientação de cabeças por atrito

Fonte: Vaz-Pires, 2006

A Figura 2.13 apresenta a vista superior de um dispositivo de orientação, sendo a saída feita pelo lado esquerdo. A placa de transporte (A) é acionada por um dispositivo excêntrico que oscila desenvolvendo um movimento alternativo. Como o atrito no sentido cabeça-cauda é menor, o peixe sempre se desloca com maior velocidade para frente. O disco (B) à direita rotaciona em sentido anti-horário e redireciona o sentido dos peixes que se deslocaram para a direita.

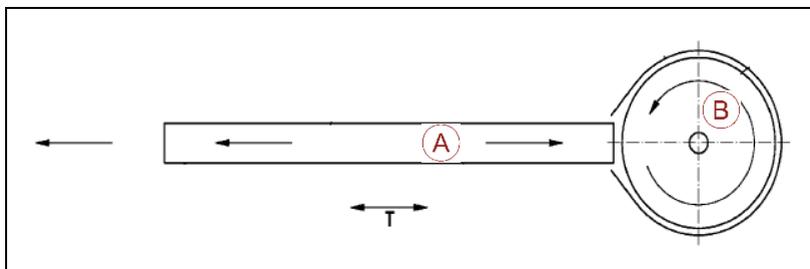


Figura 2.13 – Dispositivo orientador de cabeça

Fonte: Nordischer Maschinenbau Rud. Baader GmbH, 2011

A subfunção “transportar e ordenar em fila” é necessária para que na saída da máquina, os peixes sejam posicionados em calhas individuais da máquina evisceradora. Tanto o Fabricante 1 quanto o Fabricante 2 utilizam o mesmo princípio de solução para atender a esta subfunção. Os peixes são transportados em uma placa oscilatória e, através de guias fixos, automaticamente se acomodam um a um ao longo do percurso.

O dispositivo de alinhamento em fila do Fabricante 4, opera de maneira similar aos dos citados anteriormente, entretanto, o transporte é feito por uma correia sem fim a alta velocidade. Os peixes desalinhados são desviados por guias fixos e são retornados ao início do processo.

Já no dispositivo de alinhamento em fila do Fabricante 3 (Figura 2.14), os peixes são acelerados por um transportador (A) através de um corredor formado por duas paredes (B), sendo que a direção do corredor é alterada ao longo do comprimento do transportador. Devido ao movimento de translação através do corredor sinuoso e ao efeito retardador das paredes, os peixes vão gradualmente formando fila (Fonte: Peruzza, 2017).

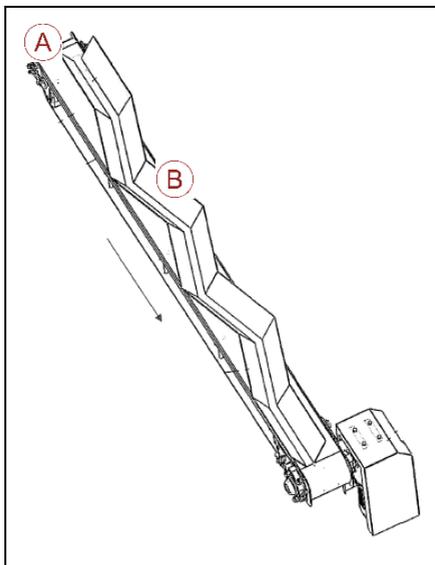


Figura 2.14 – Dispositivo para alimentação de peixes um a um, com a cabeça primeiro  
Fonte: Peruzza SIA, 2017

No processo de corte e evisceração, é importante que os peixes sejam alimentados sempre na mesma posição, pois dessa maneira, as interações destes com os componentes mecânicos podem ser previstas com maior precisão, conferindo maior confiabilidade ao sistema. Além disso, é desejável que o corte da cabeça seja iniciado pela parte inferior do peixe, onde a resistência é menor, prolongando assim, a vida útil do fio de corte das serras.

Para atender a subfunção “rotacionar o peixe no sentido barriga-dorso”, os fabricantes de máquina pesquisados, se apoiam nas próprias características morfológicas dos peixes. No caso do Fabricante 2 (Figura 2.15), o peixe entra no dispositivo ainda apoiado em sua lateral quando o rolete tracionado (A) o puxa e, devido à geometria da cabeça, faz com que fique apoiado sobre a barriga, sendo pressionado pelo guia lateral (B) no lado oposto ao rolo. Em seguida, este próprio guia rotaciona o peixe devido ao seu ângulo de saída.

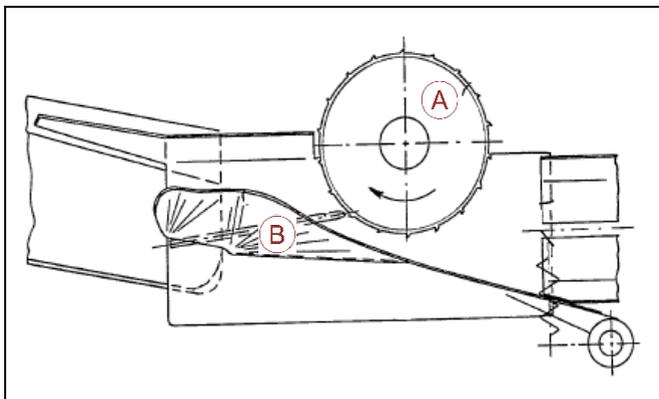


Figura 2.15 – Aparelho para transporte e alinhamento de peixes  
Fonte: Nordischer Maschinenbau Rud. Baader GmbH, 1967

Já o Fabricante 4, utiliza o centro de gravidade do peixe como meio de rotacionar o sentido da barriga e dorso. Como demonstrado na Figura 2.16, os peixes são lançados de cabeça contra um guia oblíquo (A) e preferencialmente curvo, de maneira que o centro de gravidade da cabeça do peixe fique ligeiramente deslocado da perpendicular do elemento guia durante o contato do peixe. O peixe então rotaciona à medida que entra em contato com o guia, sempre na mesma direção em relação à direção do abdômen e dorso.

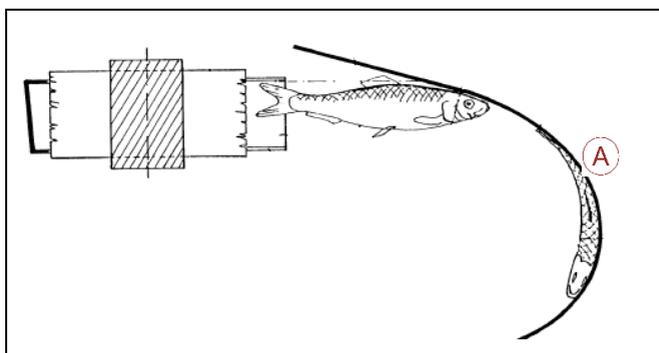


Figura 2.16 – Aparelho para rotação de peixes em relação a posição do abdômen e dorso  
Fonte: Agne Persson, 1989

A subfunção de “transferir os peixes sincronicamente com a máquina evisceradora”, está intimamente ligada à construtiva da máquina

de corte e evisceração e de sua disposição em relação ao alimentador. No caso dos Fabricantes 1 e 2, as evisceradoras são perpendiculares em relação ao alimentador automático e o próprio dispositivo de rotação barriga-dorso serve como transferidor, sendo este sincronizado mecanicamente com a máquina evisceradora.

No caso do Fabricante 4, a evisceradora é montada paralelamente ao sentido de saída do alimentador e um defletor móvel (A) é sincronizado eletronicamente as calhas da máquina evisceradora (B) (Figura 2.17). Um sensor óptico posicionado na saída do defletor acusa a presença de um peixe e o sincroniza com a próxima calha vazia da evisceradora.

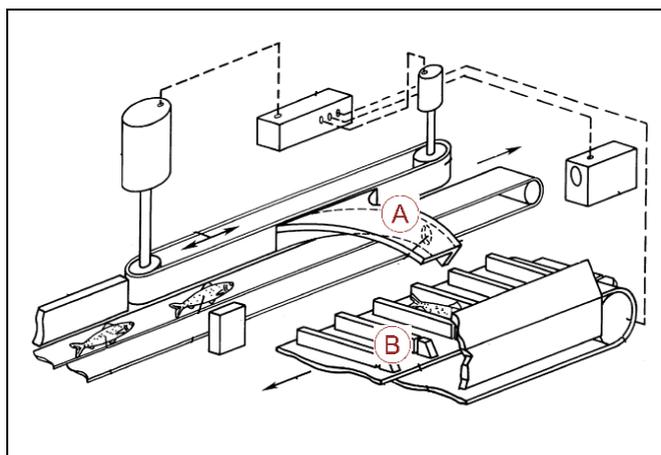


Figura 2.17 – Aparelho para transferência de objetos de um primeiro para um segundo transportador  
Fonte: Swedefish Machinery AB, 2000

De maneira similar, o dispositivo de transferência do Fabricante 3, também é sincronizado eletronicamente à evisceradora, que é posicionada perpendicularmente ao alimentador. Ao final do alimentador, o peixe é guiado por um túnel (A) que possui um sensor ao seu final e o translada para a próxima calha vazia (B) (Figura 2.18).

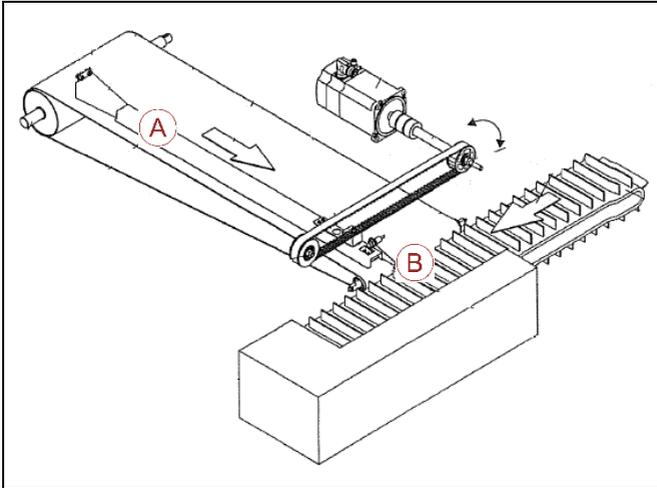


Figura 2.18 – Dispositivo para alimentar peixes em compartimentos de um transportador de evisceradora de peixes  
 Fonte: Peruzza SIA, 2016

Neste capítulo estudou-se as principais características físicas e biológicas dos peixes Clupeoides, subordem de peixes à qual este trabalho foi delimitado, fator essencial para o desenvolvimento do projeto conceitual e preliminar da máquina. Também se conheceu o processo de beneficiamento destes peixes nas conserveiras, indústrias onde Santa Catarina é protagonista no cenário nacional. Por fim, uma contextualização acerca do panorama atual das fabricantes de máquinas no Brasil revelou a ausência de empresas especializadas em construção de máquinas para indústria de beneficiamento de pescado, sobretudo à de peixes pelágicos. O mercado limita-se a poucos fabricantes localizados na região do Mar Báltico na Europa, que detém o conhecimento e experiência no processo de alimentação automática de peixes.

O processo de obtenção das especificações de projeto, abordado no próximo capítulo, utiliza os dados coletados acerca das diferentes máquinas pesquisadas como auxílio para discussão com os clientes do projeto, realização de comparativos e para nortear as escolhas dos parâmetros de entrada e saída do produto.

### 3. PROJETO INFORMACIONAL DE ALIMENTADOR PARA UMA EVISCERADORA DE PEIXES

O projeto informacional tem como entrada o plano de projeto definido na macrofase de planejamento, conforme o modelo PRODIP, descrito no Capítulo 1. Segundo exposto por Back et al. (2008), no projeto informacional é abordado de maneira sistemática, a partir do plano do projeto, o processo de transformação das necessidades dos consumidores em requisitos dos consumidores e estes em requisitos e especificações de projeto do produto.

Pahl e Beitz (2005) propõe o desenvolvimento de uma lista de requisitos, onde a equipe de desenvolvimento formula e documenta as especificações com indicações quantitativas, constituindo uma medida para o grau de atendimento da tarefa pelo projeto.

A esta fase do projeto deve ser desprendido o tempo necessário de estudo, visto que a definição inadequada das especificações de projeto pode resultar em uma resolução para um problema diferente do requerido (Back et al., 2008). De acordo com pesquisas expostas por Ullman (2010), uma definição inadequada do produto pode representar até 80% dos atrasos no processo de lançamento. O mesmo estudo estima que 35% de todos os atrasos no processo de desenvolvimento são causados pelas mudanças das especificações no decorrer do projeto.

O método utilizado para geração de especificações do alimentador automático é o *Quality Function Deployment* (QFD), um dos melhores e mais populares métodos para geração de especificações de produtos. Uma pesquisa abordada em Ullman (2010), aponta que aproximadamente 69% das empresas localizadas nos Estados Unidos utilizam este método para desenvolvimento de produtos.

#### 3.1. ANÁLISE DO PROBLEMA DO PROJETO

De acordo com Fonseca (2000), inicia-se o trabalho de projeto pela análise do problema do projeto. Neste contexto, o mesmo afirma que as tarefas a serem desenvolvidas devem abranger a obtenção de dados de estudo de marketing, definição do tipo de produto e do tipo de projeto, volume planejado de fabricação, desejos expostos no problema de projeto e as restrições do projeto e do produto.

Neste trabalho não foram analisados estudos prévios de marketing, volumes de fabricação, desejos e restrições expostos no problema, ficando esta fase restringida às definições do tipo do produto e tipo de projeto. De acordo com a classificação de tipos de produto abordada por

Fonseca (2000), o “alimentador automático para evisceradora de pescado” pode ser classificado como uma máquina industrial, sendo esta, considerada um bem de capital.

A definição do tipo de projeto é parte importante do processo de desenvolvimento de produtos, sendo responsável pela definição do ciclo de vida do projeto. Os autores consultados na literatura abordam os tipos de projeto de diferentes maneiras, apresentando pequenas variações entre si. Pahl e Beitz (2005) classificam os tipos de projeto de acordo com o grau de originalidade do produto, podendo este, ser inovativo, adaptativo ou alternativo. De maneira análoga, Back et al. (2008) propõe a nomenclatura projeto de inovação, evolução, variação e reverso. A inclusão do projeto reverso visa atender os casos em que a empresa pretende produzir um produto já existente no mercado. De acordo com Otto e Wood (1998), o projeto reverso é a atividade inicial do reprojeto de um produto, onde um produto similar é observado, desmontado, analisado, testado e documentado em termos de sua funcionalidade, forma, princípios físicos, fabricabilidade e montabilidade.

O modelo de Jansson, citado por Fonseca (2000), apresenta uma abordagem mais abrangente, pois além do grau de originalidade, leva também em consideração o grau de complexidade do produto, sendo este, o modelo utilizado neste trabalho para definição do tipo de projeto. A Figura 3.1 representa graficamente o modelo de Jansson, relacionando o grau de novidade (abscissa) e complexidade (ordenada).

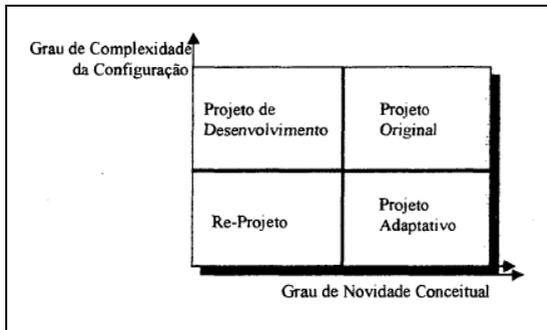


Figura 3.1 – Classificação de tipos de projeto  
Fonte: Fonseca, 2000

Neste trabalho, entendeu-se que projeto de desenvolvimento é a classificação que melhor se adequa ao produto em questão. Conforme visto no Capítulo 2, atualmente existe um número razoável de alimentadores automáticos desenvolvidos em outros países, sobretudo na

Europa. Este trabalho não objetiva desenvolver um produto de alto grau de novidade conceitual, entretanto, considerando atributos relativos ao grau de complexidade do projeto, como elevado número de sistemas técnicos e competências necessárias (Kujala, et al., 2007), domínio das lacunas de conhecimento (Little, 2005), fontes de tecnologia e características do produto (Toledo et al., 2008), entende-se que o protótipo, objeto desta pesquisa, possui um alto grau de complexidade de desenvolvimento.

### 3.2. CICLO DE VIDA E CLIENTES DO PRODUTO

O ciclo de vida de um produto depende de vários fatores, como o tipo de produto e projeto, escala de consumo, suas características de funcionamento, uso e manuseio, manutenção e a filosofia de desativação, reciclagem e descarte. No caso de projetos de desenvolvimento, Fonseca (2000) recomenda que estes sejam apoiados em produtos com similar conceitualização, devendo definir-se o ciclo de vida e os atributos do produto, de maneira similar aos projetos originais.

Para definição do ciclo de vida do alimentador automático, utilizou-se o modelo da espiral do desenvolvimento proposto por Fonseca (2000). Conforme pode ser observado na Figura 3.2, a espiral interna aponta o contato de marketing entre mercado e usuários, já a espiral externa representa o contato da equipe de projeto com os usuários ao longo do ciclo de vida do produto (Back et al., 2008).

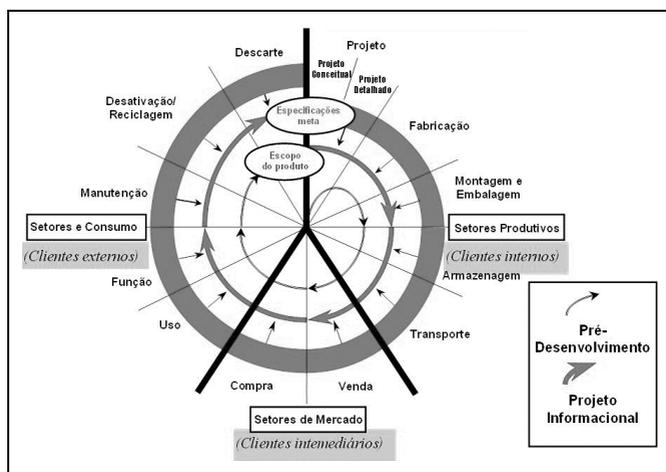


Figura 3.2 – Espiral do desenvolvimento  
Fonte: Fonseca, 2000

Após a definição do ciclo de vida do produto, é possível identificar os clientes e/ou usuários ligados a cada uma das fases do projeto. De acordo com Romano (2003), estes clientes e/ou usuários podem ser classificados da seguinte maneira:

- Clientes externos: pessoas que compram e usam o produto, e especialistas;
- Clientes intermediários: pessoas relacionadas à distribuição, marketing e pós-venda;
- Clientes internos: pessoas envolvidas na projeção e implementação.

O Quadro 3.1 apresenta em síntese, as fases identificadas como essenciais para o desenvolvimento do produto proposto neste trabalho. O quadro também identifica os usuários relacionados a estas diferentes fases, que foram obtidos através de uma pesquisa em campo, na fábrica de conservas GDC Alimentos S/A.

Quadro 3.1 – Fases do ciclo de vida X clientes do projeto

<b>Fases do ciclo de vida</b>	<b>Clientes</b>
<b>Projeto</b>	Projetistas e engenheiros Controle de qualidade Segurança do trabalho Responsável da fábrica
<b>Fabricação</b>	Projetistas e engenheiros Fabricantes de máquinas
<b>Montagem</b>	Projetistas e engenheiros Fabricantes de máquinas Equipe de montagem
<b>Uso</b>	Operadores de máquina Responsável da fábrica Segurança do trabalho
<b>Função</b>	Operadores de máquina Responsável da fábrica PCP
<b>Manutenção</b>	Equipe de manutenção Equipe de higienização PCM
<b>Descarte</b>	Fabricantes de máquinas Empresas de reciclagem

### 3.3. DEFINIÇÃO DOS ATRIBUTOS DO PRODUTO

Após a definição do ciclo de vida e clientes do projeto, foram identificados os atributos gerais do produto que, conforme proposta de padronização de Fonseca (2000), são divididos em atributos básicos e atributos do ciclo de vida. Estes atributos são as características do produto que devem corresponder às necessidades dos clientes. Os atributos gerais considerados relevantes para o alimentador automático foram:

- Atributos básicos
  - Funcionalidade;
  - Segurança;
  - Ergonomicidade;
  - Confiabilidade;
  - Robustez.
- Atributos do ciclo de vida
  - Fabricabilidade;
  - Montabilidade;
  - Armazenabilidade;
  - Usabilidade;
  - Manutenibilidade;
  - Descartabilidade

### 3.4. NECESSIDADES E REQUISITOS DOS USUÁRIOS

O processo de obtenção das necessidades dos clientes e usuários foi conduzido da seguinte maneira: entrevistas com os clientes baseadas nos atributos gerais do produto, experiência profissional do autor em desenvolvimento de projetos de máquinas para indústria alimentícia, pesquisa em leis que regem a segurança do trabalho e boas práticas de manipulação e controle na produção de alimentos.

Com especialistas da indústria alimentícia e o autor, formou-se uma equipe multidisciplinar de sete pessoas, que contribuíram predominantemente em sua área de atuação. O Quadro 3.2 apresenta um resumo com as características mais relevantes destas pessoas, que justificam a escolha para suas participações neste trabalho.

Quadro 3.2 – Equipe envolvida no projeto informacional

<b>Profissão atual</b>	<b>Formação</b>	<b>Domínios de conhecimento de maior relevância para este trabalho</b>	<b>Experiência prof. (anos)</b>
Gerente de controle de qualidade	Médico veterinário, pós graduado em segurança alimentar	Conhecimento das normas aplicadas pelo ministério da agricultura no que tange o processamento de produtos de origem animal	12
Gerente de manutenção	Engenheiro eletricista, pós graduado em segurança do trabalho	Conhecimento de normas e práticas de segurança aplicadas ao desenvolvimento de dispositivos eletromecânicos	11
Engenheiro de segurança do trabalho	Engenheiro de produção, pós graduado em segurança do trabalho	Conhecimento de normas, convenções e procedimentos de segurança e ergonomia, aplicados ao uso e manutenção de máquinas	6
Gerente de produção	Engenheiro da pesca, pós graduado em gestão de pessoas	Experiência nos processos de beneficiamento de pescados	25
Especialista em melhoria contínua	Engenheiro mecânico, pós graduado em Lean manufacturing	Conhecimento de processos fabris, montagem de layouts e técnicas de melhoria contínua	1
Coordenador de higienização	Engenheiro ambiental e sanitaria, pós graduando em gestão ambiental	Experiência em práticas de higienização de equipamentos, produtos químicos e compatibilidade de materiais	3
Engenheiro mecânico	Engenheiro mecânico, pós graduando em projetos de sistemas mecânicos	Experiência em projetos de máquinas e equipamentos para indústria alimentícia	6

A formação da equipe demonstrou-se bastante produtiva e relevante ao projeto informacional, gerando um total de vinte necessidades de usuários, demonstradas no Quadro 3.2. As necessidades foram classificadas de acordo com a fase do ciclo de vida em que estas ocorrem.

Quadro 3.3 – Necessidades de usuários

<b>Fases do projeto</b>	<b>Necessidades de usuários</b>
Projeto	Atender as altas demandas do processo fabril
	Atender as exigências do órgão regulamentador quanto a materiais que entrem em contato com alimentos
Fabricação	Ter custo de fabricação acessível
	Ter o máximo de componentes de fabricação padronizados
Montagem	Ser de fácil montagem
	Ser fabricado em módulos
Uso	A máquina deve ser econômica, não deve gastar muita energia
	Prevenir acidentes de trabalho
	Ter resistência a solavancos, pancadas e empurrões
	A máquina deve ocupar o mínimo de espaço possível
	O operador tem que fazer o mínimo de operações, somente supervisionar
Não enferrujar na presença de água e produtos de limpeza	
Função	Ser adaptável a diferentes tamanhos de peixes
	Proporcionar alteração de parâmetros de funcionamento
	Alimentar peixes sempre na posição correta
Manutenção	Ter acesso para manutenção e desmontagem rápida de componentes
	Ter acesso rápido para limpeza
	Possuir peças de fácil reposição
Descarte	Fazer uso de materiais recicláveis
	Ser de fácil desmontagem

Pode-se observar que o maior número de necessidades identificadas diz respeito à fase de uso do produto, correspondendo a 30% do total de necessidades. Outros 30% estão vinculados à soma das fases de função e manutenção do produto e 10% vinculados às necessidades da fase de descarte.

Fica clara a preocupação da equipe com a macrofase de consumo no ciclo de vida do produto, que correspondeu a 70% das necessidades elicitadas. Presume-se que esta preferência esteja relacionada à experiência e área de atuação dos membros da equipe, que em sua maioria está ligada ao uso e função dos processos. O resultado de uma equipe

diferente, formada digamos por profissionais das áreas comercial, de marketing e de fabricação, poderia resultar em necessidades de outra natureza e conseqüentemente levar a especificações de produto bastante distintas.

Após a elicitacão das necessidades dos usuários, é conveniente que estas sejam desdobradas em requisitos de usuários, estabelecendo uma linguagem mais adequada ao entendimento da equipe de projetos (Back et al., 2008). Com o estabelecimento dos requisitos de usuários, foi utilizada uma escala de 1 a 10, para valorar individualmente a importância relativa de cada um deles. Hauser e Clausing (1988), delegam à própria equipe de desenvolvimento o trabalho de atribuir a importância de cada requisito. A valoraçãõ destes requisitos foi realizada pelo autor deste trabalho em conjunto com a equipe de projeto informacional, utilizando como critério a escala qualitativa abaixo (Quadro 3.4).

Quadro 3.4 – Escala de conversão do nível de importância dos requisitos

<b>Escala</b>	<b>Nível de importância</b>
10	Máxima prioridade
9	Muito importante
8	Importante
7	Desejável
6	
5	Pouco relevante
4	
3	Dispensável
2	
1	

Os requisitos de usuários foram classificados de acordo com as fases do ciclo de vida e a cada um, foi atribuído um nível de importância, conforme representação no Quadro 3.5. Partindo do critério de valoraçãõ apresentado no Quadro 3.4, nenhum dos requisitos de usuários obtidos pôde ser eliminado. O maior nível de importância foi aplicado aos

requisitos relativos à segurança do operador e a sanitariedade do produto, atributo primordial em máquinas e equipamentos para beneficiamento de alimentos. Em contrapartida, os requisitos de usuários classificados como “desejáveis” foram os relativos ao preço e a facilidade de fabricação, montagem e descarte.

Quadro 3.5 – Requisitos de usuários

<b>Fases do ciclo de vida do produto</b>	<b>Requisitos de usuário</b>	<b>Valoração dos req. de usuários</b>
Projeto	Ser rápido	9
	Ser sanitário	10
Fabricação	Ser barato	7
	Ser de fácil fabricação	7
	Ter componentes de fabricação padronizados	6
Montagem	Ser de fácil montagem	7
Uso	Ter baixo consumo de energia	8
	Ser seguro	10
	Ser robusto	9
	Ser compacto	8
	Ter pouca interferência humana	9
	Ser resistente à corrosão	9
Função	Ser adaptável a diferentes tamanhos de peixes	8
	Ser paramétrico	8
	Ter alta confiabilidade na operação	9
Manutenção	Ser de fácil limpeza	8
	Ser de fácil manutenção	8
Descarte	Ser de fácil desmontagem	6
	Possuir materiais recicláveis	6

### 3.5. REQUISITOS DE PROJETO

O processo de transformação dos requisitos de usuários em requisitos de projeto objetiva estabelecer as características de engenharia do produto (Back et al., 2008). Estas características devem ser mensuráveis e classificadas de acordo com os atributos básicos do produto (Fonseca, 2000).

Os dezenove requisitos de usuários deste projeto foram desdobrados em trinta e seis requisitos de projeto mensuráveis com o auxílio da matriz de obtenção dos requisitos de projeto, abordada por Fonseca (2000). Esta matriz de conversão consiste no cruzamento entre os requisitos de usuários (linhas da matriz) e os atributos específicos do produto (colunas da matriz). O Quadro 3.6 demonstra os requisitos de projeto obtidos, acompanhados de sua unidade de medição e se o objetivo é maximizar a magnitude do requisito ( $\uparrow$ ), diminuir ( $\downarrow$ ), ou se há um valor alvo (X). A matriz de conversão desenvolvida encontra-se no Apêndice A deste trabalho.

Quadro 3.6 – Requisitos de projeto do alimentador automático

Atributos gerais	Índice	Requisitos de projeto	Meta	Un. de medição
Funcionalidade	1	Velocidade	$\uparrow$	m/s
	2	Capacidade de armazenamento na entrada	$\downarrow$	m <sup>3</sup>
	3	Encontros de superfícies formando ângulos agudos	$\downarrow$	un.
	4	Índice de contaminação de materiais	$\downarrow$	adm.
	5	Componentes de dimensões ajustáveis	$\uparrow$	m
	6	Regulagem do fluxo de matéria-prima	$\uparrow$	m <sup>3</sup> /s
	7	Esforços no acionamento de componentes mecânicos	$\downarrow$	N
	8	Consumo de energia	$\downarrow$	kW/h
	9	Número de setups possíveis	X	un.
	10	Tempo de setup	$\downarrow$	s
Segurança	11	Proteção física em áreas de componentes móveis	$\uparrow$	m <sup>2</sup>
	12	Iluminação para operação	X	lux
	13	Ruído	$\downarrow$	dBA
	14	Sensores de parada em caso de abertura de proteções	X	un.
Confiabilidade	15	Dilatação térmica dos materiais utilizados	$\downarrow$	K <sup>-1</sup>
	16	Resistência mecânica do conjunto	$\uparrow$	MPa
	17	Resistência ao desgaste	$\uparrow$	HRc
Robustez	18	Deslocamento máximo	X	m

	19	Resistência mecânica de materiais	↑	MPa
	20	Rigidez estrutural	↑	N/m
Fabricabilidade	21	Custo de materiais	↓	R\$/kg
	22	Proporção de processos de fabricação convencionais	↑	%
	23	Proporção de materiais de fácil beneficiamento	↑	%
	24	Proporção de componentes de fabricação padronizados	↑	%
Armazenabilidade	25	Área demandada para instalação e operação	↓	m <sup>2</sup>
Montabilidade	26	Número de módulos de montagem	↑	un.
	27	Tamanho de módulos de montagem	↓	m
	28	Peso dos módulos de montagem	↓	N
Usabilidade	29	Índice de automação	X	adm.
Mantenabilidade	30	Área aberta para lavagem rápida	↑	m <sup>2</sup>
	31	Rugosidade superficial de materiais	↓	µm
	32	Tempo de manutenção	↓	s
	33	Elementos de máquina padronizados	↑	adm.
	34	Índice de corrosão dos materiais	↓	mV
Descartabilidade	35	Proporção de ligações não permanentes	↑	%
	36	Proporção de materiais recicláveis	↑	%

Ao atributo de funcionalidade do produto foram relacionados dez requisitos de projeto, sendo estes ligados à produtividade, disponibilidade, versatilidade, sanitariedade e ao consumo de energia da máquina. Estas características do produto são essenciais em um ambiente fabril de alta produção em indústrias de alimentos e recebem atenção especial neste projeto.

### 3.6. PRIORIZAÇÃO DE REQUISITOS DE PROJETO

Após a definição dos requisitos de projeto, cada um destes deve ser classificado de acordo com seu grau de importância em relação aos demais requisitos. De acordo com Back et al. (2008), este procedimento busca identificar qual requisito deve-se priorizar no caso de conflitos

entre os resultados das ações propostas para atendê-los. A priorização inicia-se no relacionamento entre os requisitos de usuários e requisitos de projeto, na parte central da casa da qualidade. A Figura 3.3 apresenta uma parte da casa da qualidade desenvolvida para o alimentador automático, utilizada aqui como exemplo.

REQUISITOS DE USUÁRIOS			REQUISITOS DE PROJETO								
			↑ m/s	↑ m³	↓ un.	↓ adm.	↑ m	↑ m³/s	↓ N	↓ kW/h	
1	Ser rápido	9	⊖	○				○	⊖		
2	Ser sanitário	10			⊖	⊖					
3	Ter baixo consumo de energia	8	⊖	Δ					⊖	⊖	⊖
TOTAL			153,0	35,0	90,0	90,0	27,0	153,0	72,0	72,0	
Importância (%)			22,1	5,1	13,0	13,0	3,9	22,1	10,4	10,4	
			IMPORTÂNCIA DE REQUISITOS								

Figura 3.3 – QFD (matriz de relacionamentos em evidência)

Fonte: Ullman, 2010

Os relacionamentos são classificados de acordo com o grau de compatibilidade dos requisitos de usuários e de engenharia. Conforme sugerido por Ullman (2010), neste trabalho foi aplicada a seguinte métrica na matriz de relacionamentos da Casa da Qualidade (Quadro 3.7):

Quadro 3.7 – Relacionamento entre requisitos (QFD)

Símbolo	Tipo de relação	Valoração
⊖	Relação forte	9
○	Relação moderada	3
Δ	Relação fraca	1
(em branco)	Sem relação	0

Após o preenchimento da matriz de relacionamentos, é feito o somatório dos resultados dos requisitos de projeto, de acordo com a

valoração dos requisitos de usuários e verificadas as importâncias relativas. A Tabela 3.1 relaciona os requisitos de projeto priorizados de acordo com a pontuação obtida na Casa da Qualidade e o percentual de importância relativa. O QFD completo desenvolvido neste trabalho encontra-se no Apêndice B.

Tabela 3.1 – Requisitos de projeto

<b>PRIORIZAÇÃO DOS REQUISITOS DE PROJETO</b>			
<b>POS.</b>	<b>REQUISITOS DE PROJETO</b>	<b>PONT.</b>	<b>%</b>
1	Índice de automação	705,0	6,4
2	Proporção de componentes de fabricação padronizados	506,0	4,6
3	Índice de corrosão dos materiais	432,0	3,9
4	Custo de materiais	416,0	3,8
5	Regulagem do fluxo de matéria-prima	409,0	3,7
6	Proporção de materiais de fácil beneficiamento	398,0	3,6
7	Velocidade	387,0	3,5
8	Número de setups possíveis	384,0	3,5
9	Resistência mecânica de materiais	376,0	3,4
10	Proporção de materiais recicláveis	372,0	3,4
11	Capacidade de armazenamento na entrada	370,0	3,4
12	Componentes de dimensões ajustáveis	339,0	3,1
13	Resistência mecânica do conjunto	333,0	3,0
14	Peso dos módulos de montagem	333,0	3,0
15	Índice de contaminação de materiais	331,0	3,0
16	Tamanho de módulos de montagem	330,0	3,0
17	Tempo de manutenção	303,0	2,8
18	Rigidez estrutural	301,0	2,7
19	Consumo de energia	295,0	2,7
20	Proporção de ligações não permanentes	287,0	2,6
21	Resistência ao desgaste	283,0	2,6
22	Rugosidade superficial de materiais	273,0	2,5
23	Proteção física em áreas de componentes móveis	253,0	2,3
24	Sensores de parada automática em caso de abertura de proteções	248,0	2,3

25	Dilatação térmica dos materiais utilizados	246,0	2,2
26	Tempo de setup	245,0	2,2
27	Proporção de processos de fabricação convencionais	231,0	2,1
28	Iluminação para operação	221,0	2,0
29	Elementos de máquina padronizados	214,0	1,9
30	Número de módulos de montagem	203,0	1,8
31	Deslocamento máximo	200,0	1,8
32	Esforços no acionamento de componentes mecânicos	183,0	1,7
33	Área demandada para instalação e operação	179,0	1,6
34	Área aberta para lavagem rápida	171,0	1,6
35	Encontros de superfícies com ângulos agudos	121,0	1,1
36	Ruído	98,0	0,9

Como pode-se perceber na Tabela 3.1, o relacionamento dos requisitos de usuários com os requisitos de projeto apontou uma grande importância em favor do índice de automação do alimentador automático. Ou seja, fica ainda mais clara a necessidade de tornar o processo manual repetitivo e nocivo à saúde dos trabalhadores, o mais automático possível. Outro requisito de projeto, destacado frente aos demais, é a proporção de componentes de fabricação padronizados, o que é de suma importância para minimizar custos com fabricação e manutenção.

Por outro lado, requisitos de projeto como encontros de superfícies com ângulos agudos, ou seja, formação de cantos que possam acumular resíduos, não se mostraram relevantes frente aos demais. Uma possível causa para esta baixa valoração poderia ser o fato de um especialista em práticas sanitárias não ter sido consultado, o que neste caso não se aplica, pois foram consultados dois especialistas na área, um gerente de controle de qualidade e um coordenador de higienização. Outro requisito de projeto que mostrou baixa importância foi o nível de ruído, o que se explica pelo fato de não haver operadores na máquina, apenas um supervisor.

### 3.7. ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO

A lista de especificações de projeto é a principal saída do projeto informacional e deve ser redigida através de um maior detalhamento dos requisitos de projeto. Cada uma das especificações, sempre que possível,

deve possuir um valor tangível como meta a ser atingida e seu modo de verificação. Os possíveis riscos do não cumprimento das especificações devem ser analisados, observando-se o impacto causado e suas consequências para o projeto como um todo.

O Quadro 3.8 apresenta a lista de especificações de projeto, conforme estruturação proposta por Back et al. (2008).

Quadro 3.8 – Lista de especificações de projeto

POS	REQ. DE PROJETO	ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO	MODO DE VERIFICAÇÃO	POSSÍVEIS RISCOS
1	Índice de automação	Índice de automação de nível 5 na escala Lean. A carga, ciclo, descarga e transferência de peças devem ser automáticos	Escala Lean de nível de automação	Necessidade de demasiada intervenção humana, aumentando riscos de acidentes, doenças de trabalho, perdas de produtividade e contaminação do alimento
2	Proporção de componentes de fabricação padronizados	Os componentes estruturais devem ser, na medida do possível, de dimensões padronizadas e comuns no varejo. Como restrição, fica limitado ao máximo de 20% o total de componentes fora de padrão	Projeto e planejamento da fabricação	Aumento de custo e tempo de fabricação
3	Índice de corrosão dos materiais	Utilizar materiais de fabricação que tenham apresentado bom desempenho em ensaios de polarização, com potencial de corrosão de pites de pelo menos 500 mV em solução de NaCl a 100 ppm e 25°C	Análise de curvas de polarização anódica	Corrosão de partes do equipamento, podendo ocasionar contaminação de alimentos, diminuição da vida útil de componentes e riscos físicos aos operadores
4	Custo de materiais	O custo da aquisição da máquina deve ser inferior a R\$ 150.000,00	Comparativo de preços de materiais disponíveis no mercado	Inviabilidade de construção devido à necessidade de materiais de fabricação de alto custo
5	Regulagem do fluxo de matéria-prima	O fluxo de matéria prima deve ser regulado de maneira a permitir a alimentação de peixes de 22 peças/kg até 8 peças/kg	Inversores de frequência	Impossibilidade de processamento devido ao tamanho dos peixes Vs velocidade da máquina
6	Proporção de materiais de fácil beneficiamento	Todos, ou seja, 100% dos materiais devem possuir características de fácil corte, soldagem e usinagem	Tabelas técnicas de fornecedores de materiais	Aumento de custo e tempo de fabricação
7	Velocidade	A velocidade dos componentes deve ser tal, que proporcione o fluxo de produto em no mínimo 300 peças/minuto	Filmagem / cronometragem	Baixa velocidade dos componentes, ocasionando déficit de produção
8	Número de setups possíveis	A máquina deve possibilitar 3 combinações entre seus componentes a fim de comportar os variados tamanhos e espécies de peixes a serem processados	Teste prático de operação com as espécies previstas no escopo	Impossibilidade de processamento de determinados tamanhos e espécies de peixes
9	Resistência mecânica de materiais	Os componentes dinâmicos das máquinas devem ser fabricados em material que proporcione coeficiente de segurança de no mínimo 5 em relação à tensão de escoamento	Tabelas de propriedades mecânicas de materiais	Quebra prematura de componentes mecânicos, gerando paradas do equipamento para manutenção corretiva e perda de produtividade

10	Proporção de materiais recicláveis	Todos, ou seja, 100% dos materiais devem ser recicláveis	Projeto e planejamento dos componentes / tabelas de índice de reciclabilidade de materiais	Impossibilidade de reciclagem / má destinação de peças usadas / impacto ambiental
11	Capacidade de armazenamento na entrada	O volume de armazenamento de produto na entrada da máquina deve ser de no mínimo 2 m <sup>3</sup>	Medições com trena e cálculo de volume	Pouco volume de matéria prima na entrada, podendo causar atrasos
12	Componentes de dimensões ajustáveis	Os componentes devem ser dimensionados com ajustes de largura de maneira a permitir o fluxo de peixes de 22 peças/kg até 8 peças/kg	Medições com paquímetro e micrômetro	Não atender a variedade de tamanho de peixes necessária ao processamento
13	Resistência mecânica do conjunto	A estrutura do equipamento deve ser construída de maneira a possuir coeficiente de segurança de no mínimo 3 em relação à tensão de escoamento	Tabelas de propriedades mecânicas de materiais	Falhas estruturais e suscetibilidade a ação de interferências externas ao equipamento
14	Peso dos módulos de montagem	Cada um dos módulos de montagem não deve exceder a massa de 40 kg	Análise de propriedades de massa em modelo CAD	Problemas ergonômicos devido a esforços demasiados na montagem dos componentes
15	Índice de contaminação de materiais	Os componentes fabricados em aço, devem ser de liga de baixo carbono, ficando limitado o máximo de 0,08 %	Tabelas de propriedades químicas de materiais	Contaminação do alimento e consequente perda de lotes de matéria prima
16	Tamanho de módulos de montagem	Cada um dos módulos de montagem deve possuir no máximo 3 m no sentido da maior dimensão	Medições com trena	Dificuldade de acesso, transporte e montagem
17	Tempo de manutenção	O tempo de desmontagem/montagem de quaisquer peças de reposição, deve ser inferior a 10 minutos	Cronometragem do tempo de substituição de peças de reposição	Custo elevado com manutenção e perda de produtividade devido a longas paradas para reparos na máquina
18	Rigidez estrutural	A rigidez estrutural das máquinas deve ser superior a 200 N/m	Análises de estática e resistência de materiais	Dessincronização, desregulagem e falhas mecânicas causadas por esforços externos não previstos
19	Consumo de energia	A potência instalada deve ser de no máximo 10 kW	Medições com wattímetro	Custo fixo elevado devido ao alto consumo energético
20	Proporção de ligações parafusadas	Todas, ou seja, 100% das uniões da montagem geral e submontagens da máquina devem ser compostas de ligações parafusadas	Projeto e planejamento da montagem	Custo elevado com mão-de-obra especializada na montagem / risco de contaminação dos materiais
21	Resistência ao desgaste	Os elementos dinâmicos fabricados em aço, devem possuir dureza superficial superior a 42 HRC. Os elementos dinâmicos fabricados em polímero, devem possuir dureza Shore D superior a R100	Tabelas de propriedades mecânicas de materiais	Desgaste prematuro de componentes mecânicos
22	Rugosidade superficial de materiais	As superfícies de fluxo de produto devem ser polidas, com rugosidade igual ou inferior a 0,2 µm	Medições com rugosímetro	Contaminação e dificuldade de limpeza, devido a porosidades nas partes que entram em contato com o alimento
23	Proteção física em áreas de componentes móveis	Cada conjunto de elementos móveis deve ter ao menos uma barreira física rígida que proteja toda a área contra contatos acidentais	Inspeção visual	Acidente de trabalho devido à falta de proteção de sistemas perigosos

24	Sensores de parada automática em caso de abertura de proteções	Deve haver ao menos 1 sensor de parada automática, para cada barreira física de proteção de elementos girantes	Inspeção visual	Acidentes de trabalho devido à abertura de proteções de elementos dinâmicos, com a máquina em funcionamento
25	Dilatação térmica dos materiais utilizados	Os materiais devem ter coeficiente linear de expansão térmica a 23°C inferior a $90.10^{-6} K^{-1}$	Tabelas de propriedades térmicas de materiais	Dilatação de componentes, podendo gerar trancamentos e desalinhamentos da matéria prima
26	Tempo de setup	O tempo de setup da máquina para atendimento aos diferentes tamanhos de peixes deve ser inferior a 30 minutos	Cronometragem do tempo de setup	Atrasos de produção
27	Proporção de processos de fabricação convencionais	Todos, ou seja, 100% dos processos de fabricação do produto devem empregar métodos convencionais de fabricação	Projeto e planejamento da fabricação	Alto custo e maior tempo de fabricação
28	Iluminação para operação	A iluminância do posto de trabalho deve ser de no mínimo 750 lux	Medições com luxímetro	Acidentes de trabalho devido à baixa luminosidade no posto de trabalho
29	Elementos de máquina padronizados	Todos os elementos de máquina, como parafusos, porcas, engrenagens, entre outros, devem seguir o sistema métrico	Medições com paquímetro e micrômetro	Incompatibilidade com ferramentas de manutenção que utilizem o sistema métrico
30	Número de módulos de montagem	A montagem geral do equipamento deve ser composta de no máximo 5 submontagens a serem unidas por ligações não permanentes	Projeto e planejamento da montagem	Maior tempo e complexidade no processo de montagem do equipamento
31	Deslocamento máximo	O deslocamento máximo admitido na estrutura da máquina deve ser inferior a $L/300$ (em mm), onde L é o comprimento da barra utilizada	Análise de elementos finitos	Perda de confiabilidade e vida útil devido a vibrações e instabilidade no chassi da máquina
32	Esforços no acionamento de componentes mecânicos	Cada componente móvel de um mecanismo, deve possuir massa de no máximo 200 g, a fim de diminuir o Trabalho do sistema mecânico	Análise dinâmica computacional	Necessidade de grande quantidade de energia para movimentação de componentes, elevando o custo fixo de operação da máquina
33	Área demandada para instalação e operação	O espaço ocupado pelo conjunto deve ser limitado a 10 m <sup>2</sup>	Medições com trena e cálculo de área	Necessidade de grande área para instalação e operação
34	Área aberta para lavagem rápida	A máquina deve possuir bocas de visita para lavagem de seu interior. Cada boca de visita deve possuir ao menos 0,15 m <sup>2</sup> e permitir acesso a todos os componentes	Medições com trena e cálculo de área	Dificuldade de acesso para higienização de todo o equipamento, podendo gerar contaminações
35	Encontros de superfícies com ângulos agudos	O ângulo entre superfícies de chapas deve ser superior a 90°, para evitar acúmulo de sujeiras, escamas e restos de peixes	Inspeção visual	Constante deposição de sujeiras e contaminantes
36	Ruído	O ruído máximo, medido do posto de trabalho, deve ser de 80 dBA	Medições com decibelímetro	Riscos de doenças do trabalho, diminuição da capacidade auditiva do operador e irritabilidade

As especificações aqui atribuídas são utilizadas para conduzir o processo de desenvolvimento do alimentador automático durante as fases conceitual e preliminar. Estas especificações também são utilizadas ao final do projeto como método de validação do produto, adotando os modos de verificação aqui definidos.

#### **4. PROJETO CONCEITUAL DE ALIMENTADOR PARA UMA EVISCERADORA DE PEIXES**

Neste capítulo, aborda-se a fase de projeto conceitual, onde através de métodos intuitivos e sistemáticos, buscou-se alcançar a melhor concepção possível para o produto industrial deste trabalho.

Utilizou-se a abstração para identificação dos principais problemas do projeto através das especificações obtidas no Capítulo 3. De acordo com Pahl e Beitz (2005), com a abstração prescinde-se do individual e do fortuito e busca-se conhecer o geral e o principal, a fim de que a função global e as condicionantes principais sejam identificáveis, sem, no entanto, fixar um tipo particular de solução. Com esta prática busca-se verificar caminhos para soluções inovadoras em detrimento de ideias fixas e convencionais.

Após a identificação e formulação dos problemas do projeto, utilizou-se do método da síntese funcional para estabelecer a estrutura e fluxo de funções, conforme abordado por Back et al. (2008).

Com o apoio da ferramenta da matriz morfológica, foram pesquisados princípios de solução que pudessem atender as diferentes funções do produto, sendo estes combinados para o desenvolvimento de conceitos alternativos para o mesmo produto.

A escolha do conceito definitivo do produto foi obtida de maneira sistemática, iniciando-se através de uma primeira triagem levando em consideração critérios generalizados (método de Pugh). As concepções viáveis foram detalhadas e submetidas a outro método sistemático de seleção, desta vez, levando em consideração critérios específicos valorados para determinar o valor da função utilidade e os perfis de valores das soluções.

##### **4.1. ESTRUTURA FUNCIONAL DO PRODUTO**

Para definição da estrutura funcional do produto, foi utilizado o método da síntese funcional, sendo este, um dos métodos mais referenciados na literatura para geração de concepções (Back et al., 2008).

De acordo com Ullman (2010), deve-se ter em mente que a função informa o que o produto deve fazer, enquanto a estrutura transmite como o produto irá fazer isto. A função do produto deve representar a relação geral e desejada entre entrada e saída de um sistema, expressa em meios de energia, material e sinal (Pahl e Beitz, 2005).

A função global do produto deste trabalho foi definida como “organizar e alimentar peixes em uma máquina evisceradora”. As

relações de conversão de energia, material e sinal, ou causalidades são representadas na Figura 4.1.

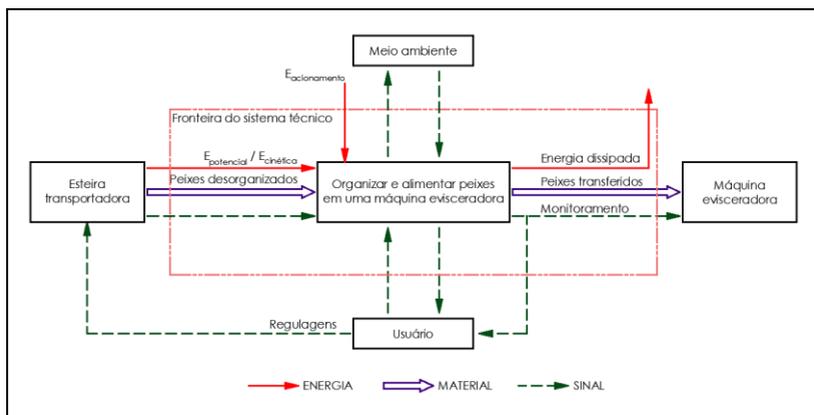


Figura 4.1 – Função global do sistema técnico

Fonte: O autor

Conforme exposto no Capítulo 2, as máquinas similares pesquisadas na literatura e no mercado possuem, de maneira geral, a mesma estrutura funcional para resolver o problema da alimentação automática de pescados em máquinas evisceradoras. Este trabalho não objetivou o desenvolvimento de uma nova estrutura de funções, buscando-se dar ênfase ao processo de desenvolvimento de novos conceitos, motivo pelo qual optou-se pela utilização da mesma estrutura funcional dos fabricantes europeus (Figura 4.2).







Na primeira subfunção, “receber peixes”, os peixes são recebidos de maneira desorganizada e a um fluxo constante por uma esteira transportadora de vazão conhecida. Nesta primeira etapa, ocorre a regulagem da velocidade de entrada e a correta distribuição dos peixes na máquina, para que as funções subsequentes possam ser executadas.

À subfunção “orientar o sentido dos peixes” é atribuída a tarefa de direcionar todos os peixes no sentido cabeça-cauda para a próxima tarefa. Para garantir o sucesso das etapas seguintes é necessário um monitoramento contínuo desta etapa e correção em caso de erros no posicionamento.

A subfunção “transportar e ordenar em fila” é necessária para que os peixes sejam entregues um a um na máquina evisceradora, condição imprescindível para efetuar o processo de corte e evisceração. Por este fato, é preciso que o monitoramento nesta etapa seja realizado peça a peça, e que os peixes que não estejam na posição correta sejam retornados ao início do processo.

Na subfunção “rotacionar no sentido barriga-dorso”, os peixes são rotacionados em relação a seu eixo longitudinal, de maneira que a barriga seja posicionada para ir de encontro à ferramenta de corte da máquina evisceradora, o que favorece o corte e prolonga a vida útil das ferramentas.

A última subfunção do produto, “transferir sincronicamente com a evisceradora”, atende à necessidade de alimentar os peixes sempre na posição correta, identificada no processo de obtenção das especificações de projeto. Esta etapa garante que o peixe seja entregue em um receptáculo específico da evisceradora que, através de um sinal retroalimentado, fornece a posição a ser ocupada.

#### 4.2. GERAÇÃO DE CONCEPÇÕES DO PRODUTO

De acordo com Back et al. (2008), atualmente na literatura, é possível encontrar uma quantidade razoável de métodos sistemáticos para geração de concepções de produto, podendo-se citar dentre os principais, o método da TRIZ, por Altshuller; o método da teoria de solução inventiva de problemas; e o método da matriz morfológica, sendo o último, amplamente utilizado no desenvolvimento de produtos no NeDIP.

A matriz morfológica, apresentada na Figura 4.3, consiste no agrupamento de princípios de solução potencialmente aplicáveis para a resolução de cada uma das subfunções identificadas através da estrutura funcional do produto. Conforme proposta de Pahl e Beitz (2005), a matriz deve ser construída selecionando-se primeiramente a função e, como

parâmetro da linha, as subfunções a serem atendidas. Nas colunas, de forma numerada, devem ser expostos os possíveis princípios de solução e suas características.

Após o desenvolvimento da matriz morfológica, a partir da combinação dos princípios de solução, são criadas concepções alternativas que forneçam propostas possíveis e adequadas para a resolução da função global do produto. Neste trabalho, as concepções alternativas foram descritas textualmente e graficamente através de modelo CAD simplificado, formado a partir da combinação dos princípios de solução. Desta maneira, pôde-se ter uma visão melhor de cada sistema, o que facilita o processo de triagem e seleção das melhores concepções.

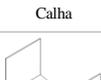
Quadro 4.1 – Matriz morfológica da função global “organizar e alimentar peixes em uma máquina evisceradora”

CONC.	FUNÇÃO	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO				
I	Receber peixes					
II	Orientar sentido dos peixes					
III	Transportar e ordenar em fila					
IV	Rotacionar no sentido barriga-dorso					
V	Transferir sincronicamente com a evisceradora					

As concepções alternativas foram geradas a partir da combinação de princípios de solução expostos na matriz morfológica. Neste processo foram geradas quatorze concepções alternativas, número que foi resumido a sete mais promissoras demonstradas no Quadro 4.2. Após uma

análise preliminar, cinco destas soluções mostraram-se possivelmente aplicáveis, sendo as concepções 05 e 06 descartadas por falta de compatibilidade entre os princípios de solução.

Quadro 4.2 – Concepções geradas a partir dos princípios de solução

Função / Concepção	I	II	III	IV	V
	Receber peixes	Orientar sentido dos peixes	Transportar e ordenar em fila	Rotacionar no sentido barriga-dorso	Transferir sincroniz. com a evisceradora
01	Tolva 	Oscilação + retorno por disco 	Esteiras c/ controle de velocidade 	Rolete e guia móvel 	Braço móvel sincronizado 
02	Silo vertical 	Tombamento direcionado 	Guias fixos 	Guias fixos 	Correia e porta automática 
03	Tanque submerso 	Oscilação + retorno por tambor 	Esteiras c/ controle de velocidade 	Par de roletes estriados 	Defletor móvel sincronizado 
04	Calha 	Vibração + retorno por escova 	Correias convergentes 	Correias laterais 	Par de rolos sincronizados 
05	Silo horizontal 	Escorregamento + chuveiro 	Calha 	Garra 	Braço móvel sincronizado 
06	Tanque submerso 	Oscilação + retorno tambor 	Par de rolos 	Correias laterais 	Guia + rolete sincronizado 
07	Calha 	Oscilação + retorno disco 	Guias fixos 	Rolete e guia móvel 	Guia + rolete sincronizado 

As cinco principais concepções estudadas são descritas em mais detalhes no Apêndice C desta dissertação.

#### 4.3. TRIAGEM DE CONCEPÇÕES

O método de avaliação de concepções configura papel importante no processo de desenvolvimento, devendo ser escolhido em função dos fatores preponderantemente relevantes para a equipe de projeto e para os interesses da organização. Neste trabalho, os fatores observados para seleção do método de avaliação, foram puramente técnicos, não sendo realizado projeto para viabilidade econômica do produto.

Desta maneira, optou-se pela utilização do método de Pugh (Otto e Wood, 2001). Este método, simples e de fácil aplicação, permite diferenciar as concepções viáveis das inviáveis (Back et al., 2008). A avaliação da matriz é realizada a partir de critérios generalizados e de igual peso, comparando-se cada uma das concepções a uma concepção de referência, de preferência escolhida ao acaso.

Os critérios generalizados para a avaliação foram escolhidos pelo autor, em virtude da natureza do produto. Por tratar-se de uma máquina industrial de alto volume de processamento, preferiu-se a escolha por critérios como confiabilidade, desempenho da função, automação, robustez e segurança, atributos chave para o cumprimento das especificações de projeto.

O Quadro 4.3 apresenta o resultado da aplicação da matriz de Pugh, tomando como solução de referência, a Concepção 01. Utilizou-se como critério de eliminação, as soluções com diferença de mais de três pontos em relação à melhor solução. Caso houvesse empate, a escolha seria feita em função da maior pontuação nos critérios de desempenho da função e confiabilidade.

O preenchimento da matriz de Pugh foi realizado em conjunto com a equipe de engenharia da empresa-alvo, formada por dois projetistas de máquinas e um engenheiro mecânico projetista. Primeiramente cada um dos cinco conceitos em estudo foi elucidado, ao passo que cada um dos membros preencheu a matriz de Pugh individualmente. Após o exercício, a lista definitiva foi preenchida de acordo com a resposta da maioria. Nas ocasiões de empate, como foi o caso do critério “desempenho da função” no Conceito 03, a equipe se reuniu novamente e decidiu a melhor alternativa em conjunto.

Quadro 4.3 – Matriz de Pugh para triagem de concepções

Nº	Critérios generalizados	Concepções alternativas geradas				
		C01 (REF.)	C02	C03	C04	C07
1	Desempenho de função	0	-	+	-	-
2	Segurança	0	+	-	0	+
3	Ergonomia adequada	0	-	0	0	-
4	Alta confiabilidade	0	-	+	-	-
5	Robustez	0	+	0	0	0
6	Fácil fabricação	0	+	0	+	+
7	Fácil armazenagem	0	-	-	0	0
8	Fácil uso	0	-	0	-	-
9	Fácil manutenção	0	0	-	+	-
10	Fácil automação	0	-	0	-	-
<b>RESULTADO</b>		<b>0</b>	<b>-3</b>	<b>-1</b>	<b>-2</b>	<b>-4</b>

Com o resultado da matriz, evidenciaram-se vários pontos fracos nas concepções 02 e 07. De maneira geral, após análise, ficou nítida a probabilidade de não cumprimento da função global do produto, além de dificuldades no processo de automação e difícil utilização. Por estes motivos, decidiu-se pela continuidade dos estudos em apenas três concepções, 01, 03 e 04.

#### 4.4. ANÁLISE DAS MELHORES CONCEPÇÕES

Após a eliminação das concepções não viáveis, as melhores concepções foram estudadas com mais afinco. Foram desenhados esboços e agrupamentos básicos dos princípios de solução, descrevendo brevemente o funcionamento de cada subfunção.

##### 4.4.1. Concepção 01

A Concepção 01 foi destacada em relação às demais dada sua simplicidade e a compatibilidade entre os princípios de solução empregados. Outra característica importante é o espaço reduzido que ocupa, por não considerar um grande pulmão de armazenamento na entrada do sistema. A Figura 4.3 apresenta um modelo simplificado da

Concepção 01, não levando em consideração ainda, o leiaute final da solução.

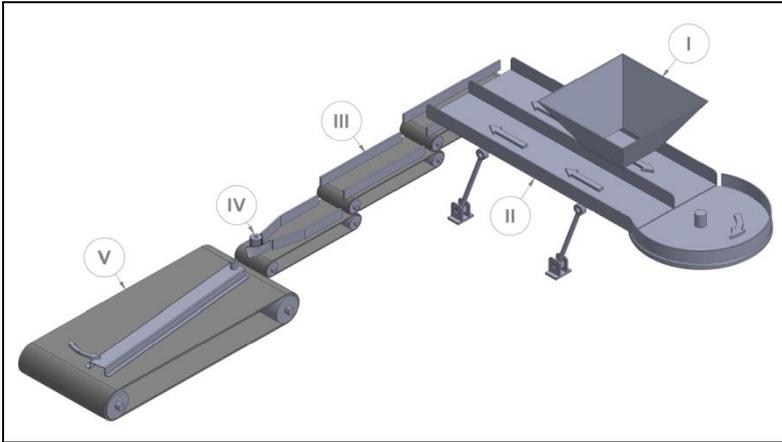


Figura 4.3 – Modelo simplificado da Concepção 01

Conforme orientação na Figura 4.3, nesta concepção os peixes são recebidos em uma tolva em forma de tronco de pirâmide (I). Um conjunto mecânico oscilatório composto por uma superfície plana, braços articulados e motor com braço excêntrico identifica a necessidade de reorientar o sentido do peixe. Devido à diferença de coeficiente de atrito da superfície do peixe causada pelas escamas, o movimento oscilatório da superfície plana faz com que os peixes se desloquem sempre para frente, o que causa fluxo nos dois sentidos. Os peixes que se deslocam ao sentido oposto da saída do orientador, são reorientados pelo disco de retorno posicionado no lado de trás do dispositivo (II). Os peixes orientados são transportados até um conjunto de esteiras, que devido à diferença de velocidade crescente no fluxo, tende a espaçar os peixes um a um, formando uma fila indiana (III). Os peixes, em fila, passam então, pelo dispositivo de rotacionar a barriga (IV), composto por um rolete estriado rotativo e um guia móvel acionado por uma mola à tração. Ao passar pelo rolete, devido à geometria de sua cabeça, o peixe é rotacionado de maneira que seu dorso fica para cima. O guia lateral, com ajuda da mola, mantém o peixe pressionado ao rolete de maneira a se adequar à sua largura. Uma dobra angular na saída da guia móvel, causa o tombamento sempre na mesma posição. Os peixes, então, entram um a um no transferidor final (V), composto por uma correia e um braço móvel articulado. A entrada é fixa através de um pivô, assim o braço se

movimenta angularmente para alimentar sincronicamente os peixes com os receptáculos da máquina de evisceração.

#### 4.4.2. Concepção 03

A Concepção 03, em um primeiro momento, mostrou-se a mais promissora a cumprir a função global com máxima confiabilidade. A solução é composta por princípios de solução bem estabelecidos e possui fabricação simplificada, reduzindo o custo inicial de aquisição. A Figura 4.4 apresenta o modelo simplificado desta solução alternativa.

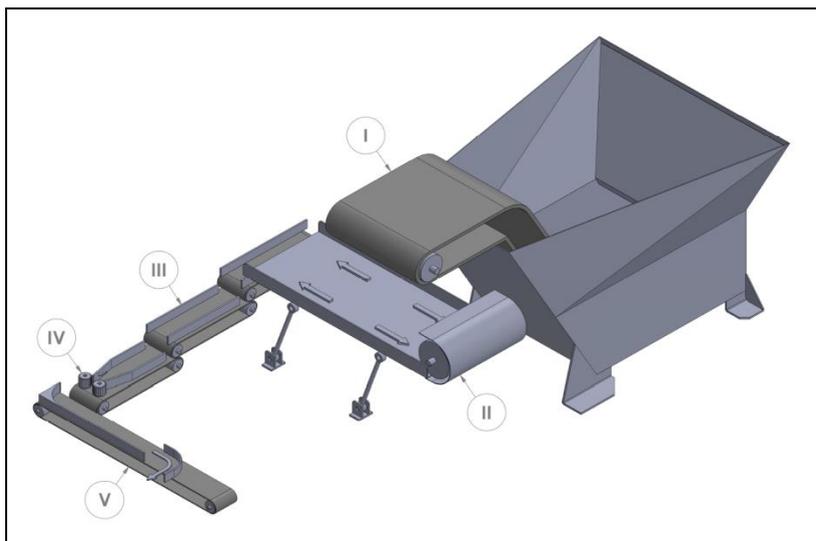


Figura 4.4 – Modelo simplificado da Concepção 03

Nesta concepção, conforme Figura 4.4, os peixes são recebidos em um tanque submerso com esteira (I). Um conjunto mecânico oscilatório composto por uma superfície plana, braços articulados e motor com braço excêntrico identifica a necessidade de reorientar o sentido do peixe. Devido à diferença de coeficiente de atrito da superfície do peixe causada pelas escamas, o movimento oscilatório da superfície plana faz com que os peixes se desloquem sempre para frente, o que causa um fluxo nos dois sentidos. Os peixes que se deslocam ao sentido oposto da saída do orientador, são reorientados por um tambor rotativo posicionado no lado de trás do dispositivo (II). Os peixes orientados são transportados até um conjunto de esteiras, que devido à diferença de velocidade crescente no fluxo, tende a espaçá-los um a um, formando uma fila indiana (III). Os

peixes em fila passam então pelo dispositivo de rotacionar a barriga (IV), composto por dois roletes estriados. Ao passar pelos roletes, devido à geometria de sua cabeça, o peixe é rotacionado de maneira que o dorso fica para cima. Os peixes, então, entram um a um no transferidor final (V), composto por uma correia e um perfil defletor móvel, que atua sincronizado com os receptáculos da máquina evisceradora.

#### 4.4.3. Concepção 04

A Concepção 04 foi escolhida devido ao pequeno número de componentes utilizados para cumprimento das subfunções. Alguns dos princípios de solução são bem estabelecidos e utilizados comumente em fabricação de máquinas industriais, entretanto utiliza um transportador vibratório para realizar a orientação das cabeças dos peixes, sistema que possui certas particularidades na fabricação que se não respeitadas, podem gerar quebra prematura de componentes. A Figura 4.5 ilustra o modelo simplificado da Concepção 04.

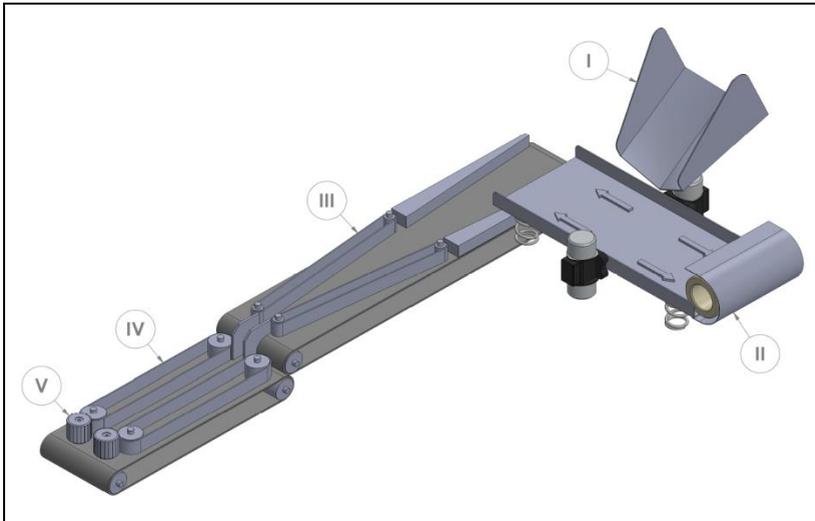


Figura 4.5 – Modelo simplificado da Concepção 04

Na Concepção 04, os peixes são recebidos por uma calha de passagem (I), que alimenta o orientador vibratório. O sistema de vibração (II), é composto por uma bandeja apoiada sobre molas, que excitadas por dois motores excêntricos sincronizados, geram um movimento oscilatório no sistema, direcionando os peixes de acordo com a posição da cabeça.

Os peixes deslocados para o lado contrário, são reorientados por uma escova rotativa, que os empurra para a saída deste processo. No processo seguinte, ocorre o transporte por correia sem fim, tendo o percurso afunilado por outras duas correias sem fim, perpendiculares à correia de transporte (III). O afunilamento, em conjunto com o deslizamento das correias laterais, causa a formação da fila e distanciamento entre os peixes. A rotação da barriga é feita através de duas correias paralelas perpendiculares a uma correia de transporte inferior (IV). No momento do contato com a correia, o peixe, em função da geometria da cabeça, tende a ficar com o lombo para cima, restando apenas, rotacioná-lo com um guia para o lado desejado. A transferência para descarga é feita através de um par de rolos estriados (V), que, acionados conforme fluxo de sinal da máquina evisceradora, entregam o peixe no receptáculo correto.

#### 4.4.4. Escolha da concepção definitiva

Para escolha da concepção definitiva foi realizada uma análise mais refinada, levando em consideração critérios específicos do produto. Os critérios específicos são desdobramentos dos critérios generalizados, sendo escolhidos a partir das especificações mais relevantes do projeto. Sempre que possível, estes critérios são expressos por parâmetros quantitativos e mensuráveis (Back et al, 2008).

Para valoração das concepções, utilizou-se o método de valor da função utilidade, pois além de simples, proporciona uma classificação adequada das diferentes soluções estudadas. Neste método, são atribuídos valores aos parâmetros, através de ideias de valor do avaliador, o que conota um componente subjetivo ao processo (Pahl e Beitz, 2005).

Conforme abordado por Sen (2001), na função utilidade, representada pela Equação 4.1, o termo  $\omega_i$  é o peso de importância do critério, e,  $u_{i,j}$ , o valor atribuído ao critério  $i$  da concepção alternativa  $j$ .

$$U_j = \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot u_{i,j} \quad (4.1)$$

Os pesos de importância dos critérios específicos são definidos a partir de uma matriz de avaliação por comparação par a par. Nesta comparação, conforme abordado por Stoll (1999, apud Back et al., 2008), a partir do cruzamento entre linha e coluna, define-se o critério mais importante. Ao critério mais importante, atribui-se o valor 1, e ao outro, 0. Aos critérios igualmente importantes, atribui-se o valor 0,5.

O Quadro 4.4 representa a matriz de avaliação dos critérios específicos. O quadro 4.5 apresenta os critérios classificados de acordo com o nível de importância obtido na matriz. Conforme esperado, os critérios melhor posicionados são aqueles referentes à segurança de operação, ergonomia e segurança alimentar.

Após a definição dos pesos, os critérios menos relevantes (terciários) foram descartados, não sendo utilizados como parâmetros para obtenção da função utilidade. Definiu-se como valor de corte, os critérios que obtiveram representatividade menor do que 3,0% na matriz de avaliação. Os critérios que apresentaram peso maior do que 5,0% são critérios chave, e foram definidos como prioridade no desenvolvimento do produto. Os critérios que obtiveram pesos entre 3,0 e 5,0% foram definidos como secundários, tendo, portanto, menor impacto no valor global das concepções alternativas.

Quadro 4.4 – Matriz de avaliação dos pesos dos critérios específicos

		CRITÉRIOS ESPECÍFICOS																						
X0	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	Soma (Si)	Peso (wi)		
CRITÉRIOS ESPECÍFICOS	x1		0,5	0	0	0	1	0	0,5	0	0,5	0	1	0,5	0	1	1	0	0,5	1	0	7,5	0,039	
	x2	0,5		0	0,5	0	1	0	0,5	0	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	0	0,5	1	0	8,5	0,045	
	x3	1	1		0,5	0,5	1	0	1	0	0	0,5	0,5	1	0,5	1	1	0,5	1	0,5	0	11,5	0,061	
	x4	1	0,5	0,5		0	1	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0	8,5	0,045	
	x5	1	1	0,5	1		1	0	0,5	0	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	1	0	12,5	0,066	
	x6	0	0	0	0	0		0	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0	0	0,5	0	3,0	0,016	
	x7	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19,0	0,100	
	x8	0,5	0,5	0	0,5	0,5	1	0		0	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	1	0	0,5	1	0	9,5	0,050	
	x9	1	1	1	1	1	1	0	1		1	1	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	15,0	0,079	
	x10	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0		1	0,5	0,5	0	1	0,5	0	0,5	0,5	0,5	9,0	0,047	
	x11	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0	0,5	0	0		1	0,5	0,5	1	0,5	0	0,5	0,5	0	9,0	0,047	
	x12	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0	0	0,5	0		0,5	0	1	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0	5,0	0,026	
	x13	0,5	0,5	0	1	0,5	0,5	0	0,5	0	0,5	0,5	0,5		0,5	1	1	0,5	0,5	1	0	9,5	0,050	
	x14	1	0,5	0,5	0,5	0	1	0	0,5	0	1	0,5	1	0,5		1	1	0,5	0,5	1	0	11,0	0,058	
	x15	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0,5	0	1,5	0,008	
	x16	0	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0	0	1		0	0,5	0,5	0	5,0	0,026	
	x17	1	1	0,5	0,5	0,5	1	0	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1		1	1	0	14,5	0,076
	x18	0,5	0,5	0	0,5	0	1	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0		0,5	0,5	8,5	0,045	
	x19	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0	0	1	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0	0,5		0	5,5	0,029	
	x20	1	1	1	1	1	1	0	1	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1		16,5	0,087	

Quadro 4.5 – Priorização dos critérios específicos

CRITÉRIOS ESPECÍFICOS CLASSIFICADOS POR ORDEM DE IMPORTÂNCIA			
ESP.	CRITÉRIOS ESPECÍFICOS	PESO (wi)	
PRIORITÁRIOS	x7	Possibilidade de instalação de sensores de segurança	0,100
	x20	Baixo índice de corrosão dos materiais	0,087
	x9	Mínimo esforços para operação / supervisão da máquina	0,079
	x17	Alto índice de automação	0,076
	x5	Fácil regulagem do fluxo de matéria-prima	0,066
	x3	Máximo de componentes de dimensões ajustáveis	0,061
	x14	Alta rigidez estrutural	0,058
SECUNDÁRIOS	x8	Altura de posto de trabalho ergonômica	0,050
	x13	Monitoramento de falhas na saída	0,050
	x10	Poucos movimentos necessários pelo supervisor	0,047
	x11	Alta resistência mecânica	0,047
	x2	Alta capacidade de armazenamento na entrada	0,045
	x4	Fácil regulagem de velocidade de alimentação	0,045
	x18	Área aberta suficiente para lavagem rápida	0,045
TERCIÁRIOS	x1	Alta velocidade	0,039
	x19	Tempo de manutenção reduzido	0,029
	x12	Alta resistência ao desgaste	0,026
	x16	Pouca ocupação de área para instalação e operação	0,026
	x6	Baixo consumo de energia	0,016
x15	Baixo número de componentes mecânicos	0,008	

O Quadro 4.6 apresenta o resultado da determinação dos valores da função utilidade das diferentes concepções do produto. Para valoração dos critérios  $u_{i,j}$ , utilizou-se escala de 0 a 10, tendo equivalência qualitativa conforme indicado abaixo:

- 0 a 1 – Ruim;
- 2 a 3 – Regular;
- 4 a 5 – Satisfatório;
- 6 a 7 – Bom;
- 8 a 9 – Muito bom;
- 10 – Excelente



Quadro 4.6 – Determinação dos valores da função utilidade das concepções do produto

VALOR DA FUNÇÃO UTILIDADE E ORDENAÇÃO DAS CONCEPÇÕES													
Esp	Critérios de avaliação	Peso (wi)	Parâmetros	Un.	Concepção 01			Concepção 03			Concepção 04		
					Ai, 1	ui, 1	wi*ui, 1	Ai, 3	ui, 3	wi*ui, 3	Ai, 4	ui, 4	wi*ui, 4
	x01 Alta velocidade	0,04	Magnitude da velocidade vetorial	m/s	Bom	7	0,31	Bom	7	0,31	Satisfatório	4	0,18
	x02 Alta capacidade de armazenamento na entrada	0,05	Volume do reservatório de entrada	m³	Muito bom	8	0,40	Excelente	10	0,50	Regular	3	0,15
	x03 Máximo de componentes de dimensões ajustáveis	0,07	Dimensão de regulagem de componentes	m	Bom	7	0,47	Bom	7	0,47	Regular	2	0,14
	x04 Fácil regulagem de velocidade de alimentação	0,05	Velocidade de alimentação	m/s	Satisfatório	4	0,20	Excelente	10	0,50	Regular	2	0,10
	x05 Fácil regulagem do fluxo de matéria-prima	0,07	Facilidade de regulagem da vazão mássica durante o processo	kg/s	Satisfatório	5	0,37	Bom	7	0,51	Regular	2	0,15
	x07 Possibilidade de instalação de sensores de segurança	0,11	Quantidade de sensores	Un.	Excelente	10	1,12	Excelente	10	1,12	Excelente	10	1,12
	x08 Altura de posto de trabalho ergonômica	0,06	Atendimento às normas de segurança / ergonomia, quanto à altura do posto de trabalho	m	Excelente	10	0,56	Excelente	10	0,56	Excelente	10	0,56
	x09 Mínimo esforços para operação / supervisão da máquina	0,09	Força necessária pelo operador na supervisão do processo	N	Muito bom	9	0,79	Bom	7	0,62	Regular	3	0,26
	x10 Poucos movimentos necessários pelo supervisor	0,05	Quantidade de movimentos necessários	mov/s	Excelente	10	0,53	Muito bom	8	0,42	Regular	2	0,11
	x11 Alta resistência mecânica	0,05	Tensão admissível do conjunto mecânico	MPa	Muito bom	8	0,42	Muito bom	8	0,42	Muito bom	9	0,48
	x13 Monitoramento de falhas na saída	0,06	Facilidade de monitoramento de falha da função global do sistema	pçs/s	Excelente	10	0,56	Excelente	10	0,56	Excelente	10	0,56
	x14 Alta rigidez estrutural	0,06	Rigidez da estrutura de sustentação	N/m	Bom	6	0,39	Bom	7	0,45	Muito bom	8	0,52
	x17 Alto índice de automação	0,09	Índice de automação na escala Lean	adm.	Muito bom	9	0,77	Excelente	10	0,85	Ruim	1	0,09
	x18 Área aberta suficiente para lavagem rápida	0,05	Área aberta para higienização	m²	Muito bom	8	0,40	Bom	6	0,30	Muito bom	8	0,40
	x20 Baixo índice de corrosão dos materiais	0,10	Desempenho em ensaios de polarização, com potencial de corrosão de pites	mV	Muito bom	9	0,87	Muito bom	9	0,87	Muito bom	9	0,87
<b>Valor da função utilidade <math>W_{uj}</math></b>					$U_{w1} / U_{wu1}$	<b>120,00</b>	<b>8,16</b>	$U_{w3} / U_{wu3}$	<b>126,00</b>	<b>8,48</b>	$U_{w4} / U_{wu4}$	<b>83,00</b>	<b>5,67</b>
					$W_1 / W_{u1}$	<b>0,80</b>	<b>0,82</b>	$W_3 / W_{u3}$	<b>0,84</b>	<b>0,85</b>	$W_4 / W_{u4}$	<b>0,55</b>	<b>0,57</b>
<b>Ordenação das concepções</b>					<b>2°</b>			<b>1°</b>			<b>3°</b>		



Com uma ponderação de 57%, pôde-se evidenciar uma série de pontos críticos na Concepção 04, sobretudo nos critérios referentes à automação e possibilidade de ajuste do sistema. A Concepção 03 apresentou o maior valor global e a melhor ponderação global, entretanto, a Concepção 01 apresentou um resultado bastante próximo.

Pahl e Beitz (2005) sugere o desenvolvimento de um perfil de valores para melhor análise dos pontos fracos de cada concepção, identificados por valores abaixo da média com relação aos critérios de avaliação. Este método também permite visualizar o perfil mais equilibrado, que seja livre de pontos fracos de maior gravidade. No caso de um empate entre o valor global das concepções, a concepção com o perfil mais homogêneo geralmente é a mais vantajosa.

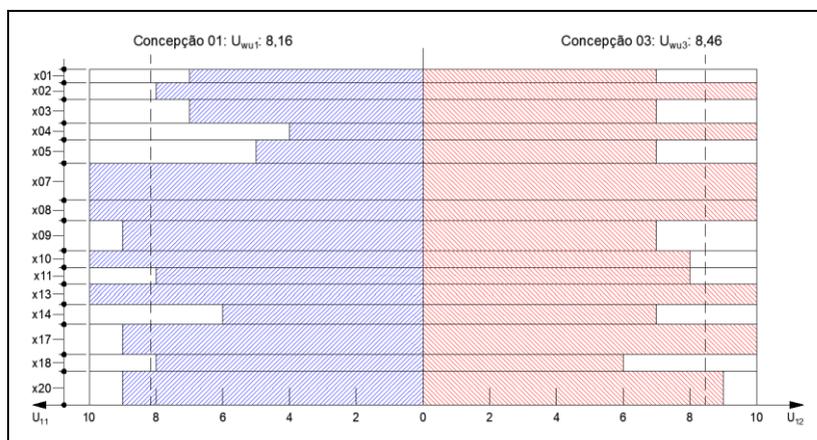


Figura 4.6 – Comparação dos perfis da função de utilidade das Concepções 01 e 03

Através da comparação entre os perfis de valores das concepções 01 e 03 (Figura 4.6), a solução com o maior valor global, também apresentou o perfil mais balanceado. A análise da Concepção 01 mostra deficiências mais acentuadas em critérios definidos como prioritários, como facilidade de regulagem do fluxo de matéria prima (x5) e rigidez estrutural (x14). Dentre os critérios definidos como secundários, a Concepção 01 também apresentou baixo desempenho no critério velocidade de alimentação (x4).

Como resultado da etapa de Projeto Conceitual, definiu-se, de maneira sistemática, a Concepção 03 como a mais apropriada e a que

melhor se adequa aos critérios de avaliação propostos, sendo, portanto, a concepção definitiva.

Embora a Concepção 03 tenha sido identificada como a mais apropriada para resolução do problema de projeto, sua representação ainda é muito abstrata e apresenta pontos fracos a serem melhorados. Esta evolução é desenvolvida no Projeto Preliminar, etapa na qual a solução é desenvolvida em concordância com as especificações de projeto, são identificadas possíveis falhas funcionais, compatibilidades e efeitos de perturbação do ambiente, o que é apresentado no próximo capítulo.

## 5. PROJETO PRELIMINAR DE ALIMENTADOR PARA UMA EVISCERADORA DE PEIXES

Este capítulo tem como objetivo, a apresentação do processo de definição do leiaute final e da viabilidade técnica do alimentador automático.

Nesta fase, conforme diretrizes abordadas por Back et al (2008), foram identificadas as especificações de projeto relacionadas a dimensões e leiaute, para elaborar diagramas de elementos construtivos dos princípios de solução. Foram definidos agrupamentos, forma, interfaces entre os subconjuntos de montagem, leiaute e dimensões. Também foram determinados os componentes a serem comprados e componentes a serem desenvolvidos, definindo materiais e processos de fabricação.

Após a definição do leiaute preliminar, foram revisados aspectos legais e de segurança, como a NR-12 e a NR-36. Como diretrizes para o projeto preliminar dos componentes e agrupamentos, foram observadas regras de *Design for X*, conforme abordado em Pahl e Beitz (2005) e Ullman (2010). As principais diretrizes observadas foram as de DFM (*Design for manufacturing*) e DFA (*Design for assembly*).

### 5.1. PADRONIZAÇÃO DE MATERIAIS, PROCESSOS E ACABAMENTOS

Conforme exposto no Capítulo 3, várias especificações de projeto levam em conta as propriedades do material a ser utilizado na fabricação, o que é bastante esperado, visto que a máquina desenvolvida neste trabalho tem aplicação em indústrias de beneficiamento de alimentos. Por este principal motivo, procurou-se estabelecer uma padronização dos materiais de fabricação antes mesmo do dimensionamento dos sistemas mecânicos, vinculando as características geométricas das peças às solicitações dinâmicas.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através do RIISPOA (Regulamento e Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal), estabelece pelo Decreto N° 9.013 de 29 de março de 2017, que máquinas, equipamentos e utensílios para manipulação e preparo de matérias-primas de origem animal devem ser fabricados em aço inoxidável ou plásticos adequados às suas finalidades.

Com o objetivo de reduzir o custo de fabricação e facilitar o processo de aquisição de materiais, optou-se pela padronização dos materiais de fabricação do alimentador automático, respeitando as normas regulamentadoras em vigência e as especificações de projeto.

A padronização também abrangeu aspectos de acabamentos superficiais, dureza em peças de alta sollicitação mecânica, desgaste e processos de fabricação empregados. O produto da padronização realizada é demonstrado no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Padronização de materiais utilizados para fabricação

Aplicação	Material	Acabamento superficial	Rugosidade superficial	Tratamento térmico	Dureza superficial
Estruturas, proteções, peças auxiliares e chapas em geral	Aço inoxidável AISI 304	Polimento sanitário, salvo sob especificação explícita na documentação da peça	0,2 µm, salvo especificação explícita na documentação da peça	Não aplicável	Não aplicável
Eixos, árvores e outras peças passíveis de desgaste	Aço inoxidável AISI 420C	Natural	Rugosidade máxima de 1,6 µm. Faces de contato com outros componentes, conforme desenho	Têmpera total e duplo revenimento	48-50 HRc
Componentes plásticos	Copolímero acetal (POM)	Natural	Rugosidade máxima de 1,2 µm nas faces de contato, quando aplicado em componentes dinâmicos	Não aplicável	R120 (ASTM D785)
Correias transportadoras submersas ou de baixa velocidade ( $v < 1$ m/s)	Esteira modular em acetal, com superfície fechada	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Correias transportadoras de alta velocidade ( $v \geq 1$ m/s)	Esteira de lona em PVC sanitário	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável

A escolha do aço AISI 304 como principal material de fabricação é justificada por sua versatilidade, boa resistência à corrosão e disponibilidade no mercado. De acordo com o catálogo técnico de aços do fabricante Favorit (2013), o aço AISI 304 é indicado na fabricação de peças que devem resistir a um grande número de agentes corrosivos, tais como soluções alcalinas que são aplicadas em processos de higienização, e água do mar. Este aço, da família dos aços inoxidáveis austeníticos, é amplamente utilizado nas indústrias farmacêuticas, química, têxtil e alimentícia.

Para os componentes de transmissão de potência mecânica, foi definida a utilização do aço martensítico AISI 420C, por ser passível de beneficiamento e incremento da dureza superficial, o que proporciona maior resistência ao desgaste. Para melhoria das propriedades mecânicas deste aço, foi definido processo de têmpera total, seguido de revenimento duplo, a fim de aliviar tensões residuais na microestrutura do aço, decorrentes do processo anterior.

O emprego de componentes plásticos foi definido para aplicação em peças de baixa sollicitação e para diminuir a inércia dos conjuntos mecânicos que possuam alta aceleração. O Polioximetileno (POM) é um

termoplástico de engenharia comumente utilizado em fabricação de peças mecânicas, sendo de fácil aquisição e de ótimo custo benefício. A escolha deste termoplástico levou em conta características importantes para aplicação neste trabalho, como a estabilidade dimensional, baixa absorção de água e resistência a agentes alcalinos (Habasit, 2018).

A escolha de correias transportadoras foi dividida em duas aplicações: correias de alta e de baixa velocidade, sendo a velocidade de corte definida em 1 m/s. Outro ponto considerado foi o fato de um dos transportadores da máquina trabalhar submerso. Para o transportador submerso, definiu-se o emprego de correia transportadora modular plástica, patenteada em 1975 por James M Lapeyre, sob número US3870141 (A). As correias deste tipo têm larga aplicação nas indústrias automotiva, de logística, de bebidas e sobretudo na de alimentos, dada sua alta resistência à corrosão, fácil montagem, manutenção e disponibilidade.

Através do Manual de Engenharia de Esteiras Transportadoras (2017), a fabricante Intralox não recomenda velocidades superiores a 300 pés/min (1,52 m/s) nos modelos de esteira Série 2200 e Série 2400, que são os modelos de catálogo que comportam maior velocidade de transporte. Este modelo também não é recomendado para ambientes úmidos, devido ao material empregado absorver água, ocasionando a expansão da esteira. Para os transportadores de alta velocidade, definiu-se, então, o emprego de correias de lona de PVC sanitário, que apesar de possuírem manutenção mais cara e complicada, preservam as características sanitárias, apresentando baixo desgaste dos componentes móveis, comportando velocidades de transporte de maior magnitude.

## 5.2. DESENVOLVIMENTO

Para abordagem neste trabalho, optou-se por dividir o desenvolvimento da máquina em módulos, com o objetivo de facilitar o entendimento dos componentes e a lógica de funcionamento. Os módulos que compõem o conjunto do alimentador automático são:

- Elevador com tremonha de armazenamento;
- Orientador de cabeças;
- Enfileirador;
- Orientador de dorso;
- Sincronizador.

Em cada um dos módulos, a abordagem deste capítulo teve foco na descrição da função, forma e dimensionamento de parâmetros básicos, como vazão e dimensões gerais dos equipamentos.

### 5.2.1. Elevador com tremonha de armazenamento

O elevador com tremonha tem como principais funções o recebimento, formação de pulmão e abastecimento de peixes no orientador de cabeças. Conforme especificado no projeto informacional, o volume de armazenamento de produto na entrada da máquina, ou seja, na tremonha, deve ser de no mínimo 2 m<sup>3</sup>.

Este tipo de elevador (Figura 5.1) é amplamente utilizado em indústrias alimentícias e de graneis, pois possibilita o recebimento de uma grande carga de matéria-prima que posteriormente é elevada por taliscas a uma taxa ajustada pelo usuário.



Figura 5.1 – Elevador com tremonha  
Fonte: Arenco VMK Fish Machinery

Na indústria de beneficiamento de pescados, a tremonha é preenchida com água, que permanece a uma temperatura ligeiramente superior à de congelamento. A temperatura da água na tremonha não é rigidamente controlada, sendo periodicamente resfriada com abastecimento de gelo. O preenchimento com água conserva o pescado durante o período em que fica acomodado na tremonha e impede que este

se deteriore devido ao atrito com as partes metálicas e interação com outros peixes.

### 5.2.2. Dimensionamento de parâmetros básicos do elevador

De acordo com uma das especificações de projeto, a taxa de entrega de pescados na saída do elevador deve ser de pelo menos 20 peixes por segundo, o que proporciona o fluxo de 5 peixes por segundo em cada um dos quatro canais de alimentação. Este é o parâmetro inicial para definição de aspectos geométricos, dimensionais e da velocidade de transporte da esteira.

A vazão mássica do elevador é influenciada por fatores como o tipo de produto transportado, largura da esteira, altura, geometria e passo das taliscas, ângulo de inclinação e a velocidade de transporte. Os dados de entrada para o dimensionamento da esteira foram definidos de acordo com as especificações de projeto, buscando-se uma geometria que utilizasse a menor área de ocupação possível.

- Volume da tremonha: 2 m<sup>3</sup>;
- Taxa de descarga: 20 peixes / segundo;
- Ângulo de inclinação da esteira: 60°;
- Largura da esteira: 1 m;
- Passo entre taliscas: 0,25 m.

Para especificação da talisca, foi adotado o formato curvo com altura de 0,1 m (Figura 5.2). O formato curvo diminui a queda de produtos devido a escorregamentos, utilizando ao máximo o volume útil de transporte. Esta característica é alcançada pelo formato de concha deste modelo que impede a queda do produto transportado pela parte superior da talisca, o que não é possível em uma talisca reta.

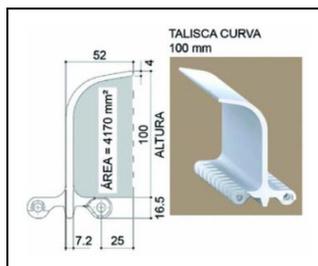


Figura 5.2 – Talisca curva (dimensões em mm)

Fonte: Unirons Plásticos

A área útil de  $4,17 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$  da talisca deve ser ajustada de acordo com o ângulo da esteira, demonstrado na Figura 5.3, e com o fator de ocupação, levando em consideração os espaços vazios entre os peixes transportados. A área corrigida para o ângulo de  $60^\circ$  possui cerca de  $7,98 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ , um incremento de cerca de mais de 90% se comparado ao transporte em  $90^\circ$ . Este incremento é resultado da inclinação do transportador, que altera o formato da secção transversal do volume de transporte da talisca de um retângulo, para um trapézio retângulo (Figura 5.3).

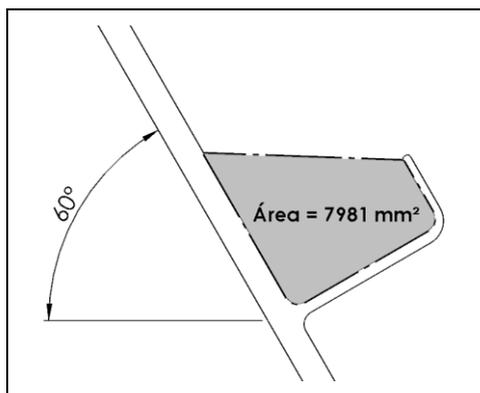


Figura 5.3 – Área de transporte por talisca (dimensões em mm)

De acordo com Prado (1990), o acondicionamento de peixes pequenos empilhados ou estocados sem gelo, como sardinhas e similares, possui uma taxa de ocupação de 800 a 900  $\text{kg}/\text{m}^3$ . De acordo com estes termos, a massa de peixes comportada por unidade de talisca, é de aproximadamente 6,0 kg, utilizando a taxa de ocupação mais conservadora de 800  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

As pesquisas e entrevistas realizadas neste trabalho com pescadores e trabalhadores das indústrias de beneficiamento de pescados do polo de Itajaí / SC apontaram uma média de 11 a 12 peixes/kg, fruto da pesca extrativista na costa brasileira entre o Cabo de Santa Marta Grande em SC e o Cabo de São Tomé no RJ. Utilizando estes dados como premissa, cada talisca tem a capacidade aproximada de acomodar cerca de 70 peixes da subfamília dos Clupeídeos, pescados na costa Sul/Sudeste do Brasil.

Devido à baixa confiabilidade e a variabilidade dos dados, causada também pela própria natureza do processo, não é possível garantir a vazão

de projeto utilizando uma velocidade fixa de transporte, fazendo-se necessária a instalação de um inversor de frequência a ser ajustado por um supervisor, de acordo com a necessidade do processo. Este processo de regulagem de velocidade da esteira pode ser automatizado, bastando uma maior interatividade entre os setores de recepção de pescados e o setor de beneficiamento. Por exemplo, um CLP poderia receber dados de uma balança dinâmica em um processo anterior e ajustar a velocidade da esteira de maneira a manter um fluxo de massa uniforme. De acordo com valores obtidos baseados nos dados de entrada, a velocidade de transporte da esteira deve ser de aproximadamente 0,07 m/s.

### 5.2.3. Modelo do elevador com tremonha

A modelagem do elevador é dividida em dois subconjuntos principais, transportador e tremonha. A Figura 5.4 exibe uma vista em perspectiva do conjunto principal.

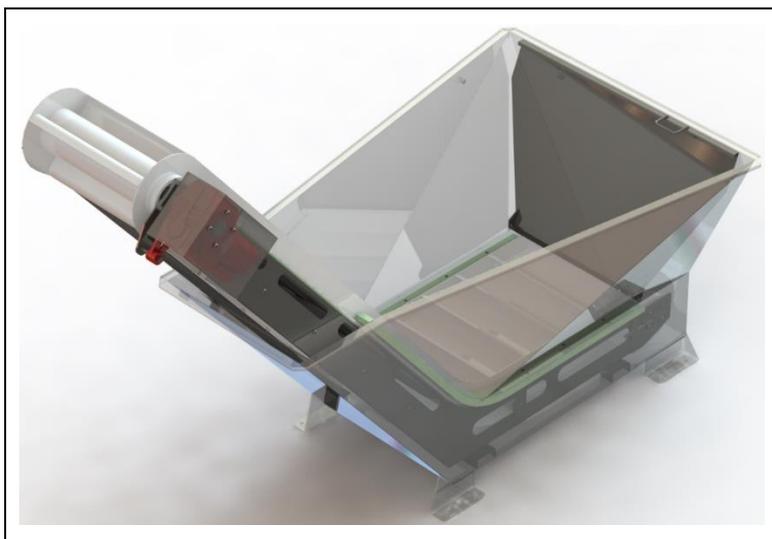


Figura 5.4 – Vista em perspectiva do elevador com tremonha

Na Figura 5.4 a tremonha é exibida em transparência para maior clareza. A interface entre transportador e tremonha se dá por suportes de sustentação, fixos nas chapas de fundo. A vista explodida apresentada na Figura 5.5 exibe os principais componentes do elevador.

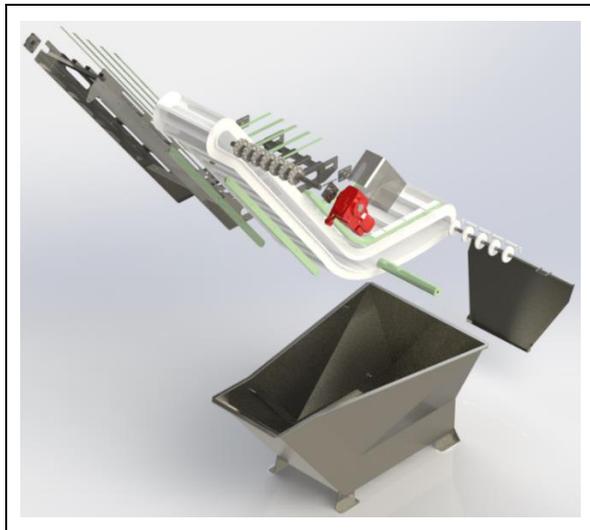


Figura 5.5 – Vista explodida do elevador com tremonha

O transportador é composto por uma estrutura de sustentação, pistas, apoios de retorno e a própria esteira de transporte. A estrutura é formada por perfis dobrados em aço inoxidável. As pistas de apoio e de retorno da esteira são fabricadas em polietileno UHMW, oferecendo baixo atrito com a esteira.

A tremonha é totalmente formada por chapas de aço inoxidável, sendo fabricada por processos de caldeiraria e solda. A geometria com paredes bastante inclinadas favorece o fluxo de pescado, evitando acúmulos e trancamentos. A Figura 5.6 exibe uma vista superior na qual é possível identificar a característica de afunilamento contínuo do reservatório.

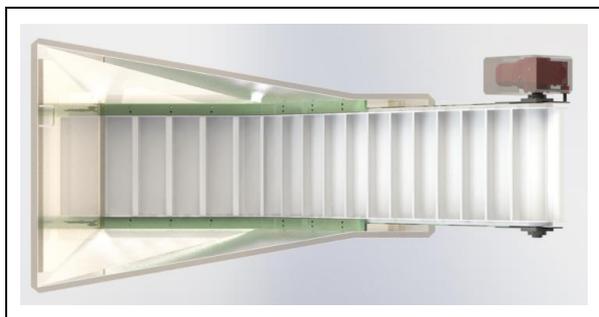


Figura 5.6 – Vista superior do elevador com tremonha

O projeto do elevador gerou o total de 50 peças a serem manufaturadas. O conjunto montado possui cerca de 800,0 kg de massa, ocupando uma área de 6,7 m<sup>2</sup> e um volume de 9,7 m<sup>3</sup>.

#### 5.2.4. Orientador de cabeças

O orientador de cabeças recebe os peixes abastecidos pelo elevador e orienta o deslocamento do pescado separando-os em quatro canais. A entrada de pescado no orientador é desorganizada, e estes caem aleatoriamente com a cabeça para o lado direito ou esquerdo, o que determinará o sentido de deslocamento na máquina e o lado onde será feita a descarga (Figura 5.7).

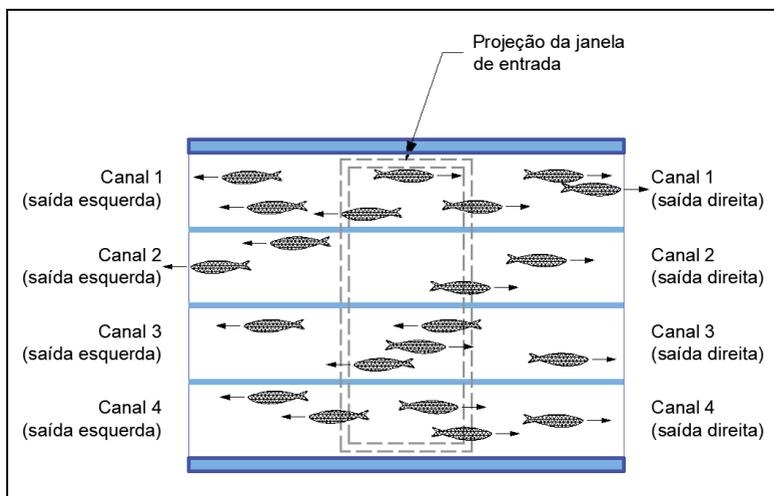


Figura 5.7 – Diagrama do deslocamento de peixes no orientador de cabeças (vista superior)

O orientador, conforme definido no projeto conceitual, é composto por um sistema mecânico que oscila a superfície da máquina para direita e esquerda com a mesma amplitude de movimento. O deslocamento sentido cabeça-cauda acontece em consequência da anatomia dos peixes, que favorece o deslocamento no sentido das escamas em virtude do menor atrito.

Para escolha do método de oscilação horizontal da superfície, foram analisados princípios de solução que pudessem realizar a tarefa com baixo consumo de energia, com a menor inércia possível e que não causasse vibrações excessivas no conjunto da máquina. Também foram

priorizadas as soluções que proporcionassem a utilização de um motor elétrico com velocidade angular constante, como fonte de potência, dada sua alta eficiência, baixo custo e disponibilidade no mercado.

Alguns mecanismos articulados desenvolvidos entre os séculos XVII e XIX transformam movimento circular em um movimento retilíneo ou aproximadamente retilíneo. É o caso dos modelos desenvolvidos por Watt, Roberts, Chebychev e Peaucellier (Figura 5.8).

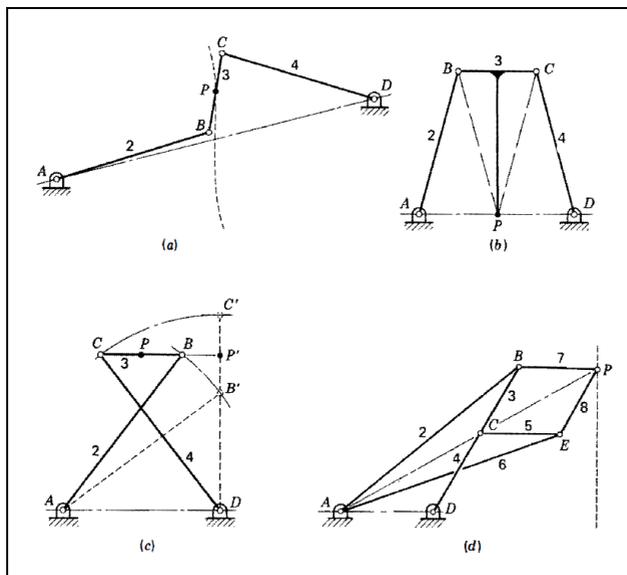


Figura 5.8 – Mecanismos de linha reta: (a) mecanismo de Watt, (b) mecanismo de Roberts, (c) mecanismo de Chebychev, (d) inversor de Peaucellier

Fonte: Shigley, 2003

Identificou-se como empecilho à utilização de qualquer um dos quatro mecanismos, o fato de que em nenhum deles é possível o acoplamento direto de um motor de velocidade angular constante, devido aos ângulos de rotação nos pinos onde se encontram os engastes não completarem  $360^\circ$ . Para o acoplamento do motor, se faria necessário um segundo mecanismo para converter o movimento circular contínuo em intermitente, como por exemplo, um mecanismo de roda de Genebra, ou um motor reversível.

Conforme apontado por Shigley (2003), alguns mecanismos articulados, chamados de mecanismos de movimento recíproco ou

alternativo, também desempenham o trabalho de conversão de movimento circular em movimento retilíneo (Figura 5.9).

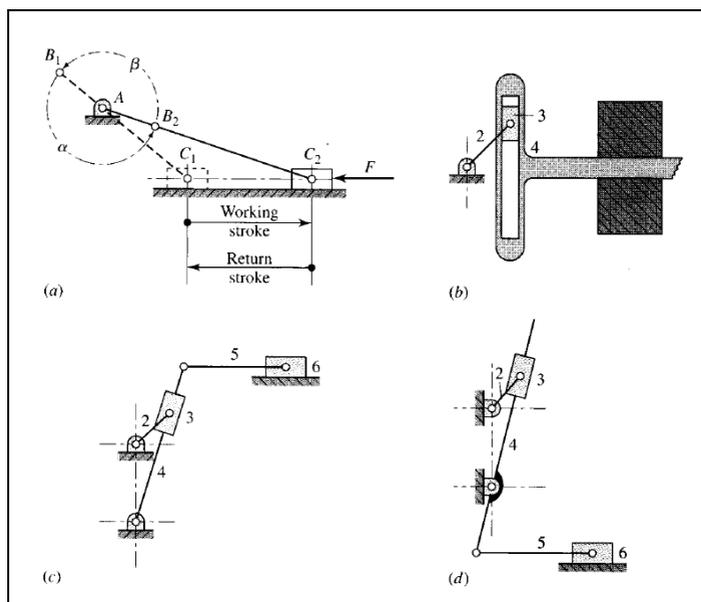


Figura 5.9 – Mecanismos de movimento recíproco: (a) mecanismo biela-manivela, (b) mecanismo scotch yoke, (c) mecanismo de plaina limadora, (d) mecanismo Withworth de retorno rápido  
Fonte: Shigley, 2003

Optou-se, então, pela utilização do mecanismo scotch yoke, por sua simplicidade, pelas poucas partes móveis e por produzir um movimento harmônico, resultando em um funcionamento mais suave e sem solavancos. A Figura 5.10 faz uma análise comparativa entre a cinemática de um mecanismo scotch yoke e biela-manivela, onde fica evidente nos gráficos de posição, velocidade e aceleração, a característica constante da frequência e amplitude deste mecanismo.

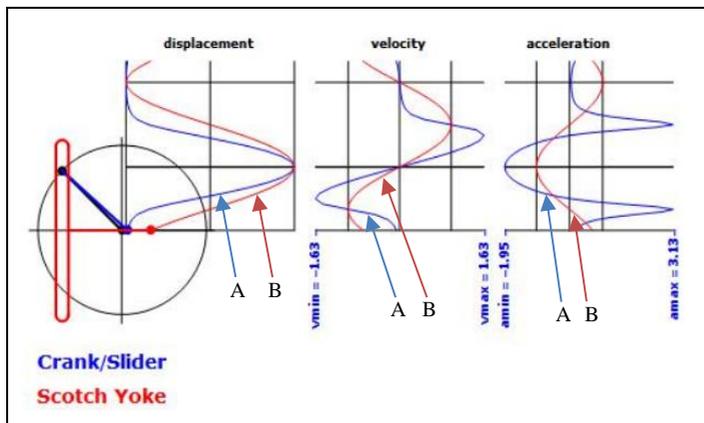


Figura 5.10 – Da esquerda para a direita, gráficos comparativos de posição, velocidade e aceleração de um mecanismo scotch yoke (B) e um mecanismo de biela/manivela (A)

Fonte: The Wolfram Demonstrations Project, 2017

Dentre as principais aplicações deste tipo de mecanismo, pode-se citar o motor de Bourke (Patente GB514842 (A), 1939), serras Tico Tico e no acionamento de atuadores para válvulas de linhas de alta pressão, como apresentado, por exemplo, na patente US2016215889 (A1), de 2016.

### 5.2.5. Dimensionamento de parâmetros básicos do orientador

O carregamento de 20 peixes/segundo, separado em quatro canais, ainda é dividido entre os dois sentidos de fluxo do pescado, resultando em uma descarga de aproximadamente 2,5 peixes/segundo para cada uma das oito saídas do orientador de cabeças. Cada um dos quatro canais foi dimensionado para permitir a passagem de 4 peixes Clupeoides, ou seja, a velocidade média de transporte não deve considerar os peixes enfileirados, e sim lado a lado, o que possibilita a redução de velocidade dos componentes.

O deslocamento dos peixes acontece de maneira cíclica, em intervalos equivalentes a uma rotação de  $360^\circ$  da manivela do mecanismo scotch yoke. A variação de posição do peixe a cada ciclo é resultado da amplitude de movimento da manivela ( $2r$ ).

O desenho simplificado, apresentado na Figura 5.11, representa o esquema de montagem e principais componentes do orientador de cabeças.

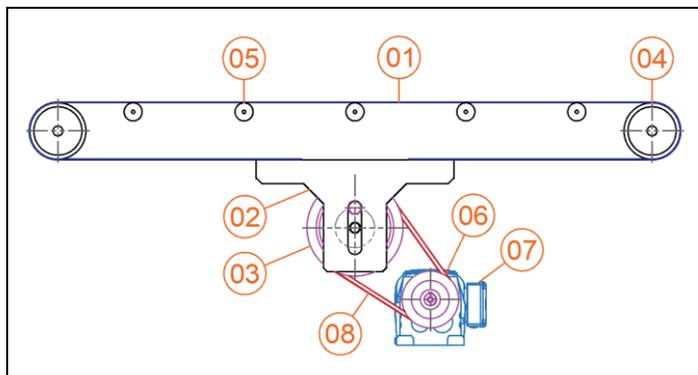


Figura 5.11 – Esboço esquemático do sistema de oscilação

O item 01 representa a superfície de transporte, consistindo de uma correia transportadora de borracha com elevada rugosidade. A correia é tracionada pela parte inferior, sendo suportada por roletes ao longo do comprimento (05) e invertida por rolos livres suportados por rolamentos (04). O item 02 consiste no bloco de tração, responsável por “puxar e empurrar” a correia transportadora. O bloco de tração é acionado através do contato de um pino excêntrico posicionado na polia movida do sistema (03). O pino em contato com a ranhura do bloco de tração converte o movimento rotativo de velocidade angular constante, em um movimento sinusoidal. A polia movida é acionada por correias de transmissão (08) tracionadas pela polia motriz (06), sendo esta acoplada diretamente no eixo de um motoredutor (07), que é utilizado como fonte de potência do sistema.

Para a resolução dos problemas cinemáticos e dinâmicos do orientador de cabeças, utilizou-se como dados de entrada, as seguintes hipóteses:

- Velocidade média de transporte: 0,45 m/s
- Massa estimada do sistema movido: 80,00 kg
- Raio da manivela do mecanismo scotch yoke: 0,05 m

A frequência rotacional da polia movida pode ser descrita como a razão entre a velocidade de transporte e o avanço da massa transportada por ciclo. A frequência resultante de 4,5 Hz implica em uma rotação completa ( $2\pi$ ) a cada 0,2222s e uma velocidade angular de aproximadamente 28,2743 rad/s.

De acordo com o catálogo de dados de engenharia Micromatic (2017), o torque requerido pelo mecanismo a qualquer momento durante o ciclo, desconsiderando-se o atrito, é definido pela Equação 5.1.

$$T = (F)r = \frac{Wr^2\omega^2}{g}(\cos \omega t)(\sin \omega t) \quad \text{Equação 5.1}$$

Onde:

- $W$ : força de peso transportada (N);
- $r$ : raio da manivela (m);
- $\omega$ : velocidade angular (rad/s);
- $t$ : tempo (s);
- $g$ : aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>)

Para dimensionamento da potência requerida pelo sistema, o torque máximo pode ser encontrado diferenciando-se a Equação 5.1 em relação ao tempo e igualando-a a 0, conforme a Equação 5.2.

$$\frac{dT}{dt} = \frac{Wr^2\omega^2}{g} \frac{d(\cos \omega t \sin \omega t)}{dt} = 0 \quad \text{Equação 5.2}$$

Resolvendo,

$$\frac{Wr^2\omega^2}{g} [\omega \cos^2 \omega t - \omega \sin^2 \omega t] = 0 \quad \text{Equação 5.3}$$

Aplicando relações trigonométricas e admitindo o valor de 9,81 m/s<sup>2</sup> para a aceleração da gravidade, o torque máximo do sistema pode ser simplificado e descrito pela Equação 5.4, onde  $t'$  corresponde ao tempo para uma rotação de 180°.

$$T_{\text{máx}} = \frac{1}{2}W \left[ \frac{r}{t'} \right]^2 \quad \text{Equação 5.4}$$

Considerando o peso próprio do sistema, mais a carga de matéria-prima a ser transportada, o torque máximo no mecanismo, desprezando-se o atrito, é de aproximadamente 79,43 Nm. Somando-se à força peso, a força de atrito, que corresponde ao produto da força normal com o

coeficiente de atrito entre os veios de apoio e buchas deslizantes ( $\mu_c$ : 0,19 – Igus, 2017), têm-se o torque resultante de 86,89 Nm.

Para o dimensionamento do conjunto de acionamento (Figura 5.12), utilizou-se como parâmetros, o torque do mecanismo Scotch yoke, o raio da polia movida acoplada ao mecanismo, e a relação de transmissão de aproximadamente 1:2. A relação de 1:2 foi utilizada com o objetivo de diminuir o torque de saída do motoredutor, respeitando o diâmetro mínimo da polia motriz, em função da correia V do tipo B, abordado em Provenza (1996).

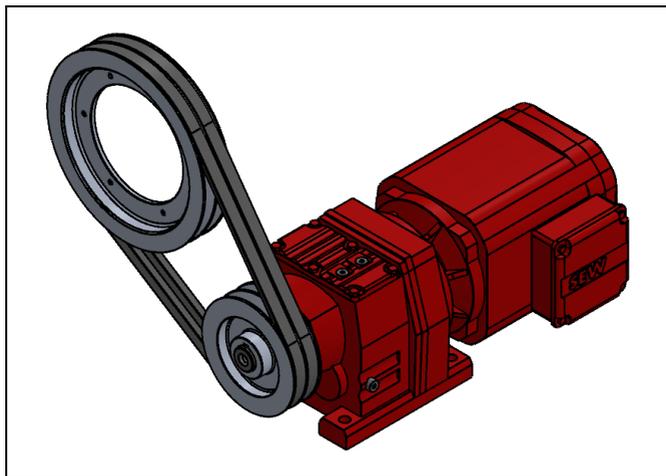


Figura 5.12 – Sistema de transmissão do orientador de cabeças

O Quadro 5.2 apresenta um resumo dos resultados obtidos efetuando-se os cálculos de relação de transmissão, torque e potência. A potência de acionamento é diretamente proporcional ao binário do sistema e a velocidade angular. Conforme descrito em Melconian (2009), a potência consumida foi definida pela Equação 5.5, onde a potência  $P$  é dada em kW,  $M_t$  representa o momento torsor em Nm e  $n$  representa a frequência rotacional em RPM.

$$P = \frac{M_t \cdot \pi \cdot n}{30000} \quad \text{Equação 5.5}$$

Quadro 5.2 – Resumo das grandezas envolvidas no acionamento do orientador de cabeças

	Raio (m)	Frequência (Hz)	Força tangencial (N)	Torque (Nm)	Potência consumida (kW)
Polia movida	0,115	4,50	755,54	86,89	2,46
Polia motriz	0,065	7,96		49,11	

A seleção do motoredutor foi conduzida levando em consideração os seguintes itens: (a) estimativa de potência consumida; (b) o rendimento das correias, que segundo Melconian (2009) apresentam uma perda de potência de aproximadamente 3,0%; (c) rendimento da caixa de redução de engrenagens helicoidais de um estágio, com perda de 2,0% (SEW, 2007); (d) fator de serviço do sistema de 1,4, que foi aproximado utilizando como referência o fator de serviço para peneiras oscilantes, conduzidas por motores elétricos assíncronos em ambientes sob condições de umidade (Provenza, 1996).

O motoredutor selecionado a partir do portal Drive Gate (SEW, 2017) apresenta como principais características: potência de 3,7 kW; frequência rotacional de 7,92 Hz; momento torsor no eixo de saída de 74 Nm; fator de serviço de 2,1. O modelo escolhido foi o de menor potência que atendeu todas as premissas do sistema, que, considerando os rendimentos dos componentes, recebe a potência líquida de aproximadamente 3,52 kW, cerca de 43% a mais do que o valor dimensionado.

#### 5.2.5.1. Modelo do orientador de cabeças

A modelagem geométrica do orientador de cabeças foi realizada no software CAD SolidWorks, levando em consideração diretrizes de DFM da ferramenta DFMXpress, da fabricante Geometric. Esta ferramenta inclui uma análise de manufaturabilidade que realiza uma varredura nas *features* do modelo geométrico, comparando-as com um banco de dados de práticas de manufatura. Caso encontre uma operação não factível através de métodos convencionais de fabricação ou recursos inacessíveis por exemplo, a ferramenta faz recomendações ao projetista para que corrija pontualmente estes problemas.

A Figura 5.13 apresenta uma vista em perspectiva do orientador de cabeças, onde o perfil lateral esquerdo aparece com certa transparência para melhor visualização da estrutura interna da máquina. Nesta ilustração os quatro canais são evidenciados, possuindo duas saídas opostas cada um. As divisórias movimentam-se juntamente às correias, estando anexas ao mecanismo de oscilação. Ainda na mesma figura

observa-se o suporte de deslizamento das correias, formados por roletes plásticos e os rolos de cabeceiras, fabricados em aço inoxidável austenítico.

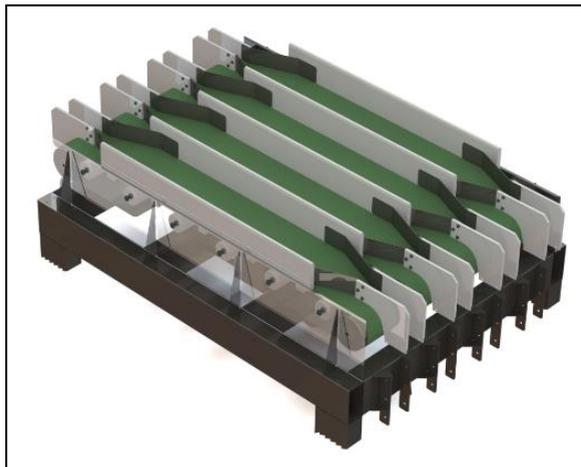


Figura 5.13 – Vista em perspectiva do orientador de cabeças

Para uma melhor visualização dos componentes internos, a Figura 5.14 demonstra uma vista explodida do orientador, separando a máquina nas principais peças e submontagens.

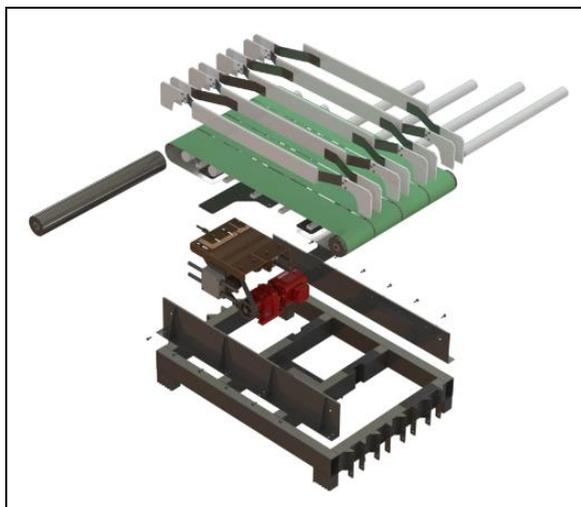


Figura 5.14 – Vista explodida do orientador de cabeças

Um corte longitudinal em perspectiva apresentado na Figura 5.15 apresenta de maneira mais clara a interface do mecanismo de oscilação com as correias de transporte, e destas com os roletes de suporte.

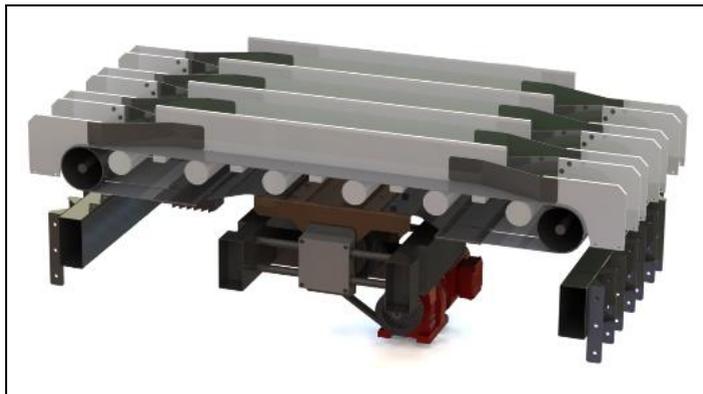


Figura 5.15 – Corte longitudinal do orientador de cabeças em perspectiva

O mecanismo de oscilação tem suas restrições de movimento definidas pela ligação das chumaceiras lineares com os veios. Estes veios são fabricados em aço inoxidável e recebem acabamento superficial retificado, para diminuição de atrito do movimento. Esta interação é evidenciada no detalhe apresentado na Figura 5.16.

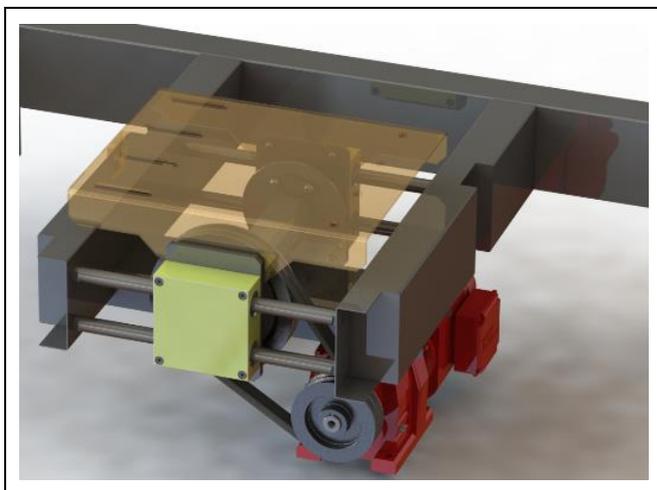


Figura 5.16 – Detalhe do carro (mecanismo de oscilação)

Após a modelagem, foi gerada uma lista de materiais com as peças a serem manufaturadas de peças comerciais a serem adquiridas. Esta lista e as listas dos demais subconjuntos do alimentador automático são apresentadas no Apêndice D. No projeto do orientador de cabeças foram geradas no total 90 peças a serem manufaturadas. O conjunto montado possui cerca de 300,0 kg de massa, ocupando uma área de 2,0 m<sup>2</sup> e um volume de 1,5 m<sup>3</sup>.

### 5.2.6. Enfileirador

Conforme descrito no projeto conceitual, após a orientação do sentido dos peixes, deve-se realizar a tarefa de alinhamento, para que estes possam ser recebidos no orientador de dorso e posteriormente alimentados um a um no sincronizador da evisceradora.

A concepção selecionada para esta solução consiste em espaçar os peixes através de um conjunto de esteiras, que devido à diferença de velocidade crescente no fluxo, tendem a espaçá-los um a um, formando uma fila indiana (Figura 5.17).

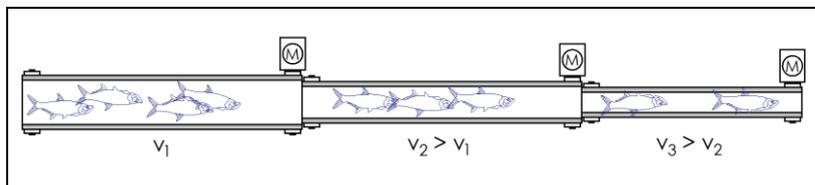


Figura 5.17 – Concepção selecionada para o enfileirador de peixes

Após um estudo preliminar, e com auxílio da ferramenta computacional de análise de movimento SolidWorks Motion, observou-se que somente o incremento da velocidade na passagem entre esteiras, não seria suficiente para espaçar os peixes entre si. O resultado demonstrou que, em um sistema compacto, o atrito entre os peixes é suficientemente alto para impedir o distanciamento, e variando-se sensivelmente a vazão de peixes, esta condição tornou-se ainda mais evidente.

Com a finalidade de aumentar a confiabilidade deste sistema, decidiu-se por incrementar o conceito já escolhido com um dispositivo que pudesse garantir um espaçamento mínimo para eliminar o contato entre os peixes, e então, acelerá-los para aumentar a distância.

Foram analisadas quatro possíveis soluções, representadas na Figura 5.18. A solução (a) consiste em uma correia transportadora na base

e duas correias laterais, que alteram constantemente a orientação do movimento dos peixes. Na solução (b), um túnel cônico gira em torno de seu eixo com alta velocidade angular, fazendo com que os peixes sejam transportados através de sua superfície interna. A solução (c) é composta de um túnel helicoidal cônico e estacionário, ocasionando o aumento da aceleração centrípeta do móvel, à medida que o raio decresce ao longo do percurso. Por fim, a solução (d) emprega um conceito similar à anterior, porém, esta causa o aumento da aceleração centrípeta do móvel através de uma curva clotóide.

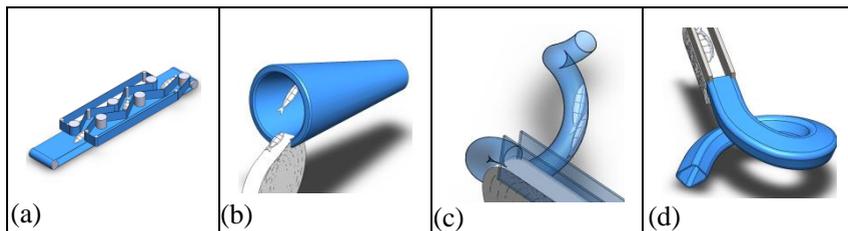


Figura 5.18 – Soluções para o dispositivo espaçador

Os principais atributos observados para a escolha da solução do dispositivo espaçador são: confiabilidade, simplicidade, custo e sanitariedade. Também foram realizadas análises de movimento através do SolidWorks Motion, com a finalidade de observar o comportamento e a funcionalidade de cada uma das soluções. A solução (b) foi a única das propostas cujo resultado da análise de movimento não correspondeu ao esperado, sendo a primeira a ser descartada. A solução (a) cumpriu sua função no modelo analisado, entretanto também foi descartada frente à alta complexidade para fabricação, elevando os custos de aquisição e custos fixos com energia elétrica. Entre as soluções c e d, o resultado da análise foi bastante próximo, com ligeira vantagem para a solução (c) no que diz respeito ao espaçamento entre os peixes. A maior facilidade de fabricação e menor custo também ajudou na escolha da solução (c) como o modelo a ser seguido.

#### 5.2.6.1. Dimensionamento de parâmetros básicos do enfileirador

Conforme abordado anteriormente, a produtividade esperada de 1200 peixes/minuto é dividida igualmente entre oito saídas do orientador de cabeças, que possuem como vazão de referência, a produção de ao menos 150 peixes/minuto. A representação simplificada da concepção redefinida do enfileirador é exibida na Figura 5.19. As velocidades nominais dos transportadores servem como referência para operação com

uma vazão de aproximadamente 3,33 peixes/segundo, podendo esta ser ajustada pelo operador através de um inversor de frequência.

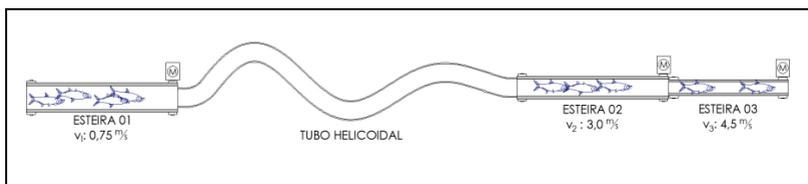


Figura 5.19 – Esboço esquemático do conjunto enfileirador

Após a saída do orientador de cabeças, os peixes são acelerados na primeira esteira e então afastados no tubo helicoidal. A segunda esteira continua o processo de afastamento, que é finalizado na terceira esteira, fazendo interface com o sincronizador da máquina evisceradora. Todo o conjunto enfileirador possui inclinação de  $20^\circ$  em relação ao piso, o que inclui uma parcela de energia potencial gravitacional no percurso entre entrada e saída do sistema.

#### i. Esteira 01

A Esteira 01 é desenvolvida a partir do desenho representado na Figura 5.20, possuindo comprimento entre eixos de 0,6 m e com tambor de acionamento de raio 0,0431 m. O motoredutor de acionamento possui caixa de redução angular e é acoplado diretamente no tambor motriz, que possui velocidade angular de aproximadamente 17,4 rad/s, resultando na velocidade tangencial de 0,75 m/s.

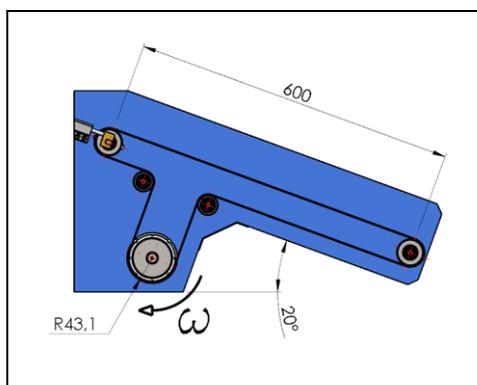


Figura 5.20 – Desenho esquemático - Esteira 01 do enfileirador (dimensões em mm)

A potência necessária ( $P$ ) em kW para acionar o sistema é diretamente proporcional à velocidade da esteira ( $v$ ) e à força total de tração ( $F$ ), que pode ser dividida entre a força de tração para mover a correia vazia, força de tração para mover a carga do sistema e a força para elevação de carga. Para o cálculo da potência do sistema também é necessário considerar o rendimento dos componentes ( $\eta$ ), sendo este inversamente proporcional à potência (Equação 5.6).

$$P = \frac{F \cdot v}{1000 \cdot \eta} \quad \text{Equação 5.6}$$

Definiu-se o modelo de motoredutor de rosca sem-fim para a esteira 01. Embora este mecanismo de redução possua baixo rendimento quando comparado a outros modelos como o de engrenagens helicoidais e engrenagens cônicas, seu baixo custo, alta disponibilidade e facilidade para aquisição de peças de reposição, o torna uma boa opção para aplicação em transportadores de correia.

O modelo de motoredutor foi selecionado a partir do portal Drive Gate (SEW, 2017), apresentando como principais características: potência de 0,55 kW; frequência rotacional de 2,75 Hz; momento tursor no eixo de saída de 29 Nm; e, fator de serviço de 1,6.

## ii. Tubo helicoidal

Para dimensionamento do tubo helicoidal, são observados parâmetros tais como, diâmetro interno, ângulo de inclinação, comprimento e conicidade do helicóide. A Figura 5.21 apresenta uma ilustração do tubo, representado com listras de zebra para melhor percepção das ondulações da superfície.

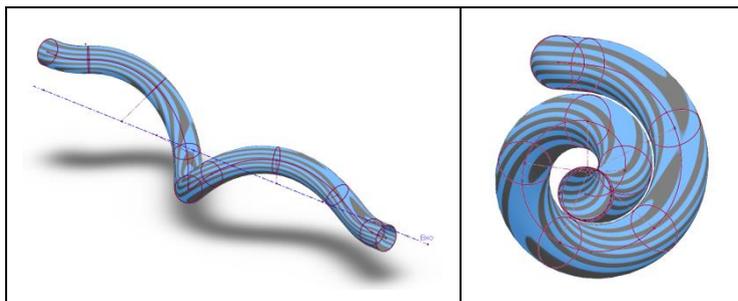


Figura 5.21 – Desenho esquemático - tubo helicoidal do enfileirador em perspectiva (esquerda) e em vista frontal (direita)

O diâmetro do tubo é definido como o dobro da largura máxima dos peixes Clupeoides estudados, desta maneira evitando possíveis trancamentos no percurso. A inclinação segue os mesmos  $20^\circ$  definidos para o conjunto enfileirador. Já o raio do helicóide, possui uma conicidade de  $6^\circ$  em relação ao seu eixo central, desta maneira, os peixes dentro do tubo, experimentam um aumento de sua aceleração centrípeta com a diminuição do raio, aumentando ainda mais a velocidade de transporte. Outro ponto bastante relevante no projeto do tubo diz respeito à sua rugosidade interna, que deve ser a menor possível para minimizar o atrito. Neste caso, optou-se pela utilização de um tubo em PTFE, por sua característica de baixo coeficiente de atrito.

Para um melhor entendimento do mecanismo de separação dentro do tubo, com auxílio do SolidWorks Motion foi executada uma análise de sensibilidade simulando a descida de dois peixes sobrepostos, variando sensivelmente as posições iniciais em cada execução. Todas as análises executadas apresentam o mesmo comportamento em relação à variação de velocidade e deslocamento em relação ao tempo.

As simulações de movimento são realizadas a uma taxa de 275 quadros por segundo, capturando portanto, 480 quadros durante as animações, que possuem em média 1,7 s. Para resolver os contatos entre componentes, o software representa formas geométricas como polígonos de vários lados (Dassault Systèmes, 2016), ou seja, quanto maior o número de lados, maior a fidelidade dos resultados e maior o tempo de processamento. Para economia de tempo de processamento, utilizou-se uma resolução de contato 3D de cerca de 30% da máxima resolução disponível, visto o objetivo de apenas melhorar o entendimento acerca do mecanismo de separação.

O movimento representado no SolidWorks Motion é aplicado à solução de movimentos de corpos rígidos, não considerando a flexibilidade e deformação dos corpos (Dassault Systèmes, 2013). O *solver* escolhido para resolução da simulação é o WSTIFF, um integrador de rigidez com ordem variável e tamanho de etapa variável, que utiliza como algoritmo de integração, o método de diferenças divididas de Newton (MSC Software Corporation 2013). O integrador WSTIFF é mais lento que outros integradores como por exemplo, o GSTIFF, desenvolvido por C.W. Gear (1969). Entretanto, o integrador WSTIFF é recomendado em simulações que possuem movimentos descontínuos ou abruptos (Dassault Systèmes, 2016). O tamanho mínimo de etapa do integrador foi arbitrado com o valor de  $1.10^{-8}$  s e com o máximo de 25 iterações para convergir a um resultado.

A montagem da simulação é realizada considerando-se como ponto de partida a Esteira 01, com comprimento de 0,55 m e a uma velocidade de 0,75 m/s, sendo a aceleração da gravidade definida com o valor de 9,81 m/s<sup>2</sup>. Devido à aceleração na Esteira 01 e à energia potencial gravitacional no início do sistema, é esperado um momento linear de relevante magnitude, devido ao aumento de velocidade dos peixes. Decidiu-se então, considerar as colisões dos peixes entre si, e com a esteira e o tubo. Devido à falta de dados acerca das propriedades elásticas da carne do peixe, optou-se pela utilização de um coeficiente de restituição para cada uma das interações. Os coeficientes de restituição utilizados foram próximos a zero, ou seja, representam colisões quase inelásticas, onde a energia cinética não é conservada após o impacto, entretanto, o momento linear sempre é conservado.

A obtenção dos coeficientes de restituição se deu através da realização de testes de queda para avaliar o efeito do impacto dos peixes com superfícies de PTFE (tubo), PVC (esteira) e com os peixes entre si. O processo foi filmado e posteriormente analisado quadro a quadro no software Kinovea, uma ferramenta para análise de vídeos na qual é possível a obtenção de velocidade, posição e trajetória de objetos móveis.

Os coeficientes de atrito estático foram determinados através de um ensaio com plano inclinado em um ângulo  $\alpha$  em relação ao plano horizontal. O ângulo ao qual o peixe começa a deslizar representa o ângulo de deslizamento, e a tangente deste ângulo, o coeficiente de atrito estático. A Figura 5.22 demonstra um esquema representativo de como o ensaio foi conduzido.

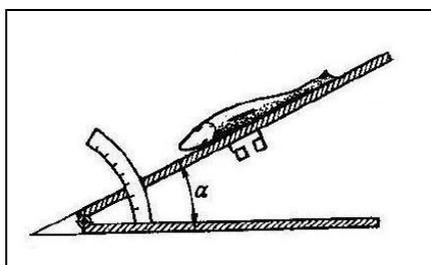


Figura 5.22 – Ensaio em um plano inclinado para obtenção dos coeficientes de atrito

Fonte: Sharapov, 2013

As considerações relativas ao atrito entre componentes e coeficientes de restituição são demonstradas no Quadro 5.3.

Quadro 5.3 - Propriedades de contatos entre os corpos na simulação de movimento no tubo helicoidal

Tipo de contato	Atrito estático, $\mu_s$	Atrito dinâmico, $\mu_k$	Coefficiente de restituição, $e$
Peixes x Esteira 01	0,90	0,77	0,05
Peixes x tubo	0,00	0,00	0,15
Peixe x peixe	0,27	0,15	0,10

Os dois gráficos abaixo (Figura 5.23 e 5.24) representam o comportamento da velocidade de dois peixes e a distância em relação ao final do tubo helicoidal respectivamente.

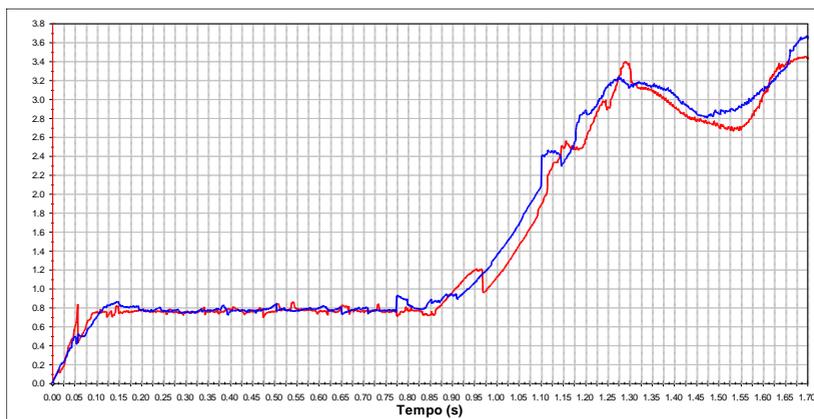


Figura 5.23 – Comportamento da velocidade linear de dois peixes no tubo helicoidal

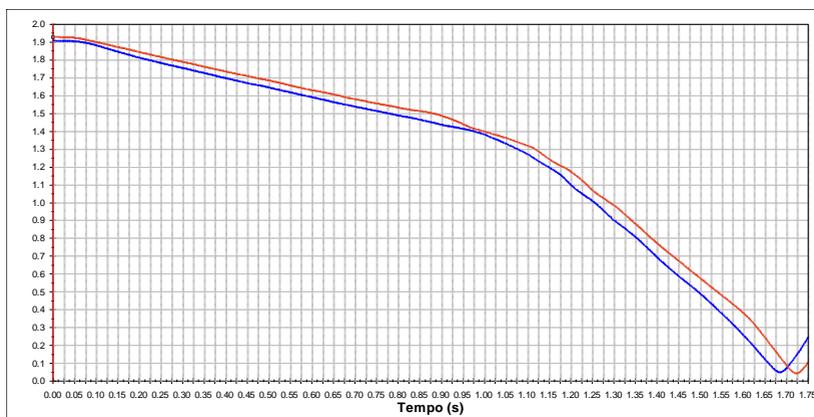


Figura 5.24 – Distância do ponto de partida de dois peixes até a saída do tubo helicoidal

Como se pode observar, no início da simulação enquanto os peixes ainda estão sobre a esteira 01 e até o final da primeira hélice do helicóide, a diferença de velocidade é muito pequena, estando estes ainda em contato. O aumento da taxa de espaçamento entre os peixes passa a se tornar mais nítido a partir de 1,4 s, ou seja, no início da segunda hélice do tubo (Figura 5.25).

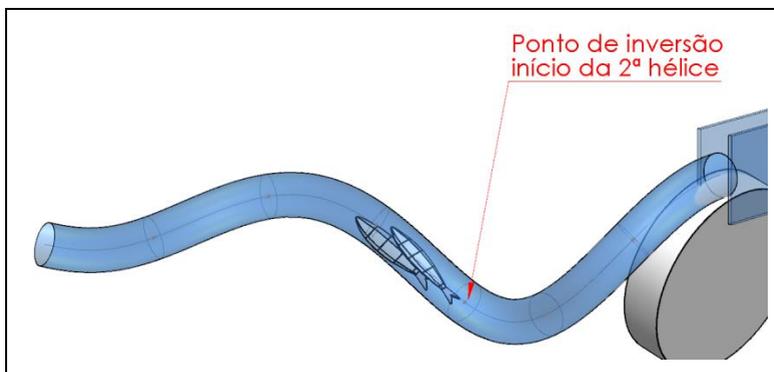


Figura 5.25 – Detalhe do ponto de início da segunda hélice no tubo helicoidal

O modelo do tubo atende às expectativas iniciais, apresentando no pior resultado da análise de sensibilidade um espaçamento de 130 mm entre os peixes no final do percurso.

### iii. Esteiras 02 e 03

As esteiras 02 e 03 têm por objetivo aumentar o espaçamento entre os peixes, adicionando um incremento de velocidade ao movimento. A esteira 02 também serve como apoio para o dispositivo orientador de dorso, a ser abordado no item 5.2.4. A velocidade na esteira 02 é igual ou ligeiramente superior à velocidade de saída dos peixes no tubo helicoidal, sendo regulada por inversor de frequência.

As velocidades de referência atribuídas às esteiras 02 e 03, foram 3,0 m/s e 4,5 m/s, respectivamente. A Figura 5.26 representa o leiaute básico das duas esteiras, que utilizam o mesmo motoredutor como fonte de potência. Devido à condição de fornecimento de potência às duas esteiras, o modelo de motoredutor selecionado é o de engrenagens helicoidais, com eixo maciço a ser acoplado à polia motriz.

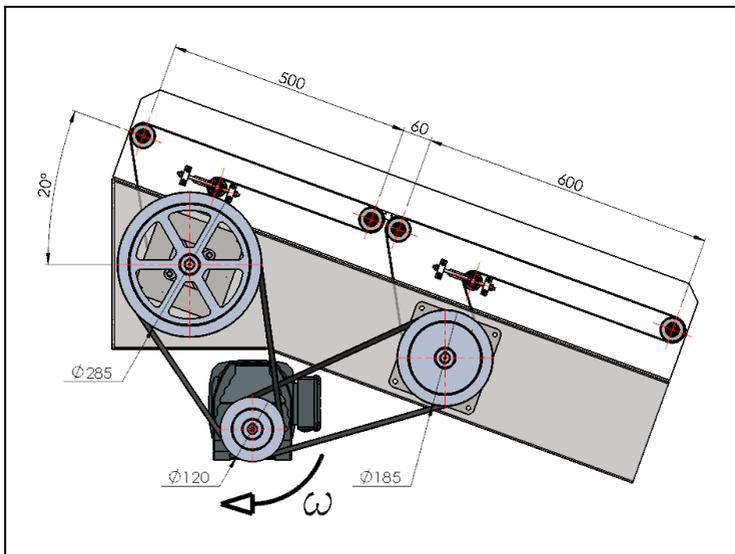


Figura 5.26 – Conjunto Esteira 02 (esquerda) e Esteira 03 (direita) (dimensões em mm)

As duas esteiras possuem tambor de acionamento com raio igual a 0,080 m, com velocidade angular de aproximadamente 37,10 rad/s para esteira 02 e 56,25 rad/s para a esteira 03. Para o cálculo da potência necessária, utiliza-se o mesmo método empregado na esteira 01, desta vez levando em consideração o momento de inércia das polias condutoras e o rendimento das correias.

A potência total consumida pelo sistema é de 0,5 kW, correspondendo à soma da potência da esteira 02 (0,2 kW) e da esteira 03 (0,3 kW). Com a combinação da potência necessária e a frequência rotacional no eixo motriz, seleciona-se do portal Drive Gate (SEW, 2017), o menor motor disponível pelo fabricante nestas condições. Dentre suas principais características, estão a frequência rotacional de 14,38 Hz, potência de 1,1 kW, momento torsor no eixo de saída de 12 Nm e o fator de serviço de 5,7.

#### 5.2.6.2. Modelo do enfileirador

Seguindo diretrizes de DFA apontadas por Pahl & Beitz (2005), o enfileirador foi modelado em três subconjuntos independentes a fim de permitir montagem paralela. Ademais, na modelagem das peças foi tomado o cuidado de proporcionar montagens que impedissem a formação de fendas causadoras de acúmulo de matéria orgânica e

proliferação de bactérias. A acessibilidade para higienização foi outra diretriz seguida em todas as submontagens, não só do enfileirador, mas em toda a máquina.

A modelagem geométrica dos três módulos do enfileirador (esteira 01, tubo helicoidal e esteiras 02 e 03) foi desenvolvida no software SolidWorks. A visão geral do enfileirador já montado sobre sua estrutura de sustentação é apresentada em uma vista em perspectiva na Figura 5.27.

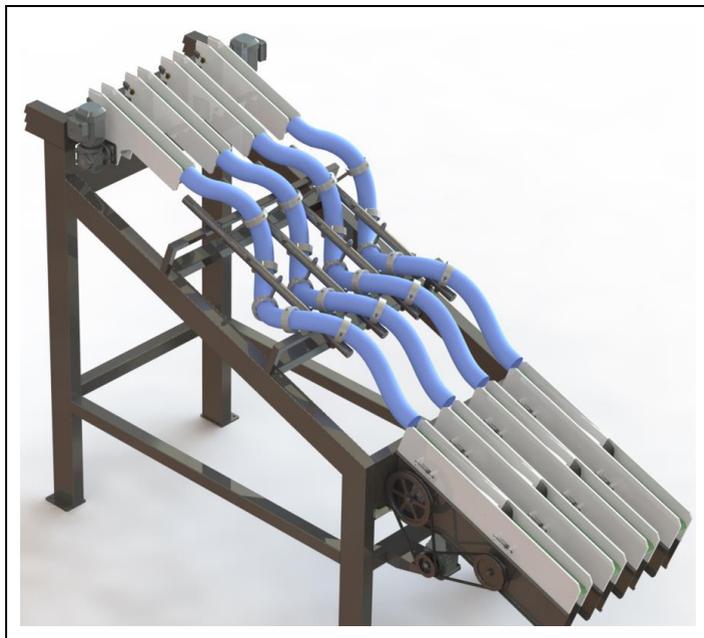


Figura 5.27 – Vista em perspectiva do enfileirador

Observa-se ao alto, o início do enfileirador de quatro canais, que possui interface com o orientador de cabeças. As esteiras 01 são montadas em par, sendo cada um dos dois pares acionado por um motoredutor. Os tubos helicoidais (representados em azul para maior clareza) fazem interface entre as esteiras 01 e 02, tendo o perfil helicoidal formado por suportes reguláveis conectados à estrutura metálica. Por fim, as esteiras 02 e 03 são conectadas em série e fixas à estrutura metálica pela cabeceira posterior da esteira 02, sendo também montadas em pares e utilizando apenas dois motoredutores.

A montagem em pares das esteiras fica mais clara na Figura 5.28, onde é exibida uma vista superior e lateral do enfileirador.

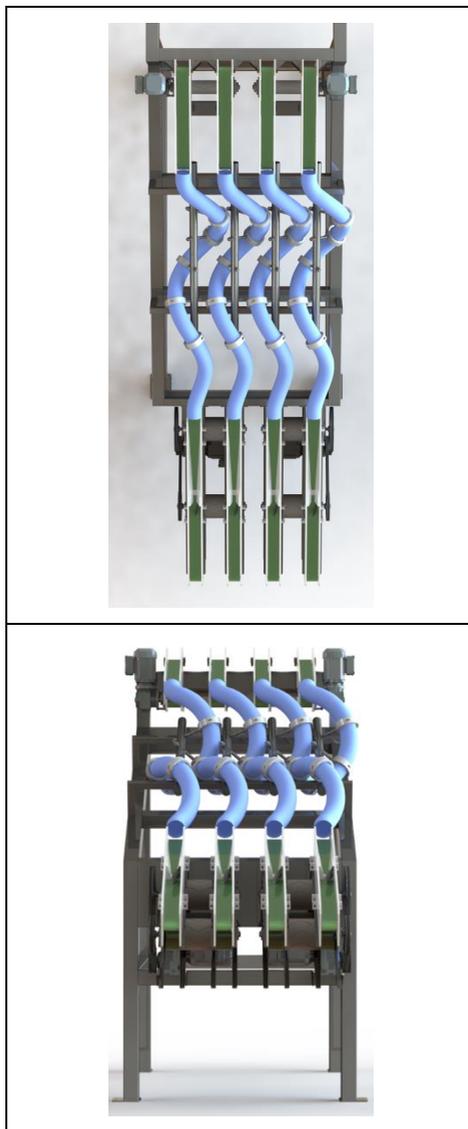


Figura 5.28 – Vistas superior e frontal do enfileirador, respectivamente

As Figuras 5.29 e 5.30 apresentam em vistas em perspectiva das esteiras 01 e 02 respectivamente.

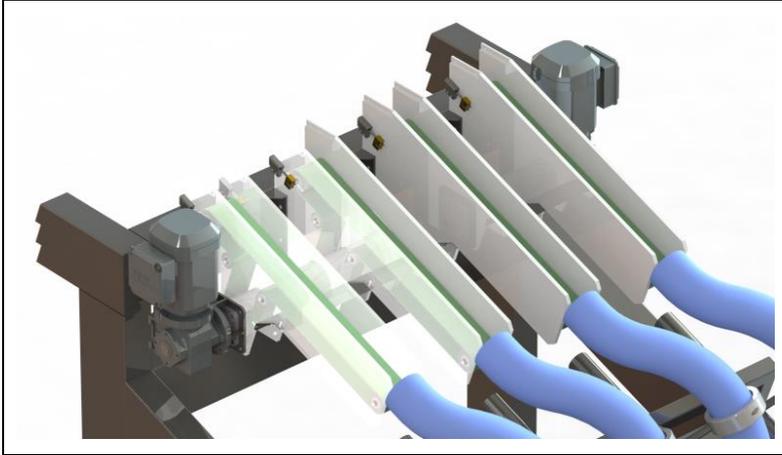


Figura 5.29 – Esteiras 01 - detalhe

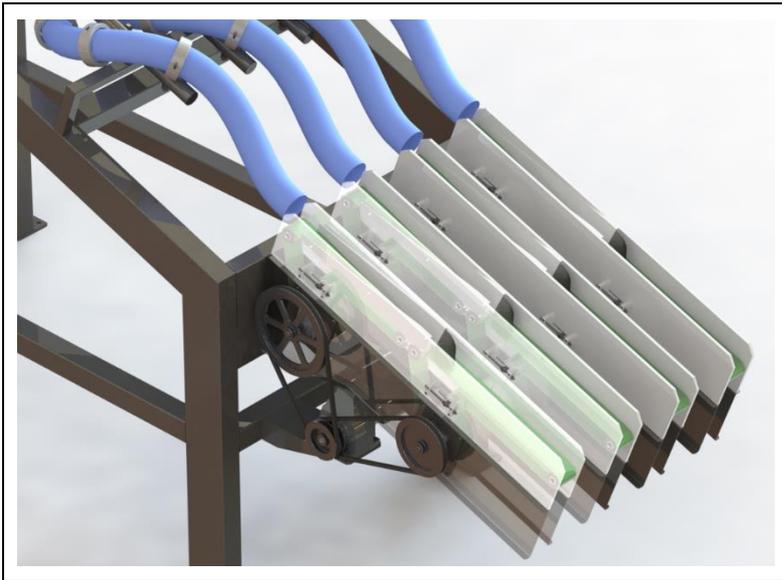


Figura 5.30 – Esteiras 02 e 03 – detalhe

Após o modelamento do enfileirador, a lista de materiais foi preparada separando peças a serem manufaturadas de peças comerciais a serem adquiridas. Esta lista e as listas dos demais subconjuntos do alimentador automático são apresentadas no Apêndice D. No projeto do enfileirador foram geradas no total 708 peças a serem manufaturadas. O

conjunto montado do enfileirador, considerando os dois lados da estrutura possui cerca de 465,0 kg de massa, ocupando uma área de 9,2 m<sup>2</sup> e um volume de 17,3 m<sup>3</sup>.

### 5.2.7. Orientador de dorso

O orientador de dorso tem por objetivo padronizar a posição da região dorsal dos peixes em relação a seu eixo longitudinal. O dispositivo utiliza a própria anatomia do peixe para realizar a rotação, que é feita por dois guias inclinados, instalados sobre o conjunto de esteiras 02 e 03 do orientador de cabeças. Um modelo explicativo é representado na Figura 5.31. Os guias são desenhados com uma angulação de 30° entre suas faces e uma razão de afunilamento de 1/17 em cada um dos lados.

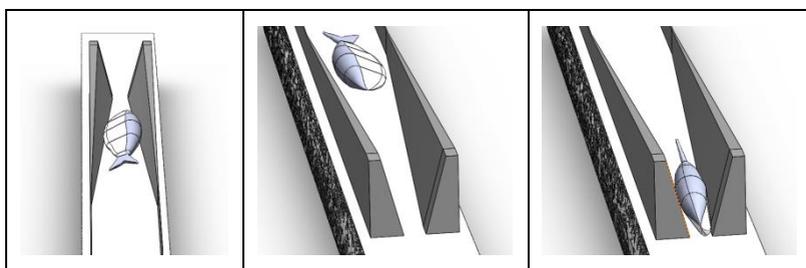


Figura 5.31 – Modelo simplificado do dispositivo de rotação de peixes

A estratégia adotada consiste em rotacionar os peixes até que fiquem apenas com a base (ventre) em contato com o transportador. Após esta etapa, é necessário apenas outro guia para rotacioná-lo à posição definitiva. Na Figura 5.32, são ilustrados cortes transversais tomados da medida de profundidade do corpo de um peixe, demonstrando a evolução da rotação em relação ao seu eixo longitudinal, onde fica clara a ideia de que, independentemente da posição inicial do dorso, o processo deve garantir o mesmo resultado.

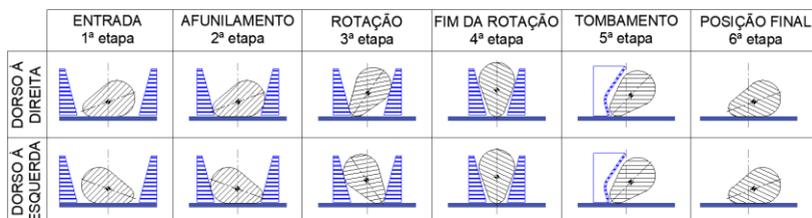


Figura 5.32 – Cortes transversais do processo de orientação de dorso

Devido à anatomia dos peixes Clupeoides, em sua posição de repouso, a lateral do corpo apoia-se sobre o transportador. Como pode ser observado na 2ª etapa do processo de orientação do dorso (Figura 5.32), à medida que entram em contato com a superfície do peixe, os guias empurram a região dorsal inferior para cima, e do outro lado, exercem uma força no sentido do eixo transversal do peixe, rotacionando o dorso para a posição superior. Na 5ª etapa do processo, o guia inclinado apenas rotaciona o peixe de maneira que este fique com o dorso à direita, encerrando o processo.

Dada a simplicidade da solução apresentada frente a outras disponíveis no mercado externo, como por exemplo, as estudadas na seção 2.4 desta dissertação, não são realizados cálculos referentes ao movimento dos peixes em relação ao orientador, também pelo fato do dispositivo não empregar elementos móveis e não necessitar de fornecimento de energia de uma fonte externa. Por outro lado, realizou-se uma análise de sensibilidade no ambiente SolidWorks Motion, tendo todas elas convergido para o resultado esperado, conforme demonstrado na Figura 5.32.

- Modelo do orientador de dorso

O dispositivo projetado para cumprir a subfunção de orientar o sentido do dorso dos peixes não contém partes móveis e geometrias complexas. Para a modelagem geométrica procurou-se eliminar frestas e cantos agudos para evitar possibilidade de trancamentos, acúmulo de escamas e para atender diretrizes de projeto considerando a sanitariedade. A Figura 5.33 ilustra uma vista superior do dispositivo, que fica posicionado entre as esteiras 02 e 03.

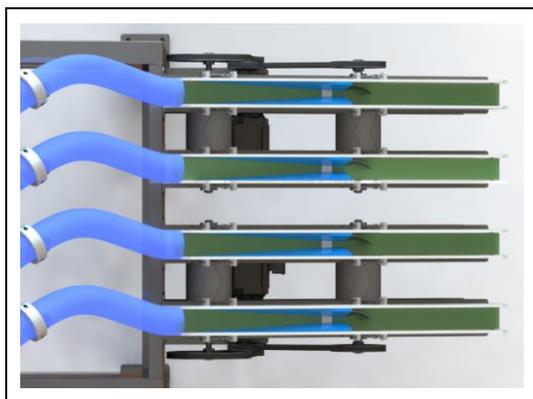


Figura 5.33 – Vista superior do orientador de dorsos

Para um melhor entendimento, a Figura 5.34 ilustra uma vista da entrada do dispositivo.

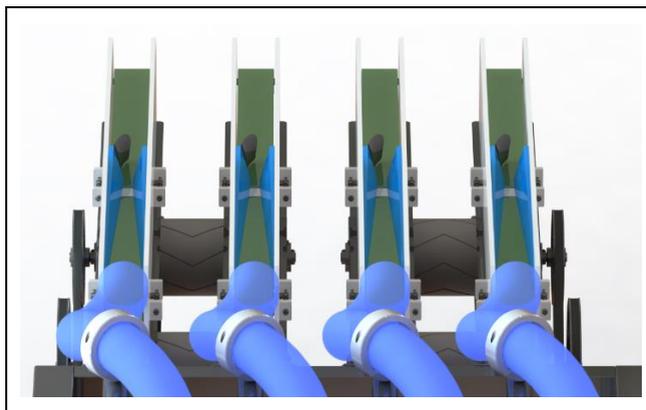


Figura 5.34 – Vista da entrada do orientador de dorsos – 4 canais

À medida que o espaço entre as duas placas diminui, os peixes rotacionam até o ventre ficar apoiado sobre a esteira, recebendo por fim um tombamento para a direita causado pela chapa de desvio visualizada na Figura 5.35 (na cor cinza).

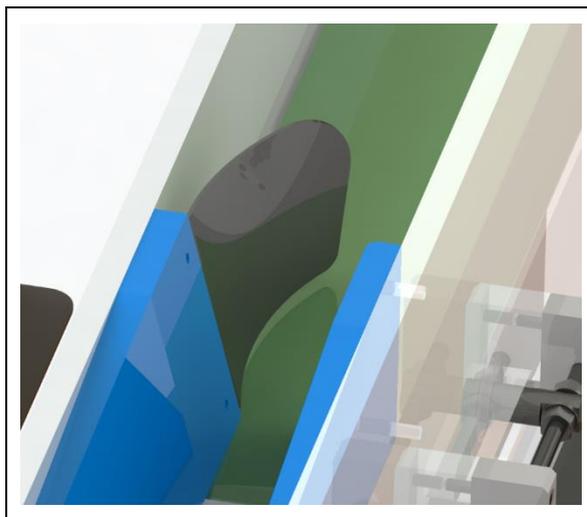


Figura 5.35 – Chapa de desvio do orientador de dorsos

Para fabricação dos orientadores de dorso para as oito saídas do alimentador, 24 peças devem ser manufaturadas. O conjunto de orientadores de dorso possui cerca de 10,0 kg de massa, ocupando uma área de 0,4 m<sup>2</sup> e um volume de 0,03 m<sup>3</sup>.

### 5.2.8. Sincronizador

A interface entre o alimentador automático e a evisceradora deve ser sincronizada, de maneira a permitir que os peixes sejam dispostos nas calhas de maneira precisa. Este fato está diretamente ligado à eficiência da evisceradora, pois o sincronismo no momento da transferência garantirá a posição correta no corte e na evisceração.

Definiu-se no Capítulo 4, a utilização de um sistema de motores lineares acionados por um sensor óptico a ser instalado na saída do conjunto enfileirador/orientador de dorso. Estes motores, assim como os rotativos, são fundamentalmente classificados como de corrente contínua ou multifásicos de corrente alternada (Figura 5.36). De acordo com Hellinger e Mních (2009), os motores lineares síncronos (LSM), podem ser homopolares (de estator curto) ou heteropolares (de estator longo).

No sistema de estator curto, os enrolamentos multifásicos são integrados em uma única unidade, na parte móvel. Neste sistema, apenas parte do campo gerado pode ser utilizado para produzir o impulso, devido à modulação da amplitude do campo, causada pelos polos de reação gerados pelo campo do enrolamento (Hellinger e Mních, 2009).

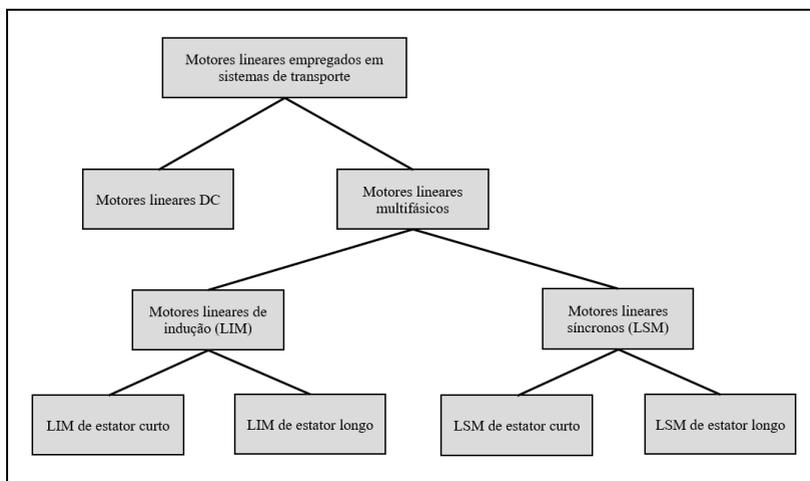


Figura 5.36 – Motores lineares aplicados em sistemas de transporte

Fonte: Adaptado de Hellinger e Mních

Os LSM heteropolares possuem vantagem importante frente aos homopolares, no que diz respeito à leveza das partes móveis. Como a parte ativa com os enrolamentos multifásicos é fixa ao estator, a parte móvel torna-se bastante leve, podendo alcançar velocidades altas com uma aceleração de até 10g (Beckhoff, 2017).

A Figura 5.37 apresenta o esquema de funcionamento dos LSM heteropolares. Os enrolamentos do estator quando energizados, geram um campo magnético móvel transladando o transportador que possui uma placa de ímãs permanentes. A impulsão é gerada através do controle da magnitude e das fases das correntes geradas em cada enrolamento, criando um campo magnético local (Magnemotion, 2016).

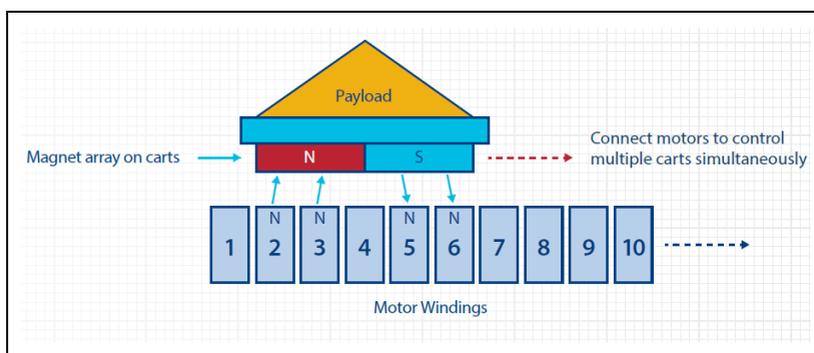


Figura 5.37 – Esquema de funcionamento de um LSM heteropolar  
Fonte: Magnemotion

A Figura 5.38 demonstra um corte parcial do estator, onde são exibidos os enrolamentos internos, controlados individualmente. Acima, a parte inferior do transportador, onde as faixas longitudinais representam os ímãs permanentes que interagem com os enrolamentos do motor.



Figura 5.38 – Corte parcial: estator LMS heteropolar e transportador  
 Fonte: Festo – Multi Carrier System, 2017

Os sistemas LSM disponíveis no mercado comportam vários transportadores operando simultaneamente, podendo cada um deles operar de maneira distinta, com velocidades e sentidos de movimento programáveis através de software e CLP. O posicionamento é controlado continuamente através de sensores magnéticos e a precisão de repetição do movimento é de aproximadamente  $\pm 0,05$  mm (Festo, 2017).

- Dimensionamento de parâmetros básicos do sincronizador

O objetivo definido para dimensionamento dos parâmetros básicos do sincronizador limitou-se em estabelecer as dimensões do conjunto motor e definir a quantidade de transportadores necessários. Para isso, realizou-se um estudo do movimento de um carro frente às fases do processo de alimentação e evisceração.

Para modelagem geométrica das peças do sincronizador, utilizou-se a base de dados CAD do fabricante Beckhoff. O funcionamento e a montagem do sistema LSM deste fabricante é bastante similar aos demais atualmente disponíveis no mercado, como Siemens, Festo, Magnemotion e Bosch Rexroth. A principal razão pela escolha preliminar deste fabricante foi a disponibilidade de uma versão sanitária fabricada inteiramente em aço inoxidável AISI 316L, com grau de proteção IP69K, ou seja, proteção contra jatos d'água a alta pressão e alta temperatura (DIN 40050-9, 1993). Esta característica é extremamente importante levando-se em consideração a alta umidade do meio e os agressivos

processos de higienização comumente aplicados nas indústrias alimentícias.

A Figura 5.39 ilustra os principais componentes utilizados para montagem do sincronizador. Os módulos motores são acoplados a um chassi e conectados entre si, podendo formar circuitos diversos. Os transportadores utilizam os trilhos guia para a translação, sendo estes acoplados aos módulos motores.

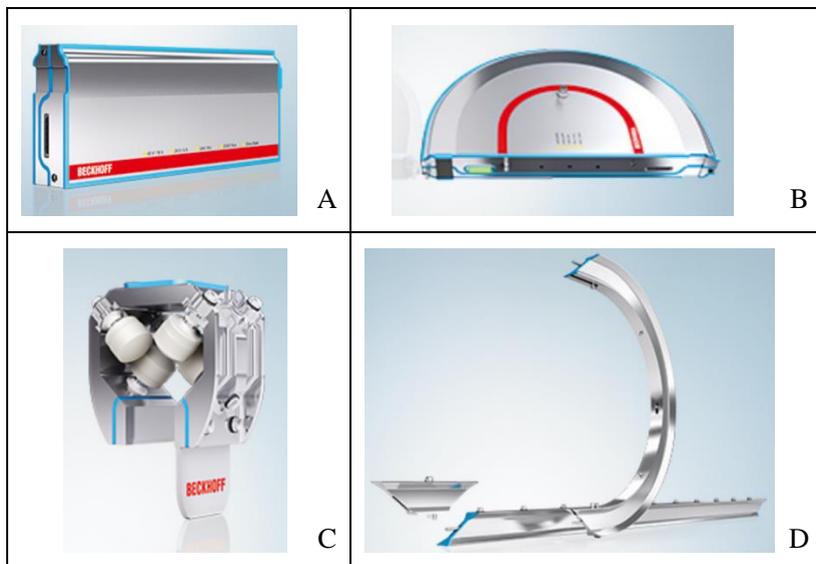


Figura 5.39 – Componentes utilizados no sincronizador: (a) módulo motor reto; (b) módulo motor clotóide; (c) transportador; (d) trilhos guia.

Fonte: Beckhoff, 2017

Na Figura 5.40, é exibido um sistema formado por estes componentes, com o mesmo arranjo utilizado no sincronizador. O motor é composto por dois trechos retos paralelos entre si, conectados por curvas clotóides nas duas extremidades.



Figura 5.40 – Sistema LMS, XTS Hygienic  
Fonte: Beckhoff, 2017

Para a análise de movimento, são definidos cinco estágios. Em cada estágio, as tarefas que cada transportador deve realizar, seguem a seguinte ordem:

- i. Ir para a posição de recebimento de peixes;
- ii. Aguardar e receber 1 peixe;
- iii. Acelerar até o início da evisceradora;
- iv. Reduzir a velocidade e transladar até o fim da evisceradora;
- v. Acelerar para o ponto de reentrada no sistema.

A troca entre estágios é feita com base em sensores de proximidade definidos na simulação, para isso foram instalados cinco sensores ao longo do conjunto. A Figura 5.41 representa o leiaute definido para o sincronizador, contemplando o posicionamento dos sensores e dimensões principais.

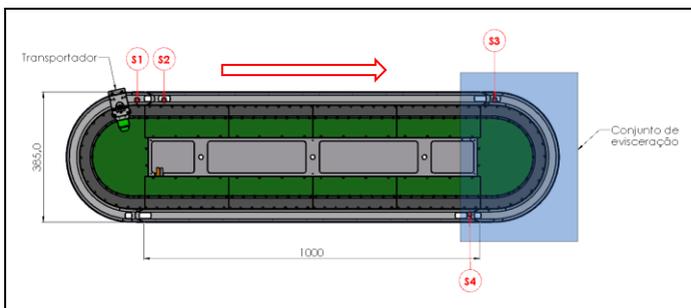


Figura 5.41 – Leiaute do sincronizador

O sensor S1 representa o ponto de espera no começo do processo. O transportador na posição S1 aguarda a posição livre em S2 para deslocar-se e aguardar o recebimento de 1 peixe. O sensor na saída do enfileirador, após um *delay*, libera o transportador para que acelere até o sensor S3, no início da evisceração. Neste trecho, o transportador se desloca em uma menor velocidade, para que seja feito o corte da cabeça, cauda e remoção de vísceras do peixe. No sensor S4, com o peixe já fora do sistema, o transportador acelera novamente até que atinja o ponto de reentrada no sistema.

O Quadro 5.4 representa a sequência implementada na simulação de movimento baseada em eventos, do SolidWorks Motion. Este modelo de simulação utiliza eventos baseados em tarefas ou sensores pré-determinados. Além dos sensores de proximidade utilizados para esta análise, neste modelo também podem ser utilizados sensores baseados nas propriedades de massa de um componente, dimensões e esforços detectados por análise de elementos finitos.

Quadro 5.4 – Parâmetros de simulação baseada em eventos do sincronizador

Tarefas		Acionadores			Ações				Tempo		
Nome	Descrição	Acionador	Condição	Tempo/Atraso	Recurso	Ação	Valor	Duraç	Perfil	Início	Final
1. Ir para posição	Transladar até o ponto de coleta	Tempo		0.05s	Motor	Alterar	-0.5m/s	0.05s		0.05s	0.1s
2. Receber	Aguardar entrada de 1 peixe	S2	Ativar alerta	<Nenhuma>	Motor	Alterar	0m/s	0.01s		0.2s	0.21s
3. Acelerar	Acelerar até o início da evisceradora	2. Receber	Final da tarefa	0.4s atraso	Motor	Alterar	-3m/s	0.3s		0.61s	0.91s
4. Eviscerar	Transportar até o final da evisceradora	S3	Ativar alerta	<Nenhuma>	Motor	Alterar	-0.3m/s	0.03s		1.09s	1.12s
5. Retomar	Retornar ao ponto de reentrada	S4	Ativar alerta	<Nenhuma>	Motor	Alterar	-4m/s	0.4s		3.13s	3.53s
6. Parar	Fim da análise	S5	Ativar alerta	<Nenhuma>	Parar					3.72s	3.73s

Além das tarefas já detalhadas, a coluna Acionador do grupo Acionadores representa o elemento acionador para o início de cada tarefa. Na primeira tarefa, o acionador descrito como um atraso de 0,05 s é utilizado para simplificação do modelo, na prática o acionador da tarefa de ir para o ponto de coleta de peixes é acionado pelo sensor S1, que acusa que não há um transportador neste ponto. As colunas “Valor” e “Duração do grupo Ações” representam a velocidade de deslocamento e a duração da rampa de aceleração respectivamente. Na coluna “Perfil” é determinado o perfil da rampa de aceleração, que nesta análise foi definido como harmônico.

O grupo Tempo no Quadro 5.4 demonstra tempo inicial e final na linha do tempo da simulação para cada uma das tarefas. Como resultado, obteve-se o tempo necessário de 3,73 s para completar um ciclo por transportador, ou seja, cada transportador tem a capacidade de produção de aproximadamente 0,268 peixes/s. Como a capacidade em cada linha

deve ser de 150 peixes/min, ou, 2,5 peixes/s, deve haver pelo menos dez transportadores por sincronizador, o que resultará em uma produtividade teórica de aproximadamente 161 peixes/s por sincronizador.

### 5.3. COMENTÁRIOS SOBRE O LEIAUTE FINAL

Neste capítulo definiu-se o leiaute final de um alimentador automático aplicado em uma evisceradora de pescados. A característica mais evidente que difere o leiaute desenvolvido neste trabalho das demais soluções disponíveis no mercado internacional está no fato da solução poder comportar até oito evisceradoras por alimentador, o que torna a solução mais econômica. Outras máquinas disponíveis no mercado, como visto no Capítulo 2, comportam no máximo duas evisceradoras por alimentador.

O arranjo definido no leiaute também proporciona a disposição de várias máquinas em paralelo, ocupando pouco espaço no sentido transversal ao fluxo. Os elevadores poderiam ser dispostos lado a lado, sendo que o único incremento se daria em função da largura de 1,24 m como demonstrado na vista superior (Figura 5.42).

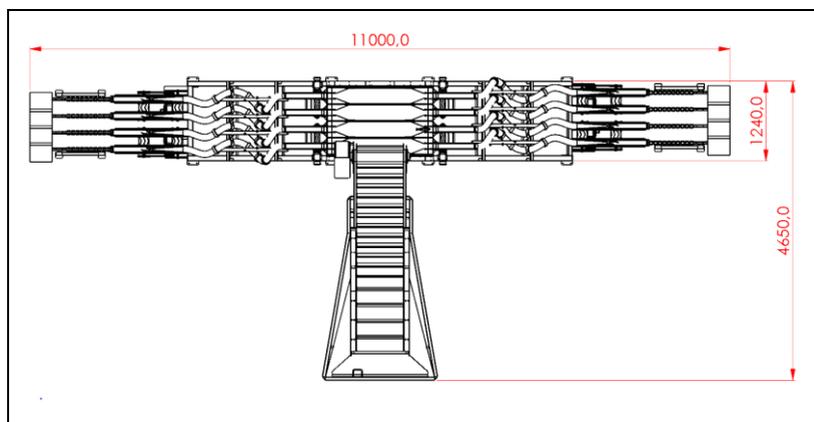


Figura 5.42 – Vista superior do alimentador automático (dimensões em mm)

A Figura 5.43 demonstra a vista em perspectiva da solução completa, contemplando todos os subconjuntos estudados no projeto preliminar.

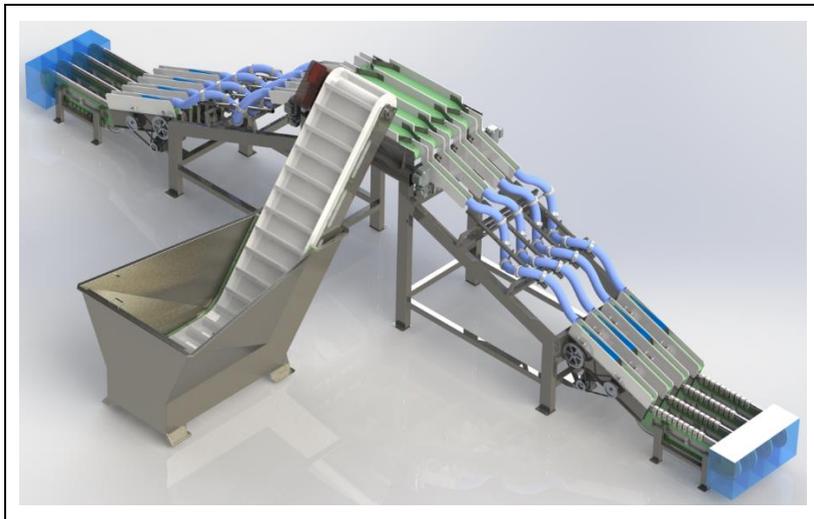


Figura 5.43 – Vista em perspectiva do alimentador automático

Na sequência, a Figura 5.44 apresenta a vista lateral do alimentador automático.

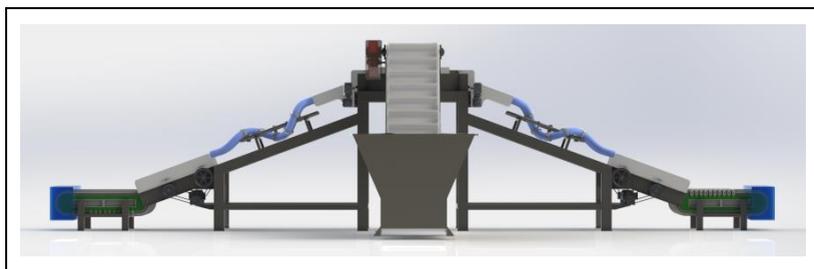


Figura 5.44 – Vista lateral do alimentador automático

As etapas desenvolvidas neste capítulo se mostraram bastante importantes para o trabalho como um todo, permitindo uma melhor compreensão do comportamento físico dos mecanismos empregados no alimentador automático. Aspectos como a velocidade e interação dos peixes nos dispositivos puderam ser aproximados com análises de movimento computacional. Entretanto cabe ressaltar que estas análises não podem ser tomadas como método de validação das soluções empregadas, uma vez que não é possível simular alguns aspectos como a variação do coeficiente de atrito da pele dos peixes em função do sentido.

Outra aproximação feita nas simulações, assume os peixes como corpos rígidos, não considerando sua flexibilidade.

Para validação dos princípios de solução desenvolveu-se um protótipo dos componentes mais críticos, onde as simulações computacionais não podem garantir com um nível razoável de confiança o comportamento físico do fluxo de peixes. O desenvolvimento do protótipo e a análise dos resultados obtidos são objetos de estudo do Capítulo 6.

## **6. PROTÓTIPO - ORIENTADOR DE CABEÇAS E ENFILEIRADOR**

Este capítulo aborda o processo de desenvolvimento, construção e testes do protótipo dos principais componentes do alimentador automático, onde buscou-se representar as subfunções mais críticas desenvolvidas na fase de projeto conceitual.

Com este intuito, desenvolve-se o desenho de um modelo para testes, que foi fabricado e testado na empresa-alvo.

### **6.1. PROJETO MECÂNICO DO PROTÓTIPO**

Definiu-se para a fabricação do protótipo, a abordagem das subfunções mais críticas conforme entendimento no projeto conceitual e preliminar, sendo estas, as funções “orientar sentido dos peixes” e “transportar e ordenar em fila”.

No protótipo, o conjunto alimentador é representado com apenas um canal de transporte, diferentemente do projeto original que apresenta quatro canais. As velocidades de transporte utilizadas são as mesmas estabelecidas no projeto preliminar do produto.

Para fabricação do protótipo foram empregados materiais de baixo custo e a geometria das peças foi simplificada. Apenas o material utilizado nas esteiras e no tubo helicoidal, são os mesmos aplicados no projeto original, com o objetivo de representar fielmente a dinâmica de movimento dos peixes.

A Figura 6.1 ilustra a vista isométrica do protótipo. O item “A” representa o orientador de cabeças, onde através do movimento oscilatório da esteira proporcionado por um mecanismo scotch-yoke, os peixes são transportados no sentido cabeça-cauda. Para simplificação do protótipo, utilizou-se somente uma das duas saídas do orientador de cabeças para realização dos testes. O item “B” é o primeiro estágio do processo de transportar e orientar em fila, composto por uma correia sem fim que acelera os peixes em direção ao próximo estágio, aumentando a distância destes entre si. Já o item “C” é o último estágio do enfileirador, composto por um tubo conformado em um caminho helicoidal.

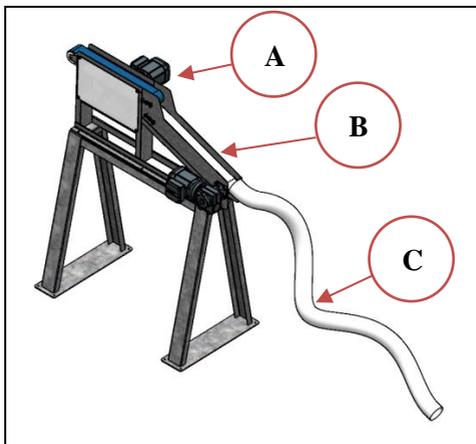


Figura 6.1 – Montagem geral do protótipo (orientador de cabeças e enfileirador)

O Apêndice F apresenta informações para a fabricação do protótipo, incluindo a descrição detalhada dos componentes e listas de materiais das peças a serem fabricadas e de peças comerciais.

## 6.2. CUSTOS COM MATERIAIS E FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO

A fabricação do protótipo, foi realizada com auxílio da equipe de engenharia da empresa-alvo, que arcou com os custos de materiais e mão-de-obra especializada. O Apêndice E apresenta os custos dos materiais e de fabricação dos principais componentes do protótipo.

Os componentes que apresentaram maior custo foram os dois motoredutores, representando juntos cerca de 49,01% do custo total do protótipo. Uma alternativa para diminuir o custo com estes componentes seria, no futuro, utilizar uma transmissão com polias e correias entre o tambor da esteira do conjunto enfileirador e o eixo do excêntrico do orientador de cabeças, de maneira a utilizar somente um motoredutor.

O tubo helicoidal também apresentou custo relativamente alto (13,25% do total), mesmo não sendo necessária nenhuma transformação por processos de fabricação. Este custo se justifica pelo fato de a mangueira utilizada ser fabricada em material atóxico, compatível com alimentos e apresentar alta flexibilidade mesmo possuindo a face interna lisa, característica necessária para evitar acúmulo de resíduos e evitar contaminações. Neste caso, a mangueira utilizada foi a única encontrada

no mercado a apresentar o raio de curvatura exigido na formação do helicóide e ao mesmo tempo atender as especificações de projeto que dizem respeito à sanitariedade dos componentes.

Aproximadamente 22,28% dos custos totais do protótipo foram divididos entre quatro outros componentes, o chassi (8,13%), oscilador linear (5,83%), veios (4,55%) e o excêntrico (3,77%), sendo o custo dos três últimos predominantemente ligados aos processos de fabricação por usinagem, como fresamento, torneamento e polimento. Os 15,46% restantes dos custos foram distribuídos de maneira uniforme entre os demais componentes do protótipo.

### 6.3. APARÊNCIA DO PROTÓTIPO

A fabricação obedeceu aos desenhos desenvolvidos na fase detalhada do projeto do protótipo. Os desenhos detalhados de cada peça, que incluem todas as informações para manufatura, encontram-se no Apêndice F desta dissertação. A Figura 6.2 apresenta uma vista geral da construção, contemplando todos os componentes fabricados.



Figura 6.2 – Aspecto final do protótipo do alimentador automático

Para auxiliar a formação do helicóide no tubo enfileirador, utilizou-se um tubo de aço carbono e abraçadeiras, montadas com espaçadores de maneira a obedecer aos raios final e inicial previstos no projeto preliminar.

Na Figura 6.3, o conjunto orientador de cabeças e o primeiro transportador enfileirador são evidenciados. Os motoredutores trifásicos foram ligados a um painel elétrico, sendo o motor do enfileirador operado por um inversor de frequência. A ligação do motor do enfileirador a um inversor de frequência permitiu o controle de velocidade da esteira, garantindo um maior espaçamento entre os peixes.



Figura 6.3 – Protótipo evidenciando orientador de cabeças e primeiro transportador enfileirador

A aparência construtiva do protótipo respeitou o previsto no projeto preliminar, com exceção da interface do oscilador com os veios lineares (Figura 6.4).

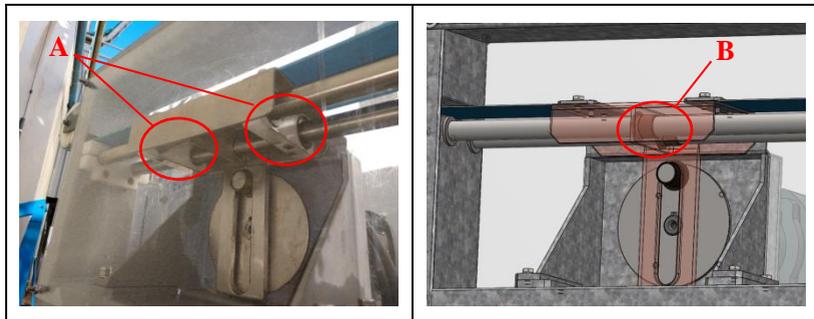


Figura 6.4 – Conjunto oscilador (à esquerda, após a construção e à direita no modelo tridimensional)

A interface prevista com apenas duas buchas não promoveu a estabilidade esperada, permitindo um movimento de arfagem do oscilador. Para neutralizar este movimento, foram instaladas mais duas buchas, permitindo movimentos no sentido axial dos veios lineares. A Figura 6.5 mostra uma vista frontal do conjunto oscilador e excêntrico.



Figura 6.5 – Conjunto oscilador linear e excêntrico do orientador de cabeças

A correia do orientador foi fixa à superfície do oscilador através de parafusos de cabeça cilíndrica com sextavado interno. Uma placa de aperto foi utilizada para distribuir a tensão sobre a borracha e evitar o rompimento devido ao movimento de tração.

## 6.4. TESTES DO PROTÓTIPO

Para realização dos testes, foram utilizadas duas espécies representantes da subordem Clupeoidei, ambas nativas da costa brasileira. A primeira, da família Clupeidae, foi a Sardinha verdadeira (*sardinella brasiliensis*) e a segunda, da família Engraulididae, foi a Boca torta (*cetengraulis edentulus*). Na Figura 6.6 podem ser observadas as principais diferenças na morfologia externa dos dois peixes, sendo o comprimento total, a mais perceptível. A Sardinha verdadeira possui em média 20 cm, enquanto a Boca torta pode chegar no máximo a 13 cm.

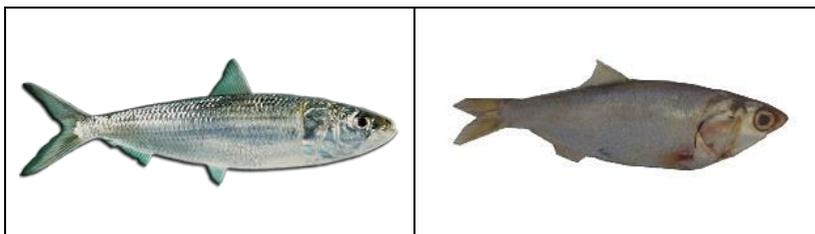


Figura 6.6 – Sardinha verdadeira (esquerda) e Boca torta (direita)

Fonte: GDC Alimentos

Outra característica bastante evidente que distingue as duas espécies é a proporção entre o comprimento padrão e a profundidade do corpo. A Sardinha verdadeira é classificada como um peixe delgado, por possuir profundidade ligeiramente menor que 25% do comprimento padrão, já a Boca torta é classificada como moderadamente delgado, possuindo profundidade entre 25 e 30% do comprimento padrão (Whitehead, 1986).

### 6.4.1. Metodologia e execução dos testes com o protótipo

Para definição da metodologia a ser empregada nos testes do protótipo buscou-se na literatura uma abordagem generalizada para testes de máquinas industriais, uma vez que não existem referências publicadas para testes de máquinas de alimentação automática similares à máquina objeto deste trabalho.

Back e Leal (1991) propõem uma metodologia de planejamento de teste de produtos industriais na qual indica seis testes distintos que podem ser executados ao longo do ciclo de vida de um produto. Utiliza-se neste trabalho o teste tipo III, onde há condições de efetuar testes e demonstrações formais, pois o protótipo está disponível. Os testes de tipo

III podem incluir testes de desempenho, qualificação de meio ambiente, confiabilidade, manutenibilidade e de qualidade dos manuais de operação ou manutenção.

Neste trabalho, deu-se ênfase aos testes de desempenho das funções para as quais a máquina foi projetada, priorizando aspectos como desenvolvimento da velocidade dos peixes na máquina e comparativos de posição e velocidade entre espécies distintas.

Inicialmente a máquina foi ligada em uma oficina mecânica, com o objetivo de verificar anomalias não previstas no projeto. O conjunto permaneceu energizado durante vinte minutos, onde verificou-se que ambos os sistemas (orientação de cabeças e enfileiramento) apresentaram bom funcionamento, livres de interferências e solavancos e com baixo ruído.

Os testes de operação foram realizados em ambiente fabril, na empresa-alvo, que disponibilizou o espaço, energia elétrica e os indivíduos para realização dos testes. Para realização destes testes montou-se o seguinte plano:

- i. Higienização do protótipo, com solução à base de hidróxido de sódio;
- ii. Energização do painel de força e partida dos motores elétricos, com regulagem inicial da frequência do motor acionador do enfileirador ajustada em 60 Hz;
- iii. Abastecimento manual de peixes simulando a aleatoriedade de posição e sentido esperada na carga da máquina real. O lote de teste para a Sardinha verdadeira foi de 20 kg (cerca de 240 indivíduos). Da mesma maneira, o lote de teste da Boca torta foi de 20 kg (cerca de 400 indivíduos).
- iv. Após a passagem dos dois lotes, ajuste da frequência do enfileirador para 70 Hz e repetição do processo;
- v. Após a segunda passagem dos lotes, ajuste da frequência do enfileirador para 80 Hz e repetição do processo;
- vi. Registro contínuo da passagem dos lotes com câmera de vídeo.

## **6.4.2. Análise dos resultados dos testes com o protótipo**

### **6.4.2.1. Orientador de cabeças**

Com o registro de vídeo da passagem dos lotes de peixes, utilizou-se o player de vídeo Kinovea como ferramenta de auxílio na obtenção da variação da posição dos peixes no tempo. O comprimento físico das

geometrias da estrutura foi calibrado com o vídeo através da ferramenta de dimensão linear (Figura 6.7).



Figura 6.7 – Calibração de dimensão física do orientador de cabeças no Software Kinovea

Para obtenção dos posicionamentos dos peixes, foi utilizada a ferramenta de caminho, que descreve a trajetória de um móvel, fornecendo informações de posição ou velocidade ao longo do tempo. A Figura 6.8 representa a trajetória de uma sardinha no orientador de cabeças.

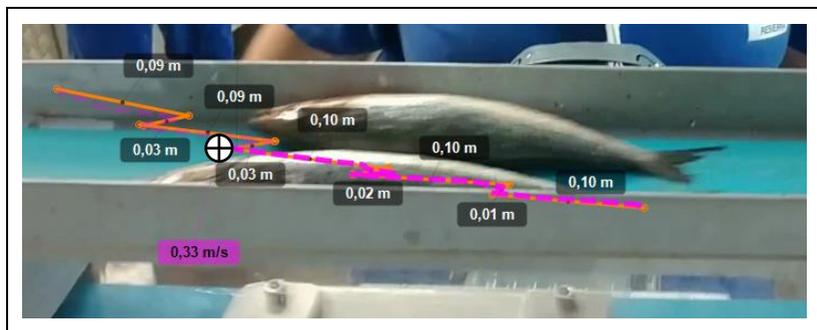


Figura 6.8 – Trajetória de uma sardinha no orientador de cabeças

Pode-se observar o avanço de maior magnitude no sentido cabeça-cauda. Em cada um dos ciclos, a sardinha avançou em média 0,1 m e retornou 0,02 m, resultando em um avanço de 0,08 m por ciclo. O ponto

na Figura 6.11 representa o sensor posicionado na cabeça da sardinha para formação da trajetória de movimento. Outro dado fornecido é a velocidade instantânea de 0,33 m/s, obtida do móvel no quadro em que a imagem foi capturada. Similarmente, a Figura 6.9 apresenta o deslocamento de uma boca torta no orientador de cabeças, evidenciando a velocidade instantânea de 0,18 m/s.

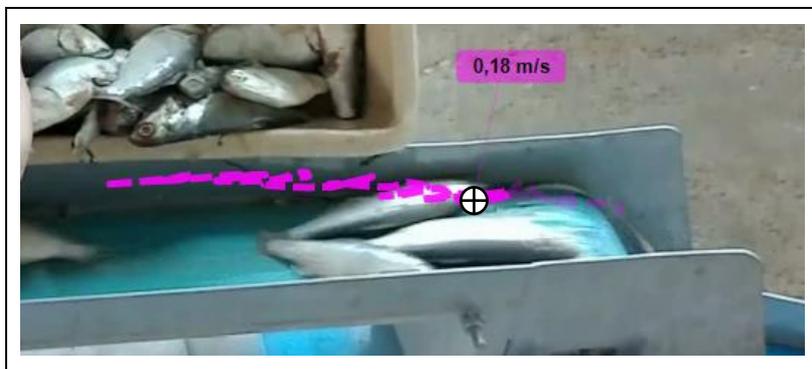


Figura 6.9 – Trajetória de uma boca torta no orientador de cabeças

Com estas análises, foi possível exportar uma tabela de dados de tempo, posição e velocidade em formato XML. Os dados das duas espécies foram organizados no Microsoft Excel, conforme a Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Dados de posição e velocidade no tempo - sardinha e boca torta

t (s)	POSIÇÃO (m)		VELOCIDADE (m/s)	
	Sardinha	Boca torta	Sardinha	Boca torta
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,03	0,00	0,02	0,05	0,62
0,07	0,03	0,03	0,71	0,42
0,10	0,06	0,04	1,04	0,26
0,13	0,08	0,04	0,59	-0,22
0,17	0,09	0,03	0,41	-0,06
0,20	0,09	0,02	-0,13	-0,44
0,23	0,09	0,04	-0,11	0,51
0,27	0,09	0,06	0,28	0,77
0,30	0,11	0,07	0,38	0,29
0,33	0,13	0,08	0,74	0,24
0,37	0,14	0,07	0,34	-0,14
0,40	0,18	0,07	1,16	-0,23
0,43	0,16	0,05	-0,78	-0,40
0,47	0,17	0,07	0,49	0,47
0,50	0,17	0,08	0,13	0,44
0,53	0,19	0,10	0,57	0,42
0,57	0,23	0,10	1,01	0,10
0,60	0,25	0,10	0,83	-0,05
0,63	0,26	0,09	0,33	-0,39
0,67	0,24	0,08	-0,72	-0,24
0,70	0,23	0,09	-0,27	0,46
0,73	0,24	0,11	0,37	0,45
0,77	0,28	0,12	0,95	0,47
0,80	0,29	0,13	0,57	0,29
0,83	0,31	0,13	0,50	-0,18
0,87	0,31	0,11	0,09	-0,48
0,90	0,30	0,11	-0,39	-0,04
0,93	0,30	0,12	-0,21	0,23
0,97	0,35	0,14	1,41	0,64
1,00	0,36	0,15	0,34	0,34

Para uma melhor análise dos dados obtidos na Tabela 6.1, as Figuras 6.10 e 6.11 apresentam a plotagem dos dados de posição e velocidade respectivamente. O ponto inicial é considerado a partir da queda do peixe no orientador de cabeças, sendo o deslocamento analisado durante o período de 1 segundo.

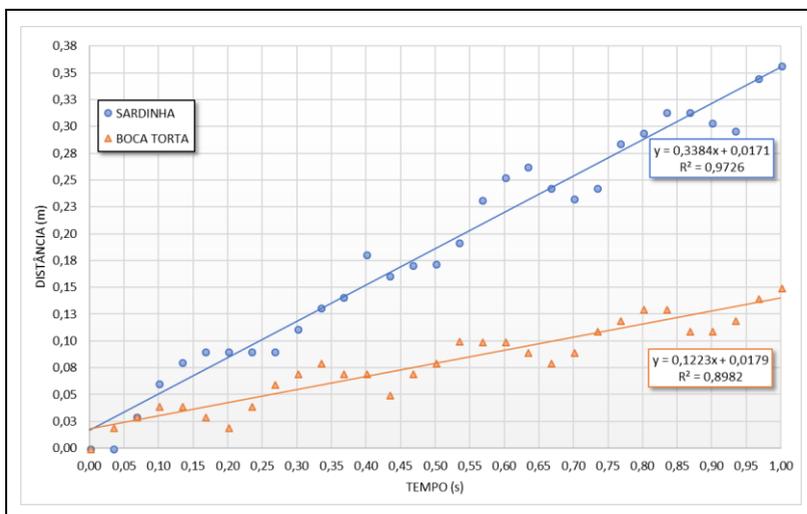


Figura 6.10 – Posição da sardinha e boca torta no orientador de cabeças ao longo do tempo

Como pode-se perceber no gráfico da Figura 6.10, a sardinha apresentou maior deslocamento do que a boca torta no período analisado. Pode-se considerar que o aumento da distância em relação à entrada no sistema cresce de maneira linear no período analisado. A equação encontrada no deslocamento da sardinha explica cerca de 97,26% dos valores observados, em detrimento da equação encontrada no deslocamento da boca torta, que explica 89,82% dos valores.

Ainda na Figura 6.10, é possível observar as quedas cíclicas no deslocamento (retornos), em virtude do movimento da superfície da correia do oscilador. No geral, os movimentos de retorno são sempre menores do que os de avanço e o avanço líquido por ciclo é dado pela diferença entre os dois deslocamentos.

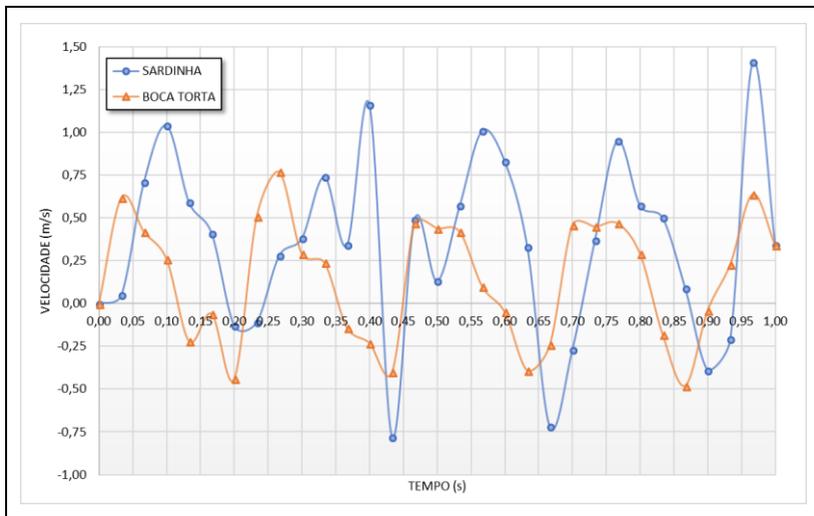


Figura 6.11 – Velocidade da sardinha e boca torta no orientador de cabeças ao longo do tempo

A Figura 6.11 representa a magnitude e sentido do vetor da velocidade no deslocamento da sardinha (em azul) e da boca torta (em laranja). Os valores de velocidade acima de zero representam o ciclo de avanço em direção à saída do dispositivo, enquanto os valores abaixo de zero, representam as velocidades de retorno. Assim como na análise da posição, observa-se a maior velocidade obtida no deslocamento da sardinha. Observa-se também, a natureza cíclica da variação de velocidade, que possui período correspondente ao do acionamento utilizado no dispositivo scotch yoke, ou seja, aproximadamente 0,24s, devido ao motoredutor com frequência rotacional de saída de 4,15 Hz.

#### 6.4.2.2. Enfileirador

Assim como no orientador de cabeças, utilizou-se o player de vídeo Kinovea como ferramenta de auxílio na obtenção da variação da posição dos peixes no tempo. O comprimento físico das geometrias da estrutura foi calibrado com o vídeo através da ferramenta de dimensão linear (Figura 6.12).



Figura 6.12 – Calibração de dimensão física do enfileirador no Software Kinovea

Utilizou-se a ferramenta de caminho, para obter a trajetória de dois indivíduos da espécie Boca torta posicionados lado a lado ao final do orientador de cabeças, antes da queda na esteira do enfileirador. A Figura 6.13 representa a formação da trajetória.

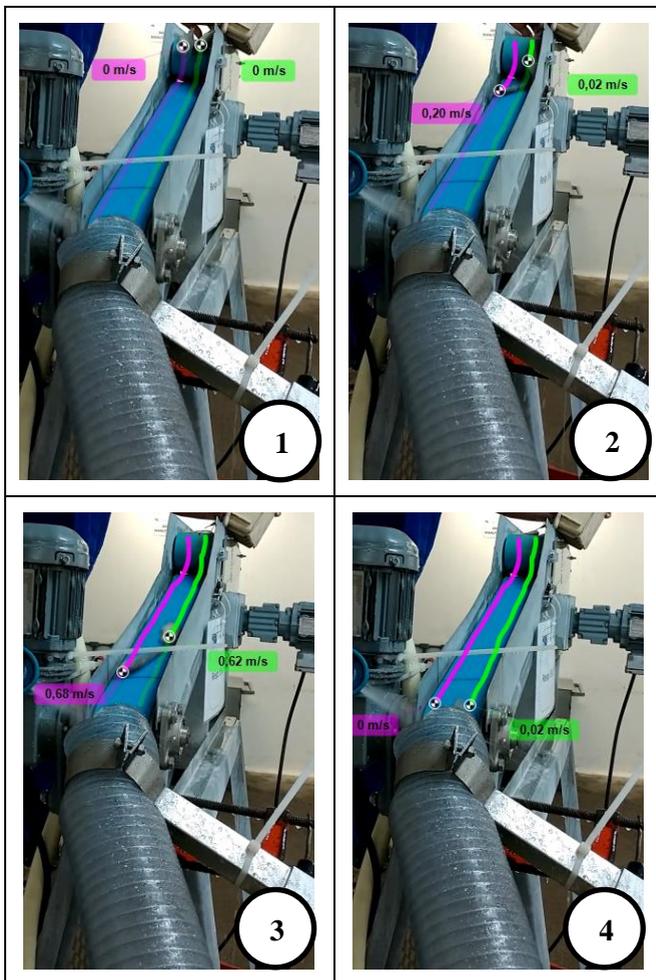


Figura 6.13 – Formação da trajetória do indivíduo 1 (magenta) e do indivíduo 2 (verde), ambos da espécie Boca torta

A eficiência de separação dos peixes teve acréscimo substancial à medida que se aumentou a frequência do motor do enfileirador, o que era esperado devido à maior aceleração dos peixes no início da esteira. Os dados de posição e velocidade dos peixes da Tabela 6.2 foram obtidos com o inversor de frequência da esteira ajustado em 80 Hz, resultando em um incremento de 33,3% na velocidade de superfície da esteira.

Tabela 6.2 – Dados de posição relativa e vetor posição dos indivíduos 1 e 2 em função do tempo

t (s)	INDIVÍDUO 1			INDIVÍDUO 2		
	x (m)	y (m)	Soma (m)	x (m)	y (m)	Soma (m)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,03	0,00	-0,03	0,03	0,00	-0,01	0,01
0,07	-0,01	-0,05	0,05	0,00	-0,01	0,01
0,10	-0,02	-0,06	0,06	-0,01	-0,03	0,03
0,13	-0,02	-0,07	0,07	-0,01	-0,03	0,03
0,17	-0,03	-0,08	0,09	-0,01	-0,05	0,05
0,20	-0,03	-0,09	0,09	-0,02	-0,07	0,07
0,23	-0,04	-0,10	0,11	-0,02	-0,07	0,07
0,27	-0,05	-0,12	0,13	-0,02	-0,08	0,08
0,30	-0,06	-0,13	0,14	-0,03	-0,10	0,10
0,33	-0,07	-0,15	0,17	-0,04	-0,11	0,12
0,37	-0,08	-0,17	0,19	-0,04	-0,12	0,13
0,40	-0,09	-0,19	0,21	-0,05	-0,14	0,15
0,43	-0,11	-0,21	0,24	-0,06	-0,16	0,17
0,47	-0,12	-0,23	0,26	-0,07	-0,18	0,19

Com os dados de posição relativa nos eixos x e y, foi calculada a soma vetorial para obtenção do vetor posição em cada período analisado. Este vetor representa a distância do indivíduo para o ponto inicial, a saída do orientador de cabeças. Desta maneira foi possível realizar uma análise comparativa entre os indivíduos 1 e 2 com relação ao distanciamento entre si. O gráfico na Figura 6.14 ilustra o crescimento da distância dos dois indivíduos em relação ao ponto inicial do sistema.

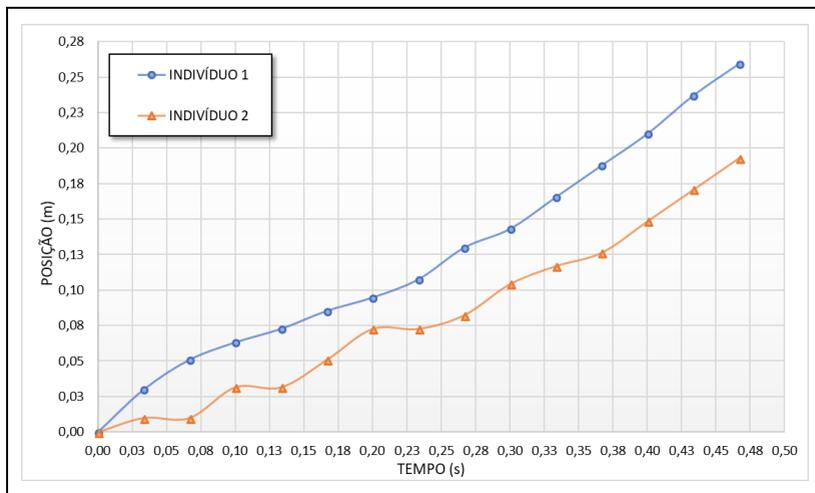


Figura 6.14 - Posição dos indivíduos 1 e 2 no enfileirador ao longo do tempo

Observa-se na Figura 6.14 a maior velocidade inicial do indivíduo 1, o que também pode ser evidenciado no segundo quadro da Figura 6.13. Com a observação em câmera lenta, constatou-se o contato do indivíduo 1 com a esteira com 7 centésimos de segundo de antecedência em relação ao indivíduo 2, resultando em uma distância final entre os dois de 0,07 m ao final da esteira. Este comportamento foi observado em todos os testes realizados com sardinhas e boca tortas.

O tubo helicoidal, segunda etapa do enfileirador, não exerceu a função prevista no projeto preliminar. A aceleração causada dentro do tubo não teve representatividade na separação entre os peixes das espécies analisadas e o espaçamento alcançado na saída do tubo não foi diferente ao alcançado na esteira do enfileirador. Atribui-se a provável falha deste dispositivo à troca de material realizada em relação ao previsto e estudado no projeto preliminar. Devido à indisponibilidade de tubos de teflon no diâmetro de 100 mm, utilizou-se uma mangueira de PVC, material que possui maior rugosidade superficial.

A mangueira em questão possui estrutura interna em aço mola, e é utilizada quando há a necessidade de se realizar curvas de raio curto, como era o caso no dispositivo. Embora o fabricante anuncie a venda da mangueira como sendo de face interna lisa (Kanaflex, 2018), a estrutura em mola resulta em pequenos ressaltos internos, causando maior perda de energia em virtude do atrito com as escamas dos peixes. Para tentar diminuir este efeito, instalou-se um bico aspersor de água de baixa vazão na entrada do tubo (Figura 6.15).



Figura 6.15 – Bico aspersor instalado na entrada do tubo helicoidal

O bico jorra água constantemente no percurso do tubo, causando maior fluidez no deslocamento dos peixes, entretanto o dispositivo permaneceu imprevisível, não sendo possível obter dados consistentes acerca de seu funcionamento.

## 6.5. CONSIDERAÇÕES ACERCA DO PROTÓTIPO

De maneira geral, os resultados obtidos com o protótipo corresponderam ao esperado e, em sua maioria, às previsões realizadas para as subfunções “orientar sentido dos peixes” e “transportar e ordenar em fila” foram atendidas para as duas espécies de peixes Clupeoides utilizadas nos testes. Embora a segunda etapa do enfileirador não tenha desempenhado a função prevista, o conceito estabelecido com a esteira de espaçamento se mostrou bastante promissor. Em um trabalho futuro, a instalação de mais esteiras de aceleração em série, assim como previsto no projeto preliminar, possui grande probabilidade de aumentar ainda mais o espaçamento entre os indivíduos.

Com a construção da máquina real conforme desenvolvimento no Capítulo 5 ou um protótipo de segunda geração, será possível a execução de testes de nível IV, sendo estes caracterizados como testes de validação do produto, possuindo maior eficiência de avaliação. Conforme sugerido por Back e Leal (1991), estes testes são realizados continuamente em

períodos maiores, cobrindo avaliações de todos os sistemas técnicos do produto através de uma série de exercícios simulados de operação.

## 7. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O objetivo geral traçado no início desta pesquisa foi definido como desenvolver o projeto de um alimentador automático para evisceradora de pescado, tendo como principais saídas, o leiaute final e protótipo básico do produto. Estas duas principais saídas estão descritas nos Capítulos 5 e 6 respectivamente.

Para cumprir o objetivo geral, desenvolveu-se uma pesquisa para delimitação das espécies às quais a máquina deveria processar. Nesta parte, definiu-se os peixes da subordem Clupeoidei como alvo, dada a importância comercial que representam para o setor e pela disponibilidade de certas espécies em águas brasileiras. Estudou-se também, o processo de beneficiamento destes peixes em fábricas de conserva, para entender em que nível do processo fabril a máquina projetada seria aplicável. Por fim, apresentou-se o panorama atual da fabricação de máquinas para alimentação automática de produtos em indústrias de alimentos, sobretudo em indústrias de beneficiamento de pescados. Pôde-se evidenciar a carência de fabricantes brasileiros especializados em máquinas para a indústria em questão, restando como alternativa os fabricantes europeus localizados próximos ao Mar Báltico.

No processo de obtenção das especificações de projeto, uma equipe multidisciplinar, incluindo profissionais das áreas de segurança alimentar, produção, melhoria contínua, segurança do trabalho, higienização, manutenção e engenharia de projetos, forneceu as principais necessidades para o produto. A formação da equipe demonstrou-se bastante produtiva e relevante ao projeto informacional, resultando em importantes especificações e no conhecimento necessário para desenvolvimento do projeto preliminar considerando as particularidades de uma máquina desenvolvida para indústria alimentícia. As considerações da equipe acerca da metodologia empregada foram bastante positivas, sobretudo no que diz respeito à riqueza da documentação gerada, organização das informações e à integração entre as áreas. Nenhum dos integrantes havia tido contato prévio com metodologia de projeto similar.

Na etapa de projeto conceitual, com a ajuda de métodos sistemáticos de apoio à criatividade, definiu-se a concepção definitiva do produto. O processo iniciou com o desenvolvimento da síntese funcional, evoluindo para um processo de geração de princípios de solução que pudessem atender a cada uma das subfunções formuladas. Através de análises estruturadas, chegou-se à definição de que o alimentador

automático deveria ser formado por um elevador de pescado na entrada do sistema, um mecanismo de oscilação para orientar os peixes no sentido cabeça-cauda, esteiras espaçadoras para formação de fila e por fim, um sincronizador com a máquina de evisceração.

Com a concepção do produto já definida, definiu-se o leiaute final do alimentador, modelando o conjunto de solução levando em consideração aspectos de dinâmica do movimento, materiais, geometria e as interfaces entre os princípios de solução adotados. Cada um dos princípios de solução foi dimensionado de acordo com modelos físicos conhecidos, análises computacionais e catálogos de fabricantes. O leiaute final do produto mostrou-se bastante adequado, no que diz respeito à forma e dimensões principais, possuindo grande potencial de aplicação em ambiente industrial.

Por fim, desenvolveu-se um protótipo dos princípios de solução mais críticos identificados no projeto preliminar do alimentador automático. As subfunções “orientar sentido dos peixes” e “transportar e ordenar em fila” foram testadas em ambiente fabril, utilizando duas espécies distintas de peixes da subordem Clupeoidei. Após a execução dos testes, o comportamento cinemático dos peixes durante o transporte no protótipo foi analisado em vídeo, apontando os aspectos positivos e negativos na construção dos componentes.

## 7.1. ANÁLISE DE RESULTADOS E CONTRIBUIÇÕES

O trabalho de pesquisa conduzido nos primeiros capítulos mostrou-se de suma importância para o desenvolvimento do projeto da máquina, pois forneceu os parâmetros necessários para definição da forma, dimensões e dos materiais de contato com os peixes. Esta pesquisa pode servir de referência para trabalhos futuros no campo de projetos de máquinas para beneficiamento de pescado, pois inclui dados obtidos acerca das principais espécies de Clupeoides encontradas no Brasil e os principais processos de beneficiamento praticados pelas indústrias alimentícias.

Para engenheiros projetistas de máquinas e equipamentos, os resultados aqui obtidos podem servir como base também para tomadas de decisão nas fases de projeto conceitual e preliminar. Os princípios de solução analisados no protótipo geraram dados suficientes para justificar sua aplicação em outras soluções para a indústria.

A utilização de ferramentas computacionais provou-se bastante útil para análise de movimento dos mecanismos. Entretanto, as previsões de comportamento do fluxo de pescado não se confirmaram em algumas

situações, como no tubo helicoidal do enfileirador. As ferramentas disponíveis para desenvolvimento deste trabalho não foram capazes de simular as particularidades do corpo do pescado, como a flexibilidade da carne e a diferença de atrito no sentido cabeça-cauda e cauda-cabeça.

## 7.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste item são feitas recomendações baseadas nos resultados obtidos no desenvolvimento do trabalho e nos testes com o protótipo, bem como possibilidades de estudo de outras soluções não abordadas nesta pesquisa, mas também promissoras.

- Elevador com tremonha

a) Avaliar possibilidade de automação da variação da velocidade de abastecimento de peixes. Para manter uma vazão mássica constante, uma balança dinâmica instalada no processo anterior poderia fornecer dados a um CLP que realizaria o controle de frequência do motor de acionamento do elevador; b) evoluir o modelo da interface entre o elevador e o orientador de cabeças: para uma distribuição uniforme dos peixes nos quatro canais do orientador de cabeças, uma esteira transportadora com divisórias pode alimentar os quatro canais igualmente. Como alternativa, calhas com divisórias na interface entre os dois dispositivos podem ser arranjadas de maneira a obter-se uma distribuição uniforme.

- Orientador de cabeças

a) Aumentar curso do mecanismo de oscilação scotch yoke: através de uma análise de sensibilidade, estudar o impacto no aumento do avanço do mecanismo na velocidade de deslocamento dos peixes; b) utilizar paredes móveis nos canais do orientador de cabeças assim como previsto no projeto preliminar do produto e estudar o impacto na velocidade de deslocamento dos peixes; c) através de uma análise de sensibilidade, estudar o impacto da variação de frequência no acionamento do mecanismo de oscilação na velocidade de deslocamento dos peixes.

- Enfileirador

a) Desenvolver protótipo de enfileirador formado por três transportadores com incremento de velocidade em sequência, como definido no projeto conceitual; b) buscar soluções alternativas à

mangueira de PVC encontrada no mercado nacional: pesquisar mangueiras fabricadas em PTFE no mercado nacional e internacional e fazer análise comparativa de desempenho com a mangueira em PVC; c) realizar estudo da influência da temperatura superficial do pescado na dinâmica do movimento.

- Orientador de dorso

a) Desenvolver protótipo da solução apresentada e analisar a dissipação de energia cinética no impacto dos peixes com as paredes do orientador de dorso; b) desenvolver protótipos de soluções alternativas apresentadas no projeto conceitual e realizar estudo de viabilidade financeira frente à solução escolhida.

- Sincronizador

a) Desenvolver novos princípios de solução que possam atender a subfunção de transferir os peixes sincronicamente com uma máquina evisceradora; b) buscar fornecedores que possuam em catálogo motores que proporcionem maior aceleração, diminuindo assim, o número de transportadores por motor.

## REFERÊNCIAS

- AGNE PERSSON (Helsinki). Agne Persson. **An apparatus for orientation of fish with the respect of the position of abdomen and dorsum**. FI nº WO8910061 (A1), 18 abr. 1988, 02 nov. 1989. World Intellectual Property Organization, 1989.
- ARENCO VMK (Kalmar). **VMK52 Hopper and Elevator**. 2017. Disponível em: <<http://www.arenco.com/fish/machinery/vmk52/>>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- BACK, Nelson; LEAL, Longuinho da Costa Machado. Uma metodologia de planejamento de teste de produtos industriais. **Produção**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p.61-69, out. 1991. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/prod/v2n1/v2n1a05.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2018.
- BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny C. **Projeto Integrado de Produtos**: planejamento, concepção e modelagem. São Paulo: Manole, 2008.
- BAADER. **BAADER 220 - BAADER 221**: Heading and Nobbing. 2012. Disponível em: <[https://www.baader.com/files/products/fish\\_processing/BAADER\\_Pelagics\\_Heading\\_and\\_Nobbing.pdf](https://www.baader.com/files/products/fish_processing/BAADER_Pelagics_Heading_and_Nobbing.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2016.
- BECKHOFF AUTOMATION GMBH. **XTS**: The linear transport system. 2017. Disponível em: <[https://www.beckhoff.com/english.asp?drive\\_technology/xts.htm](https://www.beckhoff.com/english.asp?drive_technology/xts.htm)>. Acesso em: 18 nov. 2017.
- BRASIL. Decreto nº D9013, de 29 de março de 2017. Brasília, DF, Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/decreto/d9013.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9013.htm)>. Acesso em: 15 jan. 2018.
- BSRAC COMMISSION NON-PAPER, 2010, Bruxelas. **On the establishment of a multiannual plan for pelagic stocks in the Baltic Sea and the fisheries exploiting those stocks**. Bruxelas: [s.n.], 2010. Disponível em: <[http://www.bsrac.org/mod\\_inc/?P=itemmodule&kind=front](http://www.bsrac.org/mod_inc/?P=itemmodule&kind=front)>. Acesso em: 15 abr. 2016.
- CARDOSO, R. S. **Gestão de custos de matérias-primas em indústrias de conserva de pescado do Brasil e da Espanha**. 2006. 164 p. Dissertação (Pós-Graduação em Administração) – Universidade Regional

de Blumenau, Blumenau, 2006. [Orientadora.: Prof. Dra. Ilse Maria Beuren].

CERGOLE, Maria Cristina; ÁVILA-DA-SILVA, Antônio Olinto; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, Carmén Lúcia del Bianco (Ed.). **Análise das Principais Pescarias Comerciais da Região Sudeste-Sul do Brasil: Dinâmica Populacional das Espécies em Exploração**. São Paulo: USP, 2005.

COLOMBINI, Daniela; OCCHIPINTI, Enrico; FANTI, Michele. **Método OCRA para análise e a prevenção do risco por movimentos repetitivos: Manual para a avaliação e a gestão do risco**. São Paulo: LTR, 2008. 333 p.

COSTA, C. et al. **Automated sorting for size, sex and skeletal anomalies of cultured seabass using external shape analysis**. Aquacultural Engineering, Amsterdam, n. 52, p.58-64, 05 jan. 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860912000659>>. Acesso em: 05 jan. 2017.

COSTA, S. et al. Cadeias produtivas do estado de Santa Catarina, aquicultura e pesca. **Boletim Técnico da Epagri**, nº 97, 61 p., 1998.

DANTAS, Silvia Tondella et al. **Avaliação de embalagens metálicas: aço e alumínio**. Campinas: CETEA/ITAL, 1996. 317 p.

DASSAULT SYSTÈMES. **SolidWorks 2013: SolidWorks Motion**. Waltham: Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, 2013. 356 p.

DASSAULT SYSTÈMES. SolidWorks Motion. **Property Manager de Propriedades do estudo de movimento: Análise de Movimento**. 2016. Disponível em: <[http://help.solidworks.com/2016/Portuguese-brazilian/SolidWorks/motionstudies/HIDD\\_MOTION\\_STUDY\\_PROPERTIES.htm?format=P&value=1](http://help.solidworks.com/2016/Portuguese-brazilian/SolidWorks/motionstudies/HIDD_MOTION_STUDY_PROPERTIES.htm?format=P&value=1)>. Acesso em: 30 ago. 2017.

DASSAULT SYSTÈMES. **Estudos de movimento: Métodos de integração**. 2016. Disponível em: <[http://help.solidworks.com/2016/portuguese-brazilian/SolidWorks/motionstudies/c\\_integration\\_methods\\_analysis.htm](http://help.solidworks.com/2016/portuguese-brazilian/SolidWorks/motionstudies/c_integration_methods_analysis.htm)>. Acesso em: 20 mar. 2018.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 40050-9: Road vehicles; degrees of protection (IP-code); protection against foreign**

objects; water and contact; electrical equipment. Berlin: German Institute For Standardisation, 1993. 17 p.

DIAS-NETO, J.; CERGOLE, M. C. **Plano de gestão para o uso sustentável de Sardinha-Verdadeira *Sardinella brasiliensis***. Brasília: Edições IBAMA, 2011. 180 p.

FAO (Org.). **Fishery and Agriculture Country Profiles: The Federative Republic of Brazil**. 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org/fi/fcp/en/bra/profile.htm>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

FAO (Org.). **Major Fishing Areas for Statistical Purposes**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-az126e.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

FAO (Org.). **Atlantic, Southwest (Major Fishing Area 41)**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/area/Area41/en>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

FAVORIT. **Aço AISI 304 / AISI 304 L**. 2013. Disponível em: <<http://www.favorit.com.br/produtos/acos-inoxidaveis/aco-aisi-304-aisi-304-l>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

FESTO AG & CO. **Multi-Carrier-System MCS**. 2017. Disponível em: <[https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/490941/MCS\\_Guide\\_2017\\_en.pdf](https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/490941/MCS_Guide_2017_en.pdf)>. Acesso em: 22 mar. 2018.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. Florianópolis, 2000. 180f. Tese de Doutorado, PPGEM - UFSC.

FRED KLINGENER. Wolfram Demonstrations Project (Ed.). **Comparing Simple Crank/Slider and Scotch Yoke Mechanisms**. 2017. Disponível em: <<http://demonstrations.wolfram.com/ComparingSimpleCrankSliderAndScotchYokeMechanisms/>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

GATTI, J.A.B. Vernizes de vedantes. In: **EMBALAGENS metálicas e a sua interação com alimentos e bebidas**. Campinas: CETEA/ITAL, 1999a. cap.3, p.61-75.

GAVA, Altanir Jaime. **Princípios de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Nobel, 1998.

GEAR, C. W. The automatic integration of ordinary differential equations. In: INFORMATION PROCESSING (PROC. IFIP CONGRESS), 1., 1968, Edinburgh. **Proceedings...** Amsterdam: North-Holland, 1969. p. 187 - 193.

HABASIT. **Polioximetileno (acetil) POM**. 2018. Disponível em: <<http://www.habasit.com/br/pom.htm>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

HAMILTON SUNDSTRAND CORP (Windsor). Mcauliffe Christoffer. **Butterfly valve with modified scotch yoke connection**. US nº US2016215889 (A1), 26 jan. 2015, 28 jul. 2016. United States Patent and Trademark Office, 2016.

HAUSER, John R.; CLAUSING, Don. The House of Quality. **Harvard Business Review**, Boston, p.63-73, maio 1988. Mensal. Disponível em: <<https://hbr.org/1988/05/the-house-of-quality>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

HELLINGER, Rolf; MNICH, Peter. Linear Motor-Powered Transportation: History, Present Status, and Future Outlook. In: IEEE, 97., 2009, Palo Alto. **Proceedings...** New York: IEEE, 2009. p. 1892 - 1900.

IBAMA. **Estatística da pesca 2006 Brasil: grandes regiões e unidades da federação**. Brasília: Ibama, 2008. 174 p.

IGUS (Providence). **Iglidur Z**: Sleeve bearing with flange. 2017. Disponível em: <<https://www.igus.com.br/product/93>>. Acesso em: 11 dez. 2017.

INTRALOX LLC. **Manual de Engenharia**: Esteiras transportadoras. New Orleans: Laitram LLC, 2017. 474 p. Disponível em: <<http://intralox.com/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=4972>>. Acesso em: 22 fev. 2018.

IRAS A/S (Dinamarca). **Vacuum based fish pumps**: PV system. 2017. Disponível em: <<http://iras.dk/projects-vacuum-pumps/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

ISHIDA CORPORATION LTD (Japão). **Multihead Weighers**: RV Series. 2017. Disponível em: <<http://www.ishida.com/ww/en/products/weighing/ccw/rv.cfm>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

KANAFLEX (Cotia). **KTS**: Atóxica Transparente com Espiral de Aço Mola. 2018. Disponível em:

<[http://www.kanaflex.com.br/documentos/Lamina\\_KTS.pdf](http://www.kanaflex.com.br/documentos/Lamina_KTS.pdf)>. Acesso em: 02 maio 2018.

KUJALA, K.; ARTTO, K.; PARHANKASNGAS, A. Towards theory of project business. In: NORDIC ACADEMY OF MANAGEMENT CONFERENCE, 19, 2007, Bergen. **Proceedings...** Bergen: NFF, 2007. p. 50 - 67.

LITTLE, T.. Context-Adaptive Agility: Managing Complexity and Uncertainty. **IEEE Software**, [s.l.], v. 22, n. 3, p.28-35, maio 2005. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/ms.2005.60>.

LUDORFF, W.; MEYER, V. **El pescado y los productos de la pesca**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1978. 342 p.

MAGNEMOTION (ROCKWELL AUTOMATION COMPANY). **Independent cart technology**: Linear Motors provide magnetic propulsion and control of multiple carts. 2016. Disponível em: <<http://www.magnemotion.com/wp-content/uploads/2017/03/32069-EB-EN-LSM-Tech-Primer-RGB-HR-P2.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

MATSUURA, Yasunobu. Brazilian sardine (*Sardinella Braziliensis*) spawning in the southeast Brazilian Bight over the period 1976-1993. **Revista Brasileira de Oceanografia**, São Paulo, v. 1, n. 46, p.33-43, 8 abr. 1998.

MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de Máquina**. 9. ed. São Paulo: Érica, 2009. 358 p.

MICROMATIC LLC. **Engineering Data**. 9. ed. Berne: LLC, 2017. 21 p.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA - MPA. (Org.). **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2011**. Brasília, 2012.

MSC SOFTWARE CORPORATION (Santa Ana). **Adams/Solver Theory**: Achieving Robust, Converged Solutions. Santa Ana: MSC Software, 2013. 85 p. Disponível em: <[http://www.cadfamily.com/download-pdf/ADAMS-Advance-Modeling/adams\\_2013\\_training\\_703b\\_coursenotes\\_2\\_up.pdf](http://www.cadfamily.com/download-pdf/ADAMS-Advance-Modeling/adams_2013_training_703b_coursenotes_2_up.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2018.

MYRSETH, Albert. **Planning and Engineering Data: 2. Fish Canning**. Oslo: FAO, 1985. 77p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/003/R6918E/R6918E00.htm#Contents>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

NORDISCHER MASCHINENBAU RUD. BAADER GMBH (Lubeck). Adolf Bartels Alfred Friedrich; Herbert Kroger. **Method and apparatus for the fully automatic feed of fish to fish working machines.** US nº US3348260 (A), 19 nov. 1964, 15 nov. 1967. United States Patent and Trademark Office, 1967.

NORDISCHER MASCHINENBAU RUD. BAADER GMBH (Lubeck). Andreas Danne; Jorg Holtz. **Fish transporting device for automatically feeding fish to a fish processing machine and device for aligning fish in a head/tail orientation having such a fish transporting device.** US nº US2011/0275299 A1, 24 jun. 2010, 10 nov. 2011. United States Patent and Trademark Office, 2011.

OTTO, K. N; WOOD, K. L. **Product Evolution:** a reverse engineering and redesign methodology. *Journal of Research in Engineering Design.* v.10, n.4, 1998, p.226-243.

OTTO, K. N; WOOD, K. L. **Product Design:** techniques in reverse engineering and new product development. Nova York: Prentice Hall, 2001. 1071 p.

PAES, Eduardo Tavares; SOPPA, Mariana Altenburg; SOUZA, Ronald Buss de. Covariações entre os desembarques da sardinha-verdadeira - *Sardinella janeiro* (Eigenmann, 1894) em seus extremos de ocorrência na plataforma sudeste brasileira e anomalias de temperatura da superfície do mar estimadas por satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** . Florianópolis: Inpe, 2007. p. 4651 - 4658.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design:** a systematic approach. 2 ed. London: Springer Verlag, 1996.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.H. **Projeto na engenharia:** Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações. 6 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

PFEIL, E.C. et al. Avaliação da qualidade da conserva de sardinha sem pré-cozimento. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v.13, 1999.

PERUZA SIA (Riga). Artis Bormanis. **Device for feeding fish into compartments of a fish dressing machine conveyor.** LV nº WO2016174502 (A1), 30 abr. 2015, 03 nov. 2016. World Intellectual Property Organization, 2016.

PERUZA SIA (Riga). Artis Bormanis. **Device for feeding fish one by one, head first**. LV n° WO2017009684 (A1), 30 abr. 2015, 19 jan. 2017. World Intellectual Property Organization, 2017.

PRADO, J. FAO Fishery Industries Division (Comp.). **Fisherman's Workbook**. Oxford: Fishing News Books, 1990. 195 p.

PROVENZA, Francesco. **Prontuário do Projetista de Máquinas**. São Paulo: F. Provenza, 1996. 481 p.

ROMANO, Leonardo Nabaes. **Modelo de Referência para o Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas**. 2003. 266 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, PPGEM, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2003.

Russel Lyle Bourke. **Improvements in and relating to driving gear in internal combustion engines**. GB n° GB514842 (A), 17 maio 1938, 20 nov. 1939. European Patent Office, 1939.

SANTOS FILHO, Gladistone Carvalho; PENNA, Thereza Christina Vessoni. Validação do processamento térmico de um produto proteico vegetal enlatado. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, [s.l.], v. 39, n. 4, p.391-401, dez. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-93322003000400006>.

SEN, P. Communicating preferences in multiple-criteria decision making: The role of the designer. **Journal Of Engineering Design**, Londres, v. 12, n. 1, p.15-24, ago. 2001.

SEW EURODRIVE. Planejamento de Projeto para Redutores: : Rendimento dos redutores. In: SEW EURODRIVE (Bruchsal). **Motoredutores**. Bruchsal. 2007. Cap. 5. p. 39-53. Disponível em: <<https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/10541780.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

SEW EURODRIVE (Bruchsal). **Drive Configurator**: AC Gearmotors. 2017. Disponível em: <<https://portal.drivegate.biz/configurator>>. Acesso em: 25 ago. 2017.

SHARAPOV, Sergei. **Compact design of fish processing equipment and implementation of lean tools**. 2013. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, KTH Royal Institute Of Technology, Estocolmo, 2013.

SHIGLEY, Joseph Edward; UICKER, John Joseph; PENNOCK, G. R. **Theory of Machines and Mechanisms**. 3. ed. Oxford: Oxford University Press, 2003. 734 p.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES DA PESCA E AQUICULTURA – SINPESQ. (Org.). **Registro Geral da Atividade Pesqueira - Boletim 2015**. 2015. Disponível em: <[http://sinpesq.mpa.gov.br/rgp\\_cms/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=131](http://sinpesq.mpa.gov.br/rgp_cms/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=131)>. Acesso em: 20 ago. 2016.

SOMMECAN. **Quick guide to non-round cans**. Disponível em: <<http://www.sommecon.com/nonround/irregularcanguide.html>>. Acesso em: 04 abr. 2017.

STOLL, Henry W. **Product design methods and practices**. Nova York: CRC Press, 1999. 400 p.

SWEDEFISH MACHINERY AB (Suécia). Agne Persson. **Apparatus for transferring objects from a first to a second conveyor**. US nº US6026947 (A), 21 fev. 1998, 22 fev. 2000. United States Patent and Trademark Office, 2000.

THE LAITRAM CORPORATION (New Orleans). James M. Lapeyre; Fernand S. Lapeyre. **Modular belt**. US nº US3870141 (A), 8 out. 1971, 11 mar. 1975. United States Patent and Trademark Office, 1975.

TOLEDO, José Carlos de et al. Fatores críticos de sucesso no gerenciamento de projetos de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica de pequeno e médio porte. **Gestão & Produção**, [s.l.], v. 15, n. 1, p.117-134, abr. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-530x2008000100011>.

ULLMAN, David G. **The Mechanical Design Process**. 4. ed. Nova York: McGraw Hill, 2010.

UNIRONS PLÁSTICOS (Cachoeirinha). **Série E50LF: Taliscas curvas**. 2018. Disponível em: <<http://www.unirons.com.br/produtos/esteiras/serie-e50lf/>>. Acesso em: 25 mar. 2018.

UNIVALI/CTTMar, 2013. **Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina – Ano 2012**. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, SC. Volume 13, número 1, 66 p

VAZ-PIRES, Paulo. **Tecnologia do Pescado**. Porto: Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, 2006. 212 p.

VMK FISH MACHINERY (Suécia). **VMK31 Automatic feeder**. 2017. Disponível em: <<http://www.arenco.com/fish/machinery/vmk31>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

WARNE, D. Manual on fish canning. Victoria: FAO 1988, Fish Tech. Pap., (285):71 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/003/T0007E/T0007E00.htm#Contents>>. Acesso em: 05 abril 2016.

WHITEHEAD, Peter James Palmer. **Clupeoid Fishes of the World (Suborder Clupeioidi)**: An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. Rome: FAO Fisheries Synopses, 1985. 303 p.



## APÊNDICE A – Obtenção dos requisitos de projeto

- Matriz de conversão de requisitos de usuários em requisitos de projeto

Requisitos de usuário	Atributos específicos do produto							
	Geometria	Cinemática	Forças	Energia	Materiais	Sinais	Automação	Tempo
Ser rápido		Velocidade		Capacidade de armazenagem na entrada				
Ser sanitário	Encontros de superfícies formando ângulos agudos				Índice de contaminação dos materiais			
Ser adaptável a diferentes tamanhos de peixes	Componentes de dimensões ajustáveis						Regulagem do fluxo de matéria-prima	
Ter baixo consumo de energia			Esforços no acionamento de comp. mecânicos	Consumo de energia				
Ser paramétrico		Número de setups possíveis						Tempo de setup
Ser seguro	Proteção física em áreas de componentes móveis			Iluminação para operação / baixo ruído		Sensores de abertura de proteções		
Ter alta confiabilidade na operação					Dilatação térmica / Resist. mecânica do conj. / resist. desgaste			
Ser robusto	Deslocamento máximo		Rigidez estrutural		Resistência mecânica dos materiais			
Ser barato					Custo de materiais			
Ser de fácil fabricação	Proporção de processos convencionais				Proporção de materiais de fácil beneficiamento			
Ter componentes de fabricação padronizados					Proporção de componentes padronizados			
Ser de fácil montagem	Número / Tamanho de módulos de montagem		Peso dos módulos de montagem					
Ser compacto	Área demandada para instalação e operação							
Ter pouca interferência humana							Índice de automação	
Ser de fácil limpeza	Área aberta para lavagem rápida				Rugosidade superficial de materiais			
Ser de fácil manutenção	Elementos de máquina padronizados							Tempo de manutenção
Ser resistente à corrosão					Índice de corrosão de materiais			
Ser de fácil desmontagem					Proporção de ligações não permanentes			
Possuir materiais recicláveis					Proporção de materiais recicláveis			

- Tabela resumo: requisitos de usuários Vs requisitos de projeto

Requisitos de usuário	Valoração dos req. de usuários	Requisitos de projeto	Unidade de medida
Ser rápido	9	Velocidade	m/s
		Capacidade de armazenamento na entrada	m <sup>3</sup>
Ser sanitário	10	Encontros de superfícies formando ângulos agudos	un.
		Índice de contaminação de materiais	adm.
Ser adaptável a diferentes tamanhos de peixes	8	Componentes de dimensões ajustáveis	m
		Regulagem do fluxo de matéria-prima	m <sup>3</sup> /s
Ter baixo consumo de energia	8	Esforços no acionamento de componentes mecânicos	N
		Consumo de energia	kW/h
Ser paramétrico	8	Número de setups possíveis	un.
		Tempo de setup	min
Ser seguro	10	Proteção física em áreas de componentes móveis	m <sup>2</sup>
		Iluminação para operação	lux
		Ruído	dBA
		Sensores de parada automática em caso de abertura de proteções	un.
Ter alta confiabilidade na operação	9	Dilatação térmica dos materiais utilizados	K <sup>-1</sup>
		Resistência mecânica do conjunto	MPa
		Resistência ao desgaste	HRC
Ser robusto	9	Deslocamento máximo	mm
		Resistência mecânica de materiais	MPa
		Rigidez estrutural	N/m
Ser barato	7	Custo de materiais	R\$/kg
Ser de fácil fabricação	7	Proporção de processos de fabricação convencionais	%
		Proporção de materiais de fácil beneficiamento	%
Ter componentes de fabricação padronizados	6	Proporção de componentes de fabricação padronizados	%
Ser de fácil montagem	7	Número de módulos de montagem	un.
		Tamanho de módulos de montagem	m
		Peso dos módulos de montagem	N
Ser compacto	7	Área demandada para instalação e operação	m <sup>2</sup>
Ter pouca interferência humana	9	Índice de automação	adm.
Ser de fácil limpeza	8	Área aberta para lavagem rápida	m <sup>2</sup>
		Rugosidade superficial de materiais	µm
Ser de fácil manutenção	8	Tempo de manutenção	s
		Elementos de máquina padronizados	adm.
Ser resistente à corrosão	9	Índice de corrosão dos materiais	mV
Ser de fácil desmontagem	6	Proporção de ligações não permanentes	%
Ter materiais recicláveis	6	Proporção de materiais recicláveis	%

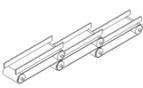




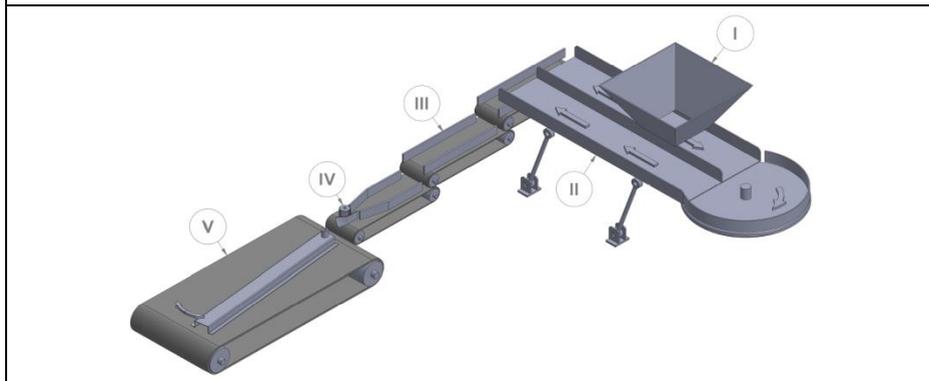
## APÊNDICE C – Concepções alternativas

Este apêndice apresenta as principais concepções alternativas geradas no processo de Projeto Conceitual com base na matriz morfológica desenvolvida no Capítulo 4.

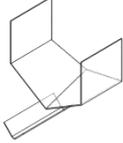
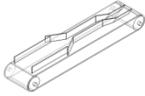
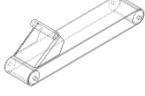
- Concepção 01

FUNÇÃO	I	II	III	IV	V
	Receber peixes	Orientar sentido dos peixes	Transportar e ordenar em fila	Rotacionar barriga-dorso	Transferir sincronicamente
<b>01</b>	Tolva	Oscilação + retorno disco	Esteiras c/ controle de vel.	Roleta e guia móvel	Braço móvel sincronizado
					

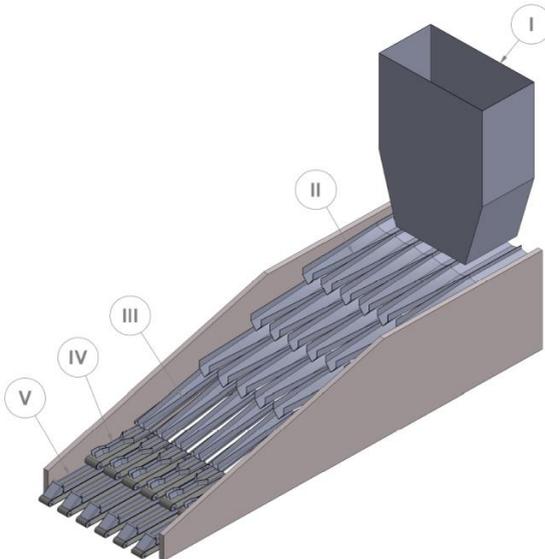
**Descrição da solução:** Os peixes são recebidos em uma tolva em forma de pirâmide (I). Um conjunto mecânico oscilatório composto por uma superfície plana, braços articulados e motor com braço excêntrico identifica a necessidade de reorientar o sentido do peixe. Devido à diferença de coeficiente de atrito da superfície do peixe causada pelas escamas, o movimento oscilatório da superfície plana faz com que os peixes se desloquem sempre para frente, o que causa fluxo de peixes nos dois sentidos. Os peixes que se deslocam ao sentido oposto da saída do orientador, são reorientados pelo disco de retorno posicionado no lado de trás do dispositivo (II). Os peixes orientados são transportados até um conjunto de esteiras, que devido à diferença de velocidade crescente no fluxo, tende a espaçar os peixes um a um, formando uma fila indiana (III). Os peixes, em fila, passam então, pelo dispositivo de rotacionar a barriga (IV), composto por um rolete estriado rotativo e um guia móvel acionado por uma mola à tração. Ao passar pelo rolete, devido à geometria de sua cabeça, o peixe é girado de maneira que o dorso fica para cima e consequentemente, a barriga para baixo. O guia lateral com ajuda da mola, mantém o peixe pressionado ao rolete de maneira a se adequar à sua largura. Uma dobra angular na saída da guia móvel, causa o tombamento sempre na mesma posição. Os peixes, então, entram um a um no transferidor final (V), composto por uma correia e um braço móvel articulado. A entrada é fixa através de um pivô, assim o braço se movimenta angularmente para alimentar sincronicamente os peixes com os receptáculos da máquina de evisceração.



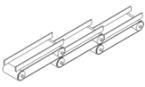
- Concepção 02

FUNÇÃO	I	II	III	IV	V
02	Receber peixes	Orientar sentido dos peixes	Transportar e ordenar em fila	Rotacionar barriga-dorso	Transferir sincronicamente
	Silo vertical	Tombamento direcionado	Guias fixos	Guias fixos	Correia e porta automática
					

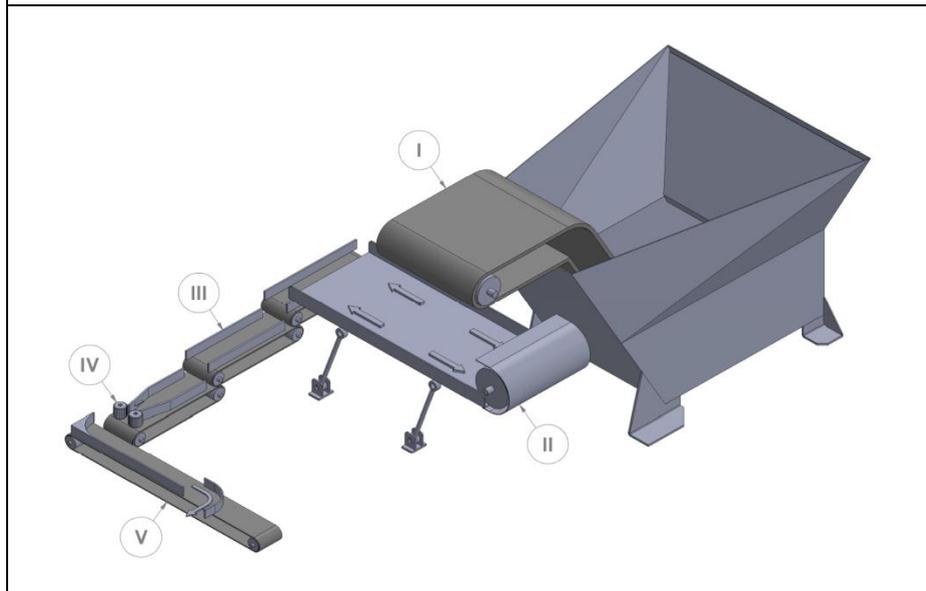
**Descrição da solução:** O recebimento e alimentação no sistema é feito através de um silo vertical (I). Os peixes são orientados em relação ao sentido de seu movimento através de um guia metálico (II), que através da combinação entre atrito, gravidade e a geometria do peixe, faz com que sejam organizados com a cabeça para a saída do processo. Na sequência, os peixes são transportados por escorregamento dentro de uma calha que promove um afunilamento e ordenação dos peixes em fila (III). Os peixes, posicionados corretamente, são acelerados em uma esteira que ajusta a posição da barriga de acordo com a geometria do peixe, através de guias fixos (IV). Os peixes são acelerados à esteira de saída (V), tendo a passagem bloqueada por uma porta automática, que é liberada de acordo com a posição correta dos receptáculos da máquina evisceradora



- Concepção 03

FUNÇÃO	I	II	III	IV	V
03	Receber peixes	Orientar sentido dos peixes	Transportar e ordenar em fila	Rotacionar barriga-dorso	Transferir sincronicamente
	Tanque submerso	Oscilação + retorno tambor	Esteiras c/ controle de vel.	Par de roletes estriados	Defletor móvel sincronizado
					

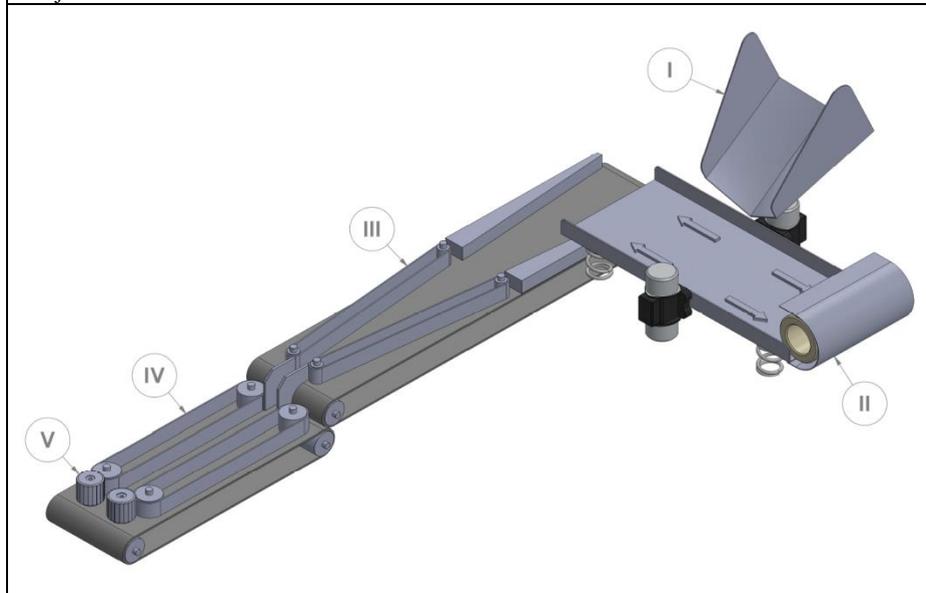
**Descrição da solução:** Os peixes são recebidos em um tanque submerso com esteira (I). Um conjunto mecânico oscilatório composto por uma superfície plana, braços articulados e motor com braço excêntrico identifica a necessidade de reorientar o sentido do peixe. Devido à diferença de coeficiente de atrito da superfície do peixe causada pelas escamas, o movimento oscilatório da superfície plana faz com que os peixes desloquem-se sempre para frente, o que causa um fluxo nos dois sentidos. Os peixes que se deslocam ao sentido oposto da saída do orientador, são reorientados pelo por um tambor rotativo posicionado no lado de trás do dispositivo (II). Os peixes orientados são transportados até um conjunto de esteiras, que devido à diferença de velocidade crescente no fluxo, tende a espaçá-los um a um, formando uma fila indiana (III). Os peixes em fila passam então pelo dispositivo de rotacionar a barriga (IV), composto por dois roletes estriados. Ao passar pelos roletes, devido à geometria de sua cabeça, o peixe é girado de maneira que o dorso fica para cima e consequentemente, o ventre para baixo. Os peixes então entram um a um no transferidor final (V), composto por uma correia e um perfil defletor móvel, que atua sincronizado com os receptáculos da máquina evisceradora



- Concepção 04

FUNÇÃO	I	II	III	IV	V
04	Receber peixes	Orientar sentido dos peixes	Transportar e ordenar em fila	Rotacionar barriga-dorso	Transferir sincronicamente
	Calha	Vibração + retorno escova	Correias convergentes	Correias laterais	Par de rolos sincronizados
					

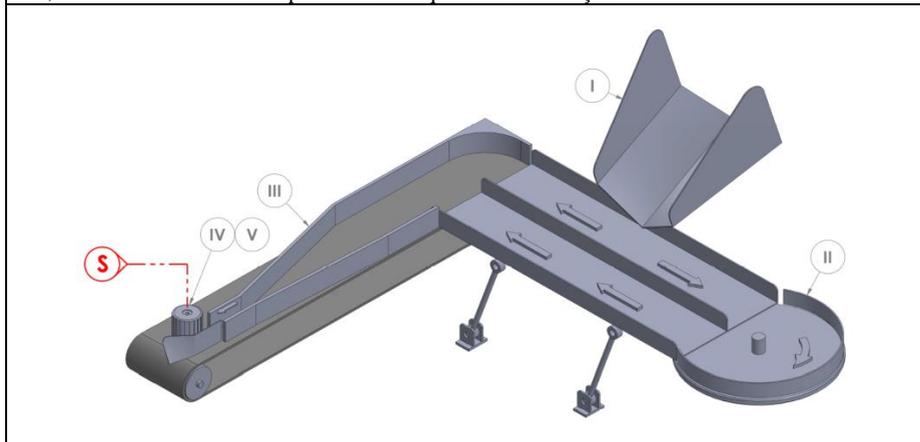
**Descrição da solução:** Os peixes são recebidos por uma calha de passagem (I), que alimenta o orientador vibratório. O sistema de vibração (II), é composto por uma bandeja apoiada sobre molas, que excitadas por dois motores excêntricos sincronizados, geram um movimento oscilatório no sistema, direcionando os peixes de acordo com a posição da cabeça. Os peixes deslocados para o lado contrário, são reorientados por uma escova rotativa, que os empurra para a saída deste processo. No processo seguinte, ocorre o transporte por correia sem fim, tendo o percurso afunilado por outras duas correias sem fim, perpendiculares à correia de transporte (III). O afunilamento, em conjunto com o deslizamento das correias laterais, causa a formação da fila e distanciamento entre os peixes. A rotação da barriga é feita através de duas correias paralelas perpendiculares a uma correia de transporte inferior (IV). No momento do contato com a correia, o peixe, em função da geometria da cabeça, tende a ficar com o lombo para cima, restando apenas, rotacioná-lo com um guia para o lado desejado. A transferência para descarga é feita através de um par de rolos estriados (V), que, acionados conforme fluxo de sinal da máquina evisceradora, entregam o peixe no receptáculo desejado



- Concepção 07

FUNÇÃO	I	II	III	IV	V
07	Receber peixes	Orientar sentido dos peixes	Transportar e ordenar em fila	Rotacionar barriga-dorso	Transferir sincronicamente
	Calha	Oscilação + retorno disco	Guias fixos	Rolete e guia móvel	Guia + rolete sincronizado
					

**Descrição da solução:** Os peixes são recebidos por uma calha de passagem (I), que alimenta o orientador. Um conjunto mecânico oscilatório composto por uma superfície plana, braços articulados e motor com braço excêntrico identifica a necessidade de reorientar o sentido do peixe. Devido à diferença de coeficiente de atrito da superfície do peixe causada pelas escamas, o movimento oscilatório da superfície plana faz com que os peixes desloquem-se sempre para frente, o que causa fluxo de peixes nos dois sentidos. Os peixes que se deslocam ao sentido oposto da saída do orientador, são reorientados pelo disco de retorno posicionado no lado de trás do dispositivo (II). Na sequência, os peixes são transportados por escorregamento dentro de uma calha que promove um afunilamento e ordenação dos peixes em fila (III). Os peixes, em fila, passam então, pelo dispositivo de rotacionar a barriga (IV), composto por um rolete estriado rotativo e um guia móvel acionado por uma mola à tração. Ao passar pelo rolete, devido à geometria de sua cabeça, o peixe é girado de maneira que o dorso fica para cima e conseqüentemente, a barriga para baixo. O guia lateral, com ajuda da mola, mantém o peixe pressionado ao rolete de maneira a se adequar à sua largura. Uma dobra angular na saída da guia móvel, causa o tombamento sempre na mesma posição. A transferência para descarga utiliza o mesmo princípio de solução de rolete com guia (V), porém desta vez, sincronizado com os receptáculos da máquina de evisceração





## APÊNDICE D – Listas de materiais

Este apêndice apresenta as listas de materiais contendo as peças necessárias a fabricação do alimentador automático. As listas não contemplam os materiais necessários para o sincronizador com a evisceradora, uma vez que esta parte da máquina é composta por um dispositivo comercial e as empresas fabricantes fornecem pacote fechado com a solução instalada.

Tabela D.1 – Lista de materiais para o elevador com tremonha

ITEM	PEÇA	Nº DA PEÇA	QTD.
1	Esteira modular Unirons E50LF / fechada / acetal / largura 800 / compr. 9225 / taliscas curvas h 100 - passo 250	E1775-115D	1
2	Tremonha	E1775-114D	1
3	Estrutura suporte	E1775-M32D	1
3.1	Perfil lateral esquerdo	E1775-116Da	1
3.2	Perfil lateral direito	E1775-116Db	1
3.3	Suporte de pista	E1775-119Da	5
3.4	Apoio de pista	E1775-120D	3
3.5	Suporte de pista inicial	E1775-119Db	1
3.6	Suporte de pista intermediário	E1775-121D	1
4	Pista de retorno inclinada	E1775-117D	2
5	Pista de apoio lateral esquerda	E1775-118D	1
6	Conjunto - eixo de retorno	E1775-124D	1
6.1	Eixo	E1775-122D	1
6.2	Polia de retorno	E1775-123D	5
7	Esticador do eixo de retorno	E1775-125D	2
8	Placa de apoio do eixo de retorno	E1775-126D	2
9	Espaçador central do eixo de retorno	E1775-127Da	6
10	Espaçador lateral do eixo de retorno	E1775-127Db	2
11	Pista de apoio lateral direita	E1775-118D	1
12	Guia limitador inclinado	E1775-128D	2
13	Rolete limitador interno	E1775-M33D	1
13.1	Camisa	E1775-130D	1
13.2	Eixo	E1775-129D	1
14	Pista central	E1775-131D	3
15	Motoredutor SEW SA77/T DRE80S4 (9,0 RPM / M1 / Ø50)	-	1
16	Eixo motriz	E1775-132D	1
17	Mancal de rolamentos SUC SF211	-	2
18	Chaveta de acionamento	E1775-133D	1
19	Espaçador do braço de torção - redutor	E1775-134D	1
20	Engr. Unirons E50LF RD12 eixo quad. 63,5mm - acetal castor	-	7
21	Limitador axial - eixo de tração	E1775-135D	2
22	Placa oposta	E1775-136D	1
23	Proteção do motoredutor	E1775-137D	1

Tabela D.2 – Lista de materiais para o orientador de cabeças

ITEM	PEÇA	DESENHO COD	QTD.	TOT
1	Correia de transporte	GDCA171221-01D	4	4
2	Mecanismo scotch yoke	GDCA171115-M03D	1	1
2.1	Montagem - eixo	GDCA171110-M02D	1	1
2.1.1	Eixo	GDCA171110-02D	1	1
2.1.2	Placa motriz	GDCA171110-03Da	1	1
2.1.3	Placa oposta	GDCA171110-03Db	1	1
2.1.4	Camisa	GDCA171110-04D	1	1
2.1.5	Pino motriz	GDCA171110-05D	2	2
2.1.6	Casquilho Igus W300 - WSM-3034-45	-	2	2
2.1.7	Polia acionada	GDCA171113-03D	1	1
2.2	Montagem - carro	GDCA171115-M02D	1	1
2.2.1	Carro	GDCA171115-02D	1	1
2.2.2	Placa ranhura	GDCA171110-01D	2	2
2.2.3	Chumaceira linear Igus RQA-01-25-1	-	2	2
3	Placa de fix. - correia (com esticador)	GDCA171221-02Da	1	1
4	Placa de aperto - correia	GDCA171221-03D	8	8
5	Placa de fixação - correia (fixa)	GDCA171221-02Db	1	1
6	Rolo de cabeceira	GDCA171114-M01D	2	2
6.1	Camisa	GDCA171114-04D	1	2
6.2	Eixo	GDCA171114-05D	1	2
6.3	Rolamento 6205-2RSL	-	2	4
7	Divisória de pista	GDCA171221-04D	5	5
8	Divisória de saída	GDCA171221-05D	16	16
9	Placa de afunilamento	GDCA171221-06D	16	16
10	Travessa de fixação - pistas	GDCA171222-01D	5	5
11	Rolete de apoio	GDCA171114-06D	6	6
12	Perfil lateral	GDCA171114-01D	2	2
13	Pino trava - roletes	GDCA171114-03D	12	12
14	Veio de translação - carro	GDCA171113-02D	4	4
15	Correia V_ B-42	-	2	2
16	Motored. SEW R47DRE90L4 352 RPM	-	1	1

Tabela D.3 – Lista de materiais para o enfileirador

ITEM	PEÇA	DESENHO COD	QTD	TOT
1	Esteira 01	GDCA180118-M02D	2	8
1.1	Correia PVC branco - largura: 75,0 mm / comprimento: 1700 mm	GDCA180118-01D	1	8
1.2	Rolete p/ cabeceira frontal	GDCA180118-M01Dd	1	8
1.2.1	Camisa	GDCA180118-03Db	1	8
1.2.2	Eixo	GDCA180118-04Dc	1	8
1.2.3	Rolamento 6001-2RSL	-	2	16
1.2.4	Anel espaçador	GDCA180118-05D	2	16
1.3	Rolete esticador	GDCA180118-M01Dc	1	8
1.3.1	Camisa	GDCA180118-03Db	1	8
1.3.2	Eixo	GDCA180118-04Da	1	8
1.3.3	Rolamento 6001-2RSL	-	2	16
1.3.4	Anel espaçador	GDCA180118-05D	2	16
1.4	Placa lateral	GDCA180118-02D	2	16
1.5	Rolete inversor	GDCA180118-M01D	2	16
1.5.1	Camisa	GDCA180118-03Da	1	16
1.5.2	Eixo	GDCA180118-04Dc	1	16
1.5.3	Rolamento 6001-2RSL	-	2	32
1.5.4	Anel espaçador	GDCA180118-05D	2	32
1.6	Suporte - rolete traseiro	GDCA180118-07D	2	16
1.7	Suporte - esticador - esquerda	GDCA180118-08D	1	8
1.8	Suporte - esticador - direita	GDCA180118-08D	1	8
2	Rolo tracionador - Esteiras 01	GDCA180119-01D	1	4
3	Mancal SUC SF204 - Ø20mm	-	2	8
4	Suporte mancal - motriz	GDCA180119-02Db	1	4
5	Suporte mancal - oposto	GDCA180119-02Da	1	4
6	Perfil de travamento	GDCA180118-09D	1	4
7	Tubo helicoidal	GDCA180119-M02D	2	8
7.1	Mangueira flexível PTFE 4"	GDCA180119-03D	1	8
7.2	Tubo central de suporte	GDCA180119-04D	1	8
7.3	Meia abraçadeira - superior	GDCA180119-05Db	5	40
7.4	Meia abraçadeira - inferior	GDCA180119-05Da	5	40
7.5	Haste suporte de abraçadeira 01	GDCA180119-06Da	1	8
7.6	Haste suporte de abraçadeira 02	GDCA180119-06Db	1	8
7.7	Haste suporte de abraçadeira 03	GDCA180119-06Dc	1	8
7.8	Haste suporte de abraçadeira 04	GDCA180119-06Dd	1	8
7.9	Haste suporte de abraçadeira 05	GDCA180119-06De	1	8
8	Par de esteiras 02 e 03	GDCA180120-M03D	1	4
8.1	Esteira 02 - 03	GDCA180120-M01D	2	8
8.1.1	Perfil lateral esquerdo	GDCA180120-01Da	1	8
8.1.2	Placa lateral	GDCA180120-02D	2	16
8.1.3	Perfil lateral direito	GDCA180120-01Db	1	8
8.1.4	Correia - esteira 02: PVC branco - largura: 75,0 mm / comprimento: 1685 mm	GDCA180120-03Da	1	8
8.1.5	Correia - esteira 03: PVC branco - largura: 75,0 mm / comprimento: 1885 mm	GDCA180120-03Db	1	8
8.1.6	Rolete - cabeceira	GDCA180118-M01D	4	32
8.1.6.1	Camisa	GDCA180118-03Db	1	32
8.1.6.2	Eixo	GDCA180118-04Dc	1	32
8.1.6.3	Rolamento 6001-2RSL	-	2	64
8.1.6.4	Anel espaçador	GDCA180118-05D	2	64
8.1.7	Rolete esticador	GDCA180118-M01Da	2	16
8.1.7.1	Camisa	GDCA180118-03Da	1	16

8.1.7.2	Eixo	GDCA180118-04Db	1	16
8.1.7.3	Rolamento 6001-2RSL	-	2	32
8.1.7.4	Anel espaçador	GDCA180118-05D	2	32
8.1.8	Suporte - esticador	GDCA180120-04D	8	64
8.1.9	Esticador	GDCA180120-05D	4	32
8.1.10	Placa de transferência	GDCA180120-06D	1	8
8.2	Rolo motriz - esteira 02	GDCA180119-01D	1	4
8.3	Rolo motriz - esteira 03	GDCA180119-01D	1	4
8.4	Placa de suporte - mancal	GDCA180121-01D	4	16
8.5	Mancal SUC SF204 - Ø20mm	-	4	16
8.6	Motoredutor SEW RX57 DRN90S4 (863 RPM / M1 / 0°-X)	-	1	4
8.7	Polia de tração - motoredutor	GDCA180121-02D	1	4
8.8	Polia movida - esteira 02	GDCA180121-03Da	1	4
8.9	Polia movida - esteira - 03	GDCA180121-03Db	1	4
8.10	Correia V trapezoidal - perfil B53	-	1	4
8.11	Correia V trapezoidal - perfil B51	-	1	4
8.12	Motoredutor SEW SAF37 DRS71M4 (165RPM / M4A / Ø20 / 180°-1 / 220-380V)	-	1	4

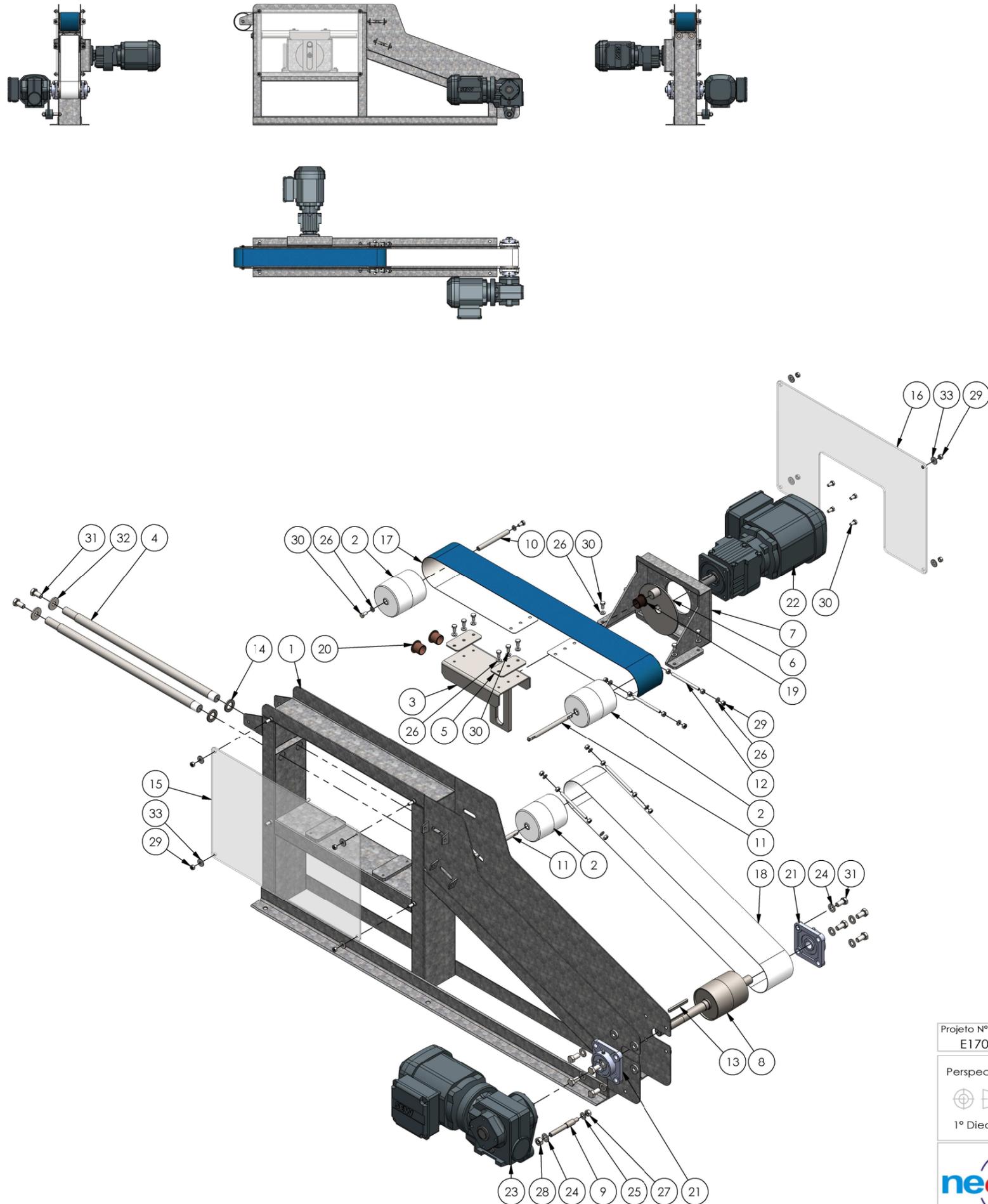
## APÊNDICE E – Relação de custos com a fabricação do protótipo

Este apêndice apresenta os custos dos materiais e de fabricação dos principais componentes do protótipo. Através da coluna “Percentual do custo geral” no quadro abaixo, é possível analisar o impacto de cada um destes componentes frente ao custo total do protótipo. Como apontado no Capítulo 6, os componentes que apresentaram maior custo foram os dois motoredutores, representando juntos cerca de 49,01% do custo total.

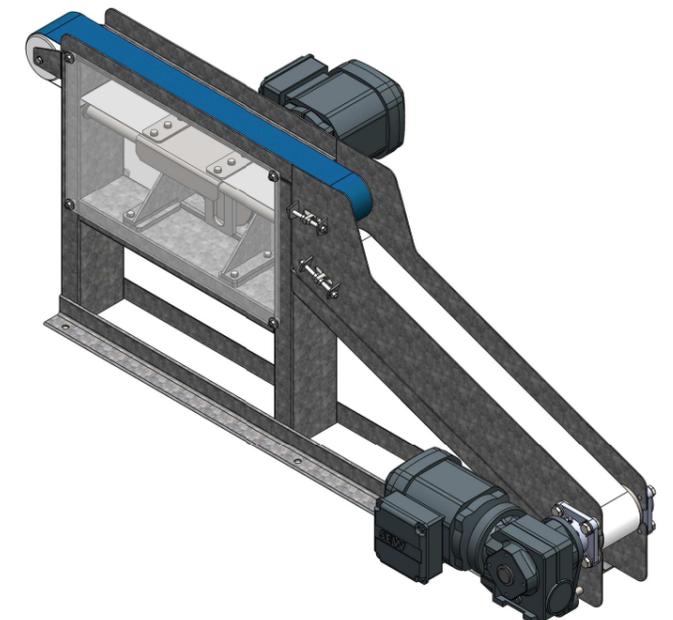
IT	PEÇA	CUSTO MAT. (R\$)	CUSTO FAB. (R\$)	CUSTO TOT. (R\$)	% DO GERAL
1	CHASSI E SUPORTE	266,00	240,00	506,00	8,13%
2	ROLOS DE RETORNO	63,00	45,00	108,00	1,74%
3	OSCILADOR LINEAR	48,00	315,00	363,00	5,83%
4	VEIOS	40,00	243,00	283,00	4,55%
5	EXCÊNTRICO - ORIENTADOR DE CABEÇAS	9,60	225,00	234,60	3,77%
6	SUPORTE - MOTOREDUTOR DO ORIENTADOR	10,00	80,00	90,00	1,45%
7	TAMBOR DE ACIONAMENTO - ENFILEIRADOR	12,00	180,00	192,00	3,09%
8	EIXOS E ESTICADORES DE CORREIA	6,40	135,00	141,40	2,27%
9	PROTEÇÕES ACRÍLICAS	32,50	80,00	112,50	1,81%
10	CORREIAS	125,00	-	125,00	2,01%
11	BUCHAS AUTOLUBRIFICANTES	80,40	-	80,40	1,29%
12	MANCAIS DE ROLAMENTO	76,00	-	76,00	1,22%
13	MOTOREDUTORES	3.050,00	-	3.050,00	49,01%
14	ELEMENTOS DE FIXAÇÃO	36,00	-	36,00	0,58%
15	TUBO HELICOIDAL	824,80	-	824,80	13,25%
<b>TOTAL GERAL</b>		<b>4.679,70</b> 75,20%	<b>1.543,00</b> 24,80%	<b>6.222,70</b>	

## **APÊNDICE F – Desenhos executivos do protótipo**

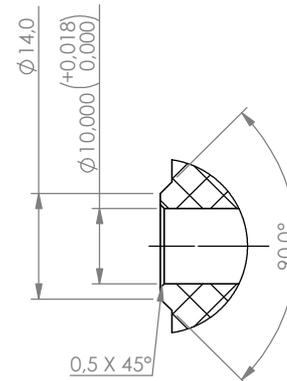
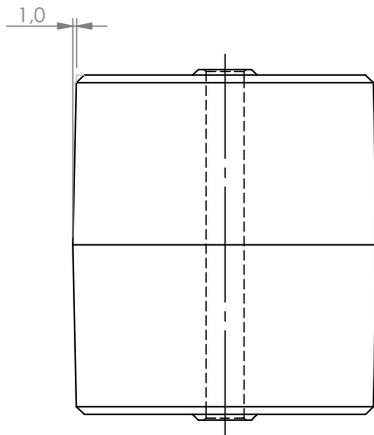
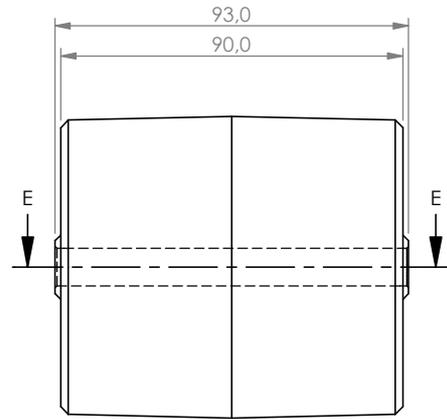
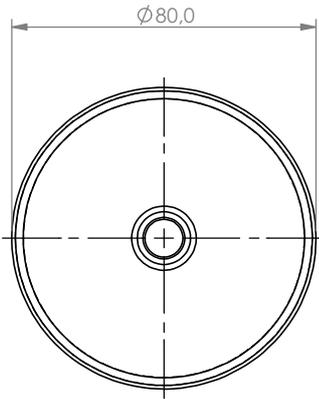
Este apêndice apresenta a partir do desenho de montagem do protótipo (180205-M01D), a lista de peças com seus respectivos códigos, sendo os desenhos de fabricação de cada uma das peças apresentados na sequência. Todos os desenhos foram desenvolvidos no software SolidWorks, utilizando o milímetro (mm) como unidade padrão de comprimento e o kg (quilograma) como unidade padrão de massa.



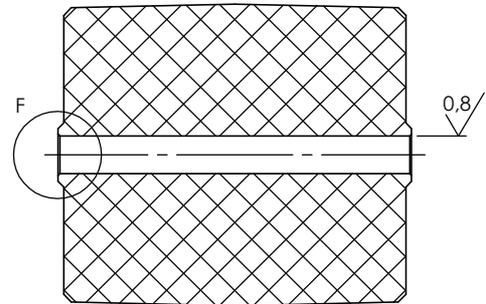
Nº DO ITEM	PEÇA	DESENHO COD	QTD.
1	CHASSI	180207-13D	1
2	ROLO DE RETORNO	180205-03D	3
3	OSCILADOR LINEAR	180205-04D	1
4	VEIO LINEAR	180205-06D	2
5	PLACA DE FIXAÇÃO - CORREIA DO ORIENTADOR	180205-07D	2
6	EXCÊNTRICO - ORIENTADOR DE CABEÇAS	180207-10D	1
7	SUPORTE - MOTOREDUTOR DO ORIENTADOR	180213-10D	1
8	TAMBOR DE ACIONAMENTO - ENFILEIRADOR	180213-11D	1
9	PINO - BRAÇO DE TORÇÃO	180213-12D	1
10	EIXO FIXO - ROLO	180213-13Da	1
11	EIXO FIXO - ESTICADOR	180213-13Db	2
12	ESTICADOR DE CORREIA	180213-14D	4
13	CHAVETA - ENFILEIRADOR	180213-15D	1
14	ARRUELA - VEIO	180214-02D	2
15	PROTEÇÃO DIREITA	180214-03Da	1
16	PROTEÇÃO ESQUERDA	180214-03Db	1
17	CORREIA BORRACHA CORRUGADA [1 x 80 x 1348 (aberta)]	180214-01D	1
18	CORREIA EM PVC SANITÁRIO [1x 80 x 1457 (aberta)]	180205-01D	1
19	BUCHA IGLIDUR IGUS ZFM_2023_21	-	1
20	BUCHA IGLIDUR IGUS H4FM_2023_21	-	2
21	MANCAL DE ROLAMENTOS UCF204 - Ø20mm	-	2
22	MOTOREDUTOR SEW RF07DRS71S4 (0,18 kW / 249 min-1 / M1 / 180-3 / Ø20x40)	-	1
23	MOTOREDUTOR SEW SA37/TDRS71S4 (0,18 kW / 156 min-1 / M1A / 180-X / Ø20 oco)	-	1
24	ARRUELA LISA NORMAL - ISO 7089 - 10	-	9
25	ARRUELA LISA NORMAL - ISO 7089 - 8	-	1
26	ARRUELA LISA NORMAL - ISO 7089 - 6	-	20
27	PORCA SEXTAVADA ISO - 4032 - M8 - D - C	-	1
28	PORCA SEXTAVADA ISO - 4032 - M10 - D - C	-	1
29	PORCA SEXTAVADA ISO - 4032 - M6 - D - C	-	24
30	PARAFUSO CAB. SEXTAVADA - ISO 4017 - M6 x 12-C	-	16
31	PARAFUSO CAB. SEXTAVADA - ISO 4017 - M10 x 20-C	-	10
32	ARRUELA LISA GRANDE - ISO 7093 - 10	-	2
33	ARRUELA LISA GRANDE - ISO 7093 - 6	-	8



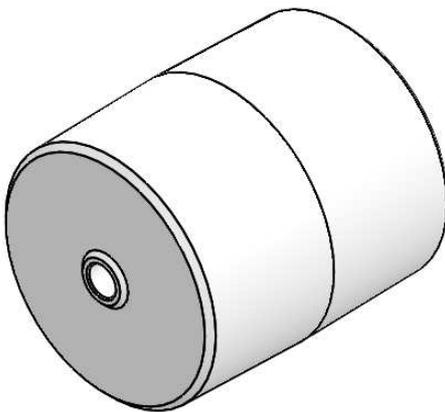
Projeto Nº E1701	Revisão Nº	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:
Perspectiva	Trat. superficial:	Escala: sem escala	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	
1º Diedro	Rugosidade: ✓ (✓)	Dureza:	Peça: CONJUNTO ORIENTADOR / ENFILEIRADOR	
		Material: Conforme detalhamento	Des.: 180205-M01D	Massa (kg): 54.74
	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS			Proj. preliminar: DMenezes
	Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/ SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277			Data: 15/02/2018
				Proj. detalhado: DMenezes
	Aprovação: Jonny			Dimensões: mm Formato: A3 Folha: 01/01



DETALHE F  
ESCALA 1 : 1



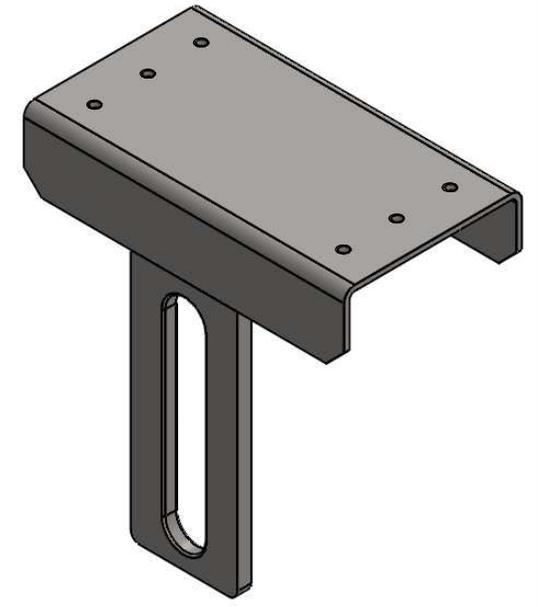
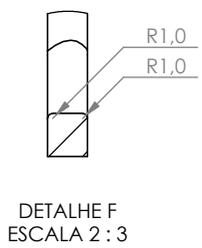
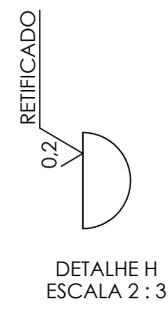
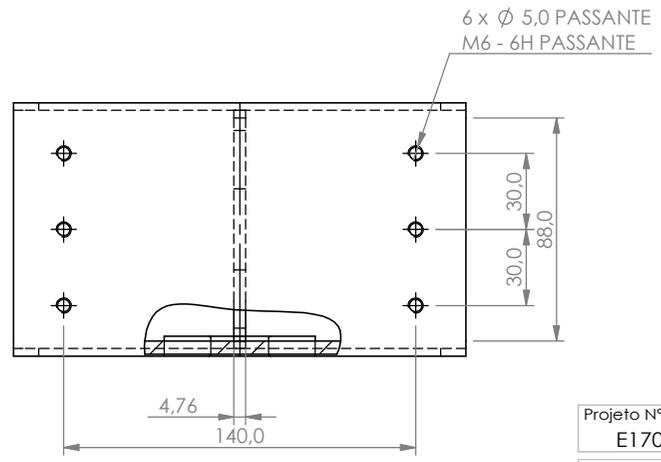
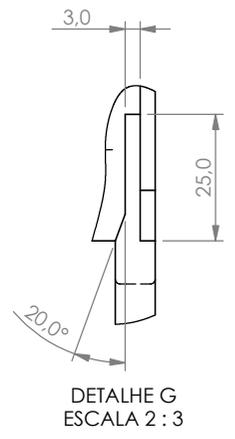
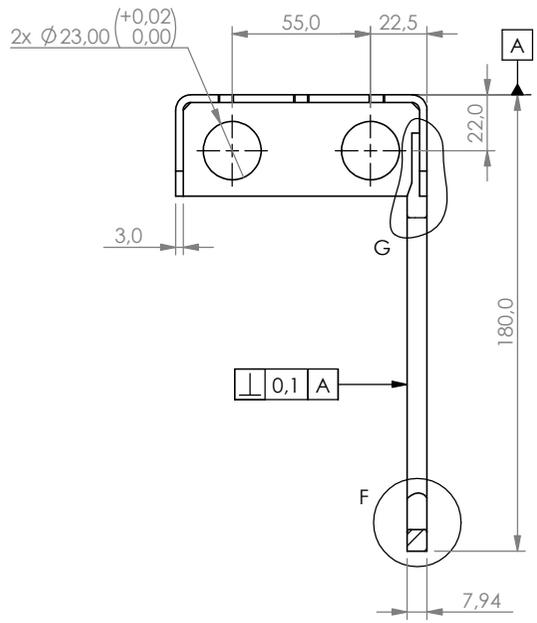
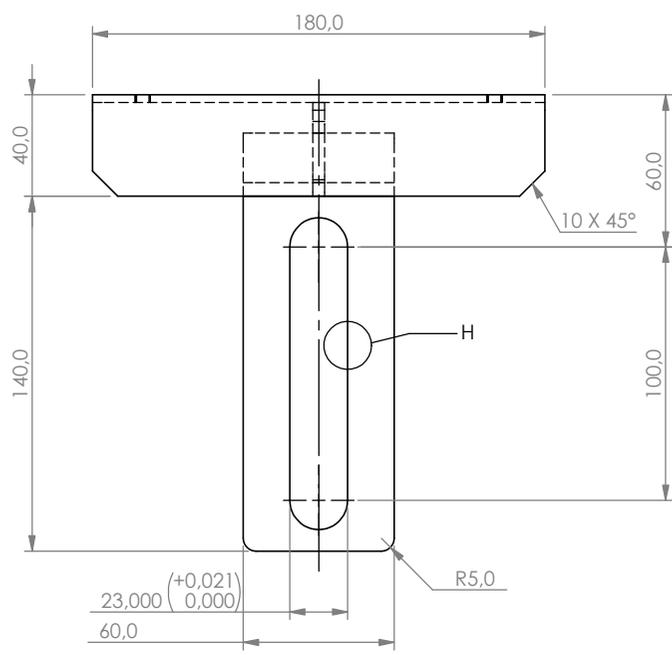
SEÇÃO E-E



Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:
---------------------	------------	------------	-------------	----------

Perspectiva  1° Diedro	Trat. superficial:  Rugosidade: 	Escala: 1:2  Dureza:  Material: Náilon 6/10	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO  Peça: ROLO DE RETORNO  Des.: 180205-03D	Massa (kg): 606.82
------------------------------	---	---	--	--------------------

	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS  Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277		Proj. preliminar: DMenezes	Data: 15/02/2018
			Proj. detalhado: DMenezes	Dimensões: mm    Formato: A4R
			Aprovação: Jonny	Folha: 01/01



Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:
---------------------	------------	------------	-------------	----------

Perspectiva  1° Diedro	Trat. superficial: Decapagem e passivação Rugosidade: ✓ (0,2)	Escala: 1:3 Dureza: Material: AISI 304	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO Peça: OSCILADOR LINEAR Des.: 180205-04D	Massa (kg): 1222.67
------------------------------	---	--	---	---------------------

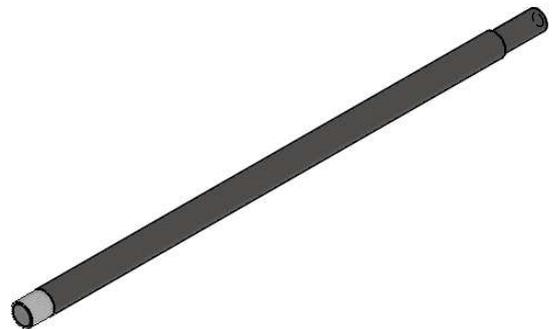
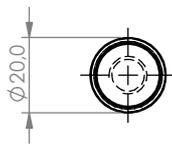
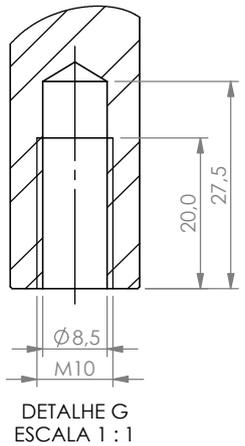
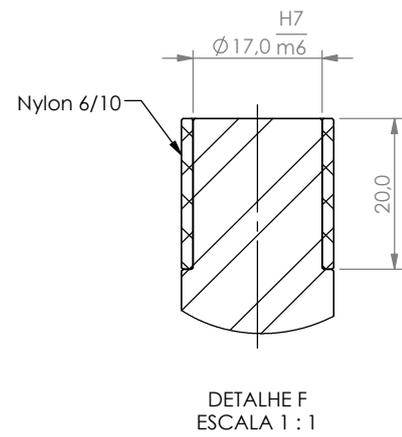
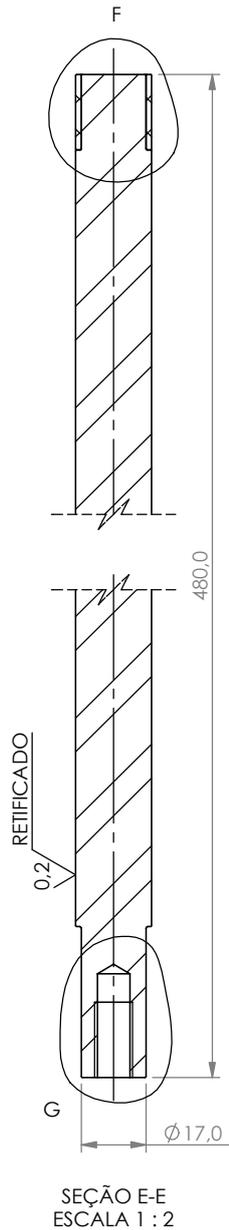
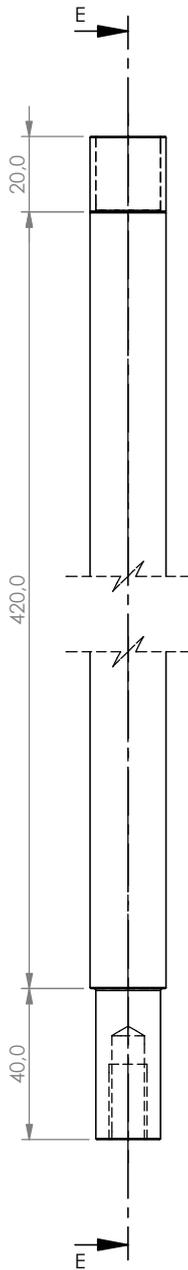


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC  
 ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS  
 Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina  
 Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade  
 Florianópolis/ SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277

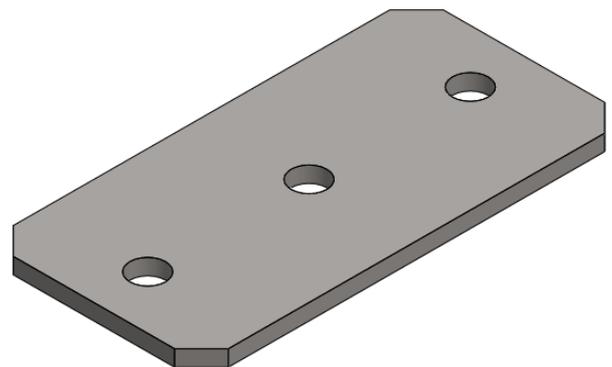
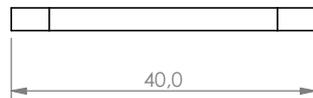
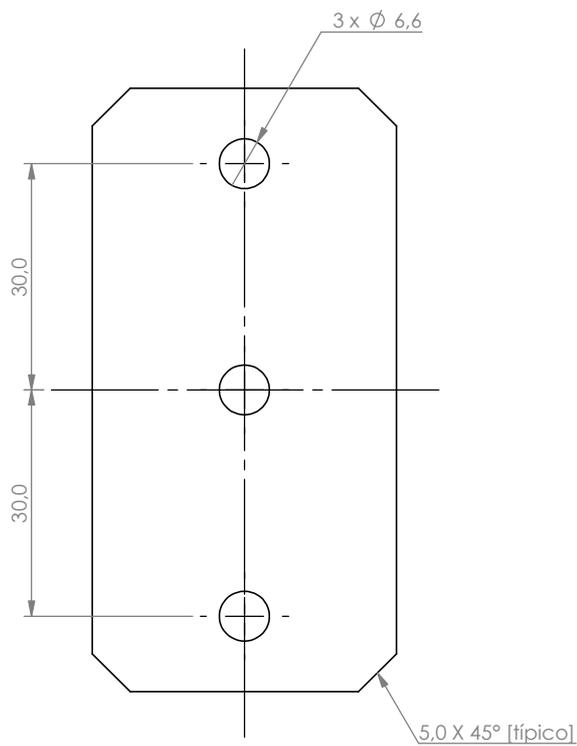


Proj. preliminar: DMenezes  
 Proj. detalhado: DMenezes  
 Aprovação: Jonny

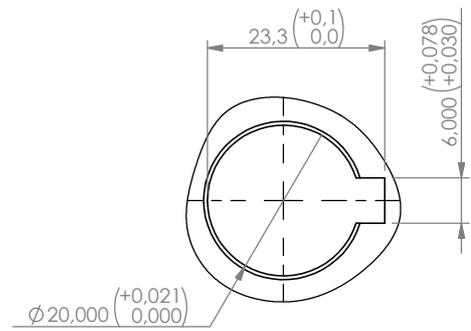
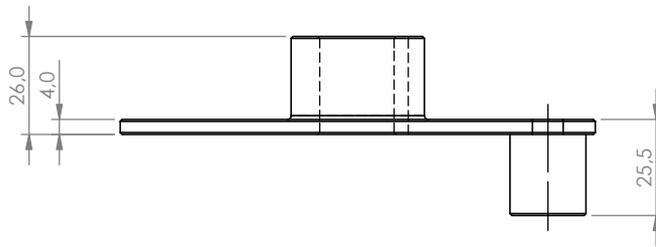
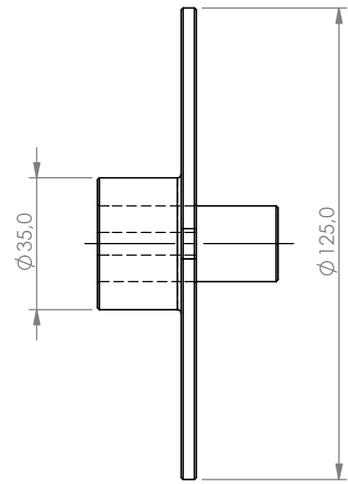
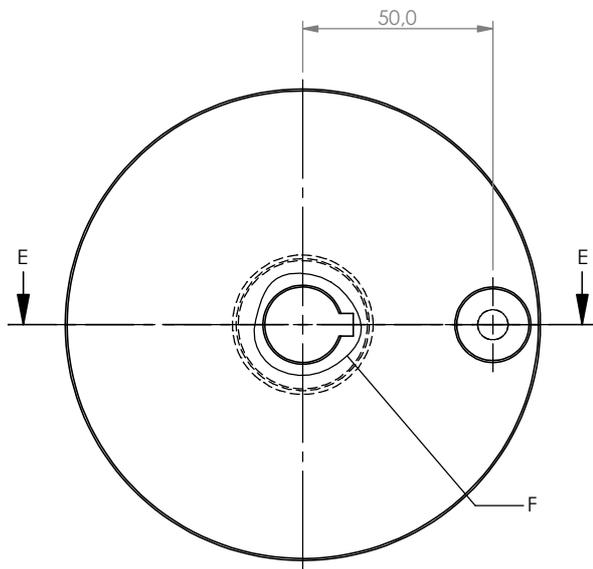
Data:  
15/02/2018  
 Dimensões: mm  
 Formato: A4  
 Folha: 01/01



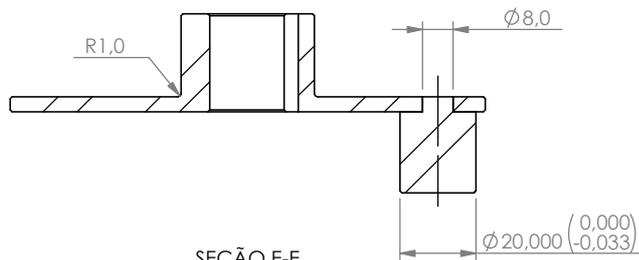
Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:
Perspectiva	Traf. superficial: Polimento sanitário	Escala: 1:2	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	
1° Diedro	Rugosidade: 1,6 (0,2)	Dureza:	Peça: VEIO LINEAR	
		MATERIAL: AISI 304	Des.: 180205-06D	Massa (kg): 1154.08
	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS			Proj. preliminar: DMenezes
	Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277			Proj. detalhado: DMenezes
			Aprovação: Jonny	Data: 15/02/2018
				Dimensões: mm
				Formato: A4R
				Folha: 01/01



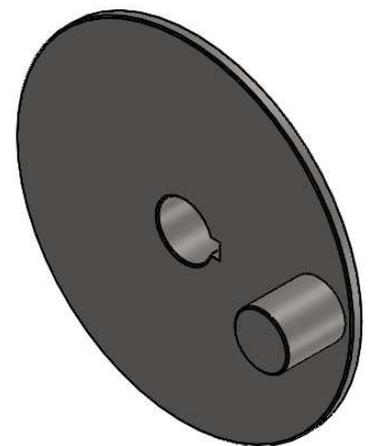
Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:
Perspectiva	Traf. superficial:	Escala: 1:1	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	
	Rugosidade: ✓ (✓)	Dureza:	Peça: PLACA DE FIXAÇÃO - CORREIA DO ORIENTADOR	
1° Diedro		Material: AISI 304	Des.: 180205-07D	Massa (kg): 73.14
	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS			Data: 15/02/2018
	Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277			Dimensões: mm    Formato: A4R
		Proj. preliminar: DMenezes	Folha: 01/01	
		Proj. detalhado: DMenezes		
		Aprovação: Jonny		



DETALHE F  
ESCALA 1 : 1

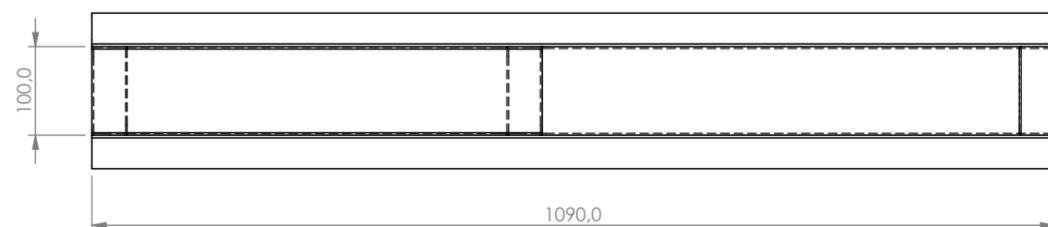
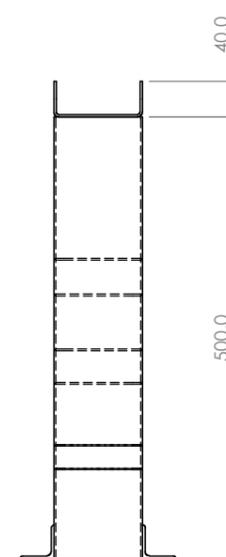
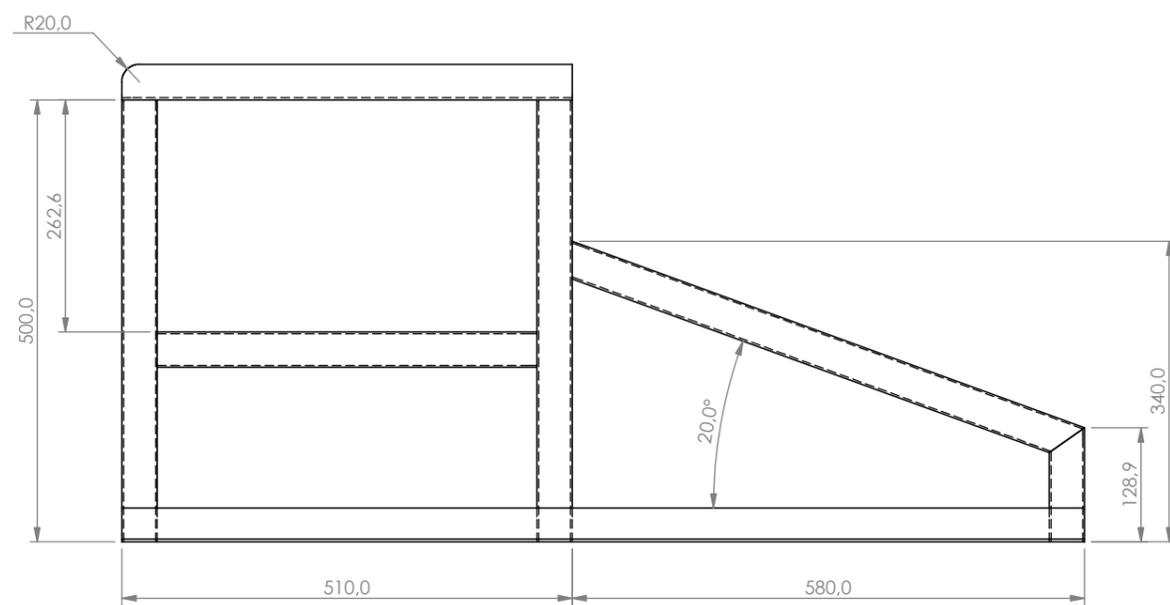


SEÇÃO E-E  
ESCALA 1 : 2

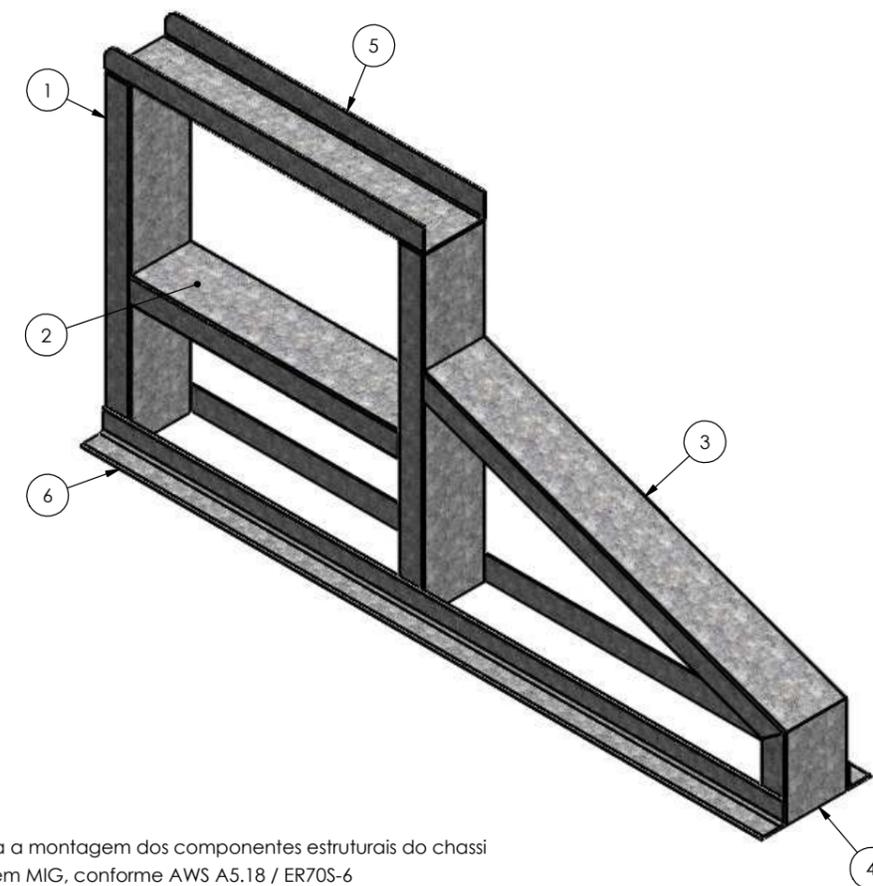


OBS.:  
- Chanfrar arestas externas em 0,5 x 45°

Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:
Perspectiva	Traf. superficial:	Escala: 1:2	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	
	Rugosidade: 1,6 (✓) (✓)	Dureza:	Peça: EXCÊNTRICO - ORIENTADOR DE CABEÇAS	
1° Diedro		Material: AISI 304	Des.: 180207-10D	Massa (kg): 545.53
	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS			Data: 15/02/2018
	Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277		Proj. preliminar: DMenezes	Dimensões: mm
			Proj. detalhado: DMenezes	Formato: A4R
			Aprovação: Jonny	Folha: 01/01



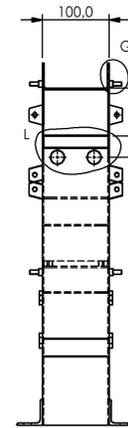
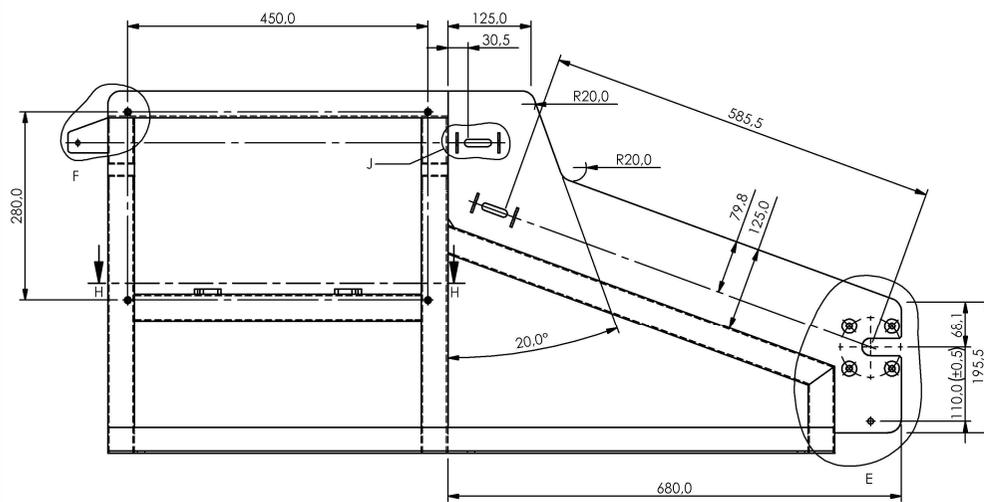
Item	Descrição	Comprimento	Qtd.
1	TUBO RETANGULAR 100 x 40 x 2	500	2
2	TUBO RETANGULAR 100 x 40 x 2	430	1
3	TUBO RETANGULAR 100 x 40 x 2	617.223	1
4	TUBO RETANGULAR 100 x 40 x 2	128.897	1
5	UDC 100 x 40 x 2,650	510	1
6	L 1.1/2" x 1/8"	1090	2



OBS.:

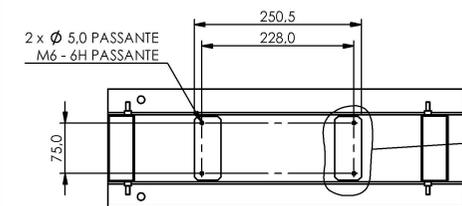
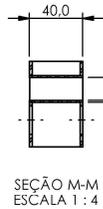
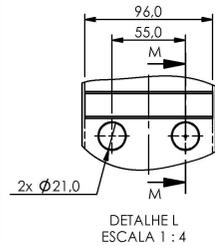
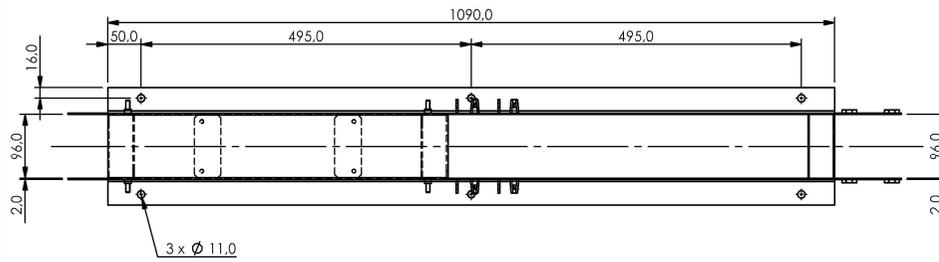
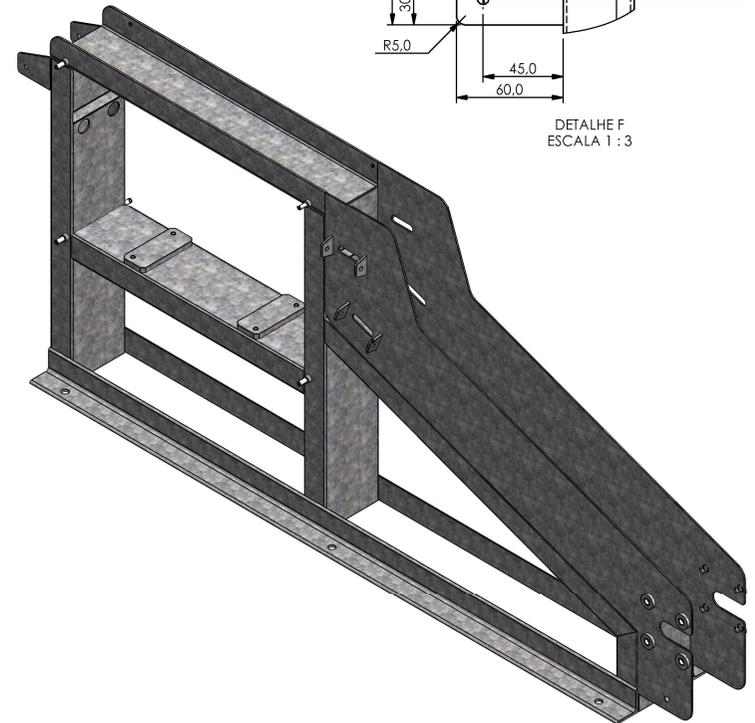
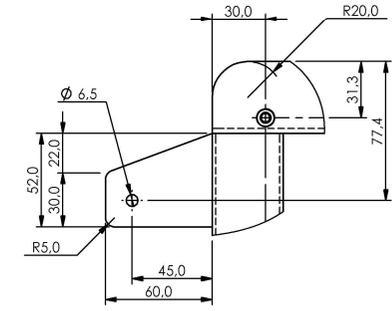
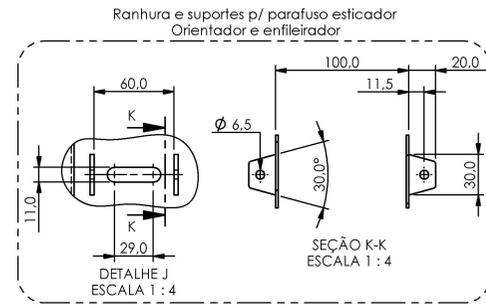
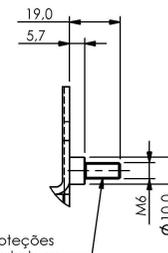
- Esta folha representa a montagem dos componentes estruturais do chassi
- Processo de soldagem MIG, conforme AWS A5.18 / ER70S-6
- Desenho completo na folha 02/02

Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:
Perspectiva	Trat. superficial: Galvanização eletrolítica	Escala: 1:8	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	
1° Diedro	Rugosidade: ✓ (✓)	Dureza:	Peça: CHASSI	
		Material: Aço carbono galvanizado	Des.: 180207-13D	Massa (kg): 14.89
	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS			Proj. preliminar: DMenezes
	Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277			Proj. detalhado: DMenezes
				Aprovação: Jonny
				Data: 15/02/2018
				Dimensões: mm
				Formato: A3
				Folha: 01/02

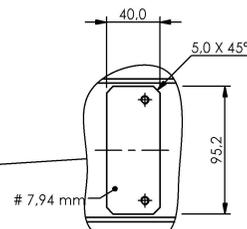


Pinos de fix. das proteções dos dois lados da estrutura

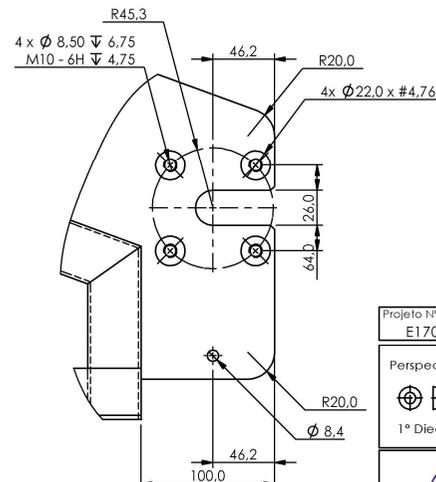
DETALHE G ESCALA 1 : 2



SEÇÃO H-H ESCALA 1 : 8

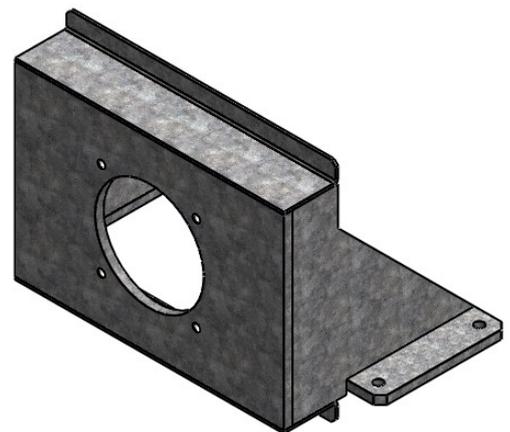
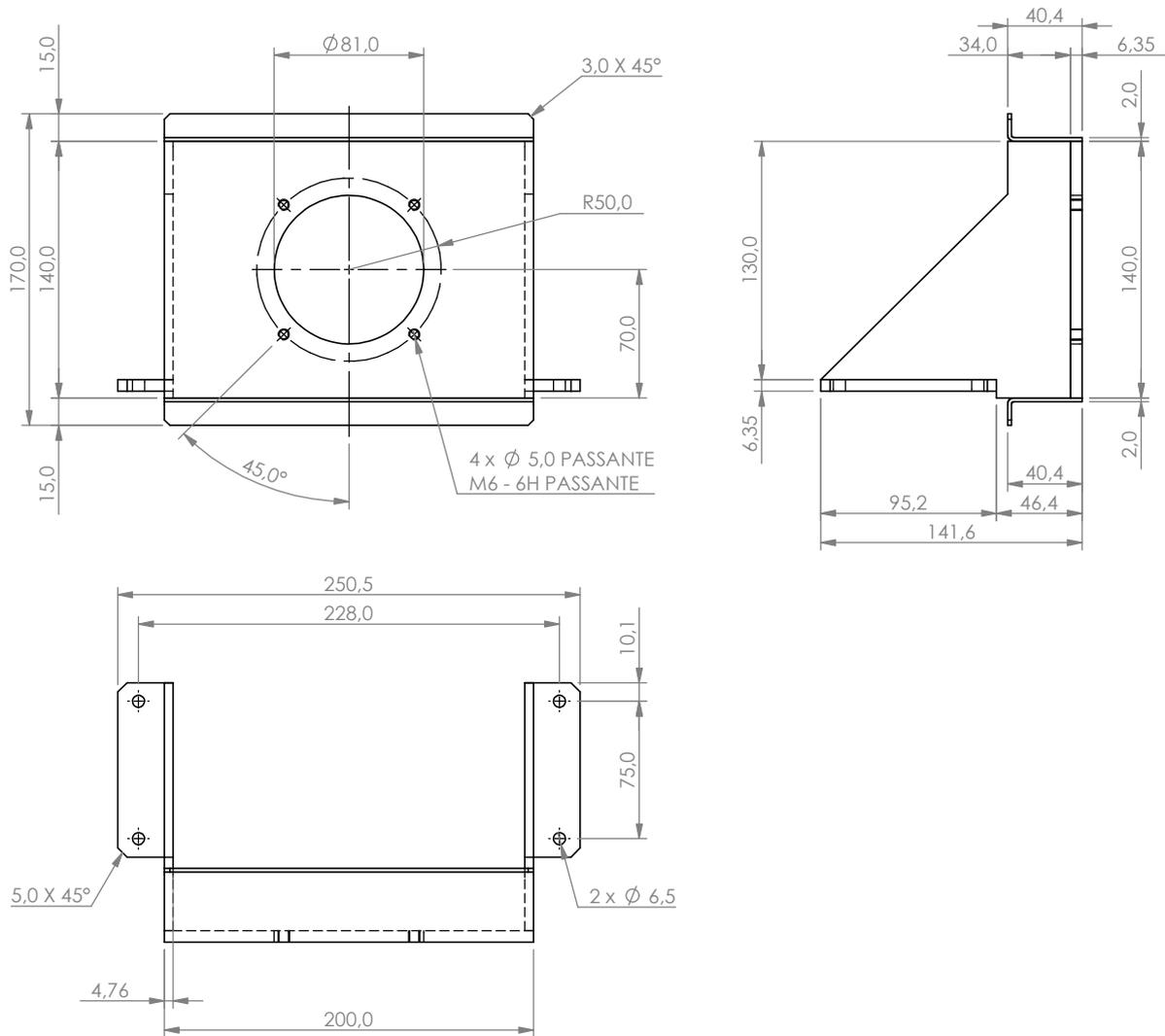


DETALHE I ESCALA 1 : 4

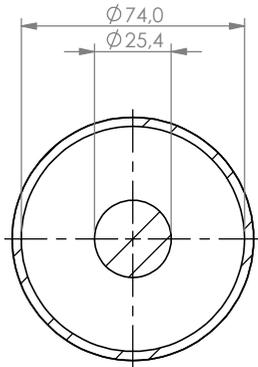
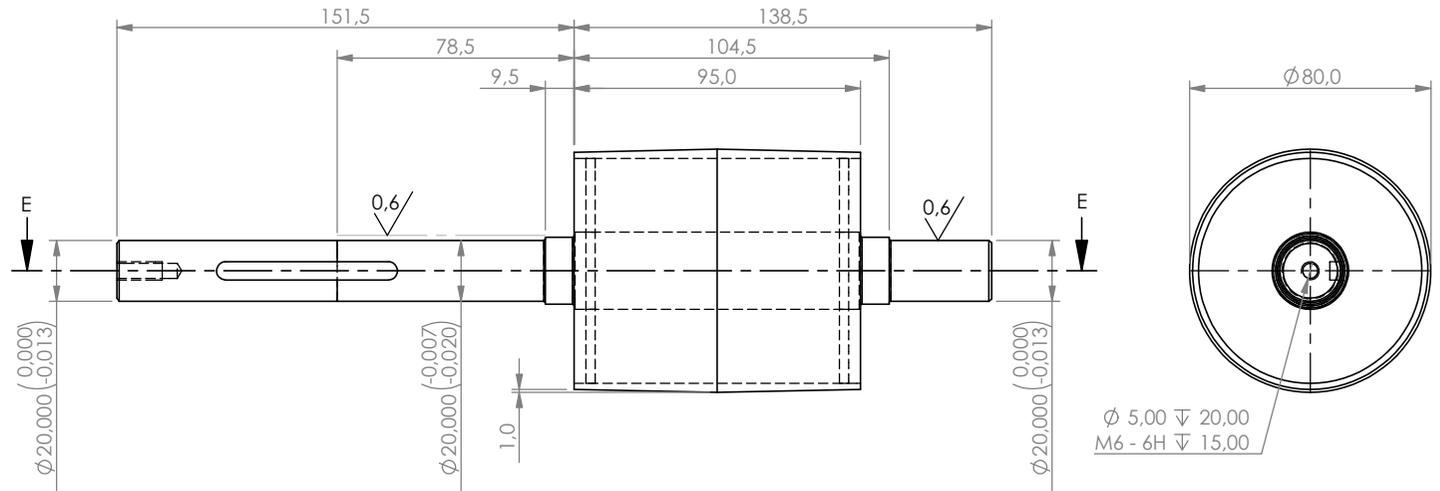
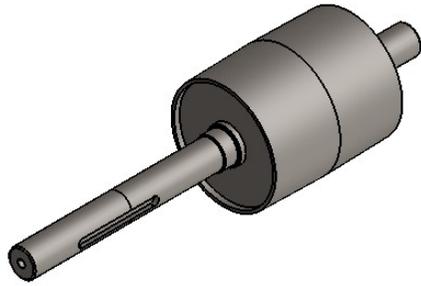


DETALHE E ESCALA 1 : 4

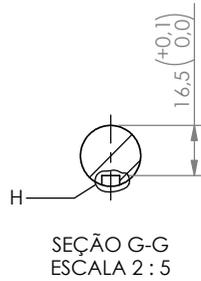
Projeto Nº E1701	Revisão Nº	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:
Perspectiva	Trot. superficial: Galvanização eletrolítica	Escala: 1:8	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	
1° Diedro	Rugosidade: ✓(✓)	Dureza:	Peça: CHASSI	
		Material: Aço carbono galvanizado	Des.: 180207-13D	
			Massa (kg): 19.12	
	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC		Proj. preliminar: DMenezes	
	PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PoiMEC		Data: 18/10/2018	
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS				Dimensões: mm
<small>Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Cidade: Florianópolis/SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277</small>		Proj. detalhada: DMenezes		Formato: A3
		Aprovação: Jonny		Folha: 02/02



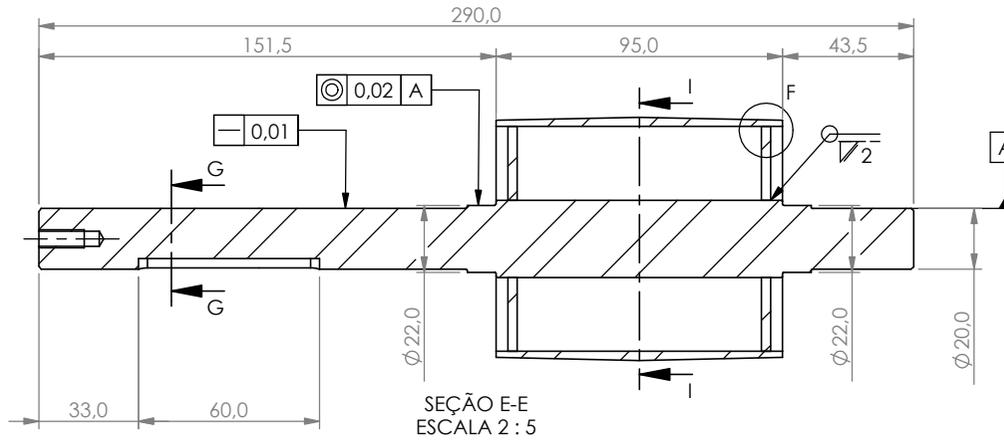
Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:	
Perspectiva  1° Diedro	Trat. superficial: Galvanização eletrolítica Rugosidade: 	Escala: 1:4  Dureza:  Material: Aço carbono galvanizado	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO Peça: SUPORTE - MOTOREDUTOR DO ORIENTADOR Des.: 180213-10D		
			Massa (kg): 2.49		
	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS  Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277				Proj. preliminar: DMenezes Proj. detalhado: DMenezes Aprovação: Jonny
			Data: 18/10/2018 Dimensões: mm Formato: A4R Folha: 01/01		



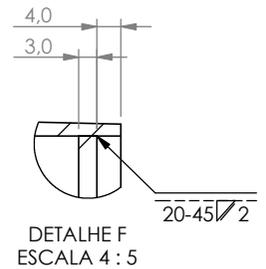
SEÇÃO H-H  
ESCALA 2 : 5



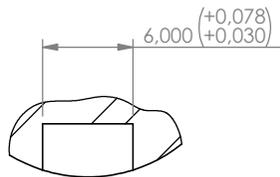
SEÇÃO G-G  
ESCALA 2 : 5



SEÇÃO E-E  
ESCALA 2 : 5

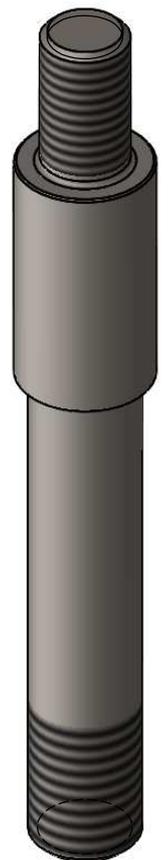
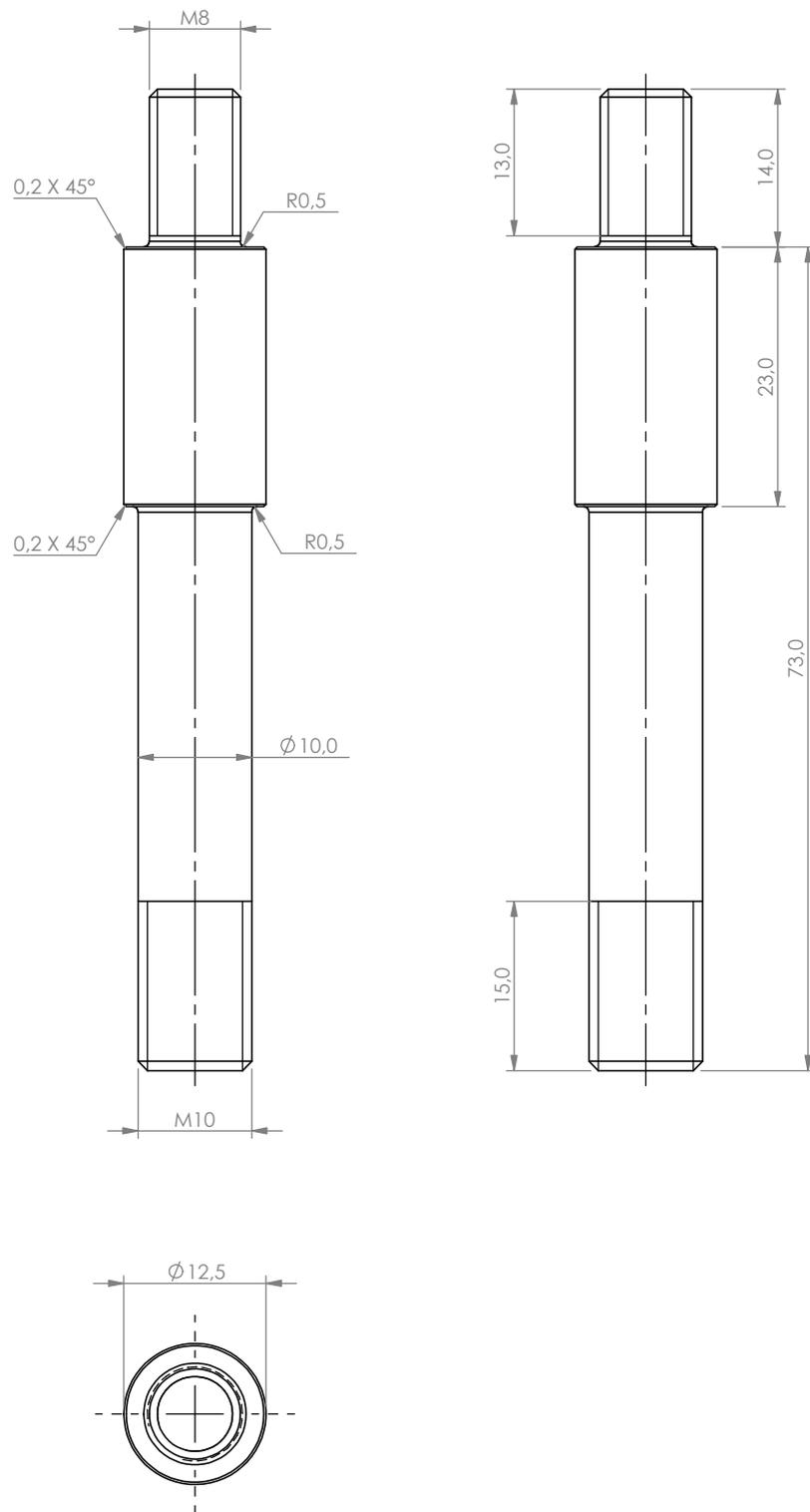


DETALHE F  
ESCALA 4 : 5

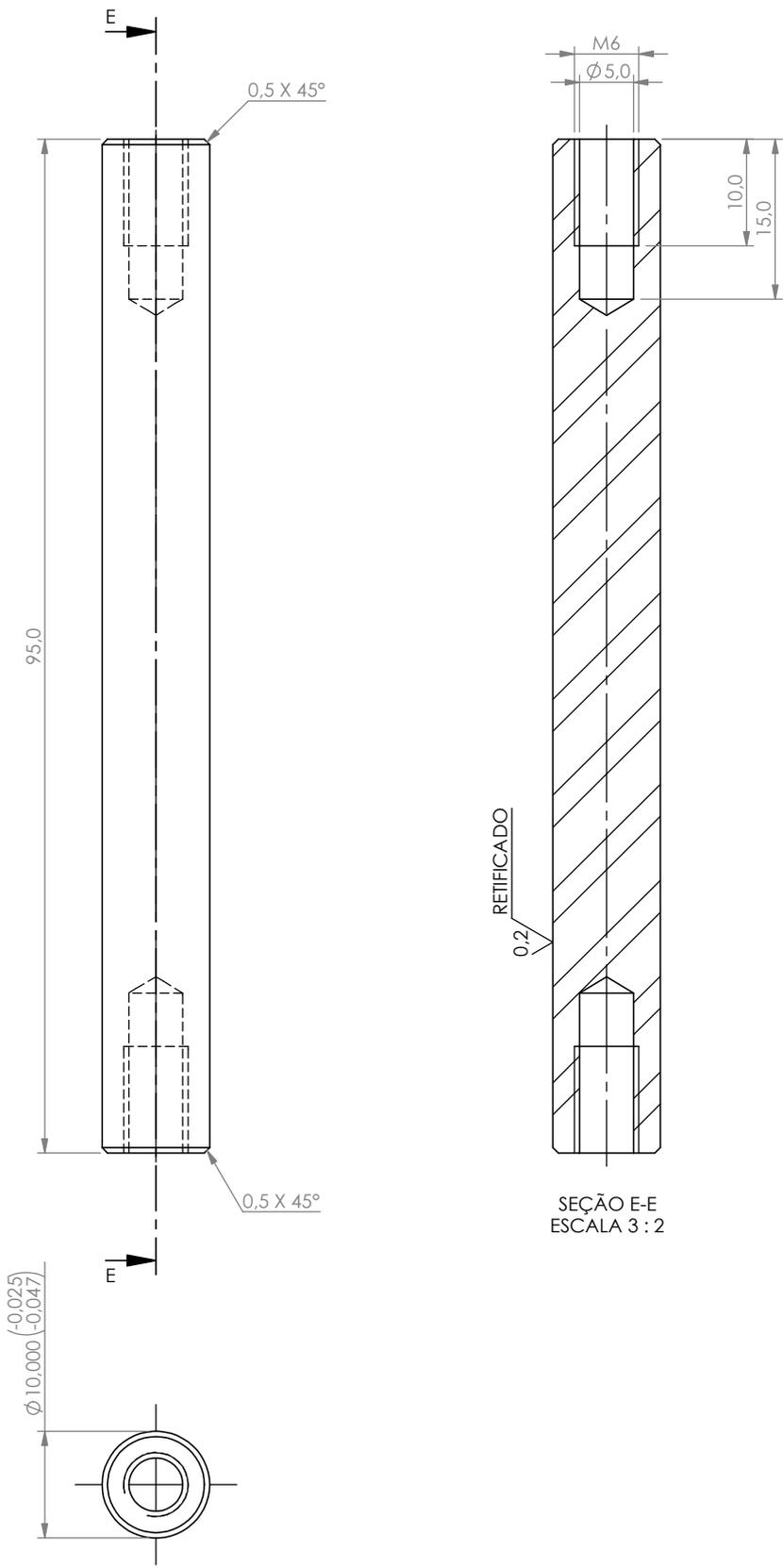


DETALHE H  
ESCALA 2 : 1

Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:
Perspectiva	Trat. superficial:	Escala: 2:5	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	
1° Diedro	Rugosidade: 1,2 (0,6)	Dureza:	Peça: TAMBOR DE ACIONAMENTO - ENFILEIRADOR	
		Material: ASTM A36 AÇO	Des.: 180213-11D	Massa (kg): 1.48
	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS			Data: 18/10/2018
	Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/ SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277			Proj. preliminar: DMenezes
				Proj. detalhado: DMenezes
			Aprovação: Jonny	Formato: A4
				Folha: 01/01

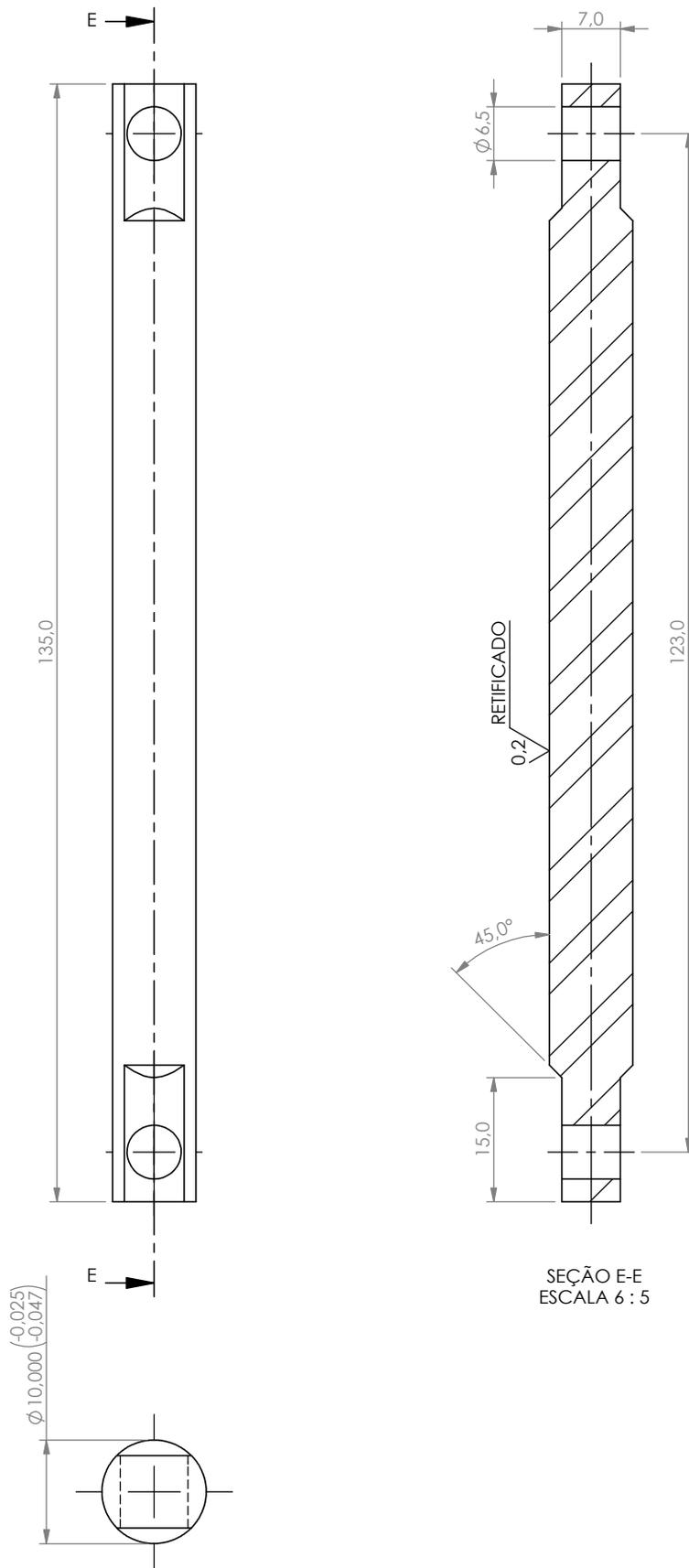


Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:
Perspectiva	Traf. superficial:	Escala: 3:2	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	
	Rugosidade: 3,2 (✓)	Dureza:	Peça: PINO - BRAÇO DE TORÇÃO	
1° Diedro		Material: ASTM A36 AÇO	Des.: 180213-12D	Massa (kg): 0.06
	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS			Proj. preliminar: DMenezes
	Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277			Data: 15/02/2018
				Proj. detalhado: DMenezes
				Dimensões: mm
				Formato: A4R
				Folha: 01/01
				Aprovação: Jonny



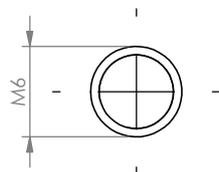
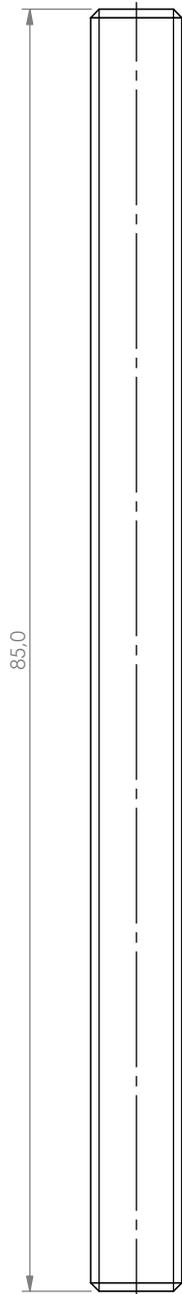
SEÇÃO E-E  
ESCALA 3 : 2

Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:	
Perspectiva  1° Diedro	Trat. superficial: Rugosidade: $1,6 \sqrt{0,2}$	Escala: 3:2 Dureza: Material: AISI 304	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO Peça: EIXO FIXO - ROLO Des.: 180213-13Da		
			Massa (kg): 0.05		
	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277				Proj. preliminar: 14/02/2018 Proj. detalhado: mm A4R Aprovação: Jonny Folha: 01/01



SEÇÃO E-E  
ESCALA 6 : 5

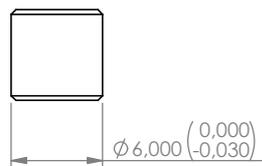
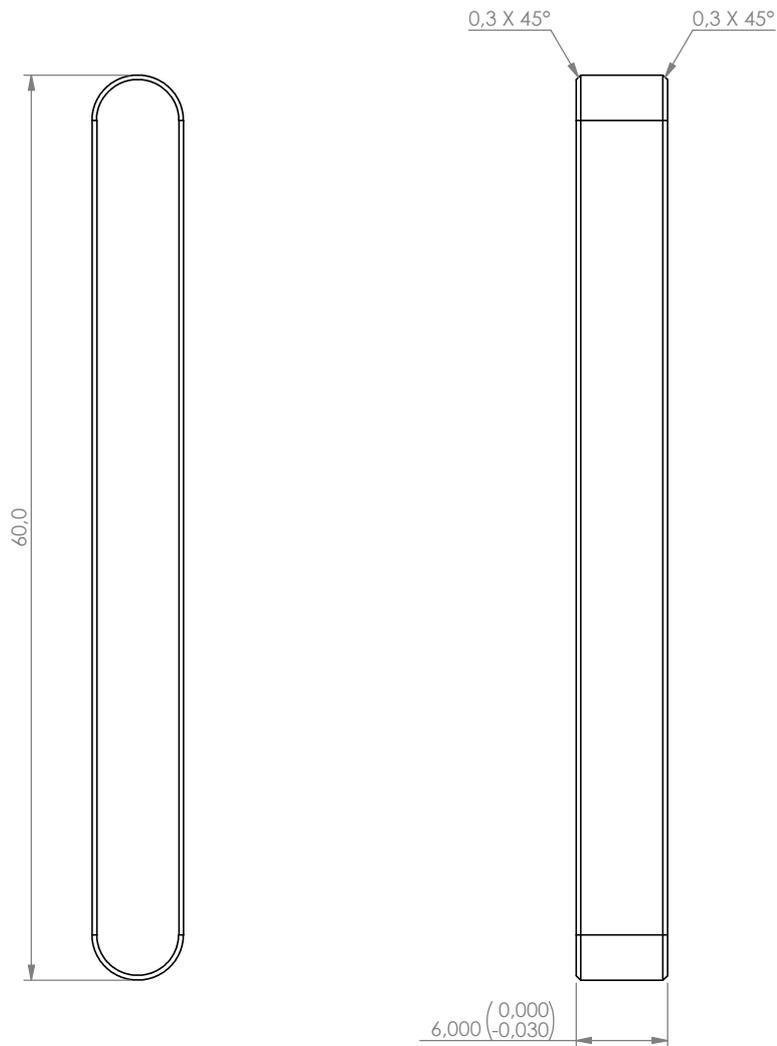
Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:		
Perspectiva  1° Diedro	Trat. superficial: Rugosidade: $1,6 \sqrt{0,2}$	Escala: 6:5 Dureza: Material: AISI 304	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO Peça: EIXO FIXO - ESTICADOR Des.: 180213-13Db			
			Massa (kg): 0.08			
		UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277			Proj. preliminar: DMenezes Proj. detalhado: DMenezes Aprovação: Jonny	Data: 18/10/2018 Dimensões: mm Formato: A4R Folha: 01/01



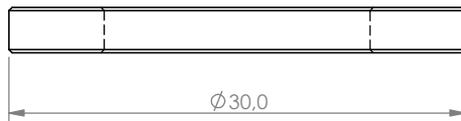
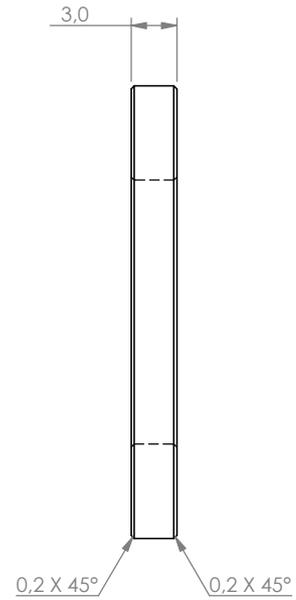
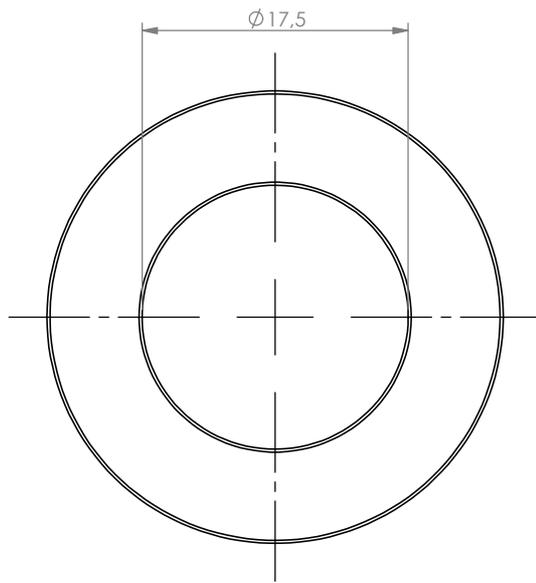
Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:
---------------------	------------	------------	-------------	----------

Perspectiva  1° Diedro	Trat. superficial: Rugosidade: 	Escala: 2:1 Dureza: Material: Aço galvanizado	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO Peça: ESTICADOR DE CORREIA Des.: 180213-14D	Massa (kg): 18.87
---	--	---	---	-------------------

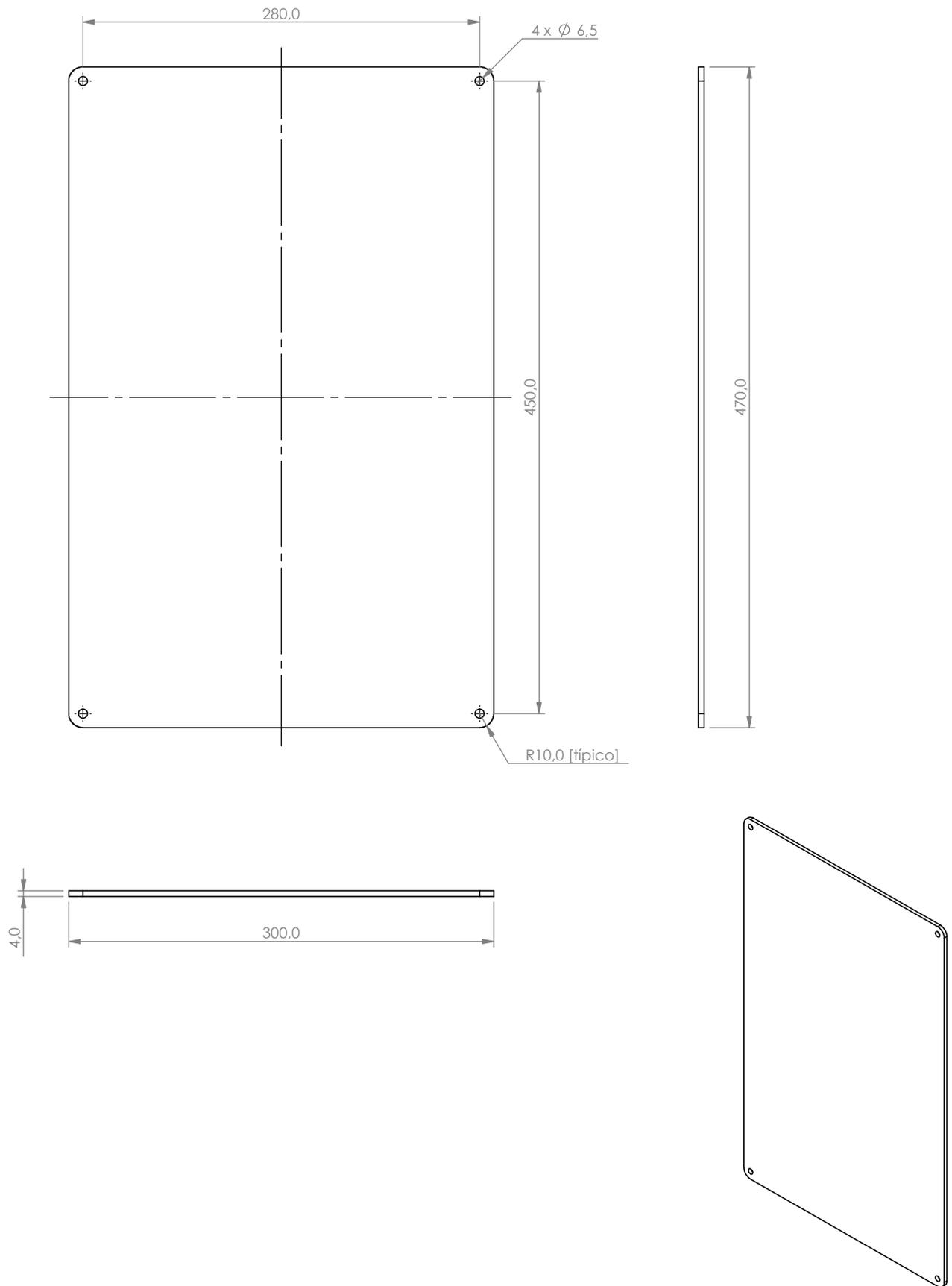
	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277		Proj. preliminar: DMenezes	Data: 15/02/2018	
			Proj. detalhado: DMenezes	Dimensões: mm	Formato: A4R
			Aprovação: Jonny	Folha: 01/01	



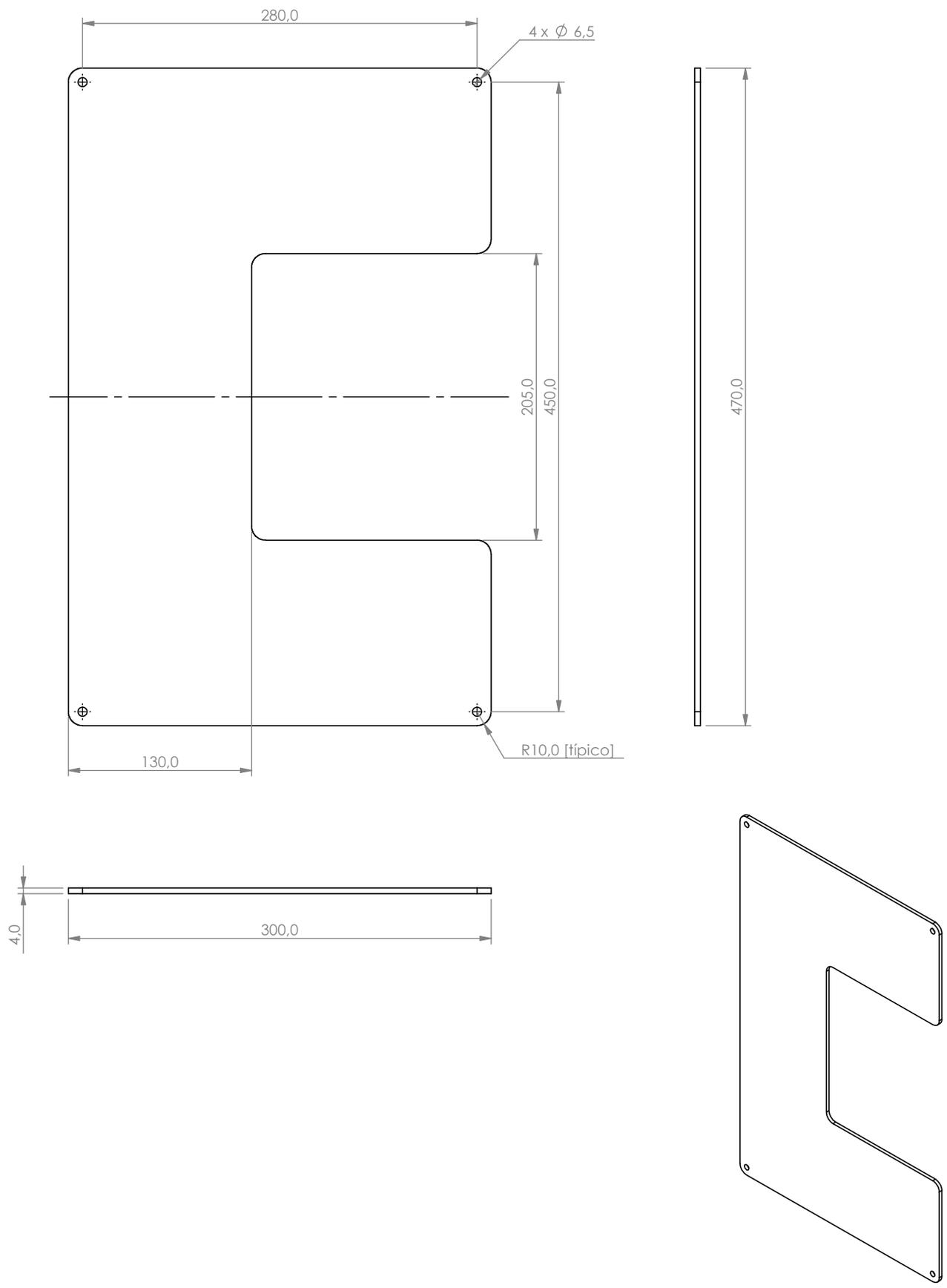
Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:
Perspectiva  1° Diedro	Traf. superficial:	Escala: 2:1	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	
	Rugosidade: 1,6 (✓) (✓)	Dureza:	Peça: CHAVETA - ENFILEIRADOR	
		Material: ASTM A36 AÇO	Des.: 180213-15D	Massa (kg): 16.50
	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS			Data: 15/02/2018
	Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277			 Proj. preliminar: DMenezes Proj. detalhado: DMenezes Aprovação: Jonny



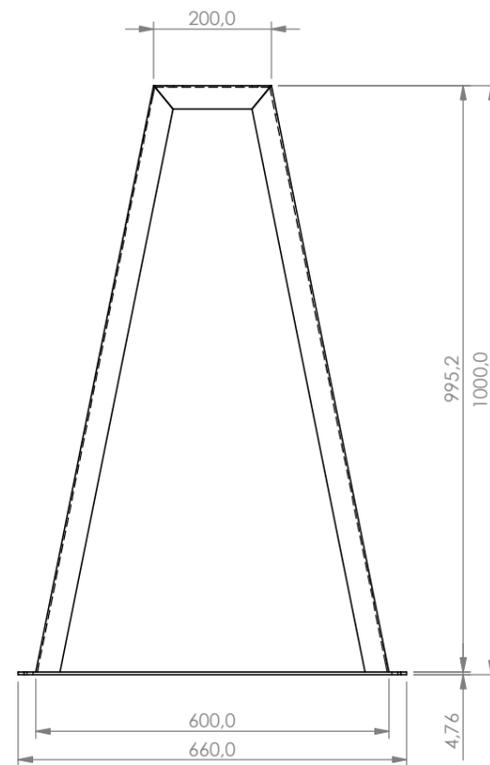
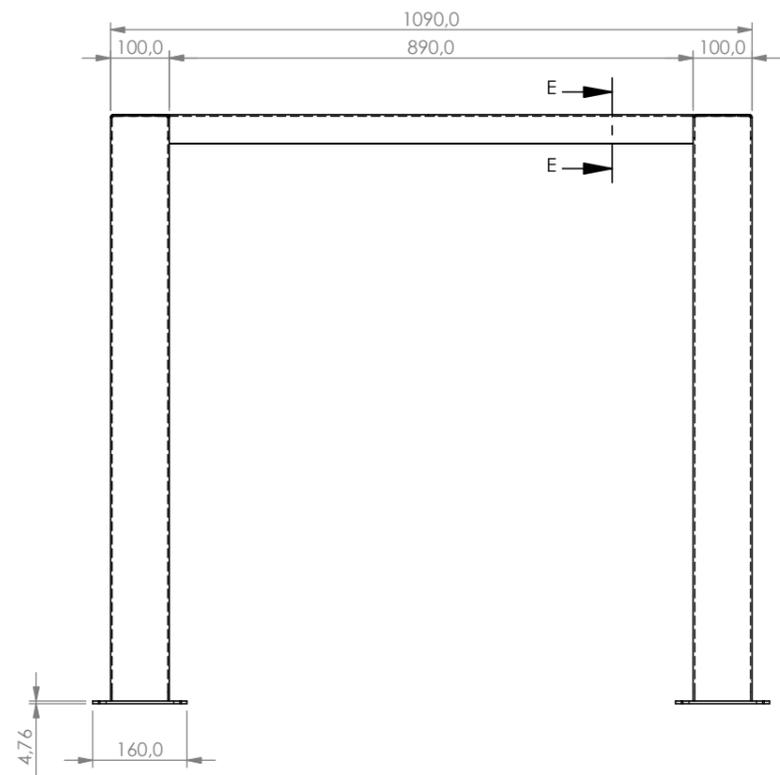
Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:
Perspectiva  1° Diedro	Traf. superficial:	Escala: 2:1	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	
	Rugosidade: 	Dureza:	Peça: ARRUELA - VEIO	
		Material: ASTM A36 AÇO	Des.: 180214-02D	Massa (kg): 0.01
	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS			Proj. preliminar: DMenezes
	Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277			Proj. detalhado: DMenezes
			Aprovação: Jonny	Data: 15/02/2018 Dimensões: mm    Formato: A4R Folha: 01/01
				



Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:	
Perspectiva	Traf. superficial:	Escala: 1:4	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO		
	Rugosidade: ✓ (✓)	Dureza:	Peça: PROTEÇÃO DIREITA		
1° Diedro		Material: Acrílico (médio-alto impacto)	Des.: 180214-03Da	Massa (kg): 0.68	
	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS			Data: 18/10/2018	
Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277		Proj. preliminar: DMenezes	Proj. detalhado: DMenezes	Dimensões: mm	Formato: A4R
		Aprovação: Jonny	Folha: 01/01		

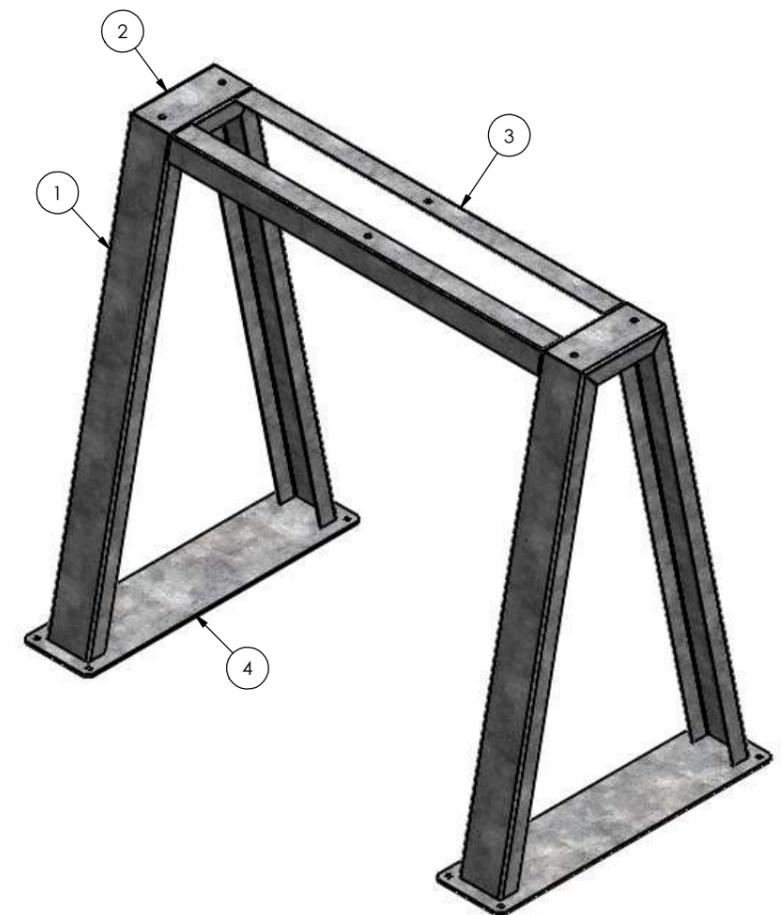
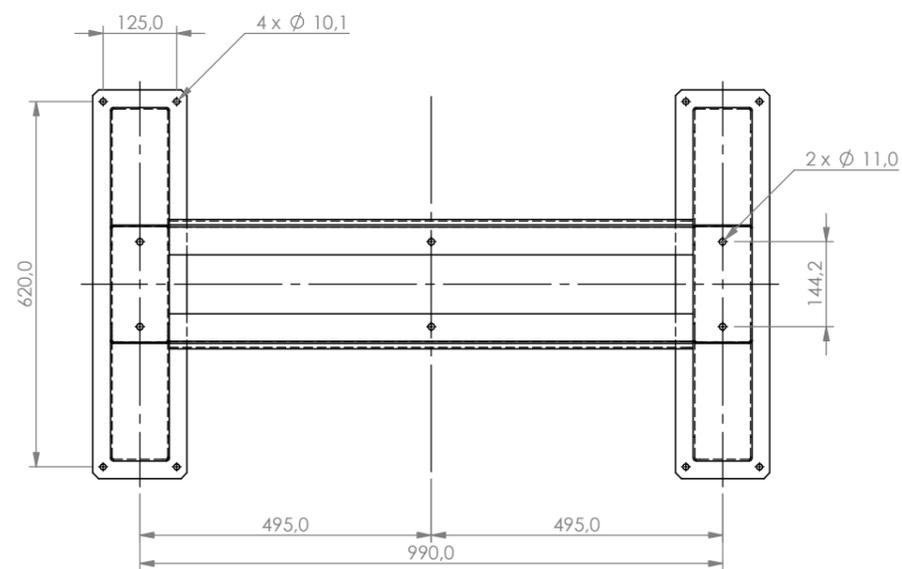
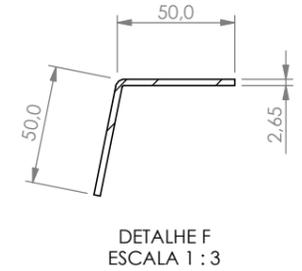


Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:
Perspectiva	Traf. superficial:	Escala: 1:4	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	
	Rugosidade: ✓ (✓)	Dureza:	Peça: PROTEÇÃO ESQUERDA	
1° Diedro		Material: Acrílico (médio-alto impacto)	Des.: 180214-03Db	Massa (kg): 0.51
	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS			Proj. preliminar: DMenezes
	Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277			Data: 18/10/2018
				Proj. detalhado: DMenezes
				Dimensões: mm
				Formato: A4R
				Folha: 01/01
				Aprovação: Jonny



F

SEÇÃO E-E  
ESCALA 1 : 12



Item	Descrição	Comprimento	Qty.
1	UDC 100 x 40 x 2,6500	1015.1343	4
2	UDC 100 x 40 x 2,6500	200	2
3	CANTONEIRA DOBRADA 50 x 50 x 2,65	890,0	2
4	CHAPA LISA # 4,7625 mm	660 x 160	2

Projeto N° E1701	Revisão N°	Data-rev.:	Autor-rev.:	Assunto:
Perspectiva 	Trat. superficial: Galvanização eletrolítica Rugosidade: 	Escala: 1:12	Conj.: PROTÓTIPO - ALIMENTADOR AUTOMÁTICO	
1° Diedro	Material: Aço carbono galvanizado	Dureza:	Peça: CAVALETE SUPORTE	Des.: 180216-01D
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. MECÂNICA - PosMEC ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS			Proj. preliminar: DMenezes	Data: 16/02/2018
Centro Tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina Caixa Postal 476 - Campus Universitário - Trindade Florianópolis/ SC - 88040-900 - Tel: +55 (48) 3721 9277			Proj. detalhado: DMenezes	Dimensões: mm
			Aprovação: Jonny	Formato: A3
				Folha: 01/01