



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA

Home Beer: Microcervejaria automatizada

Autores: Caio Gabriel A. Medeiros, Felipe S. Nascimento, Isabela R. Macedo, João Gabriel S. Ribeiro, Larissa M. Freitas, Lucas M. Martins, Mateus O. Barbosa, Matheus Roberto A. Silva, Rafael da S. Rodrigues, Renato C. Motta Júnior, Vanessa A. Alves, Victor Hugo B. Tavares, Victor Wagner P. Araujo, Vinícius C. Cantuária, Yago R. Ferreira

Brasília, DF

2020



Resumo

O processo de fabricação artesanal de cerveja envolve etapas bem definidas: malteação, brassagem, fervura, *whirlpool*, resfriamento e fermentação. Estas apresentam várias dificuldades para o cervejeiro, sendo que as principais são: espaço físico, organização, a fabricação do mosto (brassagem), controle de temperatura e tempo.

O objetivo deste trabalho é automatizar o processo de fabricação caseira de cerveja, facilitando o trabalho do cliente. As etapas de brassagem, fervura e resfriamento serão de tal forma que não será necessária a supervisão do cliente durante o processo.

Este trabalho apresenta o dimensionamento dos subsistemas de uma microcervejaria automatizada. Em cada uma das seções, foi detalhado o dimensionamento dos subsistemas de estruturas, térmica, automação e software. Também é apresentado a integração entre os subsistemas.

São apresentados manuais para a fabricação, montagem, uso e manutenção da microcervejaria.

Palavras-chaves: Microcervejaria, Automação, Artesanal

Listas de ilustrações

Figura 1 – Diagrama de funcionamento geral do sistema. As setas indicam a direção que os líquidos devem seguir. Legenda: $VA =$ válvulas, $PU =$ bombas.	29
Figura 2 – Diagrama da transferência de água da panela 1 para a panela 2. As setas em vermelho indicam o caminho da transferência.	30
Figura 3 – Diagrama do processo de recirculação que acontece na panela 2. As setas em vermelho indicam o caminho do líquido.	30
Figura 4 – Diagrama da transferência do mosto da panela 2 para a panela 3. As setas em vermelho indicam o caminho da transferência.	31
Figura 5 – Diagrama da etapa de resfriamento do mosto na panela 3. As setas em vermelho indicam o caminho da recirculação.	31
Figura 6 – Diagrama da etapa de <i>whirlpool</i> do mosto na panela 3. As setas em vermelho indicam o caminho da recirculação.	32
Figura 7 – Diagrama da trasfega final do processo. As setas em vermelho indicam o caminho do líquido.	32
Figura 8 – Solução da estrutura do projeto	34
Figura 9 – Fluxograma de desenvolvimento da análise estrutural	35
Figura 10 – Estrutura principal	35
Figura 11 – Perfil dos tubos	36
Figura 12 – Elemento tetraédrico linear	38
Figura 13 – Malha aplicada em toda a estrutura	38
Figura 14 – Vínculo de mola virtual	39
Figura 15 – Condições de contorno	40
Figura 16 – Condições de contorno com molas virtuais	40
Figura 17 – Resultado de deslocamento	41
Figura 18 – Resultado da tensão equivalente de von Mises	41
Figura 19 – Conjunto panela-filtro-resistência. $A =$ filtro, $B =$ resistência de aquecimento e $C =$ panela.	42
Figura 20 – Panela para fabricação (50L)	43
Figura 21 – Filtro para malte.	43
Figura 22 – Resistência de aquecimento (4000 W)	45
Figura 23 – Montagem do conjunto panela-filtro-resistência	45
Figura 24 – Vista isométrica da tubulação	46
Figura 25 – Vista isométrica da tubulação	47
Figura 26 – Componentes da tubulação. Descrição dos componentes na Tabela 5	47
Figura 27 – Cuvas 90°	48

Figura 28 – TEE	48
Figura 29 – Redutor	48
Figura 30 – Esquemático do trocador de calor de tubo duplo. $T_{M,e}$ e $T_{M,s}$ são as temperaturas de entrada do mosto respectivamente; $T_{A,e}$ e $T_{A,s}$ são as temperaturas de entrada e saída da água, respectivamente.	50
Figura 31 – Vista isométrica do trocador de calor dimensionado.	57
Figura 32 – Vista isométrica 2 do trocador de calor dimensionado.	58
Figura 33 – Modelo de reservatório de polipropileno	59
Figura 34 – Vista isométrica do reservatório de água	61
Figura 35 – Vista isométrica 2 do reservatório de água	61
Figura 36 – Diagrama de Moody. Fonte: (FOX; MCDONALD; MITCHELL, 2020)	63
Figura 37 – Coeficiente de perda para contrações e expansões bruscas. Fonte: (FOX; MCDONALD; MITCHELL, 2020)	66
Figura 38 – Perdas de pressão em entradas de tubulações. Fonte: (FOX; MCDO-NALD; MITCHELL, 2020)	67
Figura 39 – Vista superior, com vetores de velocidade e linhas de trajetória, para o melhor caso.	69
Figura 40 – Vista isométrica, com linhas de trajetória, para o melhor caso.	70
Figura 41 – Vista superior, com vetores de velocidade e linhas de trajetória para o pior caso.	70
Figura 42 – Vista isométrica, com linhas de trajetória, para o pior caso.	71
Figura 43 – Visualização das características da malha.	72
Figura 44 – Tabela das características da malha disponibilizada pelo ANSYS. . . .	72
Figura 45 – Vista superior, com vetores de velocidade e linhas de trajetória, para a geometria selecionada.	73
Figura 46 – Vista isométrica, com linhas de trajetória, para a geometria selecionada.	74
Figura 47 – Alimentador de insumos	75
Figura 48 – Funcionamento do alimentador de insumos	76
Figura 49 – Case de proteção para servo	77
Figura 50 – Tampa do alimentador	77
Figura 51 – Disposição dos alimentadores	78
Figura 52 – Diagrama da Solução do Sistema Embarcado	79
Figura 53 – Conexão Sensor de Temperatura	80
Figura 54 – Conexão Sensor de fluxo	82
Figura 55 – Bomba de circulação	83
Figura 56 – Micro Servo 9g SG90	84
Figura 57 – Válvula Solenoide SERIE 4213ITHUS	85
Figura 58 – Relé de estado sólido com transição em <i>zero crossing</i>	86
Figura 59 – Circuito de Açãoamento do Relé	87

Figura 60 – NPN transistor	88
Figura 61 – PCI do Circuito de Acionamento do Relé	89
Figura 62 – Sistema em malha aberta	90
Figura 63 – Sistema em malha fechada	90
Figura 64 – Estrutura do PID	91
Figura 65 – Fronteira do sistema de aquecimento	91
Figura 66 – Transferência de calor através de parede plana	93
Figura 67 – Diagrama em blocos do sistema de aquecimento da brassagem	94
Figura 68 – Gráfico da temperatura de referência($^{\circ}C$) pelo tempo	94
Figura 69 – Curva de aquecimento da planta	95
Figura 70 – Potência de aquecimento aplicada	95
Figura 71 – Raspberry Pi 3 Model B+	97
Figura 72 – Diagrama de Funcionamento do Nobreak	100
Figura 73 – Circuito PCI em 3D no Nobreak	100
Figura 74 – Desing do Nobreak	101
Figura 75 – Disjuntor 25A	102
Figura 76 – Fonte para Placa Peltier	103
Figura 77 – Identidade Visual da Aplicação	104
Figura 78 – Telas de Autenticação do Aplicativo	105
Figura 79 – Telas Iniciais do Aplicativo	106
Figura 80 – Telas de Receita e Limpeza do Aplicativo	107
Figura 81 – Telas de acompanhamento do Processo do Aplicativo	109
Figura 82 – Exemplo de notificações do Aplicativo	110
Figura 83 – Representação arquitetural do padrão MVC	112
Figura 84 – Diagrama de Classes da Aplicação	113
Figura 85 – Diagrama de Casos de Uso da Aplicação	114
Figura 86 – Diagrama de Estrutura da Aplicação	115
Figura 87 – Diagrama de Sequência da Aplicação	116
Figura 88 – Diagrama Entidade Relacionamento	117
Figura 89 – Diagrama Lógico dos Dados	117
Figura 90 – Diagrama de trabalho - Alexa	120
Figura 91 – Exemplo de requisição com Token inválido	124
Figura 92 – Exemplo de requisição com Token válido	125
Figura 93 – Exemplo da persistência de dados no banco	126
Figura 94 – Exemplo de requisição para Listar receitas	126
Figura 95 – Exemplo de requisição para Detalhar receitas	127
Figura 96 – Exemplo de requisição para iniciar produção	128
Figura 97 – Exemplo de requisição para visualizar o processo Atual	129
Figura 98 – Exemplo de requisição para visualizar um processo anterior	129

Figura 99 – Exemplo de requisição para visualizar a temperatura atual	130
Figura 100 – Exemplo de requisição para visualizar o tempo restante	130
Figura 101 – Exemplo de requisição para iniciar limpeza	131
Figura 102 – Tela de Login	132
Figura 103 – Tela de Permissão	133
Figura 104 – Tela sem Permissão	134
Figura 105 – Tela da Câmera	135
Figura 106 – Tela de Receitas	136
Figura 107 – Tela de Receitas Carrossel	136
Figura 108 – Tela de Receitas Processo	137
Figura 109 – Tela de Editar Receita	138
Figura 110 – Tela de Editar Receita Botões	138
Figura 111 – Tela de Criar Receita	139
Figura 112 – Tela de Criar Receita Botão	139
Figura 113 – Tela do Processo de Aquecimento	140
Figura 114 – Tela do Processo de Brassagem	140
Figura 115 – Tela do Processo de Fervura	141
Figura 116 – Tela de Limpeza	142
Figura 117 – Diagrama de integração dos subsistemas.	143
Figura 118 – Componentes eletrônicos	144
Figura 119 – Placas eletrônicas	145
Figura 120 – Sensor de temperatura	146
Figura 121 – Servo motor e alimentador de insumos	147
Figura 122 – Posição do eletroduto	148
Figura 123 – Posição do eletroduto	148
Figura 124 – Indicação das peças da estrutura	160
Figura 125 – Indicação das dos locais de soldagem dos tubos de aço da estrutura principal.	161
Figura 126 – Indicação das dos locais de soldagem da chapa de aço galvanizado na estrutura principal.	161
Figura 127 – Vistas da panela com o tubo soldado na parte inferior; (a) vista superior; (b) vista frontal da panela.	162
Figura 128 – Vistas da panela de fervura com o tubo soldado na parte inferior; (a) vista superior; (b) vista frontal da panela; (c) vista isométrica da panela com tubos soldados.	163
Figura 129 – Conjunto 1 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.	164
Figura 130 – Conjunto 2 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.	165
Figura 131 – Conjunto 3 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.	166
Figura 132 – Conjunto 4 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.	167

Figura 133 – Conjunto 5 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.	168
Figura 134 – Conjunto 6 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.	169
Figura 135 – Conjunto 7 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.	170
Figura 136 – Conjunto 8 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.	171
Figura 137 – Conjunto 9 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.	172
Figura 138 – Conjunto 10 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.	173
Figura 139 – Conjunto 11 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.	174
Figura 140 – Indicação do encaixe da peça T no trocador de calor.	175
Figura 141 – Instalação do sistema de resfriamento no reservatório.	177
Figura 142 – Vista do alimentador completo	178
Figura 143 – Instruções de fabricação do reservatório de insumos; (a) indicação do corte em uma angulação de 120°; (b) indicação da posição das peças para a solda; (c) vista isométrica do reservatório já soldado. Todas as medidas em milímetros.	179
Figura 144 – Instruções de fabricação da estrutura suporte; (a) medidas e indicações para dobras da parte 2 do suporte; (b) vista isométrica da parte 2 do suporte; (c) medidas para a parte 3 do suporte. Todas as medidas em milímetros.	180
Figura 145 – Medidas para a fabricação do suporte da tampa; (a) vistas frontal e lateral; b vista isométrica do item. Todas as medidas em milímetros.	181
Figura 146 – Indicação das soldas do alimentador montado.	181
Figura 147 – Indicações para a fabricação dos componentes da tampa; (a) tampa; (b) vista frontal do eixo de rotação; (c) vista lateral do eixo de rotação; (d) montagem da tampa. Todas as medidas em milímetros.	182
Figura 148 – Vistas do case do servo motor.	183
Figura 149 – Vistas do case do servo motor; (a) encaixe do motor; (b) encaixe do case do motor.	184
Figura 150 – Indicação dos fios na estrutura.	186
Figura 151 – PCI Circuito de Acionamento Rele	186
Figura 152 – PCI Nobreak	187
Figura 153 – Componentes gerais	195
Figura 154 – Instalação — Resistência e panela	198
Figura 155 – Instalação do trocador de calor na estrutura.	199
Figura 156 – Montagem — Tubulação, parte 1	201
Figura 157 – Montagem — Tubulação, parte 2	202
Figura 158 – Instalação das bombas na estrutura.	203
Figura 159 – Instalação do reservatório de água na estrutura.	204
Figura 160 – Instalação dos alimentadores.	205
Figura 161 – Instalação do sensor de temperatura nas panelas	206

Figura 162 – Tela de Login	207
Figura 163 – QRCode da sua Microcervejaria	208
Figura 164 – Adicionando Token à Alexa	209
Figura 165 – Lista de Receitas	210
Figura 166 – Criar Receita	211
Figura 167 – Listar Receitas	212
Figura 168 – Detalhar Receita Alexa	213
Figura 169 – Iniciar Receita	214
Figura 170 – Acompanhamento da Produção	215
Figura 171 – Fluxo do Processo Atual	216
Figura 172 – Exemplo de pergunta para Processo antigo	217
Figura 173 – Exemplo de pergunta para saber a temperatura atual	217
Figura 174 – Exemplo de pergunta para visualizar o tempo restante	218
Figura 175 – Tela de Limpeza	219
Figura 176 – Exemplo de solicitação para iniciar limpeza	220
Figura 177 – A rotina de limpeza automática da <i>Home Beer</i> . (a) transferência da água da panela 1 para a panela 2; (b) o caminho da recirculação; (c) transferência da água da panela 2 para a panela 3; (d) o caminho do <i>whirpool</i> ; (e) limpeza do trocador de calor; (f) descarte da água.	222

Lista de tabelas

Tabela 1 – Propriedades mecânicas do material utilizado na estrutura (BUDY-NAS, 2006)	36
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens das soldas MIG/MAG.	37
Tabela 3 – Critério padrão de qualidade de malha do CATIA (Surface Mesh Quality Criteria)	38
Tabela 4 – Critério de qualidade de malha do Abaqus (Abaqus Tetra Checks) . . .	39
Tabela 5 – Legenda componentes tubulação	48
Tabela 6 – Propriedades do mosto e da água no trocador de calor.	52
Tabela 7 – Tubos de aço inox disponíveis comercialmente avaliados para o projeto	55
Tabela 8 – Combinações possíveis com os tubos.	55
Tabela 9 – Resultados obtidos com as combinações possíveis. Nota: os valores de Re_D , Nu_D , eficiência e NUT são adimensionais.	56
Tabela 10 – Perda de carga, velocidade de escoamento e pressão disponível no sistema	57
Tabela 11 – Numeração das fases para o cálculo inicial.	64
Tabela 12 – Vazão volumétrica e velocidade média dos fluidos para o cálculo inicial.	64
Tabela 13 – Massa específica e viscosidade dinâmica para o cálculo inicial.	65
Tabela 14 – Características das dimensões da tubulação.	65
Tabela 15 – Número de componentes ao longo do fluxo.	65
Tabela 16 – Coeficientes de perda para cada tipo de componente.	65
Tabela 17 – Coeficientes de perda para variação de área na tubulação.	66
Tabela 18 – Perdas de pressão totais no cálculo inicial.	67
Tabela 19 – Características da bomba escolhida.	67
Tabela 20 – Vazão volumétrica e velocidade média dos fluidos para o cálculo final.	68
Tabela 21 – Perdas de pressão totais no cálculo final.	68
Tabela 22 – Condições de contorno da simulação do <i>whirlpool</i>	73
Tabela 23 – Legenda alimentador de insumos	75
Tabela 24 – Materiais para o Nobreak	98
Tabela 25 – Equipamentos que serão supridos pelo Nobreak	99
Tabela 26 – Tabela Especificações Técnicas da Fonte	103
Tabela 27 – Tabela de Interações da tela de Login	106
Tabela 28 – Tabela de Interações das telas iniciais	107
Tabela 29 – Tabela de Interações das telas de Receita e Limpeza	108
Tabela 30 – Tabela de Interações da tela de Processo	110
Tabela 31 – Tabela de Interações dos Exemplos de Notificações	111
Tabela 32 – Tabela de Intenções padrões da Amazon	121
Tabela 33 – Tabela de Intenções Manuais da Skill Home Beer	122

Tabela 34 – Tabela de Intenções Automáticas <i>Skill Home Beer</i>	123
Tabela 35 – Legenda componentes eletrônicos	144
Tabela 36 – Legenda placas eletrônicas	145
Tabela 37 – Tabela Custos Estruturais	151
Tabela 38 – Tabela Custos Eletrônica	152
Tabela 39 – Tabela Custos de Software	152
Tabela 40 – Lista de peças para aquisição.	159
Tabela 41 – Lista de Peças - estrutura principal da microcervejaria	160
Tabela 42 – Lista de Peças - conjunto 1	164
Tabela 43 – Lista de Peças - conjunto 2	165
Tabela 44 – Lista de Peças - conjunto 3	166
Tabela 45 – Lista de Peças - conjunto 4	167
Tabela 46 – Lista de Peças - conjunto 5	168
Tabela 47 – Lista de Peças - conjunto 6	169
Tabela 48 – Lista de Peças - conjunto 7	170
Tabela 49 – Lista de Peças - conjunto 8	171
Tabela 50 – Lista de Peças - conjunto 9	172
Tabela 51 – Lista de Peças - conjunto 10	173
Tabela 52 – Lista de Peças - conjunto 11	174
Tabela 53 – Lista de Peças — Instalação do sistema de resfriamento no reservatório	176
Tabela 54 – Lista de Peças - alimentador de insumos	177
Tabela 55 – Relação de chapas de aço inox utilizadas na fabricação	185
Tabela 56 – Principais Características para confecção das PCIs	187
Tabela 57 – Fiação Total dos Componentes	187
Tabela 58 – Legenda componentes gerais	195
Tabela 59 – Lista de Peças — Resistência e panela	197
Tabela 60 – Lista de Peças — Instalação da base do trocador de calor	199
Tabela 61 – Lista de Peças — Montagem da tubulação	200
Tabela 62 – Lista de Peças — Instalação da bomba na estrutura	203
Tabela 63 – Lista de Peças — Instalação do reservatório	204
Tabela 64 – Lista de Peças — Instalação dos alimentadores	205
Tabela 65 – Lista de Peças — Instalação dos sensores de temperatura	206
Tabela 66 – Solucionando problemas	224
Tabela 67 – Tabela Aquisição Custos de Internet e Energia	231
Tabela 68 – Tabela de Custo de Ferramentas	231
Tabela 69 – Swagger para pegar todas as receitas cadastradas no sistema.	290
Tabela 70 – Swagger para cadastrar uma nova receita no sistema.	291
Tabela 71 – Swagger para visualizar uma receita cadastrada no sistema.	292
Tabela 72 – Swagger para editar uma receita cadastrada no sistema.	293

Tabela 73 – Swagger para visualizar o processo que está em progresso.	294
Tabela 74 – Swagger para atualizar o processo que está em progresso.	295
Tabela 75 – Swagger para visualizar um processo específico.	296
Tabela 76 – Swagger para iniciar uma receita.	297
Tabela 77 – Swagger para iniciar a limpeza das panelas.	297

Lista de abreviaturas e siglas

$\%$	Porcentagem
"	Polegadas
$^\circ$	Graus
${}^\circ C$	Graus Celsius
ρ	Densidade do fluido
μ	Viscosidade dinâmica do fluido
ω	Ohm
A	Área de troca térmica do tubo
A	Ampère
API	Application Programming Interface
CFD	Computational Fluid Dynamics
C_p	Calor específico do fluido
cm	Centímetros
d	Diâmetro interno do tubo
D	Diâmetro externo do tubo
e	Rugosidade da tubulação
f	Fator de atrito
f_c	Fator de atrito corrigido
g	Aceleração da gravidade
GPa	Gigapascal
h	Coeficiente de transferência de calor
IPA	India Pale Ale
J	Joule

k	Condutividade térmica do material
K	Graus Kelvin
kg	Quilogramas
kPa	Quilopascal
L	Litros
L	Comprimento do tubo
m	Metros
m^2	Metros quadrados
m^3	Metros cúbicos
ml	Mililitros
MPa	Megapascal
\dot{m}	Vazão mássica do fluido
min	Minutos
mm	Milímetros
MVC	Model View Controller
N	Newton
NLP	Natural Language Processing
Nu_D	Número de Nusselt
Nu_c	Número de Nusselt corrigido
NUT	Número de unidades de troca
OCV	Open Circute Voltage
P	Pressão estática
Pa	Pascal
PCB	Printed Circuit Board
PID	Proporcional Integral Derivativo
Pr	Número de Prandtl

PU	Bombas
PWM	Pulse Width Modulation
r	Raio
R''	Resistência de incrustação
Re_D	Número de Reynolds
q	Taxa de transferência de calor
s	Segundos
T	Temperatura
u_m	Velocidade média do escoamento
U	Coeficiente global de transferência de calor
UPS	Uninterruptible Power Supply
V	Volts
\dot{V}	Vazão volumétrica do fluido
VA	Válvulas
v/v	Volume/Volume
W	Watts

Sumário

Sumário	14	
1	INTRODUÇÃO	22
1.1	Justificativa	23
1.2	Objetivo	23
1.2.1	Objetivo Geral	23
1.2.2	Objetivos Específicos	23
1.3	Requisitos	24
1.3.1	Requisitos Funcionais do Projeto	24
1.3.2	Requisitos Não Funcionais	24
1.3.3	Requisitos de Estrutura e Térmica	24
1.3.3.1	Requisitos Funcionais	24
1.3.3.2	Requisitos Não Funcionais	25
1.3.4	Requisitos do Sistema Embarcado	25
1.3.4.1	Requisitos funcionais	25
1.3.4.2	Requisitos Não Funcionais	26
1.3.5	Requisitos de Software	26
1.3.5.1	Requisitos Funcionais	26
1.3.5.2	Requisitos Não Funcionais	27
1.3.6	Premissas e Restrições	28
2	SOLUÇÃO	29
2.1	Solução geral proposta	29
2.2	Solução Estrutural	33
2.2.1	Estrutura principal	33
2.2.1.1	Definição da geometria	34
2.2.1.2	Definição do material	36
2.2.1.3	Definição das soldas da estrutura	36
2.2.1.4	Qualidade da malha	37
2.2.1.5	Condições de contorno	39
2.2.1.6	Análise estática e resultados	40
2.2.2	Conjunto panela-filtro-resistência	42
2.2.3	Tubulação	45
2.2.3.1	Definição das soldas da tubulação	49
2.2.4	Trocador de Calor	49
2.2.4.1	Dimensionamento do trocador de calor	51

2.2.4.1.1	Plano de Testes	58
2.2.5	Reservatório de água	59
2.2.5.0.1	Testes do Reservatório e do Sistema de Resfriamento	61
2.2.6	Dimensionamento da Bomba Principal	62
2.2.6.1	Cálculos Iniciais	63
2.2.6.2	Cálculos Pós-escolha da Bomba	67
2.2.7	Simulação do <i>Whirlpool</i>	68
2.2.7.1	Análise de Possíveis Configurações	69
2.2.7.2	Simulação da Configuração Selecionada	71
2.2.7.2.1	Qualidade da Malha	71
2.2.7.2.2	Condições de Contorno	73
2.2.7.2.3	Resultado	73
2.2.8	Alimentador de insumos	74
2.3	Solução do Sistema Embarcado	78
2.3.1	Módulo do Sistema de Aquisição	79
2.3.2	Sensor de Temperatura	79
2.3.3	Sensor de Fluxo de Líquido	81
2.3.4	Módulo do Sistema de Atuação	82
2.3.5	Circuito de Acionamento	86
2.3.5.1	Controlador de temperatura	89
2.3.5.1.1	PID	90
2.3.5.1.2	Planta	91
2.3.5.1.3	Modelo <i>simulink</i>	93
2.3.5.1.4	Solução proposta para o controlador de temperatura	96
2.3.6	Módulo do Sistema de Comunicação	97
2.3.7	Módulo do Sistema de Alimentação	98
2.3.7.1	Plano de teste	98
2.3.7.2	Dimensionamento do Nobreak	99
2.3.8	Disjuntor Liga-Desliga	101
2.3.9	Fonte Reguladora de Tensão Para a Placa Peltier	103
2.4	Solução de Software	104
2.4.1	Arquitetura da Informação	104
2.4.1.1	Identidade Visual	104
2.4.1.2	Fontes	105
2.4.1.3	Paleta de Cores	105
2.4.1.4	Telas de Login	105
2.4.1.5	Telas Iniciais	106
2.4.1.6	Telas de Receita e Limpeza	107
2.4.1.7	Telas do Processo	108

2.4.1.8	Exemplos de Notificação	110
2.4.2	Arquitetura de Software	111
2.4.3	Diagramas	112
2.4.3.1	Diagrama de Classe	112
2.4.3.2	Diagrama de Casos de Uso	114
2.4.3.3	Diagrama de Estrutura dos Pacotes	115
2.4.3.4	Diagrama de Sequência	115
2.4.3.5	Visão de Dados	117
2.4.4	Inovação	118
2.4.4.1	Descrição do Problema e Proposta de Inovação	118
2.4.4.2	Como irá funcionar?	118
2.4.4.3	Como está sendo implementado?	120
2.4.5	Resultados	123
2.4.5.1	Resultados da Alexa	123
2.4.5.1.1	Adicionar Token	123
2.4.5.1.2	Listar Receitas	126
2.4.5.1.3	Detalhar Receita	127
2.4.5.1.4	Iniciar Produção	128
2.4.5.1.5	Visualizar Processo Atual	128
2.4.5.1.6	Visualizar Processo Específico	129
2.4.5.1.7	Ler temperatura atual	130
2.4.5.1.8	Ler tempo restante	130
2.4.5.1.9	Iniciar limpeza	131
2.4.5.2	Resultados do Aplicativo	131
2.4.5.2.1	Tela de Login	131
2.4.5.2.2	Tela de Permissão	132
2.4.5.2.3	Tela sem permissão	133
2.4.5.2.4	Tela da Câmera	134
2.4.5.2.5	Tela de Receitas	135
2.4.5.2.6	Tela de Receitas - Aba Processos	136
2.4.5.2.7	Tela de Editar Receita	137
2.4.5.2.8	Tela de Criar Receita	138
2.4.5.2.9	Tela de Processos	139
2.4.5.2.10	Tela de Limpeza	141
3	INTEGRAÇÃO	143
3.1	Estrutura e Térmica + Automação	143
3.2	Automação + Software	149
3.3	Energia + Automação	149

4	CUSTOS	151
4.1	Estrutura	151
4.2	Sistema Embarcado	152
4.3	Software	152
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	153
	REFERÊNCIAS	154
	APÊNDICES	157
	APÊNDICE A – MANUAL DE FABRICAÇÃO	158
A.1	Índice	158
A.2	Componentes necessários para a fabricação	159
A.3	Instruções para Fabricação	159
A.3.1	Estrutura Principal	160
A.3.2	Panelas	162
A.3.3	Tubulação	163
A.3.3.1	Conjunto 1	164
A.3.3.2	Conjunto 2	165
A.3.3.3	Conjunto 3	166
A.3.3.4	Conjunto 4	167
A.3.3.5	Conjunto 5	168
A.3.3.6	Conjunto 6	169
A.3.3.7	Conjunto 7	170
A.3.3.8	Conjunto 8	171
A.3.3.9	Conjunto 9	172
A.3.3.10	Conjunto 10	173
A.3.3.11	Conjunto 11	174
A.3.4	Trocador de Calor	174
A.3.5	Reservatório	175
A.3.6	Chapa de fixação do sistema de resfriamento	177
A.3.7	Alimentadores	177
A.3.8	Componentes eletrônicos	185
A.3.9	PCIs	186
A.3.10	Conexões dos Circuitos	187
	APÊNDICE B – MANUAL DE INSTRUÇÕES	188
B.1	Introdução	189

B.2	Informações Importantes	189
B.3	Certificado de Garantia	190
B.4	Índice	192
B.5	Instruções Importantes de Segurança	193
B.6	Informações Gerais	195
B.7	Especificações	196
B.8	Instruções de Montagem	196
B.8.1	Resistências e Panelas	197
B.8.2	Fixação do suporte do trocador de calor	199
B.8.3	Montagem da Tubulação	200
B.8.4	Instalação das bombas na estrutura	203
B.8.5	Instalação do reservatório	204
B.8.6	Instalação dos alimentadores	205
B.8.7	Instalação do sensor de temperatura	206
B.9	Instruções de Uso	207
B.9.1	Como adicionar sua Microcervejaria	207
B.9.1.1	Aplicativo	207
B.9.1.2	Alexa	208
B.9.2	Como iniciar a produção da sua cerveja	210
B.9.2.1	Aplicativo	210
B.9.2.2	Alexa	211
B.9.3	Acompanhar processo de Produção	214
B.9.3.1	Aplicativo	214
B.9.3.2	Alexa	216
B.9.4	Como iniciar a limpeza automática	218
B.9.4.1	Aplicativo	218
B.9.4.2	Alexa	219
B.10	Instruções de Limpeza e Manutenção	221
B.10.1	Instruções de Limpeza	221
B.10.1.1	Rotina de Limpeza	221
B.10.1.2	Rotina de limpeza automática	221
B.10.2	Instruções de Manutenção	221
B.11	Solucionando Problemas	224
	APÊNDICE C – DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES REALIZADAS	225
	APÊNDICE D – PLANO DE GERENCIAMENTO DE CUSTOS	228
D.1	Objetivo do plano de Gerenciamento de custo	228
D.2	Método de gerenciamento dos custos	228
D.2.1	Planejar o gerenciamento dos custos	228

D.2.2	Estimativa de Custos	228
D.2.3	Determinação de Orçamento	229
D.2.3.1	Pessoal	229
D.2.3.2	Aquisição	230
D.3	Ferramentas	231
	APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO	232
	APÊNDICE F – TROCADOR DE CALOR	233
F.1	Pesquisa realizada para obter dados sobre o uso de água na etapa de resfriamento do mosto.	233
F.2	Código utilizado para calcular as características do trocador de calor.	233
	APÊNDICE G – ESQUEMÁTICO DAS CONEXÕES DOS CIRCUITOS	239
	APÊNDICE H – DRAFTS DO PROJETO	241
	APÊNDICE I – TOMADAS DE DECISÃO - SOFTWARE	268
I.1	Ponto de Controle 1	268
I.1.1	Decisões de Tecnologia	268
I.1.1.1	Interface Gráfica	268
I.1.1.1.1	Ferramentas Utilizadas	268
I.1.1.2	Interface de Voz	268
I.1.2	Decisões de Gerenciamento	269
I.1.2.1	Licença do Projeto	269
I.2	Ponto de Controle 2	269
I.3	Ponto de Controle 3	270
	APÊNDICE J – REPOSITÓRIOS DO PROJETO - GITHUB	272
J.1	Repositório Documentação de Software	272
J.2	Repositório da API	272
J.2.1	Funcionalidades Implementadas	272
J.3	Repositório do Aplicativo	272
J.3.1	Funcionalidades Implementadas	272
J.4	Repositório da Skill da Alexa	273
J.4.1	Funcionalidades Implementadas	273
J.5	Simulador do comportamento do Microcontrolador	273
	APÊNDICE K – ESPECIFICAÇÕES DOS CASOS DE TESTES	275
K.1	Testes Funcionais	275
K.1.1	UC01 - Autenticação	275

K.1.1.1	TC01 - Autenticação realizada com sucesso	275
K.1.1.2	TC02 - Autenticação com QRcode inválido	275
K.1.2	UC02 - Gerenciar Produção de Cerveja	275
K.1.2.1	TC03 - Inicialização do processo iniciada com sucesso	275
K.1.2.2	TC04 - Inicialização do processo de produção inválida	276
K.1.2.3	TC05 - Consulta do processo de produção	276
K.1.2.4	TC06 - Cancelar processo de produção com sucesso	276
K.1.2.5	TC07 - Falha para cancelar processo de Produção	276
K.1.3	UC03 - Gerenciar Processo de Limpeza	277
K.1.3.1	TC08 - Iniciar Processo de Limpeza com sucesso	277
K.1.3.2	TC09 - Falha ao iniciar processo de limpeza	277
K.1.4	UC04 - Gerenciar Receitas	277
K.1.4.1	TC10 - Criar Receita com Sucesso	277
K.1.4.2	TC11 - Falha para criar receita	278
K.1.4.3	TC12 - Editar Receita com sucesso	278
K.1.4.4	TC13 - Falha para editar receita	278
K.1.4.5	TC14 - Excluir Receita com sucesso	279
K.1.4.6	TC15 - Falha para excluir receita	279
K.1.4.7	TC16 - Visualizar Receita com sucesso	279
K.1.4.8	TC17 - Falha para visualizar receita	279
K.1.4.9	TC18 - Visualizar lista de Receitas com sucesso	280
K.1.4.10	TC19 - Falha para visualizar lista de receitas	280
K.1.5	UC05 - Gerenciar Notificações	280
K.1.5.1	TC20 - Enviar Notificação com Sucesso	280
K.1.5.2	TC21 - Falha para enviar notificação	281
K.2	Testes de Usabilidade	281
K.2.1	Testes de Usabilidade da <i>Skill</i> da Alexa	281
K.2.1.1	Resultado dos Testes sem o uso do Manual	282
K.2.1.2	Resultado dos Testes com o uso do Manual	283
K.2.2	Testes de Usabilidade do Aplicativo	285
K.2.3	Testes de Usabilidade do Aplicativo	285
K.2.3.1	Teste de Usabilidade presencial	285
K.2.3.2	Resultado dos testes de usabilidade sem o manual	286
K.2.3.3	Resultado dos testes de usabilidade com o manual	287
	APÊNDICE L – DOCUMENTAÇÃO DA API	290
L.1	Visualizar todas as receitas	290
L.2	Adicionar receita	291
L.3	Visualizar receita específica	292
L.4	Editar receita	293

L.5	Visualizar processo atual	294
L.6	Atualizar processo atual	295
L.7	Visualizar processo específico	296
L.8	Iniciar processo	297
L.9	Iniciar limpeza	297
 ANEXOS		 298
ANEXO A – CATÁLOGO DE TUBOS AÇO INOX		299
ANEXO B – CATÁLOGO DE CONEXÕES		302
ANEXO C – MANUAL DA BOMBA		304
ANEXO D – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS PRINCIPAIS COM- ONENTES		310
D.1	Placa de Peltier	310
D.2	Fonte da Placa de Peltier	313
D.3	Sensor de Temperatura	314
D.4	Sensor de fluxo	315
D.5	Relé	317
D.6	Bomba Recirculação	319
D.7	Motor Insumos	320
D.8	Válvula Solenoide	321
D.9	CABO FLEX SILNAX 90°C 0,6/1kV	322

1 Introdução

A cerveja possui registros na cultura da maioria das civilizações antigas. Há registros de mais de cinco mil anos, em ruínas do oriente médio, que citam o uso da bebida (MARTINS, 2014). Genericamente, define-se cerveja como uma bebida carbonatada de teor alcoólico entre 3% e 8% (v/v), preparada a partir de malte de cevada, lúpulo, fermento e água de boa qualidade, além de outras matérias primas como arroz, milho e trigo (SIQUEIRA, 2008).

As cervejas são divididas em dois grandes estilos: *Ale* e *Lager*. O primeiro tipo inclui as cervejas de alta fermentação, que normalmente têm graduação alcoólica superior a 5% e são mais adocicadas. As do tipo *Lager* são de baixa fermentação e passam por um processo mais demorado que foi inicialmente desenvolvido por monges da região da Bavária. Cervejas *Lager* têm sabor suave e graduação alcoólica média de 3,58% (MARTINS, 2014) e devem ser consumidas geladas e de forma rápida. Esse tipo é o mais vendido pelas grandes cervejarias do mundo, e tem estilo de produção que mais se adequa ao clima brasileiro.

A tendência de crescimento das grandes cervejarias no Brasil ocorre há mais de 20 anos. Em 1999, por exemplo, a AmBev, que na época era a quarta maior cervejaria do mundo, vendia 70 bilhões de litros por ano. Paralelo a esse crescimento, surge o movimento *slow food*, que deu origem às cervejarias artesanais, que tem como um dos principais produtos cervejas do tipo IPA (*India Pale Ale*), que são do tipo *Ale*. A filosofia desse movimento tem relação com o resgate da história, da cultura e do prazer de se fazer e consumir boas cervejas (FERREIRA et al., 2011).

O processo de produção envolve etapas bem definidas: malteação, brassagem, fervura, *whirlpool*, resfriamento e fermentação. A malteação é o processo de hidratação e germinação do grão, o que resulta no malte. A brassagem tem por objetivo promover a hidrólise do amido e açúcares do malte.

Após a brassagem, o mosto (parte líquida) é separado do malte (grão) e fervido a aproximadamente 100°C. Durante o processo de fervura, acontece esterilização do mosto. Também é o momento em que o lúpulo é adicionado e ocorre a transferência de seu aroma e amargor ao mosto.

No processo de fermentação, a levedura é adicionada ao mosto e se reproduz rapidamente. Após consumir todo o oxigênio (O_2), as células de levedura passam a utilizar o açúcar de forma anaeróbica, fermentando esses açúcares em etanol e gás carbônico (CO_2) (SIQUEIRA, 2008).

As características do produto final dependem diretamente da matéria prima utilizada. O malte é responsável pelo teor alcoólico, pelo aroma e pela quase total cor do produto final. A quantidade e qualidade da água afetam a qualidade, o aroma e a cor do produto final. O lúpulo tem função aromática e propicia o sabor amargo. (MARTINS, 2014)

1.1 Justificativa

O processo de fabricação artesanal apresenta várias dificuldades para o cervejeiro, por esse motivo demanda atenção constante. De acordo com uma pesquisa de campo realizada, as principais dificuldades encontradas por cervejeiros são:

- Utensílios grandes na produção artesanal demandam espaço físico dedicado, além de demandar bastante organização durante a fabricação;
- Todo o processo, e especialmente a etapa de brassagem, demanda atenção constante do cervejeiro por conta das variações de temperatura específicas para cada receita;
- O tempo investido em uma produção é de aproximadamente 4 horas; tempo que o cervejeiro poderia investir em outras coisas.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é automatizar o processo de fabricação caseira de cerveja, facilitando o trabalho do cliente. As etapas de brassagem, fervura, *whirlpool* e resfriamento serão de tal forma que não será necessária a supervisão do cliente durante o processo.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os seguintes objetivos específicos se tornam necessários:

- Controlar o aquecimento dos fluidos nas três panelas;
- Construir a estrutura para conter os subsistemas;
- Bombar os fluidos entre as panelas;
- Monitorar os dados do processo;
- Desenvolver um reservatório para o líquido de resfriamento;

- Desenvolver sistema para alimentação dos insumos no momento da fervura;
- Desenvolver sistema de alerta;
- Realizar rotina de limpeza em todo o sistema.

1.3 Requisitos

1.3.1 Requisitos Funcionais do Projeto

- Realizar quatro etapas da produção de cerveja de forma automática, sendo elas brassagem, fervura, *whirlpool* e resfriamento.
- Capacidade de selecionar o tipo de cerveja;
- Monitorar o estado do processo de fabricação;
- Realizar limpeza básica, com água fervente, de todos os componentes que entram em contato com o mosto, de maneira automática;
- Estimar do tempo necessário para o fim do processo.

1.3.2 Requisitos Não Funcionais

- Usabilidade: o funcionamento e uso da microcervejaria devem ser intuitivos e simples para o cliente produzir sua cerveja;
- Confiabilidade: o sistema da microcervejaria deve funcionar corretamente (sem alterações inadequadas) e de forma segura;
- Manutenibilidade: o sistema como um todo deve ser de fácil limpeza para o cliente, e de fácil manutenção para equipes técnicas que venham a manter o sistema.

1.3.3 Requisitos de Estrutura e Térmica

1.3.3.1 Requisitos Funcionais

- Estrutura deve sustentar a massa de todos os componentes estruturais e do produto sem deformação plástica;
- As resistências devem realizar as mudanças de temperatura dentro dos parâmetros indicados nas receitas de IPAs e serem capazes de manter a temperatura ao longo do processo;
- Panelas devem sustentar os volumes necessários de mistura;

- Filtro deve reter as partículas de malte;
- Reservatório de calor deve ser suficiente para todos os tipos de cerveja propostos no projeto;
- Alimentação elétrica reserva para caso de falhas na rede de alimentação principal;
- Bombas e tubulação devem garantir vazão e pressão suficientes em todas as fases do processo;
- Trocador de calor com dimensões capazes de realizar o resfriamento proposto nas IPAs;
- Alocação dos componentes estruturais e eletrônicos do projeto;
- Alimentador de insumos deve sustentar a quantidade de insumos para todas receitas de IPAs;
- Todos componentes que entram em contato com o fluido devem sustentar a temperatura do fluido sem liberar substâncias tóxicas ou mudar de estado físico;

1.3.3.2 Requisitos Não Funcionais

- Usabilidade:
 - A estrutura deve comportar as três panelas para deixá-las acessíveis para o usuário realizar a produção de cerveja;
- Confiabilidade:
 - A estrutura deve ser capaz de suportar a produção de cerveja mantendo a integridade estrutural do sistema;
 - Os materiais dos componentes não devem alterar inadequadamente a qualidade da cerveja.
- Manutenibilidade:
 - Desmontagem fácil para manutenção/substituição de componentes;
 - Possibilitar a limpeza completa dos componentes de forma manual.

1.3.4 Requisitos do Sistema Embarcado

1.3.4.1 Requisitos funcionais

- Adquirir os seguintes sinais:

- Temperatura;
 - Fluxo dos líquidos;
 - Nível dos líquidos.
- Adquiridos os dados de temperatura, realizar ajustes de temperatura de acordo com as escalas propostas em cada etapa do processo de produção da cerveja;
 - Adquiridos os dados de fluxo dos líquidos, realizar o controle do fluxo dos líquidos nas bombas e o controle das válvulas do sistema;
 - Adquiridos os dados de nível de líquido, verificar se o nível de líquido é o esperado para realizar cada etapa do processo de produção da cerveja;
 - Com a utilização do microprocessador o sistema deverá realizar a comunicação entre o usuário e a microcervejaria.

1.3.4.2 Requisitos Não Funcionais

- Confiabilidade
 - Enviar periodicamente os dados de temperatura ao aplicativo a fim de manter o usuário a par das etapas envolvidas no processo de produção.
- Economia
 - Garantir a melhor performance energética na operação dos componentes a fim de minimizar o consumo energético total.
- Segurança
 - Assegurar que o usuário não seja exposto a descargas elétricas ao operar a microcervejaria.
 - O funcionamento da microcervejaria não deve por em risco a integridade da instalação elétrica na qual está ligada.
- Durabilidade
 - Garantir que os componentes utilizados sejam utilizados adequadamente, de modo a atingir a maior vida útil possível.

1.3.5 Requisitos de Software

1.3.5.1 Requisitos Funcionais

- Gerenciar os dados de temperatura adquiridos pelos sensores;

- Gerar *token* para usuário;
- Entrar com *token* para acessar *API* do microcontrolador;
- Gerenciar receitas;
- Visualizar processo de produção;
- Visualizar dados do processo atual;
- Gerenciar processo de limpeza;
- Gerenciar processo de produção da cerveja;
- Receber notificações.

1.3.5.2 Requisitos Não Funcionais

- Confiabilidade:
 - O acesso à temperatura e ao tempo durante o processo deve ser feito em tempo real para que o usuário tenha melhor noção a respeito do processo;
 - O aplicativo deve indicar o momento em que o usuário deverá adicionar(ingredientes) ou retirar(resíduos) da máquina;
 - Desde que o microcontrolador esteja ligado e conectado à uma rede de internet, o mesmo poderá ser acessado, podendo iniciar ou parar algum processo em andamento.
- Usabilidade:
 - O aplicativo deve ter uma interface que deixe claro todas as funcionalidades, e que possibilite fácil utilização.
- Portabilidade:
 - Para maior compatibilidade nos sistemas, utilizaremos *React Native*, pois assim poderá ser acessado tanto em dispositivos Android quanto IOS, sem necessidade de implementação em linguagens diferentes.
- Segurança:
 - Permitir que usuário se conecte ao microcontrolador por QR CODE.
- Entrega

- A comunicação com microcontrolador deverá ocorrer através de JSON (*JavaScript Object Notation*), que é uma forma bem leve de comunicação para transporte de informações.
- Implementação:
 - JavaScript será a linguagem utilizada para o desenvolvimento da parte Front-end do app mobile, utilizando a biblioteca *React Native*.
- Interoperabilidade
 - Dados das receitas como temperatura, tempo de aplicação, ingredientes e outros dados que necessitam ser guardados serão armazenados no microprocessador.
- Manutenibilidade
 - O código não pode ter alta complexidade para que possa ser facilmente mantido e evoluído.

1.3.6 Premissas e Restrições

Visando limitar o escopo do projeto, uma pesquisa de campo foi realizada (Apêndice E) e as seguintes restrições foram levantadas:

- Fabricação de 20L de produto final;
- Cervejas da família das IPAs;

Os itens listados na lista abaixo estão fora do escopo do nosso projeto:

- Monitorar a qualidade da água utilizada;
- Inserir o malte no sistema;
- Verificar a quantidade e qualidade das matérias-primas;
- Retirar o malte ao fim do processo e realizar a limpeza do filtro;
- Medir das propriedades químicas do mosto;
- Alocar a matéria-prima para mais de um processo.

2 Solução

2.1 Solução geral proposta

A Figura 1 mostra o diagrama de funcionamento geral da solução proposta. A metodologia de produção utilizada será o de 3 panelas.

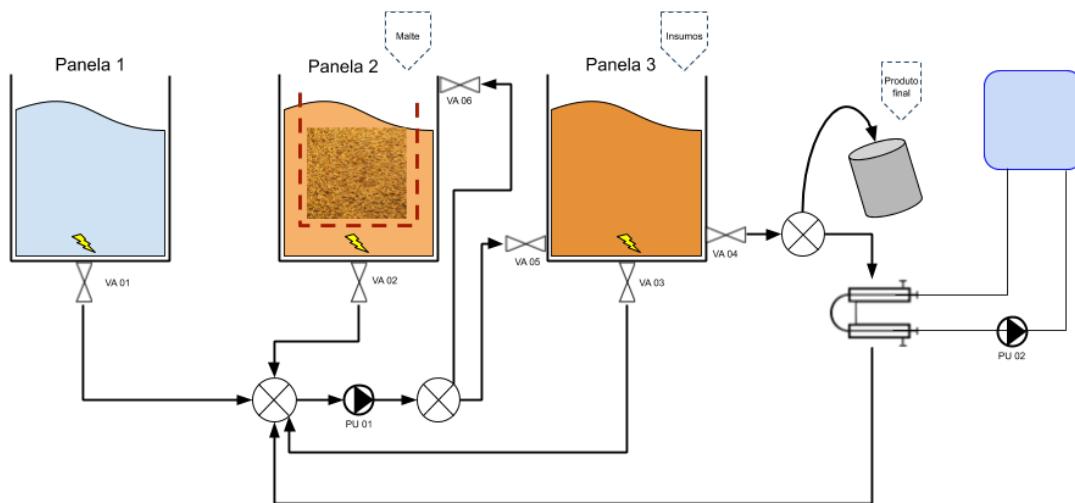


Figura 1 – Diagrama de funcionamento geral do sistema. As setas indicam a direção que os líquidos devem seguir. Legenda: VA = válvulas, PU = bombas.

A panela 1 conterá apenas água. Nessa panela ocorrerá o processo de aquecimento da água. Logo após o aquecimento, a água será transferida para a panela 2, como mostra a Figura 2.

Na panela 2 será realizada a etapa de brassagem. Essa panela conterá água/mosto e o filtro com malte. Durante o processo de brassagem na panela 2, ocorrerá a recirculação, como explicado anteriormente. A Figura 3 mostra o diagrama da recirculação.

Finalizado o processo de brassagem, o mosto é transferido para a panela 3, como mostra a Figura 4. Essa panela conterá apenas mosto. Após essa transferência, será iniciada a etapa de fervura do mosto. Durante o processo de fervura, o sistema fará a adição de insumos, de acordo com o programado pelo usuário no início do processo.

Finalizada a fervura, será iniciado a etapa de resfriamento (Figura 5): o mosto será recirculado, passando pelo trocador de calor e voltando resfriado à panela 3.

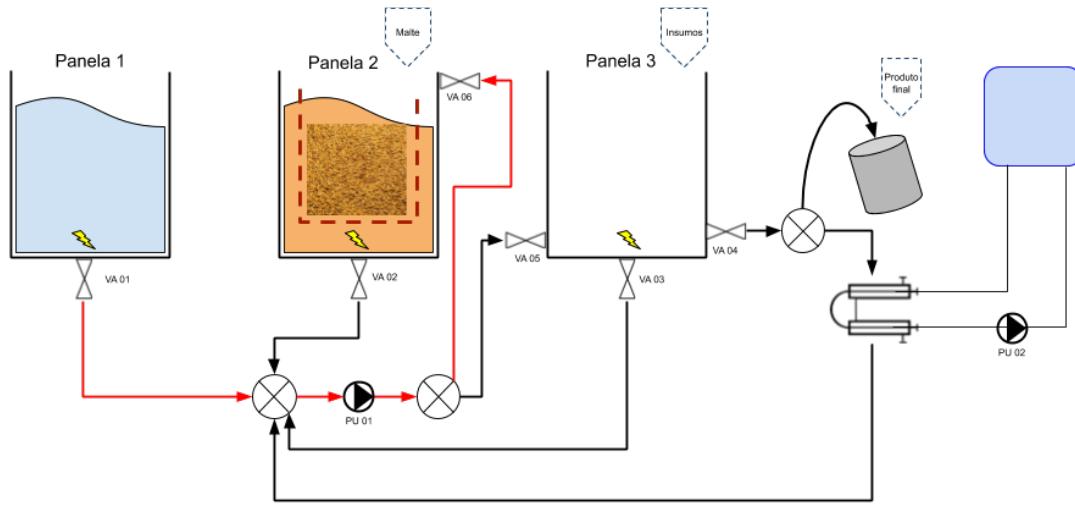


Figura 2 – Diagrama da transferência de água da panela 1 para a panela 2. As setas em vermelho indicam o caminho da transferência.

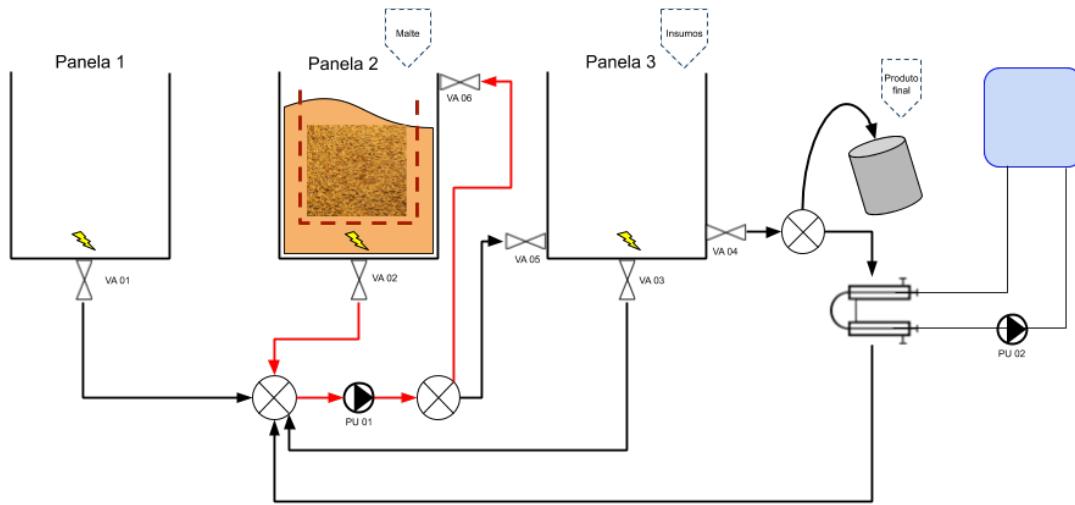


Figura 3 – Diagrama do processo de recirculação que acontece na panela 2. As setas em vermelho indicam o caminho do líquido.

Com o mosto na panela 3 resfriado, se dá início à etapa de *whirlpool*. O esquemático dessa etapa é mostrado na Figura 6. Após essa etapa, o mosto continuará armazenado na panela 3 até que o usuário queira retirá-lo e armazená-lo no balde fermentador.

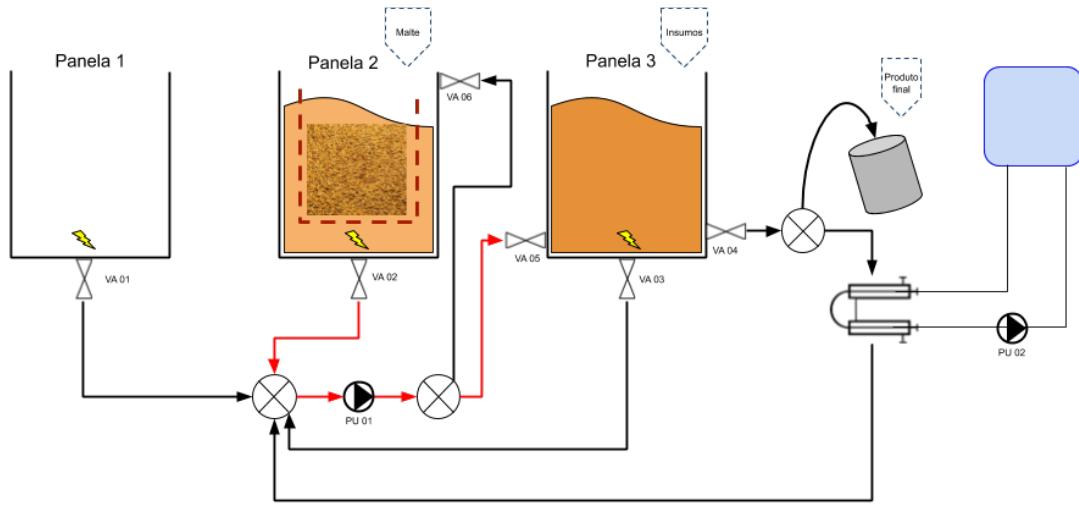


Figura 4 – Diagrama da transferência do mosto da panela 2 para a panela 3. As setas em vermelho indicam o caminho da transferência.

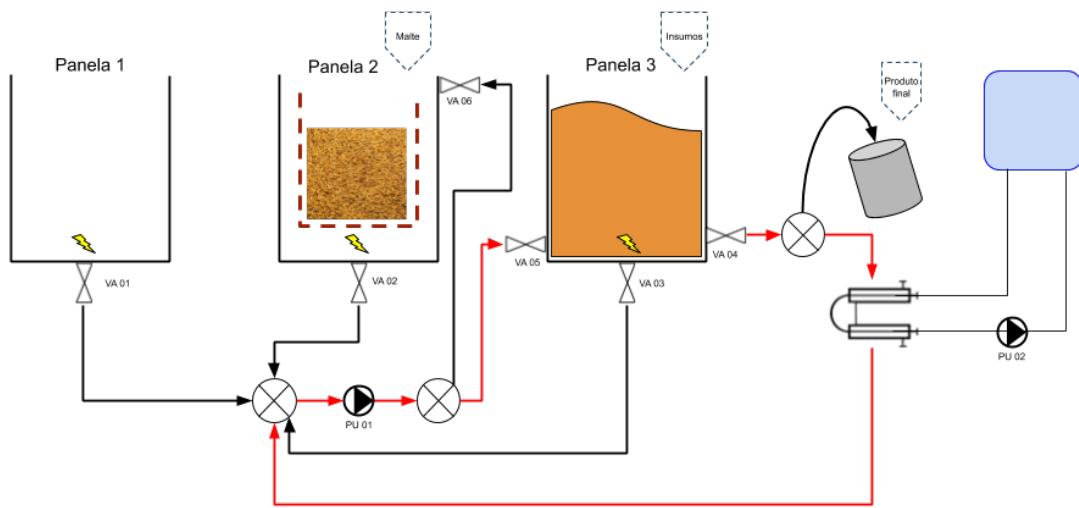


Figura 5 – Diagrama da etapa de resfriamento do mosto na panela 3. As setas em vermelho indicam o caminho da recirculação.

A Figura 7 mostra a transferência do mosto da panela 3 para o balde de fermentação posicionado pelo usuário.

Para controle do fluxo dos líquidos entre as panelas, serão utilizadas bombas hi-

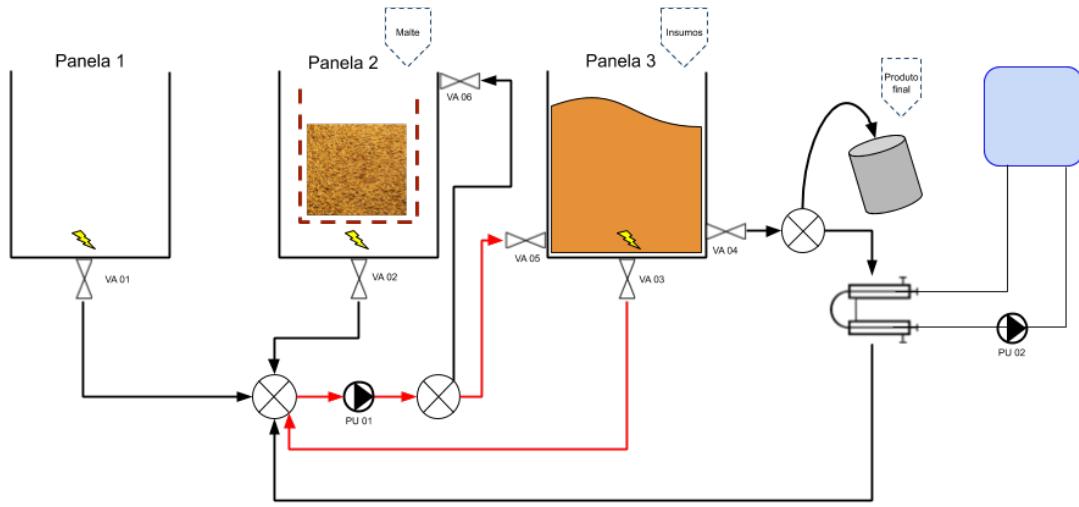


Figura 6 – Diagrama da etapa de *whirlpool* do mosto na panela 3. As setas em vermelho indicam o caminho da recirculação.

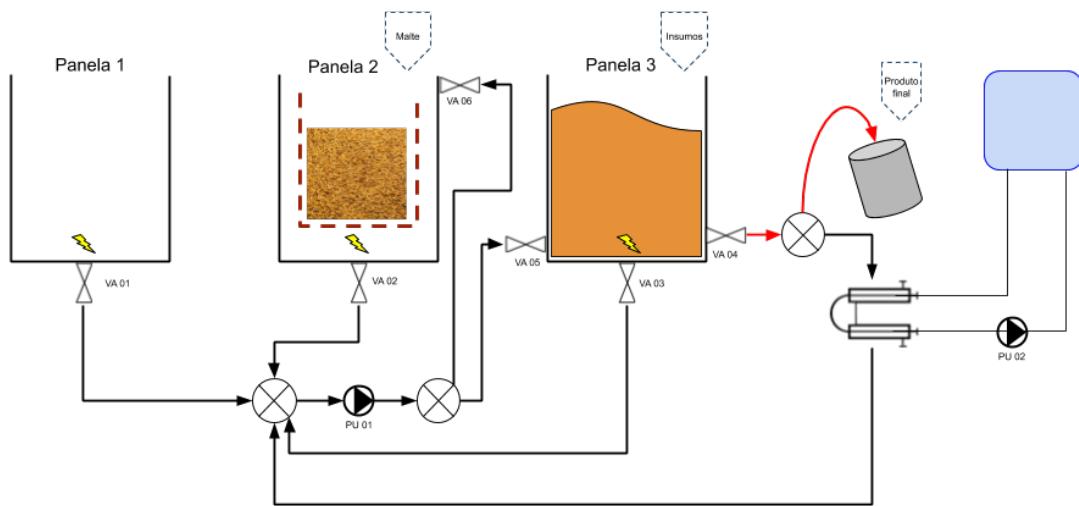


Figura 7 – Diagrama da trasfega final do processo. As setas em vermelho indicam o caminho do líquido.

dráulicas e válvulas solenoides (representadas por PU e VA, respectivamente, como mostrado nas Figuras de 1 a 7). O resfriamento após a etapa de fervura será realizado por um trocador de calor por corrente cruzada.

2.2 Solução Estrutural

A solução estrutural é apresentada na Figura 8. Os subsistemas da solução estão divididos em:

- Estrutura principal
- Conjunto panela-filtro-resistência
- Tubulação
- Trocador de calor
- Reservatório de água
- Dimensionamento da bomba
- *Whirlpool*
- Alimentador de insumos

A Resolução RDC nº 20, de 22 de março de 2007, aprova o "Regulamento Técnico sobre Disposições para Embalagens, Revestimentos, Utensílios, Tampas e Equipamentos Metálicos em Contato com Alimentos", portanto ela foi utilizada para definir os materiais metálicos que estariam em contatos com alimentos ou líquidos do sistema. Os materiais metálicos não podem liberar substâncias indesejáveis, tóxicas ou contaminantes em quantidades que representem risco para a saúde humana. Considerando os materiais apresentados na resolução como matérias primas positivas, o material escolhido para utilizar nos tubos foi o aço inox AISI 304, um material utilizado em ampla escala na indústria de bebidas devido suas características físico-químicas.

2.2.1 Estrutura principal

A estrutura principal irá suportar todos os componentes. Esta possui uma plataforma inferior para conter o trocador de calor, bombas e componentes eletrônicos. Também deverá ser capaz de suportar as três panelas em suas capacidades máximas e o reservatório do líquido de resfriamento.

O desenvolvimento da estrutura foi realizado seguindo a sequência apresentada na Figura 9. A modelagem do problema foi realizada utilizando do software CAD/CAE CATIA V5. Para a análise das solicitações as quais a estrutura principal será submetida, foi escolhido o método dos elementos finitos.

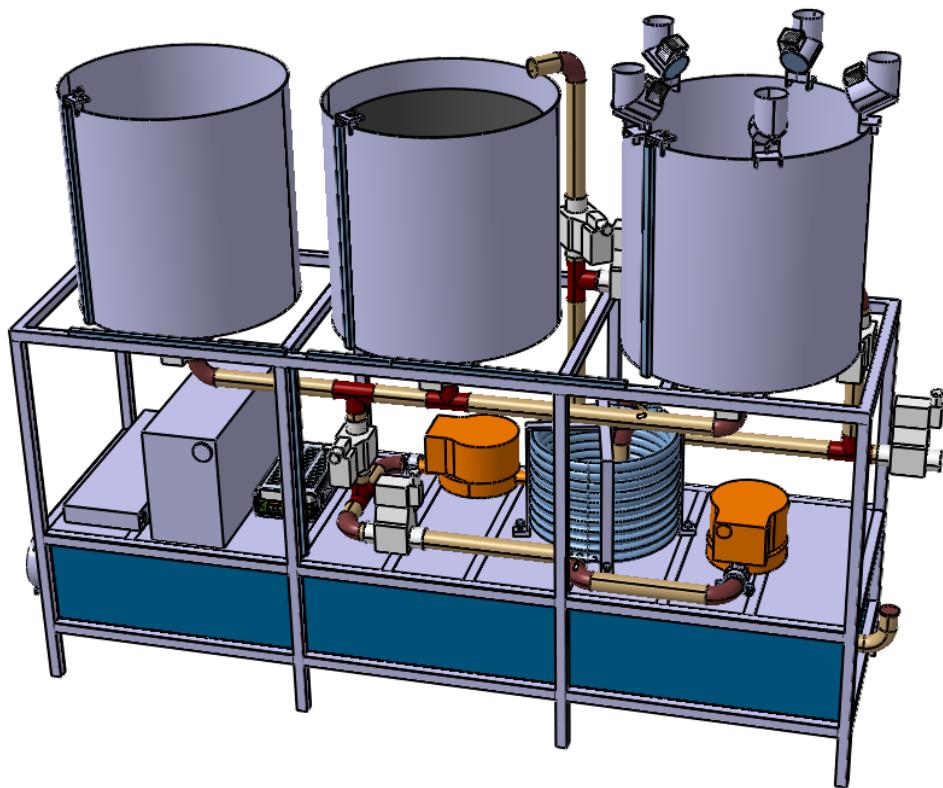


Figura 8 – Solução da estrutura do projeto

2.2.1.1 Definição da geometria

Para a definição da geometria a ser analisada, levou-se em consideração a estrutura principal, que comportará todos os componentes do projeto. Esta estrutura é composta por tubos de seção quadrada $20x20\ mm$ com espessura de $1,5\ mm$. Os tubos são soldados e a estrutura é completamente estática conforme mostrado na Figura 10.

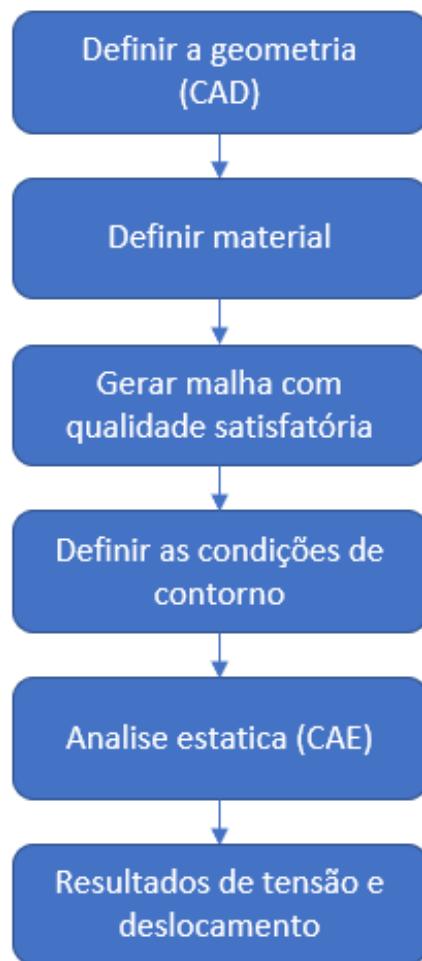


Figura 9 – Fluxograma de desenvolvimento da análise estrutural

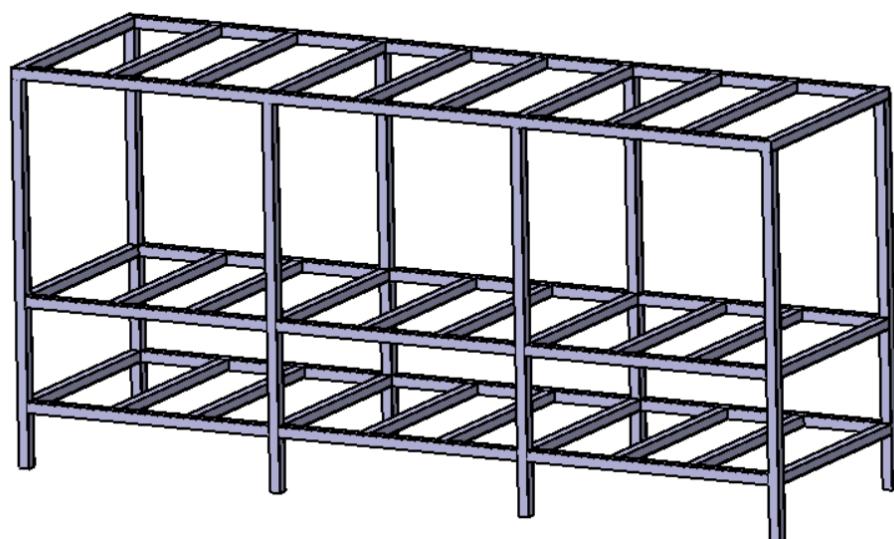


Figura 10 – Estrutura principal

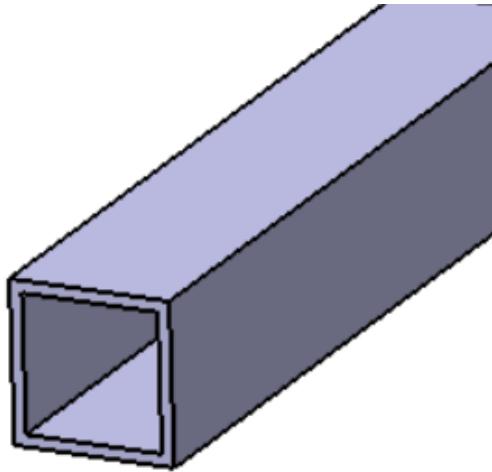


Figura 11 – Perfil dos tubos

2.2.1.2 Definição do material

O Material utilizado para a análise da estrutura proposta foi o aço SAE 1020, que é muito utilizado na fabricação de tubos, os quais são conformados por laminação a quente, pois é o método mais comum no mercado. As propriedades mecânicas do material estão descritas na Tabela 1

Material	Aço SAE 1020 laminado a quente
Densidade [Kg/m^3]	7870
Coeficiente de Poisson	0,3
Tensão de escoamento [MPa]	210
Resistência à tração [MPa]	380
Módulo de elasticidade [GPa]	205

Tabela 1 – Propriedades mecânicas do material utilizado na estrutura ([BUDYNAS, 2006](#)).

2.2.1.3 Definição das soldas da estrutura

Na indústria alimentícia, há sempre a possibilidade de existirem locais úmidos. Por isso, há a necessidade de utilização de estruturas e de equipamentos, em geral, que sejam mais resistentes a umidade. Para isso, se considera o uso de metais que sejam galvanizados. A galvanização do metal ferroso, consiste na criação de camada de Zinco (Zn) sobre a superfície da peça. O processo de galvanização pode ser feito por duas formas, sendo elas: eletrodeposição e imersão em zinco líquido.

Nesse caso, o Zn na camada de um tubo serve como material de sacrifício, sendo submetido a oxidação antes do material ferroso que o mesmo está em contato. Após a soldagem em tubos galvanizados é importante a realização de ensaio não destrutivo, sendo ele o ensaio por ultrassom que detecta bolhas internas na região soldada e de líquidos penetrantes, onde o líquido penetra em microfissuras.

A soldagem de estruturas com tubos de aço galvanizado pode ser realizada com o processo de soldagem MIG/MAG (MIG – *Metal Inert Gas*, MAG – *Metal Active Gas*), onde se tem a abertura de arco elétrico juntamente com a deposição de material e gás inerte para proteger a poça de fusão. Para os casos de soldagem desse tipo de material galvanizado, é importante que antes do processo de soldagem, seja realizado a limpeza do Zn da região a ser soldada. Caso esse procedimento não seja cumprido, pode ocorrer a fusão desses metais, ocasionando a não penetração de solda como deveria, acabamento com baixa qualidade e possibilidade de trincas.

As principais vantagens e desvantagens da soldagem MIG/MAG são descritas na Tabela 2:

Vantagens	Desvantagens
Solda fácil para qualquer angulação da tocha	Necessidade de realização do processo dentro de locais fechados sem corrente de ar, pois o poderia dispersar o gás de proteção
Sem necessidade de remoção de escória	Alto custo de insumos;
Alta taxa de deposição do metal de solda	Produção de respingos;
Altas velocidades de soldagem	Manutenção mais trabalhosa;
Mecanização	Regulagem do processo bastante complexa;
Automatização	Não aplicável a zonas de difícil alcance;
Robotização	—

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens das soldas MIG/MAG.

2.2.1.4 Qualidade da malha

A malha é um fator de grande influência para a realização das análises feitas através do método dos elementos finitos. Essa por sua vez influencia diretamente no resultado na análise, pois se trata de um método aproximado que depende da qualidade dos elementos para um cálculo mais preciso.

Os elementos que compõem a malha utilizada para realizar a simulação são tetraedros lineares compostos por 4 nós conforme a Figura 12. Os elementos foram gerados com o tamanho 5mm pois esse tamanho se adequou de forma satisfatória a estrutura. A qualidade da malha gerada no software CATIA está descrita na Tabela 3, que pode ser comparada com a qualidade de referência do software Abaqus (Software CAE da Dassault Systemes) Tabela 4.

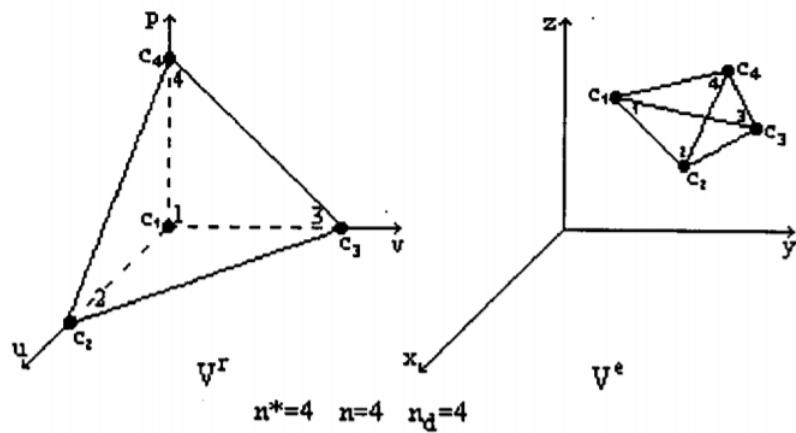


Figura 12 – Elemento tetraédrico linear

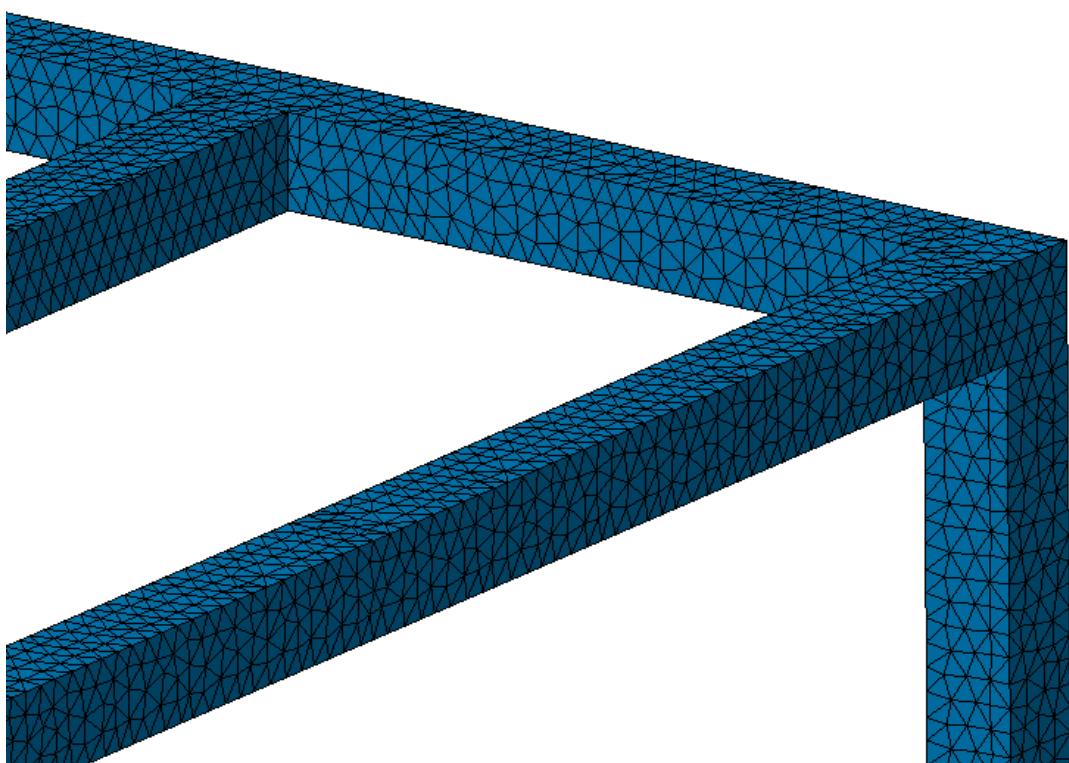


Figura 13 – Malha aplicada em toda a estrutura

Criterion	Good	Poor	Bad	Worst	Average
Stretch	511780 (99.98%)	109 (0.02%)	0 (0.00%)	0.266	0.456
Aspect Ratio	79112 (15.45%)	432530 (84.50%)	247 (0.05%)	6.081	3.144
-- Global --	79031 (15.44%)	432611 (84.51%)	247 (0.05%)		

Tabela 3 – Critério padrão de qualidade de malha do CATIA (Surface Mesh Quality Criteria)

Criterion	Good	Poor	Bad	Worst	Average
Skewness	511883 (100.00%)	6 (0.00%)	0 (0.00%)	0.985	0.688
Min. Angle Tetr...	511889 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	13.128	24.214
Max. Angle Tetr...	511889 (100.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	153.657	109.613
-- Global --	511883 (100.00%)	6 (0.00%)	0 (0.00%)		

Tabela 4 – Critério de qualidade de malha do Abaqus (Abaqus Tetra Checks)

2.2.1.5 Condições de contorno

Para a análise estática da estrutura considerou-se os principais esforços os quais a estrutura deveria suportar. As forças foram distribuídas conforme a Figura 15. Na parte superior foi considerado uma carga distribuída de 900 N, que representam as três panelas cheias de líquido. Já na parte inferior foi considerada uma carga distribuída de 1000 N que representa o reservatório de água de 100 L.

Os vínculos considerados para a análise da estrutura foram: O deslizamento de superfícies no plano XY que restringe o deslocamento em Z, aplicados na base da estrutura; molas virtuais (Rigid Spring Virtual Part), que é um corpo elástico conectado em um ponto específico da geometria o qual se comporta como uma mola de seis graus de liberdade e com 10^{10} Nm de coeficiente elástico, em série com um corpo rígido. Esse vínculo de mola virtual, que é uma alternativa para o engaste, visa restringir o movimento sem gerar restrições de deslocamentos iguais a zero. O que evita a alta concentração de tensões próximas ao vínculo.

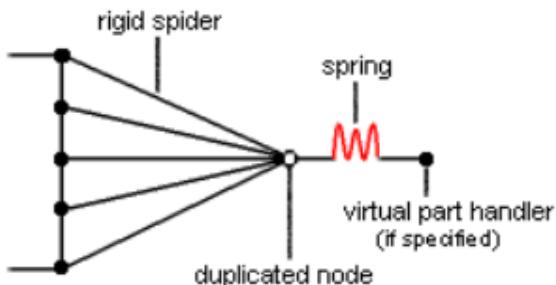


Figura 14 – Vínculo de mola virtual

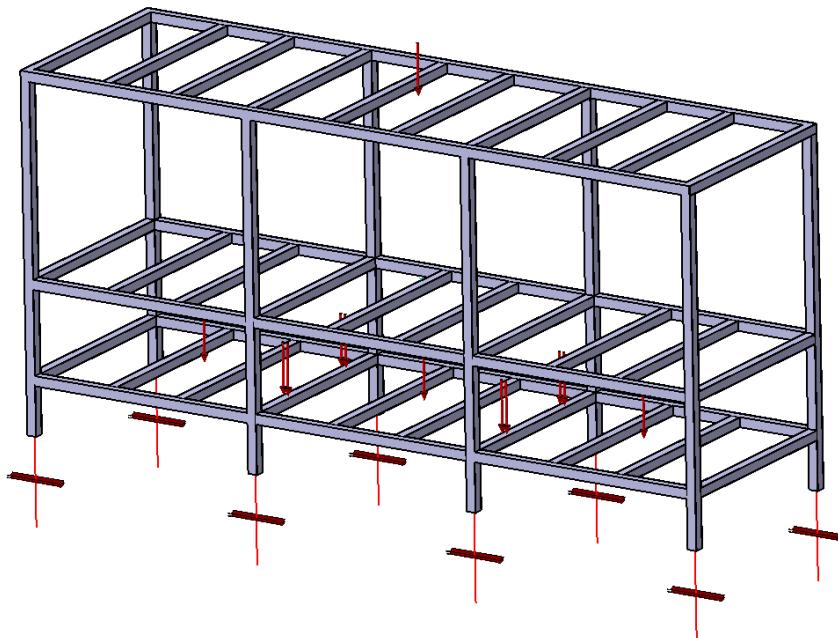


Figura 15 – Condições de contorno

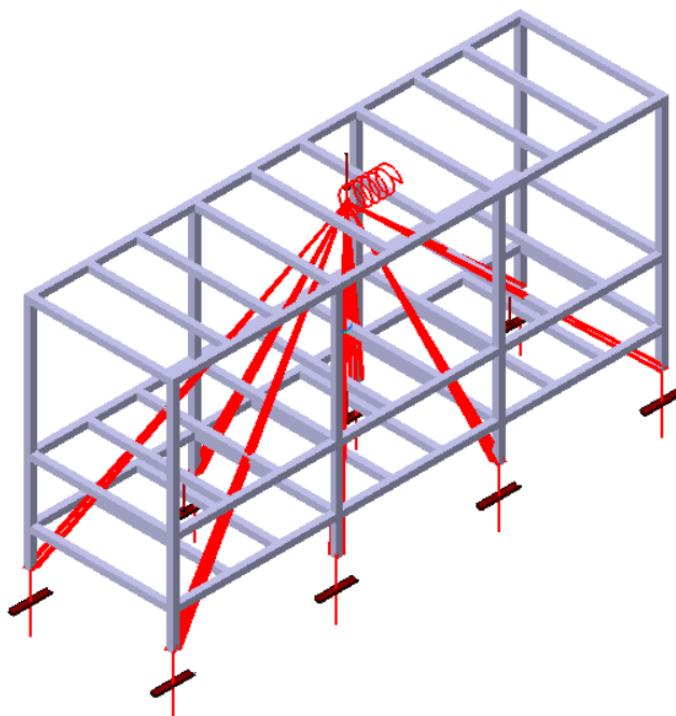


Figura 16 – Condições de contorno com molas virtuais

2.2.1.6 Análise estática e resultados

A partir das condições de contorno aplicadas à geometria, a análise estática da estrutura principal foi feita considerando o modelo sob flexão. O critério de falha adotado para esta simulação foi a tenção de escoamento do material (Tabela 1). Esta análise visa

obter os resultados de tensão de von Mises e o valor de deformação total do material que seguem descritos nas Figuras 17 e 18.

Translational displacement vector.1

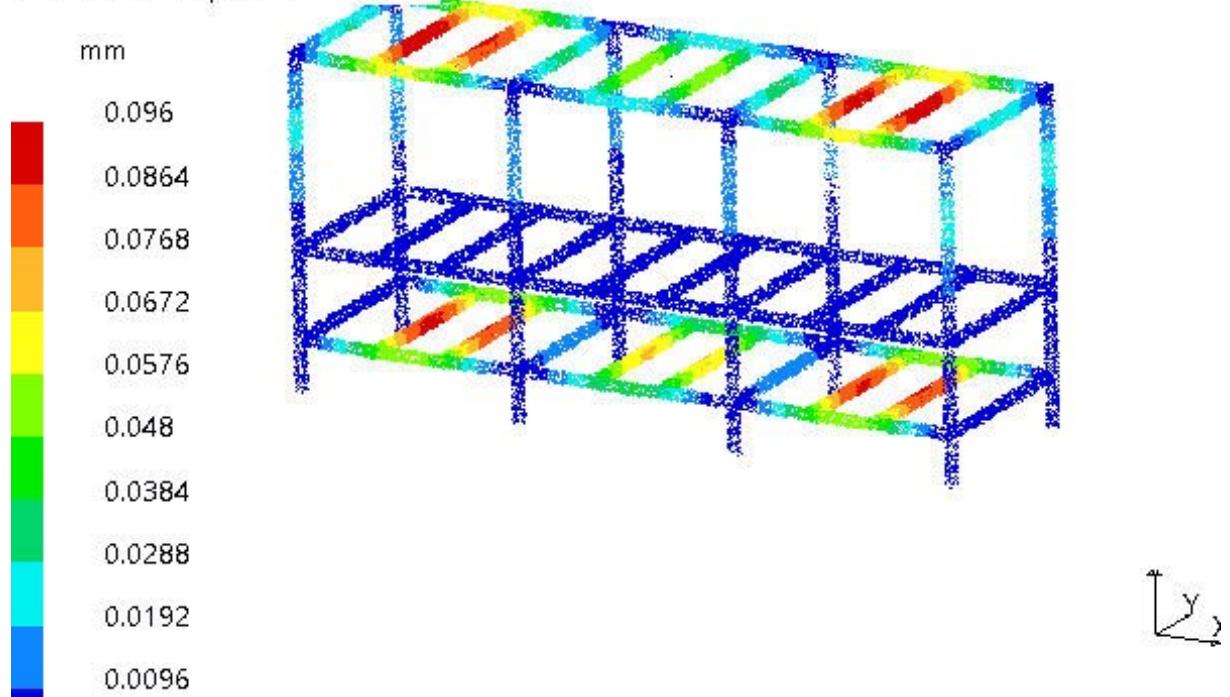


Figura 17 – Resultado de deslocamento

Von Mises stress (symbol).1

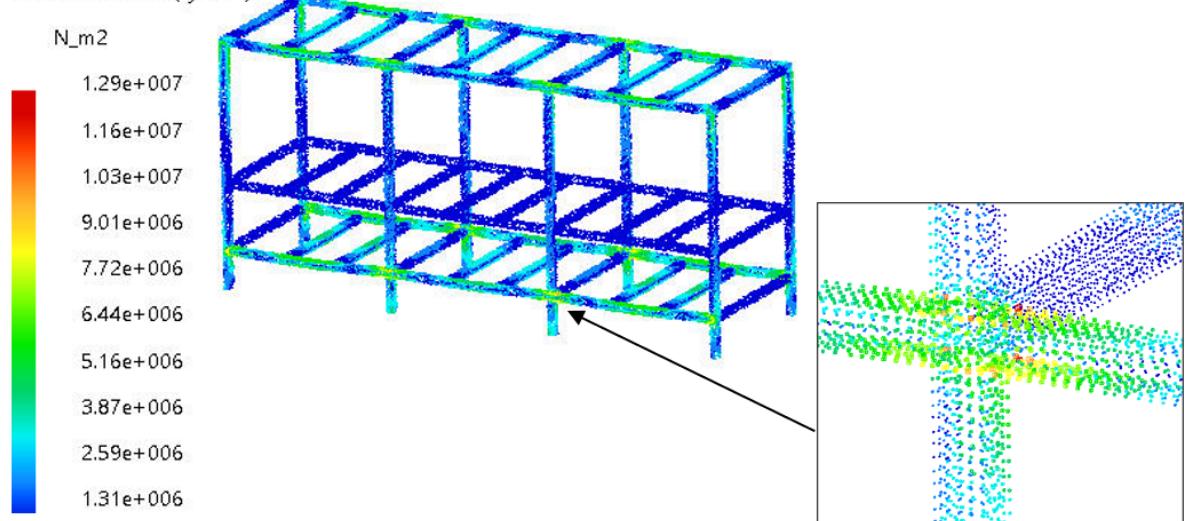


Figura 18 – Resultado da tensão equivalente de von Mises

Os resultados obtidos através das simulações mostraram que a estrutura resiste

muito bem as solicitações para a qual foi projetada. Pode-se observar que o deslocamento máximo foi de $0,096\text{ mm}$ e a tensão de von Mises obtida foi de $12,9\text{ MPa}$ sendo menor que a tensão de escoamento do material que é de 210 MPa . Dessa forma obteve-se um coeficiente de segurança de 16,27.

2.2.2 Conjunto panela-filtro-resistência

O conjunto é mostrado na Figura 19. Todos os itens apresentados serão comprados de fornecedores e o custo está apresentado na Seção 4

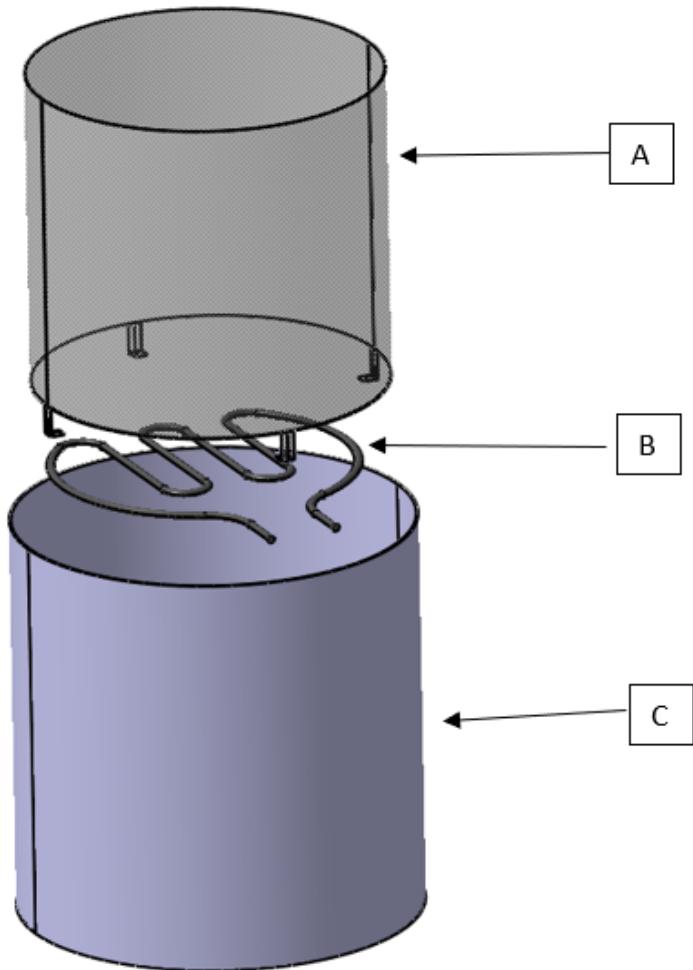


Figura 19 – Conjunto panela-filtro-resistência. A = filtro, B = resistência de aquecimento e C = panela.

Há 3 panelas de fabricação, que serão idênticas. Estas se diferem somente nas conexões com a tubulação. Seus desenhos são apresentados no Apêndice H.

As panelas selecionadas são de aço inox e possuem volume de 50 L . Este volume é superior ao de 20 L de produto final pois é estimado que 10 L são perdidos por evaporação durante o processo. Além disso há o volume adicional de Malte no momento da brassagem.



Figura 20 – Panela para fabricação (50L)

O filtro é um cesto formado por uma malha de aço inox de 300 micra (Fig 21). Possui "pés" para distanciar o filtro do fundo da panela.



Figura 21 – Filtro para malte.

Para o aquecimento dos processos na fabricação de cerveja foi decidido o uso de uma resistência elétrica de alta potência, tornando o processo mais rápido do que a opção

de aquecimento a gás e gerando um maior controle da temperatura nos processos, garantindo um melhor produto final. Além da potência e da tensão, a densidade da resistência elétrica é uma das características mais importantes para determinar qual será utilizada no processo.

A densidade da resistência é representada pela relação entre a potência (W) em a área de contato (m^2). Uma resistência de alta densidade é quando a resistência se encontra em uma baixa área de contato, já uma resistência de baixa densidade é quando a mesma se encontra em uma região com maior contato a área, dissipando o aquecimento em toda a superfície. Na fabricação de cerveja, o ideal é que seja utilizado uma resistência de baixa densidade, para que não exista a hipótese de queimar o mosto rapidamente, comprometendo assim o resultado final da cerveja.

Quanto a geometria, a mais comum para uso em tanques e panelas é a geometria tubular. Para o tipo tubular existem diferentes modelos, como: tubo aletado e tubular para imersão. A de tubo aletado é formada por pequenas placas inseridas ao longo da resistência, enquanto a tubular para imersão, a mais utilizada para esquentar líquidos, é formada por tubos metálicos que aquecem a água. As resistências para tanques são fabricadas em tubo de inox e devem contar com um sistema de blindagem, garantindo que sua eficiência seja elevada e que não ocorra nenhuma contaminação do produto.

Para definir a potência da resistência elétrica, foi utilizado a relação de que para cada 10 litros de água que se deseja aquecer, são necessários 1000 Watts (NOG, 2017) . Visto que para a produção de 20 litros de cerveja é necessário aquecer em torno de 30 litros de água na primeira etapa do processo, a resistência elétrica necessária seria de 3000 Watts.

Após essa definição, foi decidido utilizar uma resistência elétrica com potência de 4000 Watts, visando ter uma margem em relação a potência utilizada pelo equipamento. Dentre as resistências disponíveis no mercado e visando utilizar uma resistência com baixa densidade, optamos por utilizar uma com duas voltas, tensão de 220 V, amperagem de 22,72 A e tamanho de 300x370 mm.

A resistência de aquecimento (Figura 22) será posicionada no fundo na panela abaixo do filtro (Figura 23).



Figura 22 – Resistência de aquecimento (4000 W)

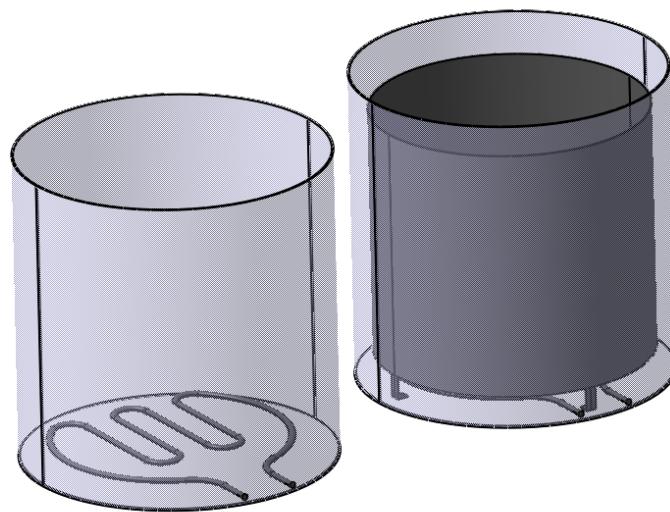


Figura 23 – Montagem do conjunto panela-filtro-resistência

2.2.3 Tubulação

A tubulação permitirá a transferência dos fluidos entre as panelas e outros sub-sistemas. (Esquemático apresentado na Figura 1). O posicionamento da tubulação na estrutura é mostrado nas Figuras 24 e 25.

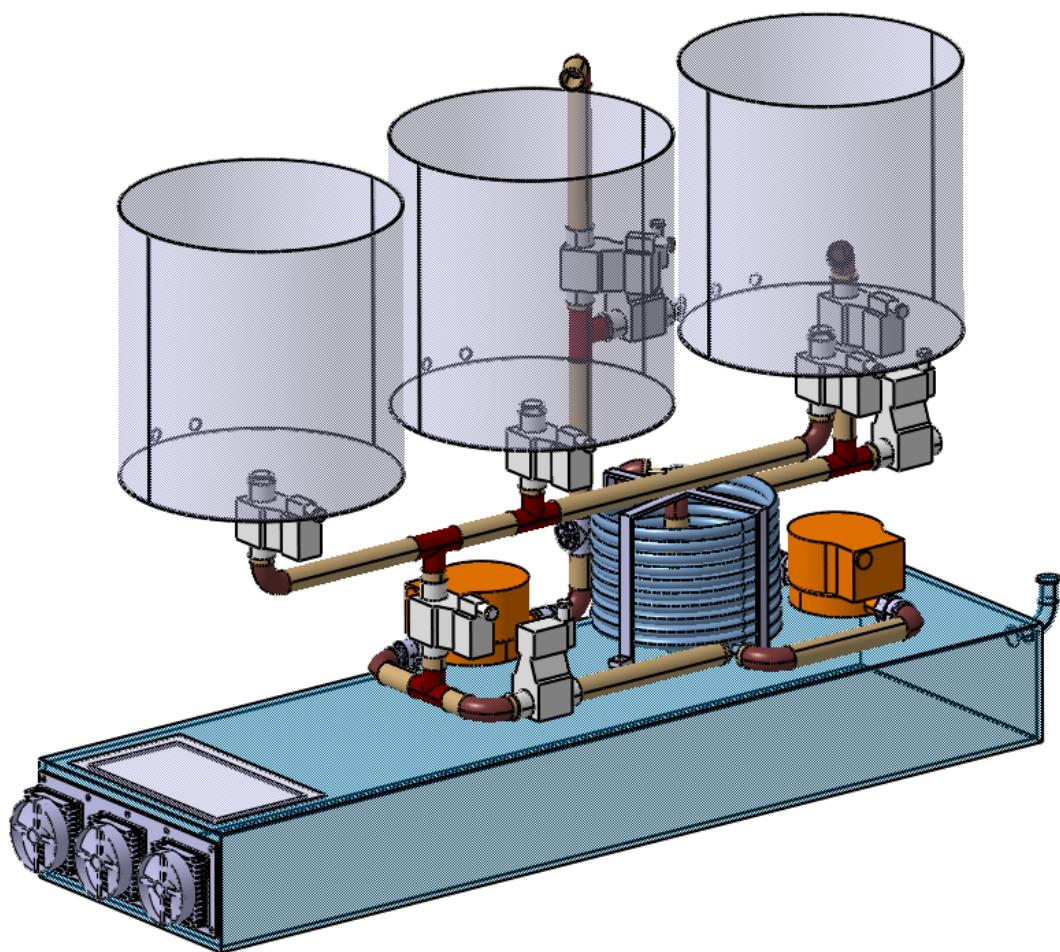


Figura 24 – Vista isométrica da tubulação

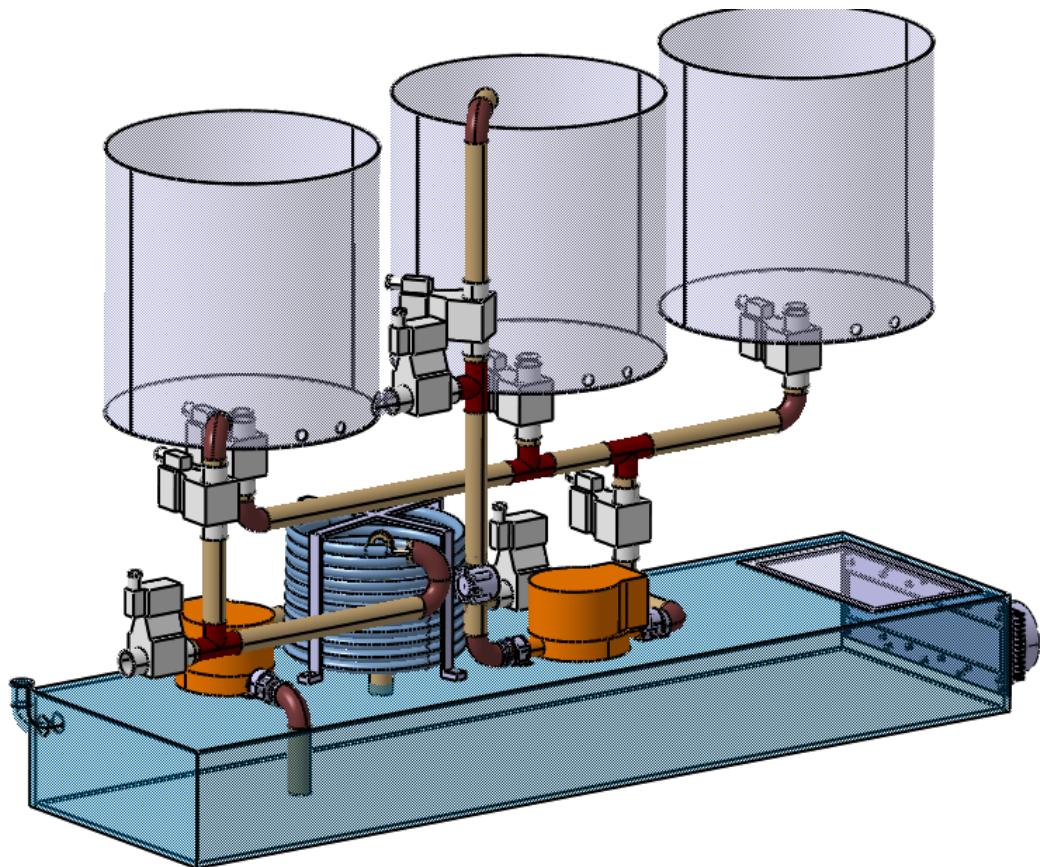


Figura 25 – Vista isométrica da tubulação

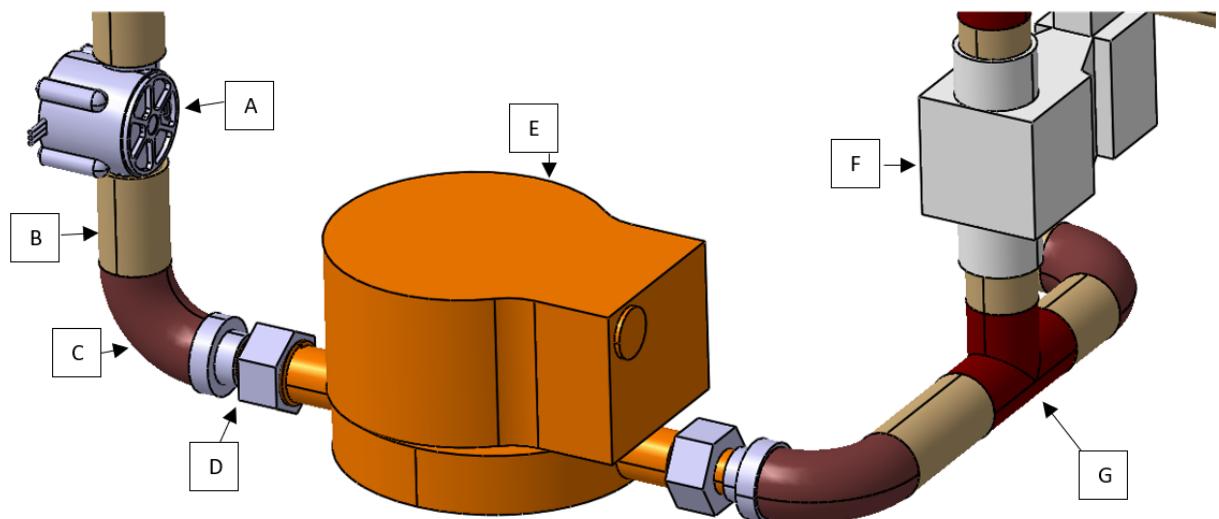


Figura 26 – Componentes da tubulação. Descrição dos componentes na Tabela 5

Foram selecionados os componentes da Açotubo (catalogo no Anexo A)

Item	Nome	Quantidade	Diâmetro
A	Sensor de fluxo	1	-
B	Tubo inox 304/L 10s	3m	1"(33.4 mm)
C	Curva 90 raio longo	13	1"
D	Redutor	4	1"x 1/2"
D	Redutor	2	1"x 1/8"
D	Redutor	2	1"x 3/4"
E	Bomba	2	-
F	Válvula solenoide	9	1"
G	TEE	5	

Tabela 5 – Legenda componentes tubulação



Figura 27 – Cuvas 90°

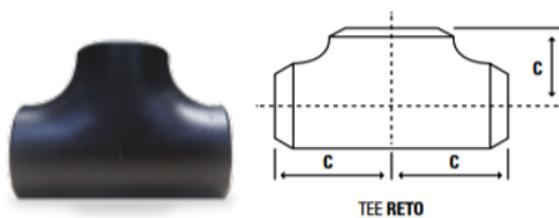


Figura 28 – TEE



Figura 29 – Redutor

A localização da tubulação foi realizada considerando somente ângulos de 90° e visando reduzir ao máximo a trajetória dos fluidos. As dimensões são melhores demonstradas no Apêndice H. Os itens descritos foram utilizados no dimensionamento da bomba (Seção 2.2.6) considerando as perdas de carga.

2.2.3.1 Definição das soldas da tubulação

Um dos princípios básicos de fabricação de uma indústria alimentícia é que a solda seja sanitária. Por interpretação da RDC 20/2007, a Anvisa proíbe o uso de materiais metálicos que em contato com o alimento ou bebida tenha alguma reação física ou química (ANVISA, 2007). Atualmente nas novas linhas produtivas são construídas com aço Inox, por ser de fácil higienização, esteticamente mais agradáveis, alto tempo de vida útil, entre outros.

Para garantir a união dos tubos em inox, se utiliza a solda TIG (*Tungsten Inert Gas*), onde acontece a abertura de arco elétrico da ponta da tocha ao metal a ser unido e com o auxílio de um material de adição (mesmo material que está sendo soldado) é feito a deposição de metal na forma líquida garantindo a união sem fissuras ou bolhas na região soldada. No momento de abertura do arco elétrico é feito a liberação de gás inerte na poça de fusão. O gás tem a função de garantir que não haja presença de oxigênio (O₂) na solda que pode ocasionar no futuro fissuras da área interna para a externa devido a sua afinidade com o Carbono (C). Além de deixar o cordão de solda com melhor visibilidade estética.

2.2.4 Trocador de Calor

Para esse projeto, o trocador de calor visa realizar a etapa de resfriamento do mosto da cerveja. Tal etapa se inicia logo após a fervura do mosto (que se dá na panela 3), onde a temperatura do mosto é de aproximadamente 100 °C. O ideal é que a etapa de resfriamento ocorra de forma rápida, em torno de 15 minutos, para que a cerveja não fique turva e tenha uma boa precipitação das proteínas. Além disso, é ideal que, ao final do resfriamento, o mosto tenha uma temperatura entre 25 °C e 35 °C (FELLOWS, 2018).

Assumindo que o mosto deva sair do trocador de calor a 25 °C, calcula-se uma taxa mínima de resfriamento para o mosto: com tempo médio de 15 minutos e uma variação de temperatura de 75 °C, a taxa de resfriamento é de 5 °C/min. Para garantir melhor eficiência e qualidade, foi utilizada uma taxa de resfriamento de 7,5 °C/min, fazendo com que o resfriamento pretendido ocorra em 10 minutos. Sabendo que serão resfriados aproximadamente 20 litros de mosto, para o tempo de resfriamento desejado sua vazão volumétrica deve ser de $\dot{V}_q = 2 \text{ L/min}$.

Os modelos de trocadores de calor mais utilizados para o resfriamento de mosto

de cerveja são: trocador de imersão e trocador de tubo duplo em contrafluxo. Para este projeto, visando facilidade de manutenção e eficiência, decidiu-se usar o trocador de calor de tubo duplo em contrafluxo.

A fim de dimensionar o trocador de forma compacta, foi adotado o formato espiral. O esquemático do trocador é mostrado na Figura 30. Na tubulação interna escoa o mosto, e na região anular entre os dois tubos, escoa o líquido de resfriamento na direção contrária a do mosto.

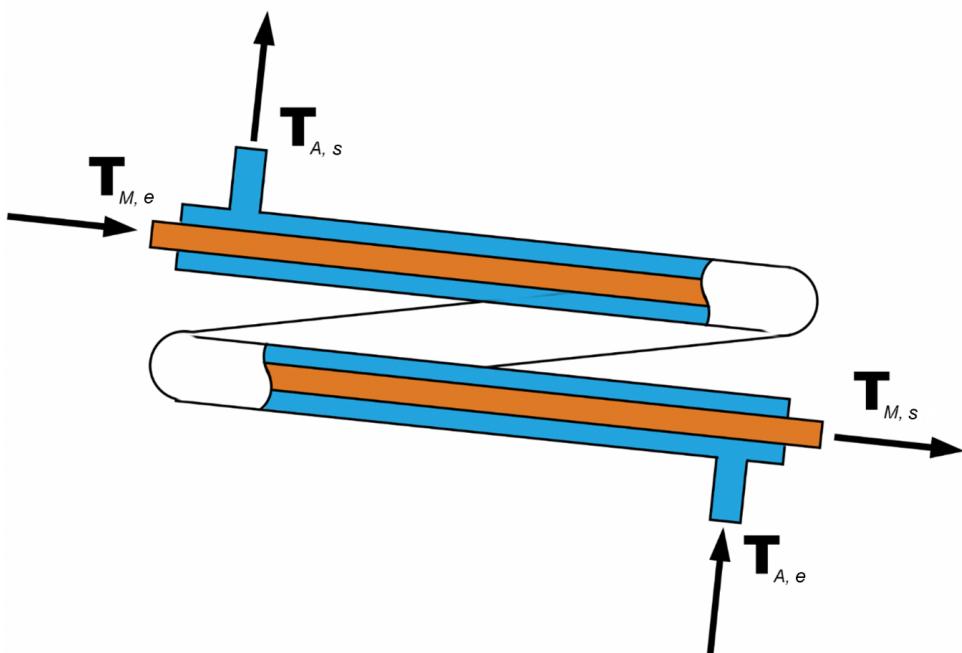


Figura 30 – Esquemático do trocador de calor de tubo duplo. $T_{M,e}$ e $T_{M,s}$ são as temperaturas de entrada do mosto respectivamente; $T_{A,e}$ e $T_{A,s}$ são as temperaturas de entrada e saída da água, respectivamente.

Conforme citado anteriormente, de acordo com a Resolução RDC n° 20, de 22 de março de 2007, materiais metálicos em contatos com alimentos ou bebidas não podem ceder substâncias indesejáveis, tóxicas ou contaminantes em quantidades que representem risco para a saúde humana, também não podem ocasionar modificações na composição destes. Portanto, o material escolhido para o trocador de calor foi o aço inox AISI 304, presente na resolução de matérias primas positivas, sendo este um material utilizado em ampla escala nas indústrias de bebidas devido a suas características físico-químicas. Foram escolhidos tubos comerciais sem costura, visto que em tubos com costura poderia ocorrer a liberação de particulados tanto no fluxo de mosto quanto no de água.

O fluido de resfriamento escolhido para esse sistema é a água. A água será armazenada em um reservatório resfriado, que irá manter a temperatura de 20 °C. Visando um projeto mais sustentável, após o uso da água no trocador de calor, ela retornará ao reservatório para ser reaproveitada nos próximos processos.

Com o intuito de saber a aceitação do cliente para o modelo proposto e de buscar melhorias no projeto, foi realizada uma pesquisa (Anexo F) com fabricantes de cerveja artesanal a fim de saber como eles resfriam o seu mosto. Os resultados da pesquisa mostram que 71,4% dos fabricantes de cerveja artesanal utilizam a própria torneira de água na etapa de resfriamento, porém não imaginam a quantidade de água utilizada e ao final do processo os mesmos descartam essa água.

Sabendo que um trocador de calor em que a água é utilizada como um fluido de resfriamento é eficiente quando se utiliza a vazão de água disponível no fornecimento de abastecimento, foi escolhido para esse projeto uma bomba com vazão semelhante à disponível na rede de abastecimento. De acordo com a NBR 5626:199813 a vazão de uma torneira de fonte fria deve estar entre 8 L/min e 15 L/min , portanto para o cálculo do trocador foi utilizado uma vazão volumétrica de $\dot{V}_f = 10 \text{ L/min}$. Para uma melhor eficiência foi escolhida a Bomba de Circulação com potência de 120 W e vazão 26 L/min .

2.2.4.1 Dimensionamento do trocador de calor

Para dimensionar o trocador de calor, é necessário efetuar o balanço da energia global para um dos fluidos, quente ou frio. Como os fluidos não mudam de fase durante o resfriamento, o balanço, para ambos os fluidos, pode ser feito utilizando as equações:

$$q = \dot{m}_q C_{p,q} (T_{q,e} - T_{q,s}) \quad (2.1)$$

$$q = \dot{m}_f C_{p,f} (T_{f,e} - T_{f,s}) \quad (2.2)$$

onde q é a taxa de transferência de calor (W); \dot{m} é a vazão mássica do fluido (kg/s); C_p é o calor específico do fluido (J/(kg.K)) e T é a temperatura do fluido (K). Os subíndices q e f indicam as propriedades dos fluidos quente e frio, respectivamente. Os subíndices e e s indicam se a propriedade é avaliada na entrada ou saída do trocador.

De acordo com Clerk (1957), as propriedades termofísicas da cerveja são praticamente as mesmas da água, permitindo utilizar as tabelas com propriedades da água sem prejuízo ao dimensionamento. Para esse trabalho foi utilizada a Tabela A-9 do Livro Transferência de Calor e Massa: Uma Abordagem Prática (CENGEL; GHAJAR, 2012).

A vazão mássica dos fluidos pode ser calculada como:

$$\dot{m}_q = \dot{V}_q * \rho_q \quad (2.3)$$

$$\dot{m}_f = \dot{V}_f * \rho_f \quad (2.4)$$

onde \dot{V} é a vazão volumétrica (m^3/s); ρ é a densidade (kg/m^3). Os subíndices q e f indicam as propriedades dos fluidos quente e frio, respectivamente. O valor utilizado para densidade foi o de $\rho_q = 997 \text{ kg/m}^3$.

De modo que as temperaturas do fluido quente já foram definidas, foi utilizada a equação 2.1 para o cálculo da taxa de transferência de calor. Após realizado este cálculo, foi utilizada a equação 2.2 para obter a temperatura de saída do fluido de resfriamento, $T_{f,s} = 35^{\circ}\text{C}$. Os dados de temperatura e vazão no trocador de calor são mostrados na Tabela 6.

	Temperatura de entrada	Temperatura de saída	Vazão volumétrica
Mosto (Quente)	100 °C	25 °C	2,0 L/min
Água (Frio)	20 °C	35 °C	10 L/min

Tabela 6 – Propriedades do mosto e da água no trocador de calor.

A taxa de transferência de calor do trocador também pode ser calculada da seguinte maneira:

$$q = UA\Delta T_m \quad (2.5)$$

onde U é o coeficiente global de transferência de calor do trocador ($\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$); A é a área de troca térmica (m^2); ΔT_m é a média logarítmica das diferenças de temperatura entre os fluidos quente e frio, dada por:

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1/\Delta T_2)} \quad (2.6)$$

Como o escoamento utilizado é em contrafluxo, temos que:

$$\Delta T_1 = T_{q,e} - T_{f,s} \quad (2.7)$$

$$\Delta T_2 = T_{q,s} - T_{f,e} \quad (2.8)$$

Para este caso, o coeficiente global de calor pode ser escrito como:

$$U = \frac{d_e}{d_i h_i} + \frac{D_e \ln(D_e/D_i)}{2k} + R''_{d_e} + \frac{1}{h_e} \quad (2.9)$$

onde d_e é o diâmetro externo do tubo interno (m); d_i é o diâmetro interno do tubo interno (m); h_i é o coeficiente interno de transferência de calor ($\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$); D_e é o diâmetro externo do tubo exterior (m); D_i é o diâmetro interno do tubo exterior (m); k é a condutividade térmica do material que separa os fluidos ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$); R''_{d_e} é a resistência de incrustação externa ao tubo ($\text{m}^{\circ}\text{C}/\text{W}$); h_e é o coeficiente externo de transferência de calor, correspondente a região anular ($\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$).

Segundo o Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association (1988), a resistência de incrustação para a água líquida tratada é $R''_{d_e} = 0,000176m^{2^{\circ}C}/W$.

Para calcular o coeficiente interno e externo de transferência de calor, é necessário que se faça uma série de cálculos, feitos primeiro para o tubo interno e em seguida para o tubo externo. O número de Reynolds, Re_D (adimensional), para o tubo interno pode ser calculado pela equação:

$$Re_D = \frac{4m_q}{\pi d_i \mu_i} \quad (2.10)$$

onde μ_i é a viscosidade dinâmica do fluido que escoa na região interna ($N.s/m^2$). Para a região anular, o número de Reynolds é calculado como:

$$Re_D = \frac{4m_q}{\pi(D_i + d_e)\mu_e} \quad (2.11)$$

Quando o número de Reynolds se encontra entre $3 * 10^3$ e $5 * 10^6$ e o número de Prandtl está entre 0,5 e 2000, o número de Nusselt, Nu_D (adimensional), pode ser calculado por meio da correlação de Gnielinski:

$$Nu_D = \frac{\left(\frac{f}{8}\right)(Re_D - 1000)Pr}{1 + 12,7\left(\frac{f}{8}\right)^{1/2}(Pr^{1/2} - 1)} \quad (2.12)$$

onde Pr é o número de Prandtl; f é o fator de atrito, que pode ser calculado pela correlação de Petrukov para tubos lisos:

$$f = (0,79 \ln Re_d - 1,64)^{-2} \quad (2.13)$$

Como o trocador de calor está sendo dimensionado no formato de espiral, é necessário calcular o fator de atrito corrigido, o qual pode ser calculado com a correlação obtida experimentalmente por Mishra e Gupta (1979):

$$f_c - f = \frac{0,0075}{\sqrt{\lambda}} \quad (2.14)$$

onde f_c é o fator de atrito corrigido; λ é a razão entre o diâmetro da espira pelo diâmetro interno do tubo, e quando calculado para o tubo externo, lambda é a razão entre o diâmetro da espira pelo diâmetro hidráulico do tubo externo. Exemplificando os cálculos de lambda, temos:

$$\lambda = \frac{D_{esp}}{d_i} \quad (2.15)$$

$$\lambda = \frac{D_{esp}}{D_h} \quad (2.16)$$

onde D_{esp} é o diâmetro da espira; D_h é o diâmetro hidráulico, que pode ser calculado utilizando a equação 2.17:

$$D_h = \frac{D_i^2 - d_e^2}{d_e} \quad (2.17)$$

Visando deixar o trocador de calor compacto, foi decidido utilizar um diâmetro máximo $D_{esp} = 25\text{ cm}$ nas espiras, portanto esse foi o valor utilizado para prosseguir com os cálculos de dimensionamento do trocador.

Também deve ser feita uma correção no número de Nusselt para o fluido que escoa no tubo interno. A correlação utilizada para fazer essa correção foi a proposta por Pratt's:

$$\frac{Nu_C}{Nu_D} = 1 + 3,4 \left(\frac{1}{\lambda} \right) \quad (2.18)$$

onde Nu_C é o número de Nusselt corrigido para o formato em espiral.

Após realizar esses cálculos e fazer as correções para o tubo interno, é possível calcular os coeficientes externo e interno de transferência de calor. Esses, são obtidos respectivamente pela expressão do número de Nusselt:

$$h = Nu_d \frac{k}{d} \quad (2.19)$$

onde k é a condutividade térmica do fluido (W/mK); d é o diâmetro interno do tubo interior (m), e para a região anular é utilizado o diâmetro hidráulico.

Após obter os coeficientes externo e interno de transferência de calor, é possível obter o coeficiente global de transferência de calor U utilizando a equação 2.9. Conhecendo os valores de U , q e ΔT_m , foi possível obter o comprimento dos tubos necessários para o trocador utilizando a equação 2.5. Após calculado o valor da área, foi possível obter o comprimento dos tubos por meio da equação:

$$A = \pi r L \quad (2.20)$$

onde r é o raio do tubo (m); L é o comprimento do tubo (m).

A efetividade é um parâmetro utilizado para calcular o desempenho de um trocador de calor, definida como:

$$\varepsilon = \frac{q}{q_{max}} \quad (2.21)$$

onde q_{max} é a máxima transferência de calor possível para o trocador (W).

O número de unidades de troca NUT para um escoamento em contra fluxo pode ser obtido pela equação:

$$NUT = \frac{1}{C_r - 1} \ln \left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon C_r - 1} \right) \quad (2.22)$$

onde C_r é a razão entre a taxa de capacidade calorífica mínima sobre a taxa de capacidade calorífica máxima.

Após dimensionados todos os valores, foi desenvolvido um código no MATLAB, contendo toda a rotina de cálculos das equações utilizadas para obter o comprimento do trocador de calor. O código foi submetido a tubos com diferentes diâmetros disponíveis no mercado, para garantir que os diâmetros escolhidos gerassem o trocador de calor em tubo duplo mais eficiente dentro das possibilidades. O código pode ser encontrado no anexo F.

Para escolher a melhor combinação de tubos para o trocador, a Tabela 7 mostra as dimensões de diâmetro dos tubos comerciais que foram avaliados pelo catálogo da empresa Aço Tubo (Anexo A). A Tabela 8 mostra as possíveis combinações desses tubos, enquanto a Tabela 9 mostra os resultados obtidos para as combinações avaliadas.

Tubo	Externo (")	Externo (mm)	Interno (mm)	Espessura (mm)
A	1/8"	10,29	9,05	1,24
B	1/4"	13,72	12,07	1,65
C	3/8"	17,15	15,5	1,65
D	1/2"	21,34	19,23	2,11
E	3/4"	26,67	24,56	2,11

Tabela 7 – Tubos de aço inox disponíveis comercialmente avaliados para o projeto

Combinação	Tubo interno	Tubo externo
1	A	C
2	A	D
3	A	E
4	B	C
5	B	D
6	B	E

Tabela 8 – Combinações possíveis com os tubos.

	$L(m)$	Re_D	Nu_D	$h(W/m^2\circ C)$	$U(m^2\circ C/W)$	Eficiênciac	NUT
Combinação 1							
Interno	8,15	12005	73,15	6172,5	1690,7	0,93	3,21
Anular		10325	73,63	5810,6			
Combinação 2							
Interno	10,56	12005	73,15	6172,5	1305,8	0,93	3,21
Anular		9093,4	82,49	2987,9			
Combinação 3							
Interno	13,6	12005	73,15	6172,5	1014,1	0,93	3,21
Anular		7631	100,92	1719			
Combinação 4							
Interno	8,94	8998,2	58,4	3693,4	1539,3	0,93	3,21
Anular		9040,6	51,33	1294,9			
Combinação 5							
Interno	8,82	8998,2	58,4	3693,4	1322,5	0,93	3,21
Anular		8082	56,47	4869			
Combinação 6							
Interno	10,5	8998,2	58,4	3693,4	984,61	0,93	3,21
Anular		6891	67,16	1923,1			

Tabela 9 – Resultados obtidos com as combinações possíveis. Nota: os valores de Re_D , Nu_D , eficiênciac e NUT são adimensionais.

Analizando os resultados obtidos, a Combinação 1, com os tubos A e C, foi escolhida para ser utilizada no projeto, visto que esta combinação apresentou o menor comprimento $L = 8,155\ m$ e o maior coeficiente global de transferência de calor $U = 1690,7\ m^2\circ C/W$. Visto que o modelo de trocador de calor apresentou uma eficiência acima dos 90% e um resfriamento do mosto em 10 minutos, trata-se de uma solução eficiente para o problema proposto, garantindo uma excelente qualidade para a fabricação de cervejas artesanais, atendendo às condições de resfriamento (tempo e temperatura ao final do processo).

Após escolhidos os tubos, foi calculada a perda de carga, velocidade de escoamento e pressão disponível no sistema. A perda de carga no interior da tubulação é muito importante, pois é desejado manter uma vazão constante de ambos os fluidos para que o trocador obtenha o desempenho planejado. Ela pode ser calculada por meio da equação de Fanning pelo fator de atrito:

$$f = \frac{\Delta_p D_t}{2\rho u_m^2 L} \quad (2.23)$$

onde f é o fator de atrito (adimensional); D_t é o diâmetro do tubo (m); Δ_p é a variação de pressão (Pa); u_m é a velocidade média do escoamento (m/s); ρ é a massa específica do fluido (kg/m^3); L é o comprimento da tubulação (m).

Sabendo que a vazão volumétrica é dada por:

$$\dot{V} = U_m A \quad (2.24)$$

Podemos isolar U_m e encontrar a velocidade média do escoamento na tubulação.

Para calcular a pressão disponível no sistema, foi utilizada a equação da energia com perdas para cada corrente de fluido que circula no trocador de calor:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho u_1^2 + \rho g z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho u_2^2 + \rho g z_2 + \Delta_p \quad (2.25)$$

onde P é a pressão estática (Pa); u é a velocidade do escoamento (m/s); z é a altura em relação ao ponto de referência (m); Δ_p é a perda de carga no trecho analisado; g é a aceleração da gravidade m/s^2 , a qual foi assumido o valor de $9,8\ m/s^2$. Os resultados, para a combinação de tubos escolhida, são apresentados na tabela 10.

Para o tubo interno (Mosto)			
Tubo	$\Delta_p(Pa/m)$	$u_m(m/s)$	$\Delta_{pdisp}(kPa)$
A	1006,28	0,70	2,83
Para a região anular (água)			
Combinação	$\Delta_p(Pa/m)$	$u_m(m/s)$	$\Delta_{pdisp}(kPa)$
1	7150,17	2,46	8978,36

Tabela 10 – Perda de carga, velocidade de escoamento e pressão disponível no sistema



Figura 31 – Vista isométrica do trocador de calor dimensionado.



Figura 32 – Vista isométrica 2 do trocador de calor dimensionado.

O desenvolvimento do modelo proposto em CAD foi realizado no software CATIA V5R21 (Figura 31 e Figura 32) e consistiu em aplicar o que foi dimensionado analiticamente, o pitch utilizado entre os eixos concêntricos dos dois tubos foi de 18 mm e uma altura de 186,86 mm, correspondendo exatamente ao comprimento proposto de 8,155 m para o trocador de calor. As entradas de água se darão perpendicularmente ao tubo externo do trocador, devido a isso simplificar as conexões com os tubos do reservatório de água, já que, caso contrário, as conexões deveriam ser de forma anular e tal conexão não está disponível no catálogo escolhido para tubos e conexões.

2.2.4.1.1 Plano de Testes

Para o trocador de calor é possível realizar testes de vazão, resfriamento e hidrostático.

O teste de vazão tem como objetivo verificar se a vazão desejada está de acordo com a configuração da bomba escolhida. Para isso podem ser realizados testes com o fluido frio, verificando se a bomba está suprindo a vazão desejada de forma exata.

O teste de resfriamento, este consiste em verificar se o trocador de calor está resfriando da forma desejada. Para isso é necessário simular o seu funcionamento com um fluido quente próximo da temperatura de 100 °C e o fluido frio com a temperatura de 20 °C. Ao final deve-se verificar a temperatura final do fluido quente, observando se atingiu a temperatura desejada.

O teste de resfriamento pode ser realizado em conjunto com o teste de vazão. Caso o teste de resfriamento não se dê de forma satisfatória na região em que a pessoa está, ele pode fazer alterações na vazão até atingir um resultado satisfatório no teste de resfriamento.

O teste hidrostático tem como objetivo verificar a existência de vazamentos em qualquer ponto do trocador, além de localizar algum tubo furado. Para isso, o trocador é cheio com água limpa à temperatura ambiente e pressurizado até a pressão recomendada. Normalmente esta pressão é dada pela expressão: Pressão(teste) = 1,5 Pressão(PMTA).

2.2.5 Reservatório de água

O reservatório de água para o trocador de calor terá capacidade para aproximadamente 101 litros e as seguintes dimensões: 1460x410x170 mm. Foi escolhido um reservatório de polipropileno de alta densidade com 3mm de espessura. Este é feito sobre encomenda com medidas de acordo com a necessidade do cliente (Figura 33)



Figura 33 – Modelo de reservatório de polipropileno

Durante a etapa de resfriamento do mosto, a temperatura da água no reservatório deve ser de 20 °C. Para isso, o reservatório será resfriado com placas de Peltier localizadas em uma de suas laterais externas. O reservatório é feito de polipropileno, portanto, para que ocorra a troca térmica de forma eficiente, será feita uma abertura em uma das laterais do reservatório. Essa abertura será fechada com uma placa metálica, que estará em contato com a água do interior do reservatório.

A placa de Peltier é formada por semicondutores. Esses elementos semicondutores são soldados entre duas placas cerâmicas, eletricamente em série e termicamente em paralelo (PIMENTEL, 2010). Portanto, quando submetida a uma tensão elétrica em circuito fechado, a placa de Peltier tem um de seus lados resfriado e o lado oposto a este é

aquecido. Quando o intuito é resfriar um sistema, o lado aquecido da placa precisa de um resfriamento, pois a placa não possui uma espessura considerável podendo superaquecer, ocasionando em uma menor taxa de resfriamento.

Visando aumentar a eficiência de transferência térmica das placas, foi desenvolvido um sistema utilizando uma placa de Peltier modelo TEC1-07112 (especificações no Anexo D.1), adesivo térmico, pasta térmica, bloco dissipador de calor em alumínio e uma ventoinha. A placa de Peltier é colocada na parte lisa do dissipador de calor, com a parte que aquece em contato com o dissipador, e o adesivo térmico é colocado em volta da placa. Do outro lado do dissipador é colocada a ventoinha, para fornecer um fluxo de ar, acelerando a dissipação de calor. O lado da placa de Peltier que resfria será fixado na parede lateral do reservatório, possibilitando a redução da temperatura da água para os parâmetros necessários.

O dissipador de alumínio escolhido possui um peso de 2,35 Kg e tem as seguintes dimensões: cm de altura, 8 cm de largura e 8 cm de comprimento. De acordo com [Cunha \(2001\)](#), dissipadores com esse peso e aproximadamente essa dimensão possuem uma resistência térmica de $0,50\text{ }^{\circ}C/W$.

Serão utilizados três sistemas ligados em série, resultando em uma tensão máxima de 36 V e amperagem máxima de 18 A. Estes sistemas serão instalados na placa metálica na lateral do reservatório. Um controlador de tensão será colocado na ligação dos três sistemas, para que possa ser controlado o quanto o reservatório irá resfriar. Os sistemas serão alimentados por uma fonte de 220 V, conectados à rede elétrica de distribuição, a alimentação disponível para a microcervejaria.

Para abastecimento do reservatório, será fixado um cano em inox de 1" sua lateral oposta ao sistema de resfriamento, neste será possível encaixar uma mangueira e abastecer o reservatório. O cano utilizado para o reservatório foi escolhido no catálogo da empresa Aço Tubo (Anexo A). O design final do reservatório pode ser observado na Figura 34 e Figura 35.

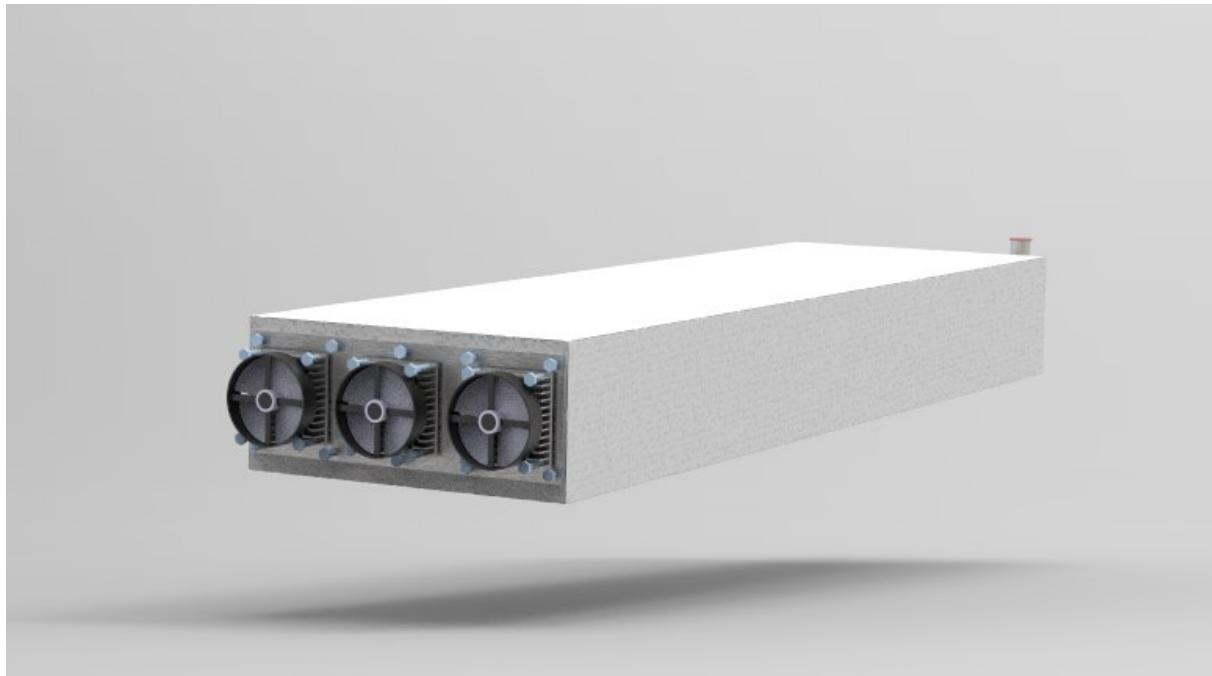


Figura 34 – Vista isométrica do reservatório de água

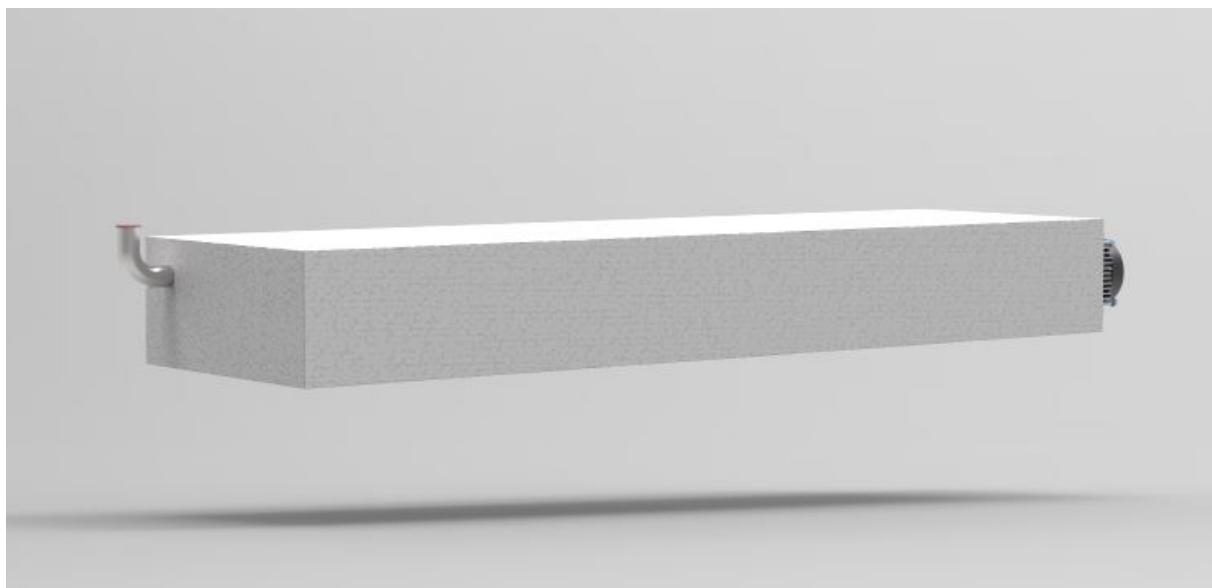


Figura 35 – Vista isométrica 2 do reservatório de água

2.2.5.0.1 Testes do Reservatório e do **Sistema** de Resfriamento

O teste do reservatório deve ser realizado após a instalação do **sistema** de resfriamento, para garantir que não há vazamentos. Deve-se encher o reservatório e observar possíveis vazamentos.

O **sistema** de resfriamento deve ser testado com o reservatório cheio, com o auxílio de um multímetro para observar a corrente. Deve-se testar qual a corrente ideal para que o **sistema** resfrie a água até os 20 °C.

2.2.6 Dimensionamento da Bomba Principal

A bomba principal foi dimensionada de acordo com a teoria encontrada em [Fox, McDonald e Mitchell \(2020\)](#), com o objetivo de suprir as perdas de pressão, geradas pela perda de carga, entre a origem e o destino do fluido, em cada etapa do processo de fabricação da cerveja e da limpeza. O maior valor de perda de pressão encontrado foi multiplicado por 1,2 para evitar erros de precisão, e foi utilizado como requisito mínimo para aquisição da bomba, que foi realizada pela equipe de automação, considerando também seus próprios requisitos e necessidades.

Além da perda de pressão, outro requisito da bomba principal foi de disponibilizar uma vazão suficiente para gerar a fase de *whirlpool*, que será discutida na seção [2.2.7](#).

A equação de diferença de pressão está representada abaixo:

$$\Delta p = \left(p_1 + \rho \alpha_1 \frac{V_1^2}{2} + \rho g z_1 \right) - \left(p_2 + \rho \alpha_2 \frac{V_2^2}{2} + \rho g z_2 \right) \quad (2.26)$$

onde Δp é a diferença de pressão, g é a aceleração da gravidade, p_1 e p_2 são as pressões, α_1 e α_2 são os coeficientes de energia cinética, V_1 e V_2 são as velocidades médias do fluxo e z_1 e z_2 são as alturas do fluido na origem e no destino do fluxo, respectivamente.

Como o fluxo tem vazão volumétrica constante, dada pela bomba, e a tubulação não varia de diâmetro, então a velocidade média do fluxo V foi considerada constante, que resulta em:

$$\Delta p = p_1 + \rho g z_1 - p_2 - \rho g z_2 \quad (2.27)$$

Observa-se que a perda de pressão é dada pelas diferenças de altura e de pressão, entre a origem e o destino do fluido.

A perda de pressão pela diferença de altura Δp_z é dada por:

$$\Delta p_z = \rho g (z_1 - z_2) \quad (2.28)$$

A perda entre p_1 e p_2 é dividida em duas partes: perdas maiores (fator de atrito) e perdas menores (entradas, encaixes, curvas, válvulas e variações de área na tubulação).

As perdas maiores são determinadas a partir da equação abaixo:

$$\Delta p_M = \rho f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2} \quad (2.29)$$

L é o comprimento da tubulação, D é o diâmetro hidráulico do tubo e f é o fator de atrito, definido a partir da correlação dos valores de D , rugosidade da tubulação e , e número de Reynolds do fluxo Re , e dado pelo Diagrama de Moody (Figura 36).

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \quad (2.30)$$

Em que μ é a viscosidade dinâmica do fluido.

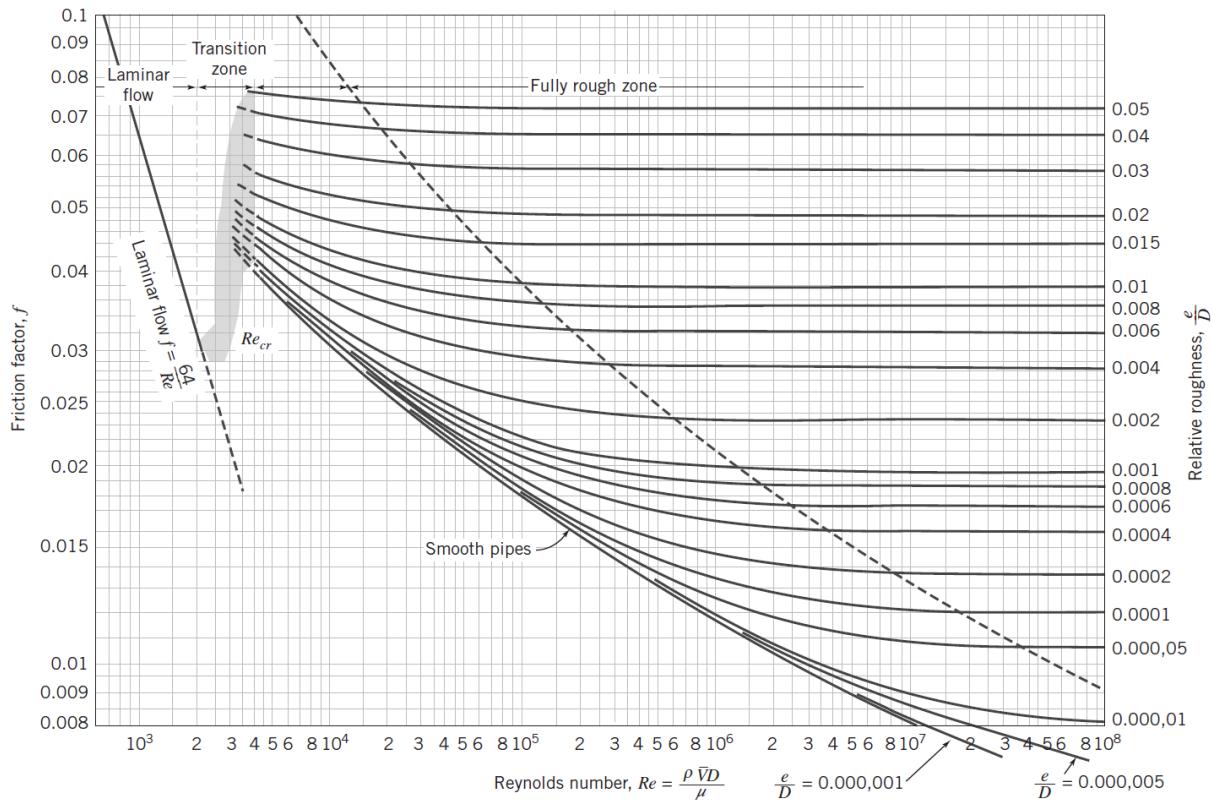


Figura 36 – Diagrama de Moody. Fonte: (FOX; McDONALD; MITCHELL, 2020)

As perdas menores são determinadas a partir da equação abaixo:

$$\Delta p_m = \rho K \frac{V^2}{2} \quad (2.31)$$

Em que K é o coeficiente de perda. Cada componente, como encaixes, válvulas e curvas, ao longo da tubulação é representado por um coeficiente de perda.

2.2.6.1 Cálculos Iniciais

Os cálculos iniciais foram realizados para definir os requisitos mínimos para a bomba. Os dados de entrada utilizados, para cada fase, foram retirados da literatura mencionada e das Seção 2.2.3, 2.2.4.1 e Apêndice H:

Primeiramente, as fases são:

Número da fase	Descrição da fase (fluído)
1	Transferência da panela 1 para a 2 (água)
2	Recirculação na panela 2 (mosto)
3	Transferência da panela 2 para a 3 (mosto)
4	Resfriamento (mosto)
5	<i>Whirlpool</i> (mosto)

Tabela 11 – Numeração das fases para o cálculo inicial.

A vazão volumétrica mínima da bomba foi definida como 13,2 L/min, a partir do experimento de *whirlpool* caseiro realizado, a ser comentado em [2.2.7](#) e, para a etapa do resfriamento, foi definida no dimensionamento do trocador de calor ([Tabela 6](#)). Como o diâmetro hidráulico (diâmetro interno) da tubulação selecionada é $D = 2,786 * 10^{-2}$ m, e a vazão volumétrica é dada por $V\pi(D/2)^2$, obtém-se a velocidade média do fluxo.

Fase	Vazão (L/min)	Vazão (m^3/s)	Velocidade média V (m/s)
1	13,2	$2,20 \times 10^{-4}$	$3,61 \times 10^{-1}$
2	13,2	$2,20 \times 10^{-4}$	$3,61 \times 10^{-1}$
3	13,2	$2,20 \times 10^{-4}$	$3,61 \times 10^{-1}$
4	2,0	$3,3 \times 10^{-5}$	$5,5 \times 10^{-2}$
5	13,2	$2,20 \times 10^{-4}$	$3,61 \times 10^{-1}$

Tabela 12 – Vazão volumétrica e velocidade média dos fluidos para o cálculo inicial.

Os valores de viscosidade dinâmica, que é utilizada para calcular o número de Reynolds, foram obtidos a partir de ([FOX; MCDONALD; MITCHELL, 2020](#)), para água e ([TRÁVNÍČEK; LOS; JUNGA, 2015](#)), para o mosto. Por causa da escassez de dados sobre características do mosto, e, como a viscosidade varia com a temperatura, foram considerados os menores valores de temperatura para cada fase, visto que, com menores temperaturas, a viscosidade é maior. Isso resulta numa maior perda de pressão, mas foi considerado benéfico, pois gera um fator de segurança positivo para o dimensionamento.

Os valores de massa específica da água foram obtidos de ([FOX; MCDONALD; MITCHELL, 2020](#)) e, para o mosto, ([ASSOCIATION, 2020](#)), que é medida em termos de gravidade original (gravidade específica) em cervejas. Para IPAs experimentais, que são o foco de nosso produto, a gravidade original pode variar de 1,06 a 1,1, então o maior valor foi escolhido, pois gerará a maior perda de pressão. A mesma relação feita para a viscosidade dinâmica foi feita para a massa específica, multiplicando a gravidade original do mosto pelos valores de massa específica da água para cada temperatura.

Fase	Massa específica (kg/m^3)	Viscosidade dinâmica (Ns/m^2)	Temperatura ($^\circ\text{C}$)
1	980	$4,31 \times 10^{-4}$	65
2	1078	$1,0 \times 10^{-3}$	65
3	1078	$1,0 \times 10^{-3}$	65
4	1097	$2,0 \times 10^{-3}$	25
5	1097	$2,0 \times 10^{-3}$	25

Tabela 13 – Massa específica e viscosidade dinâmica para o cálculo inicial.

O comprimento da tubulação pelo qual o fluido passa e a diferença de altura máxima entre a origem e o destino do fluido, para cada fase, são:

Fase	Comprimento da tubulação (m)	Diferença máxima de altura (m)
1	2,159	0,853
2	2,029	0,440
3	1,665	0,564
4	2,094	0,160
5	2,180	0,160

Tabela 14 – Características das dimensões da tubulação.

Os componentes ao longo da tubulação percorrida pelo fluido, determinados na Seção 2.2.3, contabilizados para cada fase, são:

Fase	nº de TEEs	nº de curvas 90° raio longo	nº de válvulas
1	3	4	3
2	4	3	3
3	4	2	3
4	3	6	3
5	4	3	3

Tabela 15 – Número de componentes ao longo do fluxo.

Como dito, cada componente ao longo do fluxo é representado por um coeficiente de perda K . Os valores de K foram retirados de (FOX; MCDONALD; MITCHELL, 2020) e de (TOOLBOX, 2004).

Tipo de componente	Coeficiente de perda K
TEE	1
Curva 90° raio longo	0,2
Válvula	2,3

Tabela 16 – Coeficientes de perda para cada tipo de componente.

Devido à variedade de fórmulas diferentes disponíveis nas literaturas para o cálculo dos coeficientes de perda por contração e expansão de fluxo, e, devido ao fato da área

transversal do fluxo na tubulação ser 13 vezes maior do que no trocador de calor, e 4 vezes maior do que na conexão da bomba, foram consideradas mudanças bruscas de área, e os coeficientes de perda relacionados foram calculados de acordo com (FOX; MCDONALD; MITCHELL, 2020), conforme a Figura 37.

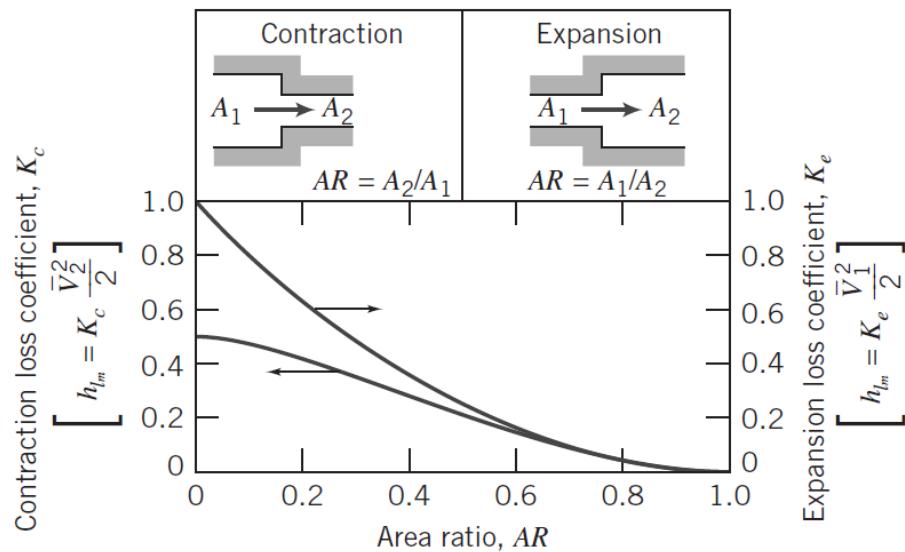


Figura 37 – Coeficiente de perda para contrações e expansões bruscas. Fonte: (FOX; MCDONALD; MITCHELL, 2020)

Tipo de variação de área	Coeficiente de perda K
Contração na bomba	0,4
Contração no trocador	0,5
Expansão na bomba	0,6
Expansão no trocador	0,85

Tabela 17 – Coeficientes de perda para variação de área na tubulação.

A perda devida à geometria de entrada na tubulação foi calculada conforme a Figura 38. Visando simplificar a junção da tubulação com as panelas, porém sem aumentar demasiadamente a perda de pressão, as entradas com bordas retangulares foram escolhidas, ou seja, o coeficiente de perda K associado é de 0,5.

Entrance Type	Minor Loss Coefficient, K^a
Reentrant	0.5 – 1.0 (depending on length of pipe entrance)
Square-edged	0.5
Rounded	r/D 0.02 0.06 ≥ 0.15 K 0.3 0.2 0.04

Figura 38 – Perdas de pressão em entradas de tubulações. Fonte: (FOX; MCDONALD; MITCHELL, 2020)

A rugosidade superficial da tubulação foi adquirida a partir de (CAVALER et al., 2010), e seu valor é $e = 2,304 * 10^{-5}$ m.

A partir desses dados, foi calculada a perda de pressão para cada fase, somando todas as perdas individuais. Vale lembrar que o cálculo da perda de pressão do mosto através do trocador de calor foi realizado na seção 2.2.4.1, então não há necessidade de recalcular-lo, seu valor foi adicionado na perda de pressão da fase 4 (resfriamento).

Fase	Perda de pressão Δp (kPa)
1	9,5
2	6,1
3	7,5
4	10
5	3,3

Tabela 18 – Perdas de pressão totais no cálculo inicial.

Por fim, a maior perda de pressão foi multiplicada por 1,2, para evitar imprecisões de cálculo. Sendo assim, a pressão mínima de funcionamento da bomba a ser escolhida foi definida como 12 kPa.

2.2.6.2 Cálculos Pós-escolha da Bomba

Após a bomba principal ter sido escolhida, os cálculos foram refeitos, pois a vazão disponibilizada pela bomba é maior do que a vazão mínima requerida, considerada nos cálculos iniciais.

As características da bomba escolhida são:

Pressão máxima (kPa)	Vazão máxima (L/min)	Vazão máxima (m^3/s)
6×10^2	26	$4,3 \times 10^{-4}$

Tabela 19 – Características da bomba escolhida.

A única mudança de dados para o cálculo foi de vazão volumétrica:

Fase	Vazão (m^3/s)	Velocidade média V (m/s)
1	$4,3 \times 10^{-4}$	$7,1 \times 10^{-1}$
2	$4,3 \times 10^{-4}$	$7,1 \times 10^{-1}$
3	$4,3 \times 10^{-4}$	$7,1 \times 10^{-1}$
4	$3,3 \times 10^{-5}$	$5,5 \times 10^{-2}$
5	$4,3 \times 10^{-4}$	$7,1 \times 10^{-1}$

Tabela 20 – Vazão volumétrica e velocidade média dos fluidos para o cálculo final.

Fase	Perda de pressão Δp (kPa)
1	13
2	10
3	12
4	10
5	7,9

Tabela 21 – Perdas de pressão totais no cálculo final.

Prova-se então, a partir dos resultados obtidos, que a bomba escolhida supre as necessidades do projeto.

2.2.7 Simulação do *Whirlpool*

A etapa de *whirlpool* é uma etapa importante no processo de fabricação da cerveja. Ela visa agitar e mover as partículas sólidas de lúpulo, proteínas coaguladas e leveduras inativas, em formato de redemoinho, para que essas partículas se assentem no fundo do recipiente, facilitando a transferência do mosto lupulado para o recipiente de fermentação. Vale notar que não necessariamente este redemoinho precisa ser forte ao ponto de ter ar em seu núcleo, o objetivo aqui é simplesmente levar as partículas sólidas para o fundo da panela.

Inicialmente, pensou-se em realizar o *whirlpool* com um conjunto de motor e pá rotativa, mas, ao observar projetos industriais já existentes para produção de cerveja, foi notado que muitas cervejarias realizam o *whirlpool* utilizando uma bomba para recircular o fluido em um mesmo recipiente cilíndrico, com a entrada do fluido na direção tangencial do recipiente. Como já utilizamos uma bomba para movimentar os fluidos entre as panelas, foi decidido usar esta mesma bomba para realizar a etapa de *whirlpool*, recirculando o mosto na panela de fervura. Esta escolha nos permitiu reduzir um componente a ser controlado eletronicamente, diminuindo custos e simplificando o projeto.

Devido à escassez de dados científicos sobre geração de redemoinho, foi realizado um experimento caseiro e simulações em CFD (Computational Fluid Dynamics), na plataforma ANSYS, dentre os quais procurou-se encontrar a melhor configuração de entrada

de fluido para realizar o *whirlpool*. Devido à proximidade entre as propriedades da água e do mosto, como mencionado na Seção 2.2.4.1, o fluido utilizado para as simulações foi a água, à temperatura de 25°C.

No experimento caseiro, o *whirlpool* foi facilmente realizado utilizando uma bomba com vazão de 13,2 L/min. Por isso, este foi um dos requisitos iniciais para o dimensionamento da bomba principal.

2.2.7.1 Análise de Possíveis Configurações

Várias simulações foram realizadas em CFD, com as condições de entrada definidas pela tubulação e bomba escolhidas nas Seção 2.2.3 e 2.2.4, considerando os efeitos de viscosidade e aceleração da gravidade, visando encontrar as melhores configurações de entrada na panela. Observou-se que os melhores resultados foram obtidos com as entradas mais afastadas do centro, com direção tangencial à borda panela, que geravam claramente o formato de um redemoinho, e, os piores resultados foram obtidos com entradas direcionadas ao centro da panela, que não geravam estrutura similar ao de um redemoinho.

Foram disponibilizadas visualizações das linhas de trajetória e dos vetores de velocidade do fluido, indicando o caminho e direção das partículas do fluido, para o melhor e o pior caso, respectivamente.

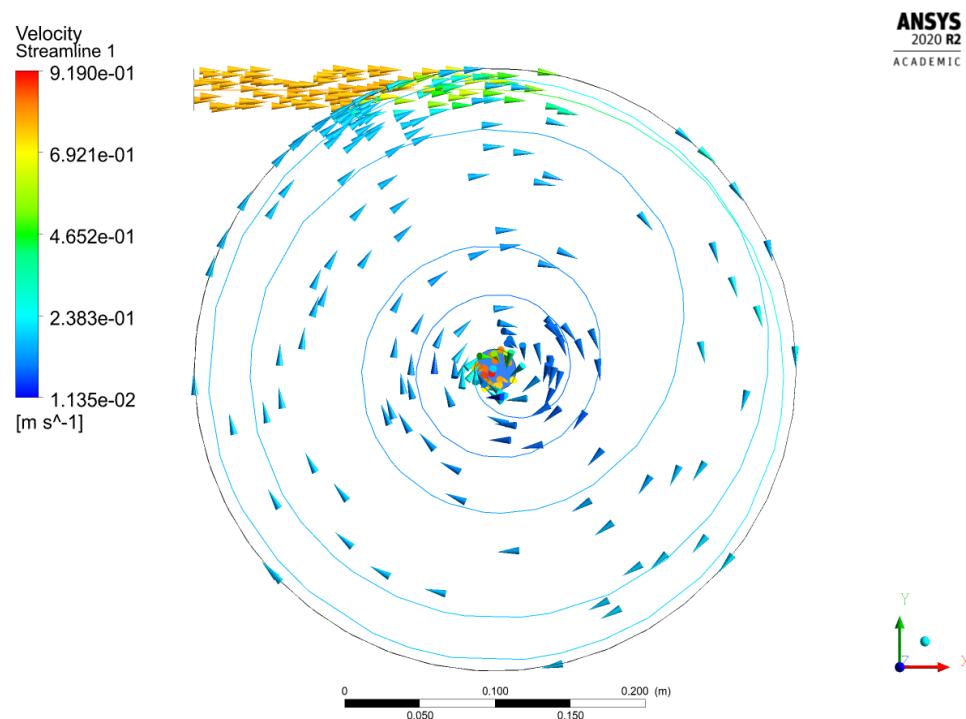


Figura 39 – Vista superior, com vetores de velocidade e linhas de trajetória, para o melhor caso.

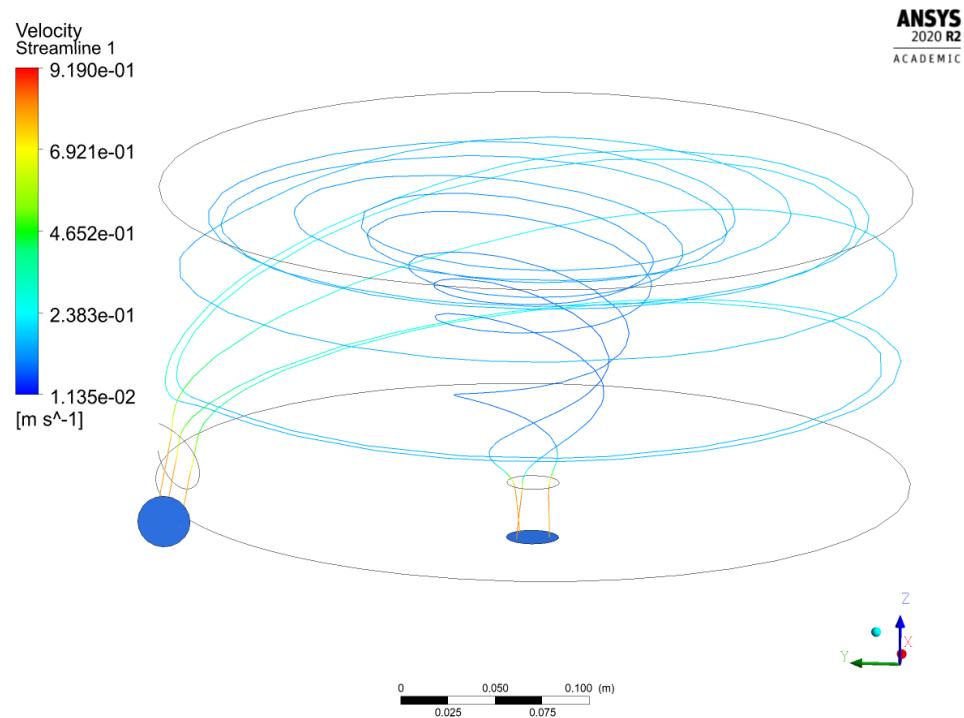


Figura 40 – Vista isométrica, com linhas de trajetória, para o melhor caso.

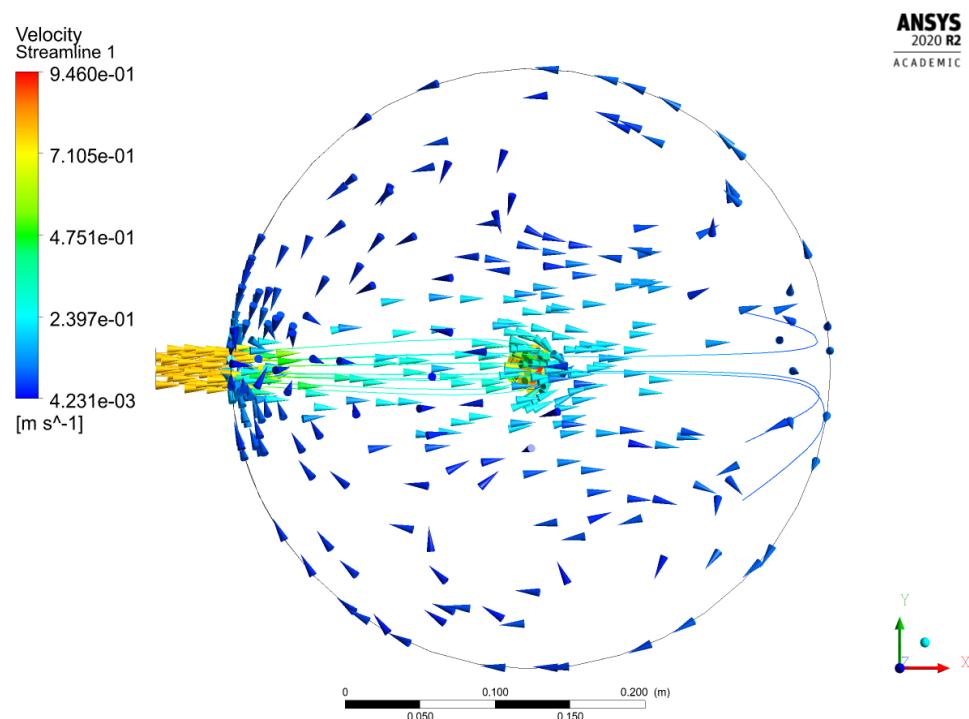


Figura 41 – Vista superior, com vetores de velocidade e linhas de trajetória para o pior caso.

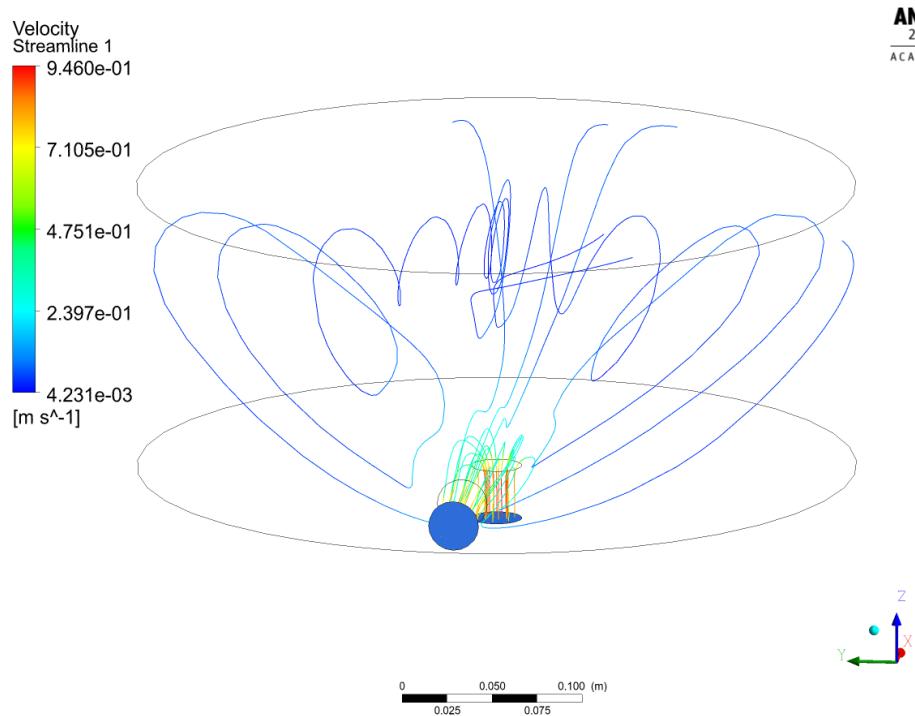


Figura 42 – Vista isométrica, com linhas de trajetória, para o pior caso.

2.2.7.2 Simulação da Configuração Selecionada

A partir dos resultados obtidos, foi decidido conectar a tubulação de entrada de fluido na panela de realização do *whirlpool* (3^a panela), de forma tangencial à borda da panela, e o mais distante possível de seu centro, dentro das limitações da estrutura física do projeto. A análise da configuração obtida está disponível a seguir.

2.2.7.2.1 Qualidade da Malha

A regra utilizada para qualificar a malha está disponível em (ANSYS, 2009). O parâmetro de qualificação utilizado foi o *Skewness*, que pode ser traduzido como distorção, da malha, e é definido como a diferença entre a forma de uma célula da malha e uma célula equilátera de mesmo volume, ou, em outras palavras, é a razão máxima de distorção angular da célula analisada em relação à célula equilátera.

$$Distorção = \max \left[\frac{\theta_{\max} - \theta_e}{180 - \theta_e}, \frac{\theta_e - \theta_{\min}}{\theta_e} \right] \quad (2.32)$$

Em que θ_{\max} é o maior ângulo na face da célula, θ_{\min} é o menor, e θ_e é o ângulo nas faces da célula equilátera.

Altas distorções de células da malha irão resultar em baixa acurácia e instabilidade da solução. O recomendado pela documentação citada foi de manter a distorção máxima abaixo de 0,95 e a média das distorções abaixo de 0,33.

A malha foi construída utilizando as configurações padrões do ANSYS, com formato tetraédrico, tamanho de elemento de 30,174 mm (vale notar que a malha padrão é adaptável, ou seja, o programa modifica os tamanhos automaticamente), e com a opção de *smoothing* selecionada em *High*. As imagens abaixo demonstram as características da malha utilizada.

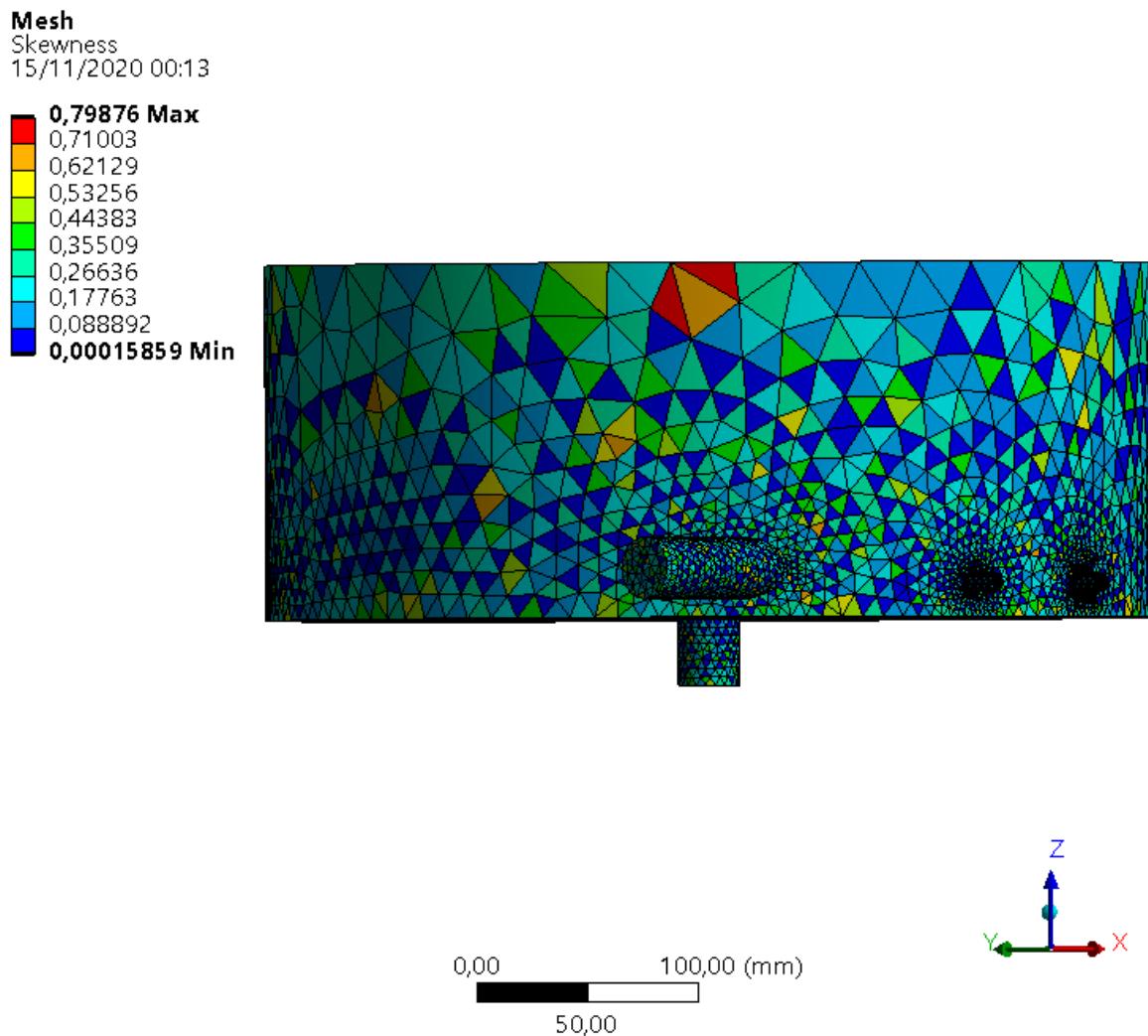


Figura 43 – Visualização das características da malha.

Mesh Metric	Skewness
Min	1,5859e-004
Max	0,79876
Average	0,2288
Standard Deviation	0,1198

Figura 44 – Tabela das características da malha disponibilizada pelo ANSYS.

Como se pode observar, a distorção máxima teve um valor de 0,79876, e a média das distorções foi de 0,2288, ou seja, a malha utilizada está de acordo com a regra citada.

2.2.7.2.2 Condições de Contorno

Como já foi dito, as condições de entrada foram definidas pela tubulação e bomba selecionados. A condição de entrada e saída de fluido foi a vazão mássica, definida multiplicando-se a vazão volumétrica (Tabela 19) pela massa específica do mosto (Tabela 13). Além disso, foram utilizados os valores de viscosidade dinâmica do mosto (Tabela 13) e, como o corpo da resistência influencia no movimento do fluido, ela foi incluída na simulação, para aumentar a realidade dos resultados. O corpo de fluido simulado tem um volume de 20 litros, que é o volume esperado ao fim da etapa de fervura, para a capacidade máxima da solução.

Diâmetro interno da tubulação (m)	$2,8 \times 10^{-2}$
Vazão mássica (kg/s)	$4,8 \times 10^{-1}$
Viscosidade dinâmica (Ns/m^2)	$2,0 \times 10^{-3}$
Volume total (L)	20

Tabela 22 – Condições de contorno da simulação do *whirlpool*.

2.2.7.2.3 Resultado

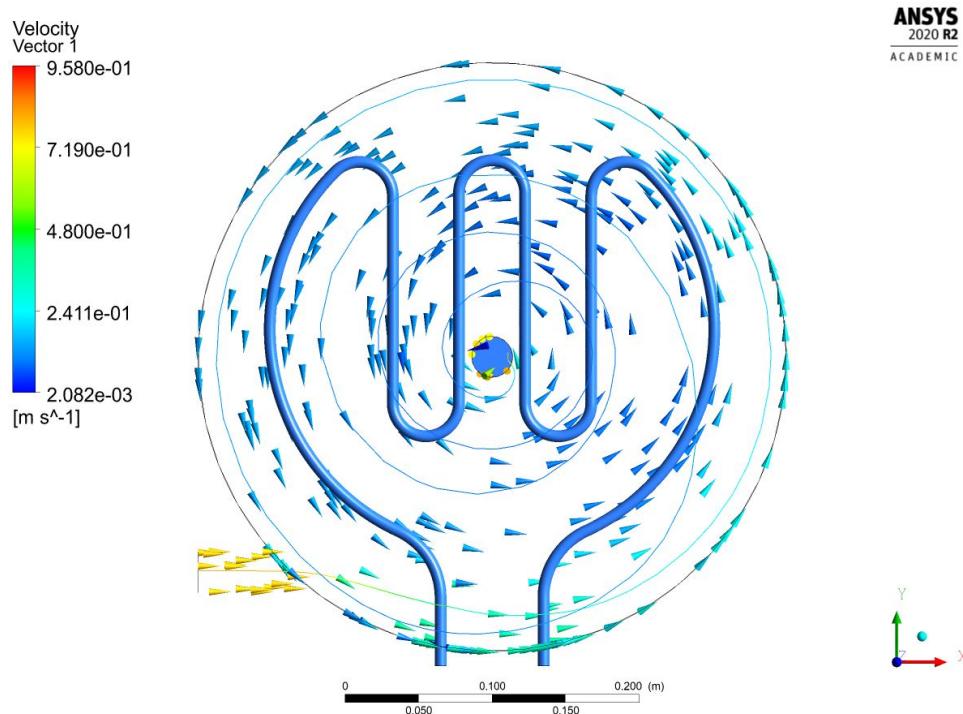


Figura 45 – Vista superior, com vetores de velocidade e linhas de trajetória, para a geometria selecionada.

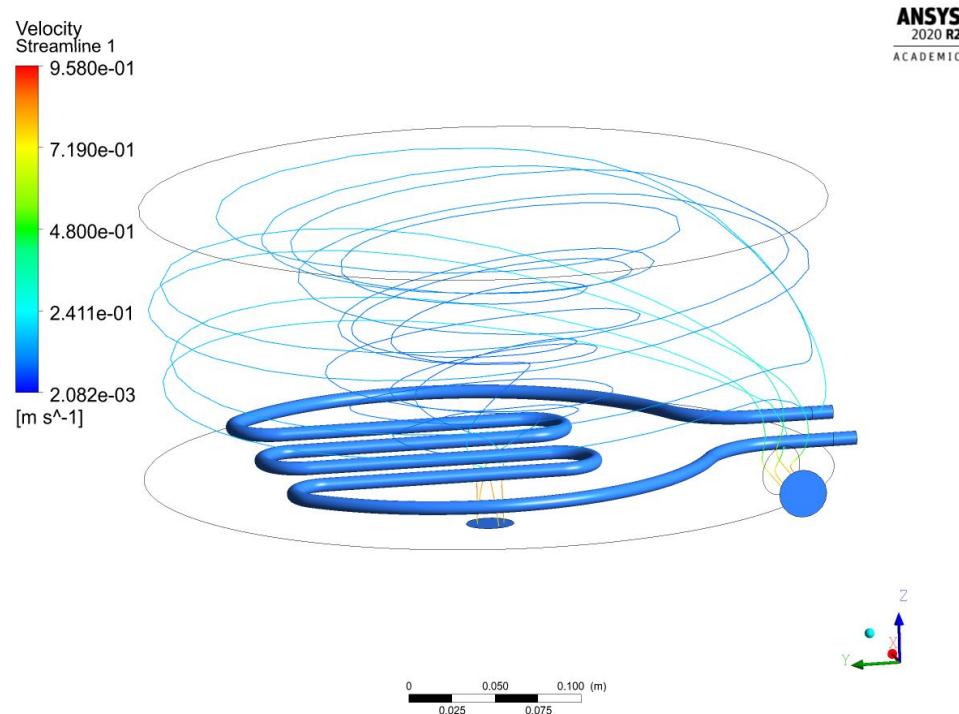


Figura 46 – Vista isométrica, com linhas de trajetória, para a geometria selecionada.

O resultado obtido apresenta uma estrutura do fluido similar à de um redemoinho, portanto, considerou-se que o objetivo da fase de *whirlpool* foi atingido.

2.2.8 Alimentador de insumos

O alimentador de insumos será o responsável por liberar os ingredientes no momento da fervura. Este é apresentado na Figura 47. Possui um volume de 190ml, suficiente para a quantidade de ingredientes inseridos.

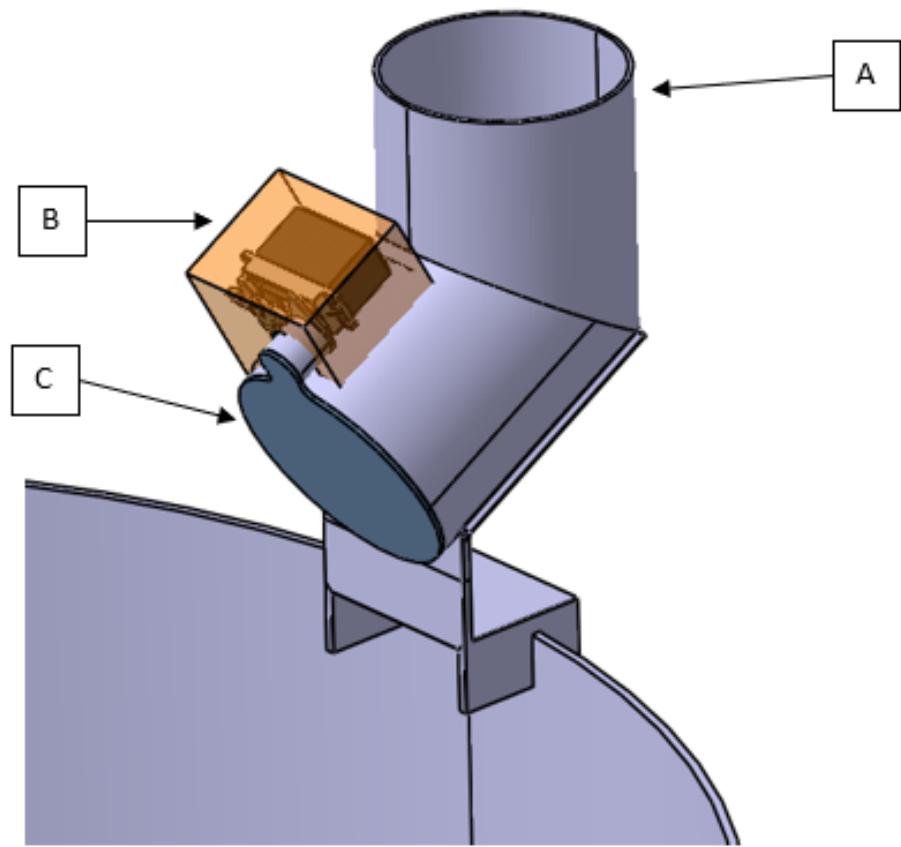


Figura 47 – Alimentador de insumos

Legenda	Item
A	Suporte para insumos
B	Case para servo motor
C	Tampa

Tabela 23 – Legenda alimentador de insumos

Seu funcionamento será de acordo com o mostrado na Figura 48. Ao abrir a tampa, os insumos caem na panela de fervura.

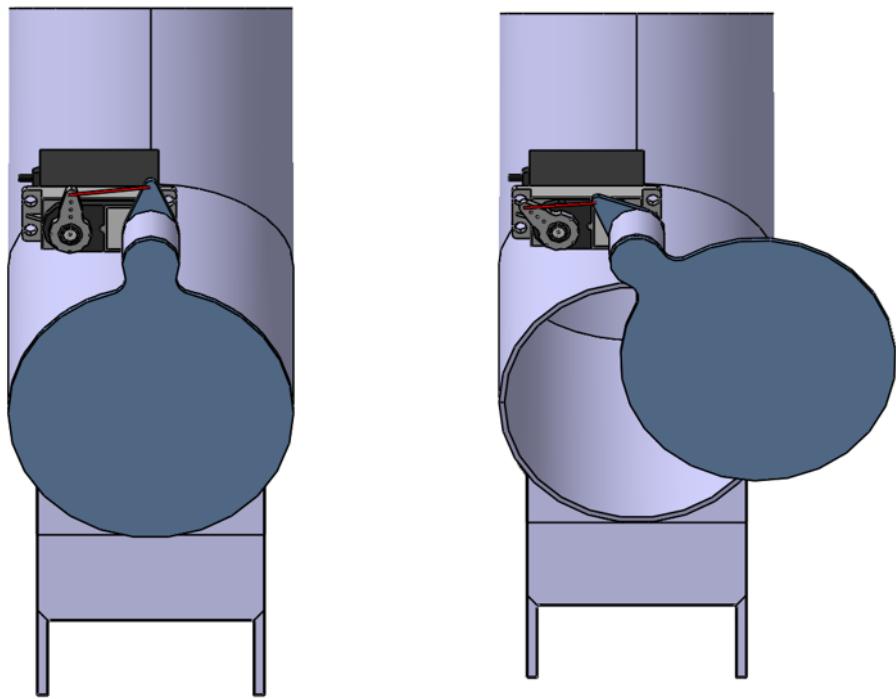


Figura 48 – Funcionamento do alimentador de insumos

O recipiente onde será armazenado os insumos ("A") será construído de tubos de alumínio com diâmetro de 50 mm. Serão cortados e soldados. O suporte inferior apoiado na panela será feito de chapas, também de alumínio. Será utilizado o método de dobramento e solda para unir nas junções de placas e o recipiente tubular.

As cases dos motores responsáveis por girar a tampa do alimentador serão feitas de acrílico (Figura 49). Este visa isolar o servo motor do vapor provindo da fervura. A tampa do alimentador será também construída de acrílico por ser leve e passível de fabricação por CNC. Este material foi escolhido por sua temperatura de transição vítreia se dar acima de 100 °C

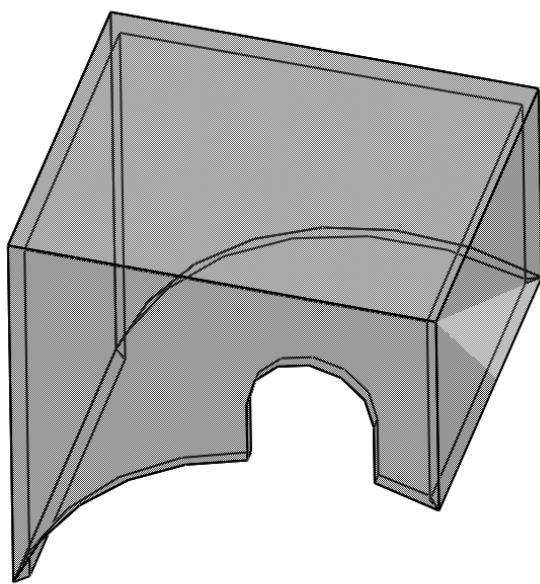


Figura 49 – Case de proteção para servo

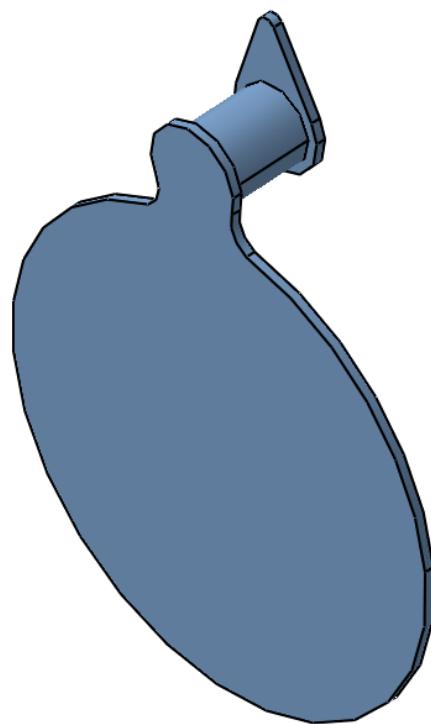


Figura 50 – Tampa do alimentador

Os desenhos técnicos das estruturas apresentadas se encontram no Apêndice H.

Estarão presentes na estrutura mais de um alimentador visto que as receitas apresentam ingredientes diversos. O cliente poderá escolher a quantidade desejada.

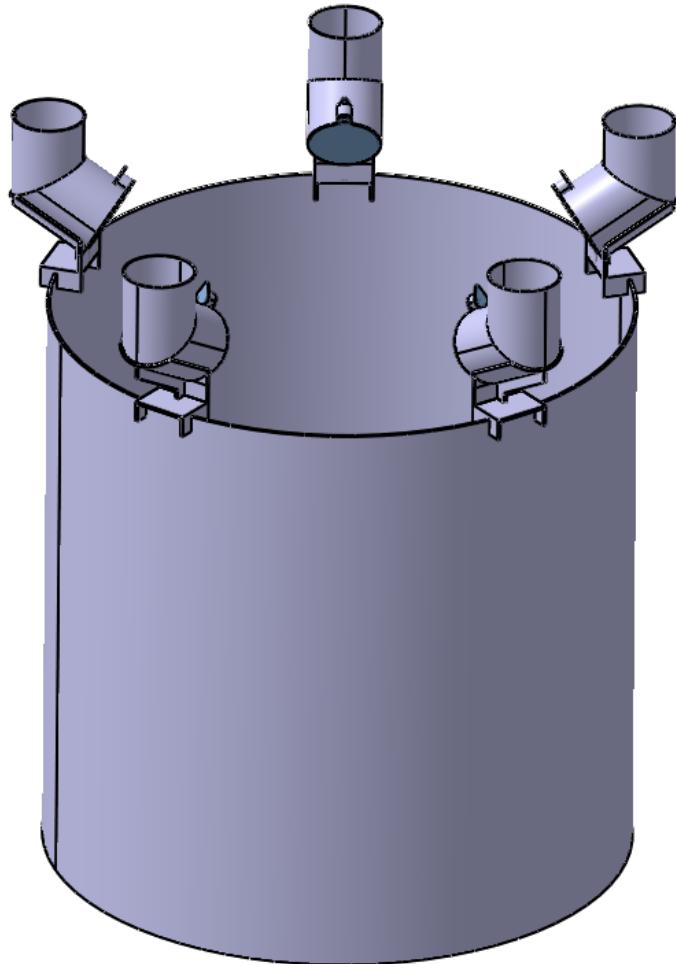


Figura 51 – Disposição dos alimentadores

2.3 Solução do **Sistema** Embarcado

Este **subsistema** tem como objetivo a obtenção dos sinais provenientes dos sensores, o processamento apropriado desses sinais e seu diálogo com o aplicativo. Dessa forma sua estrutura pode ser dividida em três módulos: aquisição, atuação e comunicação.

Observando a Figura 52 é possível ter uma visão geral da solução proposta para o sistema embarcado, os principais componentes internos a cada um dos módulos e ter uma ideia do fluxo de trabalho proposto. Nos parágrafos seguintes é descrito de forma mais detalhada o funcionamento de cada um dos módulos.

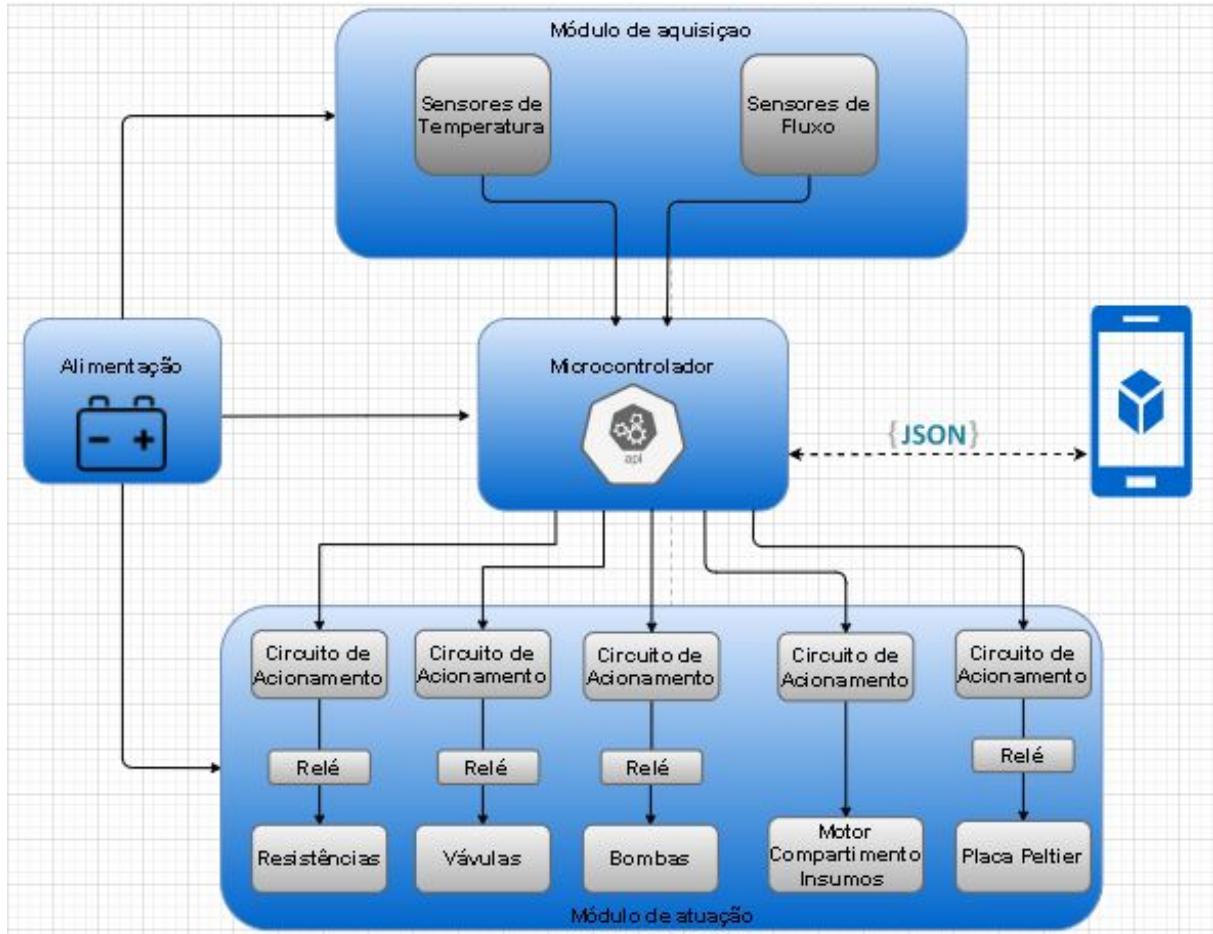


Figura 52 – Diagrama da Solução do Sistema Embarcado

2.3.1 Módulo do Sistema de Aquisição

2.3.2 Sensor de Temperatura

O sensor de temperatura é uma parte importante do projeto, pois é através dele que se controla a resistência que irá aquecer as panelas, coordenando assim as etapas do processo de fabricação da cerveja. Para isso, foi utilizado o sensor de temperatura infravermelho MLX90614ESF.

É importante lembrar que muitos sensores possuem saída analógica, sendo necessário realizar um condicionamento e digitalização do sinal a fim de que o mesmo possa ser interpretado por um microcontrolador. O primeiro passo para a aquisição de um sinal é traduzir a grandeza a ser medida em um sinal elétrico, esta etapa é realizada pelo sensor ou transdutor em si e resulta em um sinal analógico de baixa amplitude. A primeira etapa para o condicionamento deste sinal é a sua amplificação, isto é, gerar um versão de maior amplitude do sinal obtido. Partindo de um sinal de amplitude adequada é possível prosseguir com o condicionamento, desta vez numa etapa de filtragem. Essa etapa se faz necessária para garantir que apenas a espectro de que contenha informação

útil seja tomado. Por fim é realizada a digitalização do sinal, a fim de tornar o sinal inteligível a um microcontrolador ou sistema eletrônico digital. A etapa de digitalização pode ser omitida caso o microcontrolador utilizado possua entradas analógicas.

Esse sensor consegue medir em um intervalo de temperatura de -40°C a 125°C para temperaturas ambientes e -70°C a 380°C para temperaturas em objetos específicos. Sua tensão de operação é entre 3 V e 5 V. O MLX90614ESF realiza todas as etapas de condicionamento internamente. É descrito em seu datasheet que o sensor utiliza um filtro óptico que ignora as bandas de luz visível e de infravermelho próximo, garantindo que a luz ambiente não interfira nas leituras feitas. O sinal é então amplificado por um amplificador operacional de baixo ruído e posteriormente é feita a sua filtragem utilizando filtros FIR (resposta finita ao impulso) e IIR (resposta infinita ao impulso). Após a filtragem o sinal está pronto para ser digitalizado e isso é feito utilizando um modulador Sigma-Delta. O envio e recebimento de comandos e dados é feito através da interface I2C (pinos SCL e SDA). Esse tipo de protocolo de comunicação I2C é do tipo mestre/escravo com dois fios: o SDA (dados seriais, que transportam endereços, controles e dados) e SCL (clock serial, que sincroniza o transmissor e o receptor durante a transferência). Sabendo que os pinos 1, 3, 5 e 9 da raspberry pi são respectivamente 3,3 V, SDA, SCL e ground, foi realizado a montagem conforme o circuito mostrado na Figura 53.

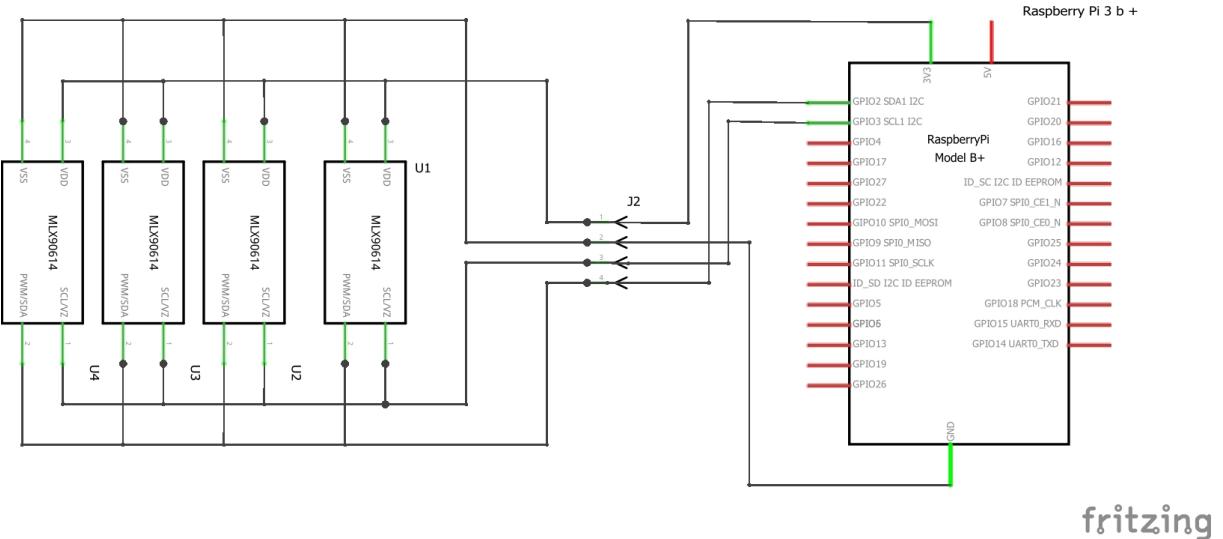


Figura 53 – Conexão Sensor de Temperatura

São muitas as vantagens de se utilizar um sensor que realiza o condicionamento e a digitalização do sinal internamente, as principais delas estão listadas a seguir e justificam a escolha do sensor MLX90614ESF para o projeto.

- Há maior economia, pois a compra de todos os componentes para o circuito de condicionamento e a implementação em placa facilmente ultrapassa o valor comercial do MLX90614ESF.

- Maior confiabilidade, uma vez que o processo de fabricação das placas de circuito de condicionamento poderia não envolver o mesmo nível de refinamento e tecnologia que os garantidos pelo fabricante do MLX90614ESF. A opção mais segura é utilizar um circuito de condicionamento desenvolvido especialmente para aquele sensor e já integrado em seu encapsulamento.
- Fácil e ágil implementação.
- Como o microcontrolador adotado no projeto não possui entradas analógicas, um sensor de saída digital é o ideal.
- Redução das dimensões do módulo de aquisição de sinais de temperatura.

2.3.3 Sensor de Fluxo de Líquido

É através do monitoramento de fluxo de líquido que pode-se ter um maior controle do processo de término e transferência de líquido entre as panelas. Por exemplo, um dos passos da produção de cerveja é transferir água da panela de aquecimento para a panela de brassagem. Uma vez iniciada a transferência do líquido é necessário saber o seu término para então iniciar o próximo processo sem perda de produto. Isso só é possível pelo monitoramento de fluxo de líquido.

Foi escolhido para o monitoramento do fluxo do líquido o Sensor de fluxo de modelo 1/2 YF-S201b. Seu funcionamento é bem simples, em sua estrutura há uma válvula em formato de catavento com um ímã acoplado que trabalha em conjunto com um sensor hall para enviar um sinal PWM. Através destes pulsos é possível mensurar a vazão de água, sendo que cada pulso mede aproximadamente $2,25\text{ mm}$. Ele será instalado em linha com a tubulação para medir a quantidade de água que circula por ele, enviando pulsos PWM para a Raspberry Pi. Por ser um sensor digital, assim como o sensor de temperatura, elimina a parte de conversão A/D para a leitura do microcontrolador. Sabendo que os pinos 11, 4 e 14 da raspberry pi são respectivamente pino de dados, 5 V e ground, foi realizado a montagem conforme o circuito mostrado na Figura 54.

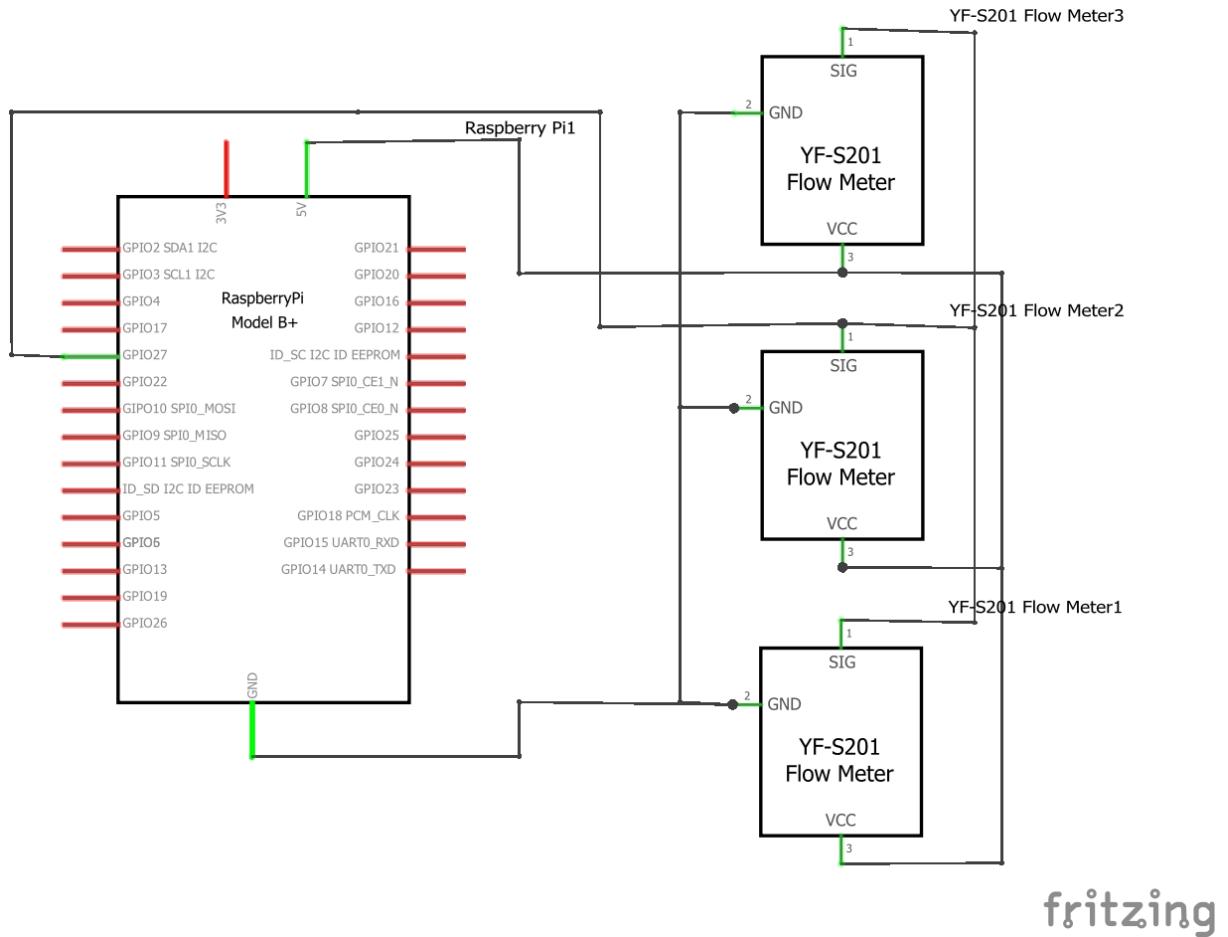


Figura 54 – Conexão Sensor de fluxo

2.3.4 Módulo do Sistema de Atuação

Quando falamos em facilitar os processos produtivos, estamos querendo um sistema otimizado no sentido de produzir itens com menor custo, menor tempo, maior quantidade e maior qualidade. É nesse sentido que a utilização de atuadores se faz necessária, pois sua aplicação está diretamente ligada ao controle e otimização de processos produtivos. Eles são equipamentos utilizados para conversão de sinais elétricos derivados dos controladores, em operações requeridas pelos sistemas que estão sendo controlados. Assim, as soluções propostas para esse módulo devem observar os seguintes atuadores (BRAGA, 2020):

- Bombas

Esse elemento tem como propósito realizar a transferência e recirculação dos fluidos entre as panelas e através do trocador de calor, este por sua vez tem como objetivo resfriar o mosto para obtenção do produto final. Serão duas as bombas utilizadas, sendo uma a responsável por fazer a transferência de líquido entre as panelas e a outra responsável por fazer o mosto fluir pelo trocador de calor. Ambas as bombas possuem as mesmas

especificações, sendo elas de 120 W de potência máxima e com capacidade de vazão de 26 L/min. A bomba é mostrada na Figura 55.



Figura 55 – Bomba de circulação

- Motor

Servos motores serão utilizados na abertura e fechamento dos compartimentos que contém ingredientes de adição posterior ao início do processo. Cada compartimento é aberto por um servo motor com torque máximo de 1,5 kg.cm operando a 5 V. O modelo do motor é mostrado na Figura 56.



Figura 56 – Micro Servo 9g SG90

- Válvulas

As válvulas solenoides, que são dispositivos eletromecânicos usados para controlar o fluxo de líquidos ou gases, serão utilizadas para o controle de líquido pela tubulação do sistema ([TAMESON, 2020](#)). Todas as válvulas solenoides a serem utilizadas no projeto — Figura [57](#) — resistem a até 240 °C quando submetidas a até 12 bar de pressão.



Figura 57 – Válvula Solenoide SERIE 4213ITHUS

- Relés

Os relés de estado sólido são dispositivos eletrônicos usados para o chaveamento de cargas resistivas ou indutivas. Dessa maneira os relés vão servir para acionar as bombas, motores e resistências de aquecimento (ELéTRICA, 2020). No caso do controle da resistência de aquecimento, será necessário um relé que consiga suportar a corrente necessária para suprir os 4000W de potência que a resistência de aquecimento selecionada (Seção 2.2.2)

demandas, ou seja, suportar passagem de corrente maior que 23 A. Para tal selecionamos o rele SSD 48D25A da marca Loti, que suporta correntes de até 25 A.



Figura 58 – Relé de estado sólido com transição em zero crossing

2.3.5 Circuito de Açãoamento

A Solução proposta para o circuito de açãoamento é mostrada na Figura 59.

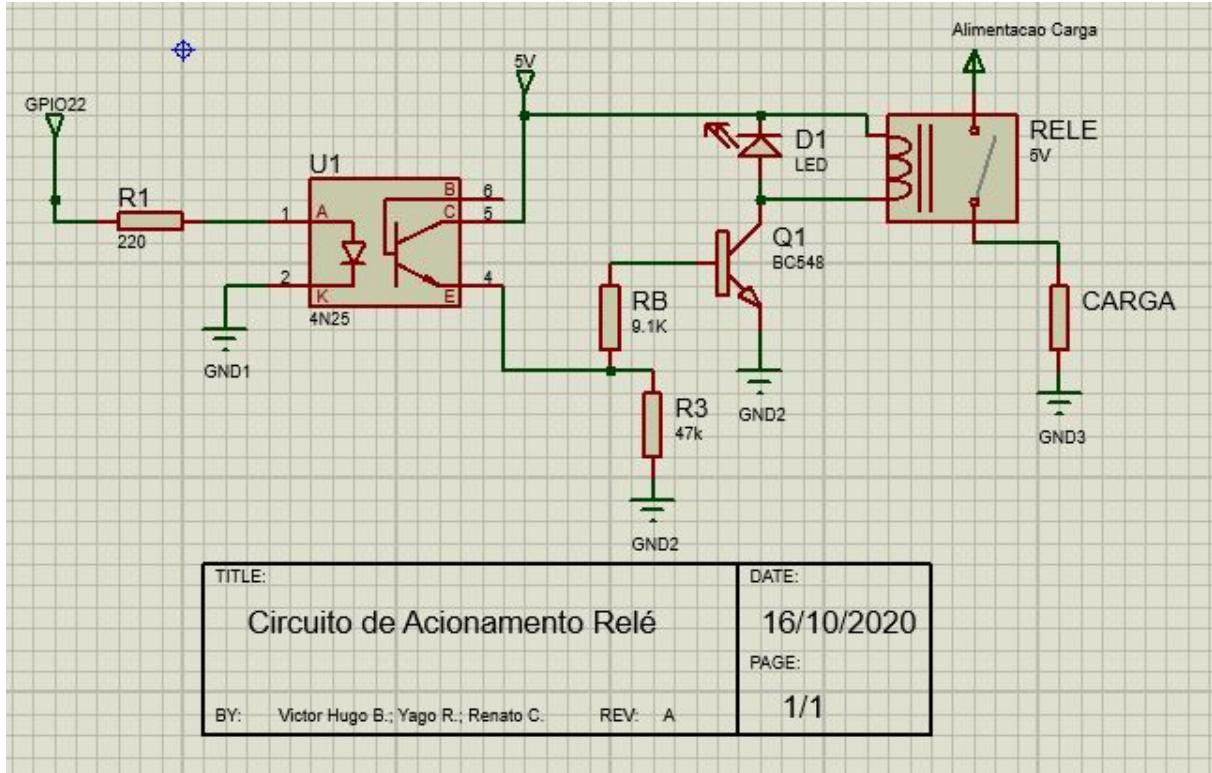


Figura 59 – Circuito de Acionamento do Relé

Os módulos relés usualmente comercializados, são feitos para receberem 5 V nos seus acopladores ópticos, que são responsáveis em realizar o acionamento do relé. A GPIO da raspberry possui uma tolerância de 3,3 V e 16 mA, e quando essa tensão é aplicada na entrada do módulo relé, o LED interno do acoplador não é acionado ou muitas vezes não funciona como o desejado, consequentemente não se consegue um resultado eficiente no controle dos relés. Além disso os módulos possuem alimentação externa de 5 V, se o RPi não possuir uma proteção adequada para este tipo de situação, o GPIO queimarará, pois este *jumper* faz a conexão entre o Vcc de 5 V com o acoplador, LED externo e a entrada, sendo uma situação não desejada em dispositivos 3,3 V, mesmo se as GPIOs estão configuradas como *Output*.

Para contornar estes problemas foi desenvolvido um circuito de acionamento composto por um acoplador óptico (4N25), três resistores ($R_1 = 210\ \Omega$, $R_2 = 9,1\ k\Omega$ e $R_3 = 47\ k\Omega$), um transistor (BC548), um Diodo roda livre (1N4001) e um relé (SRD-5VDC-SL-C). Desse modo o LED interno do acoplador projetado será acionado com 3,3 V, e seu transistor interno receberá 5 V para o acionamento do relé. Com essa topologia conseguiremos casar e isolar a GPIO da raspberry do módulo relé.

O pino descrito como GPIO22 do circuito fica ligado à saída do microcontrolador. O resistor R_1 limita a corrente, e consequentemente, a tensão sobre o LED interno. O valor do resistor para o LED interno do acoplador óptico foi obtido a partir do seguinte cálculo utilizando a Lei de Ohm, com os valores típicos de V_1 , tensão e corrente do LED

conforme o *datasheet* do modelo 4N25.

- $V_1 = 3,3 \text{ V}$
- $V_{Led} = 1,2 \text{ V}$
- $i_{Led} = 10 \text{ mA}$

Lei de ohm para o calculo de R1:

$$R1 = \frac{V_1 - V_{led}}{I_{led}} = \frac{3,3V - 1,2V}{20mA} = 210\Omega \quad (2.33)$$

Quando o pino de saída do microcontrolador estiver em nível alto (3,3 V) o LED produzirá uma luz infravermelha e polarizará a base do fototransistor, fazendo com que ele entre em condução. Assim, colocará o potencial positivo da fonte na junção dos dois resistores Rb e R3.

Para caracterizar o circuito de chave que irá acionar a bobina do relé tomamos como base o funcionamento do transistor g  nero NPN, mostrado na Figura 60:

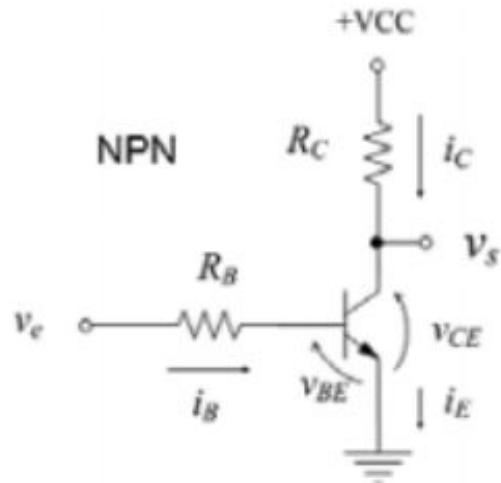


Figura 60 – NPN transistor

Com I_c sendo minha corrente de carga, ela será a corrente necessária para acionar a bobina do relé. Ao consultar o *datasheet* do mesmo, temos que:

$$i_C = 20mA \quad (2.34)$$

Minha corrente de base i_b    calculada a partir do valor de i_c e do β_{min} , esse que    o valor de ganho mínimo que garante a saturaci  o retirado do *datasheet*. Sendo assim:

$$i_b = \frac{2 \times i_C}{\beta_{min}} = \frac{2 \times 20mA}{75} = 0,53mA \quad (2.35)$$

Minha resistência de base R_b é calculada a partir dos valores de V_e , V_{be} e i_b . V_e é a tensão vinda do optoacoplador (5 V), V_{be} é a tensão entre a base e emissor do meu transistor, com valor de 0,7, que é a queda de tensão do meu diodo $D1$ e i_b é minha corrente de base:

$$R_b = \frac{V_e - V_{be}}{i_b} = \frac{5V - 0,7V}{0,53mA} = 8,8\Omega \quad (2.36)$$

Já na resistência $R3$, foi escolhido um valor alto de 47k para evitar um curto circuito, pois o fototransistor opera como chave, estando ligado ao GND e +Vcc em seus terminais. Assim a necessidade de uma carga prévia. As resistências escolhidas para o circuito tomaram como base valores comerciais próximos dos calculados.

O diodo $D1$, conectado em antiparalelo com a bobina do relé, evita tensões reversas ocasionadas por cargas indutivas quando o transistor BC548 entra em corte.

Dessa forma, o circuito projetado funcionará perfeitamente para acionamento de cargas elevadas tendo grande proteção tanto para o microcontrolador quanto para o transistor de potência, pois possui proteções como: diodo roda livre e optoacoplador com alta tensão de isolamento. Com isso, foi projetada a seguinte PCI (*Placa de Circuito Impresso*) do circuito de acionamento, mostrado na Figura 61:

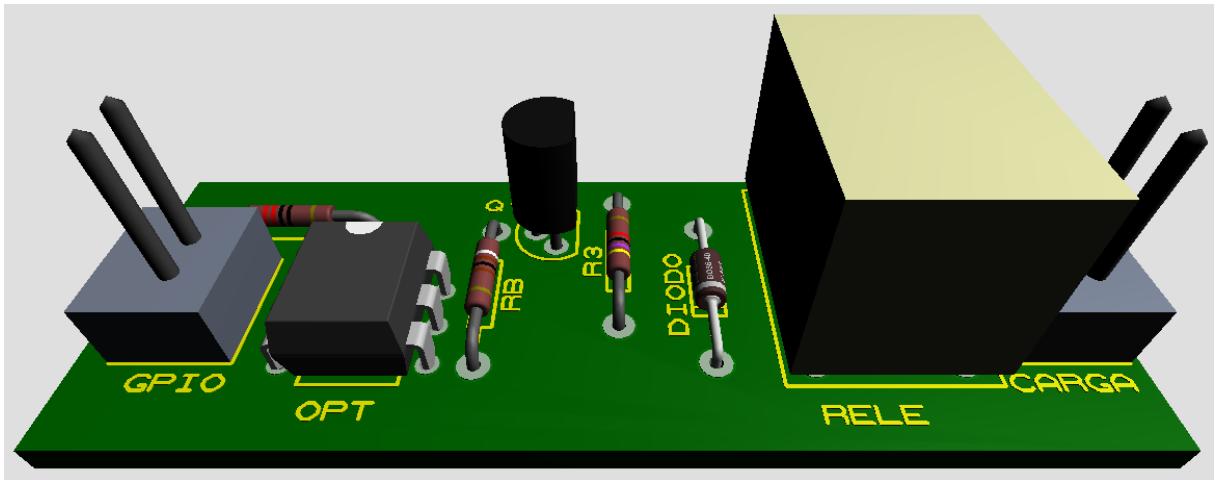


Figura 61 – PCI do Circuito de Acionamento do Relé

2.3.5.1 Controlador de temperatura

Em geral, resolver um problema de controle significa encontrar uma representação matemática da ação que deve ser tomada para atingir o comportamento desejado (OGATA, 2002). Normalmente, ao se desenvolver um controlador, utiliza-se de um diagrama de blocos para se ter uma visão geral do projeto (Figura 62). $R(s)$ é a entrada

do sistema e $C(s)$, a saída. Os parâmetros de entrada e saída podem ser definidos pelo desenvolvedor, sendo neste projeto, temperatura e potência respectivamente. Neste caso a função de transferência $G(s)$ sistema é dada por:

$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} \quad (2.37)$$

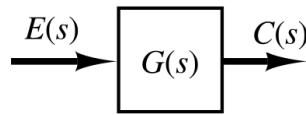


Figura 62 – Sistema em malha aberta

Assim, conhecendo o modelo matemático do sistema, é possível saber a saída para qualquer entrada. Entretanto, com esse sistema não é possível se ter controle visto que não se mede a saída. Para isso, é necessária uma realimentação para se comparar a saída com a referência desejada

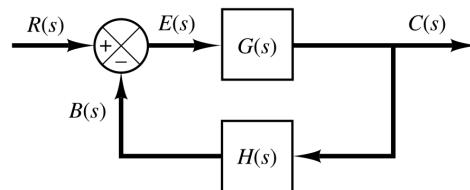


Figura 63 – Sistema em malha fechada

Baseado na Figura 63, tem-se uma função de transferência em malha fechada. Um sensor mede a saída $C(s)$ e compara com a entrada $R(s)$ gerando um sinal de erro $E(s)$.

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)} \quad (2.38)$$

2.3.5.1.1 PID

PID é a sigla de Proporcional, Integral e Derivativo. Um controlador PID é aquele que inclui elementos das 3 funções. Sua estrutura básica segue um sistema com realimentação mostrado na Figura 64. O objetivo deste controlador é fazer a variável y seguir a referência r . Para isso a variável u comandada pelo controlador é alterada (ARAKI, 2009).

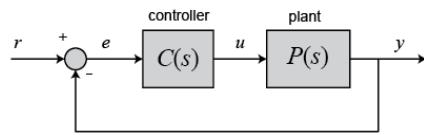


Figura 64 – Estrutura do PID

Os elementos do controlador PID tem as seguintes naturezas:

- P: proporcional ao erro no instante t - presente.
- I: proporcional à integral do erro até o instante t - acúmulo do erro passado.
- D: proporcional à derivada do erro no instante t - previsão do erro futuro.

O controlador PID pode ser entendido como um controlador que leva em consideração o erro presente, passado e futuro. A variável de comando u segue a equação:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de}{dt} \quad (2.39)$$

onde K_p , K_i e K_d são os ganhos multiplicados pelos, respectivamente, erro, sua integral e derivada. No domínio de Laplace, o sinal de comando pode ser escrito como:

$$u(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \quad (2.40)$$

2.3.5.1.2 Planta

Visando definir o sistema dinâmico da planta, deve-se antes, definir as fronteiras deste (Figura 65). Dessa forma, como entrada de potência térmica tem-se a potência elétrica do resistor. Como saída, tem-se a evaporação do fluido, convecção e radiação através da panela.

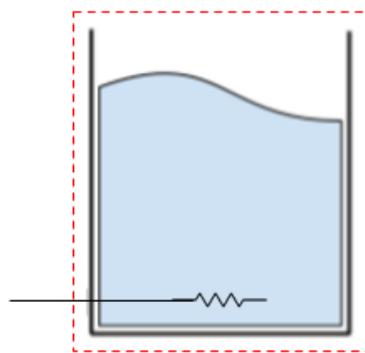


Figura 65 – Fronteira do sistema de aquecimento

Considerando o fluido com capacidade térmica C , a condutividade térmica total entre o interior e exterior do sistema U_t , a temperatura exterior T_0 , a temperatura interna T_R e a potência de aquecimento q , tem-se que o balanço de energia do sistema é:

$$\text{Energia armazenada} + \text{energia perdida} = \text{Potência de aquecimento}$$

$$C \frac{dT_R}{dt} + U_t(T_R - T_o) = q_{aux} \quad (2.41)$$

No domínio de Laplace:

$$sCT_R(S) + U_tT_R(s) = U_tT_0(s) + q_{aux}(s) \quad (2.42)$$

Rearranjando:

$$T_R(s) = \frac{U_t}{sC + U_t} T_0(s) + \frac{1}{sC + U_t} q_{aux}(s) \quad (2.43)$$

Dessa forma, deve-se calcular a capacidade térmica C e a condutividade térmica U .

Considerações:

- O controlador atua somente na fase da brassagem, assim os parâmetros foram calculados baseado na água.
- Devido a recirculação constante, assume-se que todo o fluido está em equilíbrio térmico.

Sendo o calor específico da água $c = 4184 \text{ J/KgK}$, a densidade $\rho = 997 \text{ Kg/m}^3$, e um volume inicial máximo de $V = 30 \text{ L} = 0,03 \text{ m}^3$, tem-se que a capacidade térmica é:

$$C = c * \rho * V = 4184 * 997 * 0,03 = 125143,44 \text{ J}/\Delta K \quad (2.44)$$

A condutividade térmica foi calculada baseada no trabalho de [Berick \(2006\)](#). Seus resultados apresentam a perda de energia por evaporação nas faixas de 50 a 100 °C. Através de uma regressão linear entre 60 e 80 °C (limites de operação normais da brassagem), foi obtido a condutividade por evaporação $U_e = 0,13 \text{ W}/\Delta K$

A condutividade térmica por convecção é calculada pela Eq. 2.45 de acordo com a Figura 66.

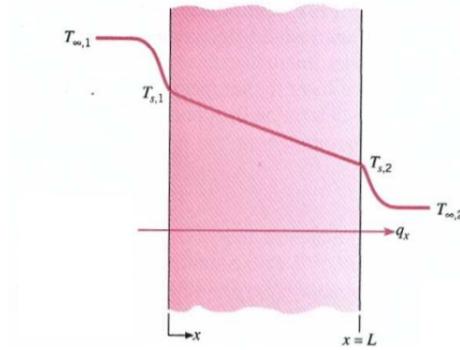


Figura 66 – Transferência de calor através de parede plana

$$R = \left(\frac{1}{h_1 A} \right) + \left(\frac{L}{k A} \right) + \left(\frac{1}{h_2 A} \right) \quad (2.45)$$

A fronteira do sistema engloba somente a perda de calor pela convecção externa. Dessa forma tem-se que:

$$R = \left(\frac{1}{h_2 A} \right) \quad (2.46)$$

considerando o coeficiente de condutividade térmica do ar $k = 0,02588 W/mK$ e a área lateral da panela $A = 0.5 m^2$, tem-se que:

$$h_2 = \frac{k}{T_s - T_{\text{inf}}} = \frac{0,02588}{80 - 25} = 47 * 10^{-5} W/m^2 K \quad (2.47)$$

$$U_c = 1/R = h_2 * A = 47 * 10^{-5} * 0,5 = 23,5 * 10^{-5} W/\Delta K \quad (2.48)$$

$$\text{A condutividade térmica total } U_t = 0,13 + 23,5 * 10^{-5} = 0,13 W/\Delta K$$

A função de transferência logo,

$$T_R(s) = \frac{0,13}{125143s + 0,13} T_o(s) + \frac{1}{125143s + 0,13} q_{aux}(s) \quad (2.49)$$

2.3.5.1.3 Modelo *simulink*

O software utilizado para simulação do controlador e da planta foi o *matlab-simulink*. O diagrama em blocos do funcionamento segue de acordo com a Figura 67.

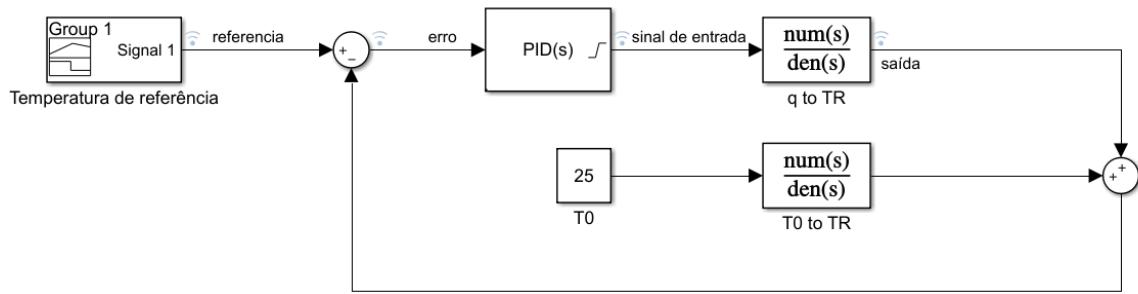


Figura 67 – Diagrama em blocos do sistema de aquecimento da brassagem

A temperatura de referência é o sinal das temperaturas alvo durante o processo de brassagem. Os blocos "q to TR" e "T0 to TR" representam as funções de transferência da Eq. 2.49. O sinal de entrada segue degraus de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 68). Este valor se deve a média das rampas e temperatura encontrada nas receitas de cerveja.

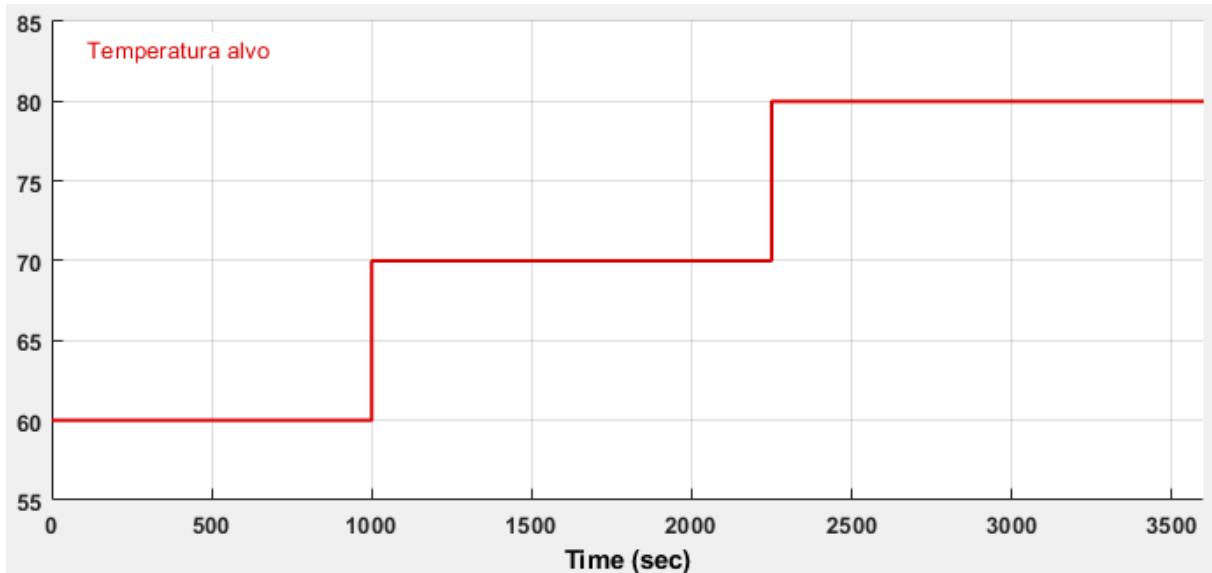


Figura 68 – Gráfico da temperatura de referência($^{\circ}\text{C}$) pelo tempo

Limitando a potência de aquecimento a 4000 W tem-se o resultado mostrado na Figura 69 e 70.



Figura 69 – Curva de aquecimento da planta

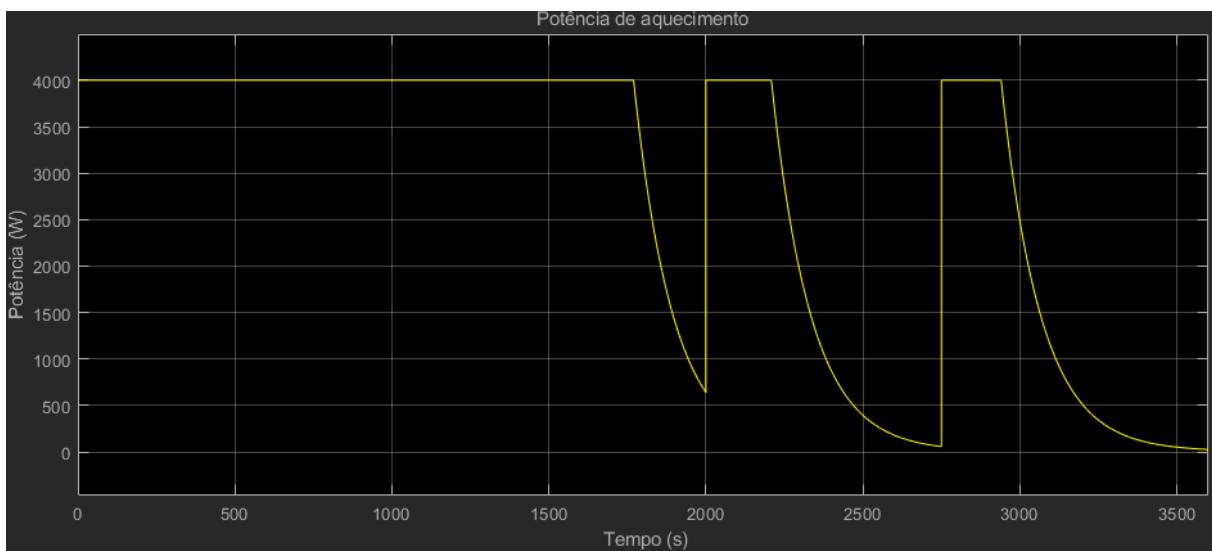


Figura 70 – Potência de aquecimento aplicada

Para a panela de aquecimento, considera-se o tempo entre 25 e 60 °C. Este é 1200 s ou 20 min. Entre os degraus de 10 °C temperatura, tem-se 7 min como tempo de acomodação.

Para tais resultados, os ganhos do PID foram definidos como: $K_p = 1000$, $K_i = 0,01$ e $K_d = 0$. O ganho derivativo se mostrou desnecessário pois não apresentou alterações nos resultados, assim o controlador é denominado PI. Os ganhos K_p e K_i foram sintonizados inicialmente com auxílio de ferramentas do MATLAB e feitos ajustes finos manuais posteriormente.

Na etapa de fervura a resistência se encontrará em potência máxima visto que, para ebulação, não há a necessidade de controle de temperatura.

2.3.5.1.4 Solução proposta para o controlador de temperatura

Como proposta de engenharia para o controle de temperatura decidimos por implementar a função do controlador na *Raspberry Pi*, pela familiaridade da equipe com a linguagem *Python*. De modo geral o controle das resistências é implementado através de PWM (*Pulse Width Modulation*).

PWM ou modulação de largura de pulso nada mais é do que determinar a duração de um pulso dentro de um período de tempo fixo. Por exemplo, imaginando que dentro de um intervalo de 10 segundos um sinal de tensão apresenta 5V nos primeiros 5 segundos e 0V nos 5 segundos restantes. Neste exemplo a duração do pulso correspondeu a 50% do período total considerado, mas se a saída fosse 5 V apenas nos 3 primeiros segundos, a duração do pulso corresponderia a 30% do período de tempo considerado. Ajustar a duração do pulso dentro de sucessivos períodos é realizar um PWM. Apesar de muito simples é um conceito com vasta aplicabilidade elétrica e eletrônica principalmente no controle de atuadores, sejam eles motores, resistências de aquecimento ou sinais luminosos. Para entender sua utilidade pode-se tomar o controle das resistência de aquecimento proposto neste trabalho.

As resistências dimensionadas para o aquecimento das panelas possuem potência de 4 *kW* para uma tensão de 220V. Isso significa que quando ligada à rede, cada resistência dissipava 4 *kJ* por segundo. O fato é que a resistência entrega uma potência fixa e é razoável supor que toda essa potência é necessária, por exemplo, ao aquecer o mosto de uma panela de 50 °C para 70 °C. Agora supondo que na etapa seguinte deve-se apenas manter o mosto aquecido a 70 °C por 30 minutos, percebe-se que fornecer 4 *kW* certamente faria a temperatura do mosto continuar a subir e simplesmente desligar a resistência faria a temperatura cair abaixo da faixa desejada. Neste cenário seria desejável fornecer valores intermediários de potência a fim de manter a temperatura desejada. Tais valores podem ser alcançados ao utilizar um PWM para acionar a resistência de aquecimento. Por exemplo, para atingir um potência de 2,5 *kW* bastaria manter a resistência ligada durante a metade de cada período, pois, na média, a potência fornecida em cada ciclo seria de exatamente 2,5 *kW*.

A fim de efetivamente implementar o controle das resistências de aquecimento é necessário traduzir a saída do controlador PI na forma de um PWM. Isso pode ser feito mapeando os valores de potência (de 0 a 4 *kW*) da saída do controlador a valores de largura de pulso (de 0 a 100% da duração de cada período). Quanto ao circuito de acionamento da resistência, pode-se utilizar o circuito de acionamento de relés descrito anteriormente, apenas observando as características do relé a ser utilizado.

Por se tratar de um circuito com saída acoplada à rede, optamos por utilizar um rele com transição em zero *crossing*. Transição em zero *crossing* se caracteriza por esperar

amplitude de tensão próxima a zero Volts. O que, além de aumentar a vida útil do rele, evita oscilações de energia na residencia ou local onde o aparelho está ligado.

2.3.6 Módulo do Sistema de Comunicação

O microcontrolador não é responsável apenas por processar os dados dos sensores e acionar atuadores, ele também é responsável pela comunicação com o usuário. Utilizando o aplicativo, o usuário deve ser capaz de escolher uma receita de cerveja, dar início à produção e monitorar cada processo do preparo remotamente. O aplicativo, por sua vez, envia e recebe todas essas informações através do consumo de uma API (*Application Programming Interface, ou Interface de Programação de Aplicações*). Tal API nada mais é que uma interface que recebe e envia informações através de requisições HTTP feitas pelo aplicativo do usuário.

A fim de tornar essa comunicação possível o microcontrolador escolhido foi a *Raspberry Pi 3 Model B+* que é um mini-PC que roda distribuições *Linux* como o *Raspbian* e *Ubuntu*, mas também suporta outros sistemas operacionais como o *Windows 10 IoT* e versões customizadas do *Linux*. Essa versão B+ da *Raspberry Pi 3* tem processador de 1.4GHz, 1GB de memória e suporta redes *wireless* no padrão AC, proporcionando uma boa velocidade para a conexão.

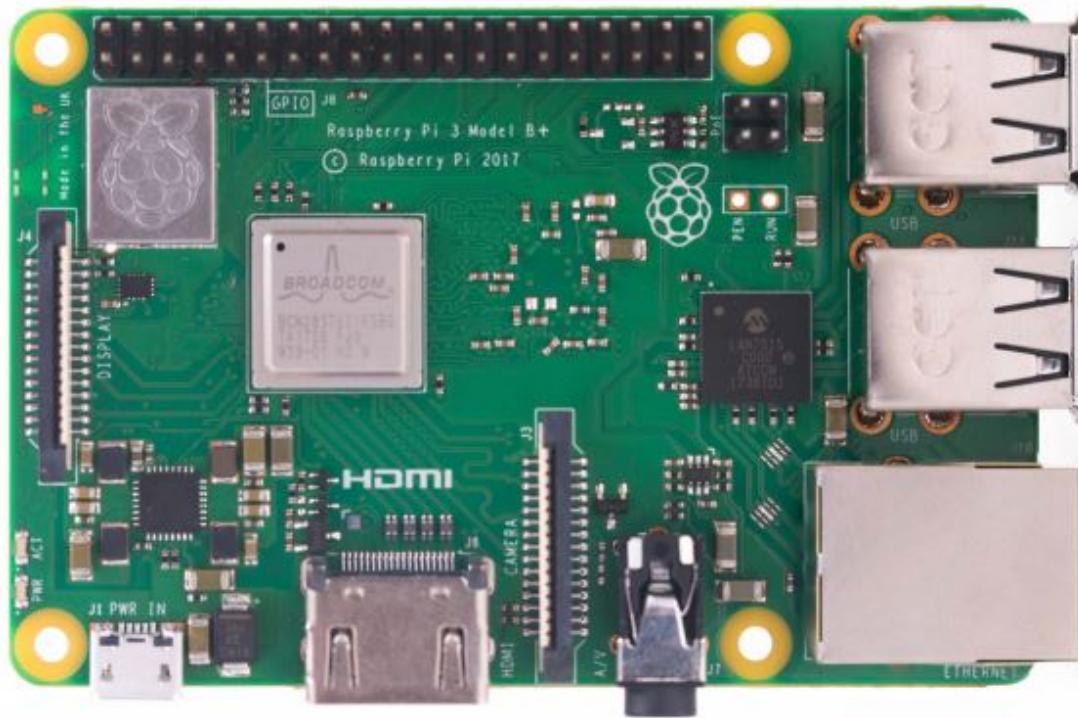


Figura 71 – Raspberry Pi 3 Model B+

2.3.7 Módulo do Sistema de Alimentação

Comumente conhecido como UPS (*Uninterruptible Power Supply*), a norma brasileira NBR 15014 define esse equipamento como Sistema de Alimentação de Potência Ininterrupta, popularmente chamado de *Nobreak*. Esse equipamento é empregado para dar continuidade ao fornecimento de energia à um equipamento, quando este não pode sujeitar-se a interrupções da rede elétrica por diversos motivos, entre eles prejuízos financeiros por perda de produtos que estão em produção.

O caso citado aplica-se a nossa microcervejaria, uma vez que não desejamos que o nosso cliente venha a perder material quando iniciar o processo de fabricação e ocorrer uma falha na rede de distribuição elétrica, visto que após o início do processo não tem como fazer uma pausa no mesmo. Portanto, é necessário a utilização deste equipamento com capacidade de armazenamento de energia, que garanta a continuidade no fornecimento de energia elétrica à microcervejaria.

Dentre as possíveis classificações para o *Nobreak*, a mais comum é quanto ao seu modo de funcionamento, onde este pode ser classificado como *online*, *off-line* e interativos. O *off-line* também é conhecido como *stand-by*, e sua característica é não fornecer energia ininterrupta, ou seja, quando ocorre a queda de energia há um atraso de tempo até as baterias começarem a fornecer energia ao sistema. Este atraso não é considerado prejudicial pois é somente de 10 milisegundos, resultando assim em não obter problema para nossa solução visto que não ocorrerá alteração considerável no preparo da cerveja.

O *Nobreak* da microcervejaria foi projetado para uma autonomia de três horas, visto que o processo para a conclusão da cerveja leva cerca de duas horas e meia. Assim a garantir para o consumidor uma garantia com margem de erro que seu processo não será afetado em casos de falta de energia. Os materiais necessários para a construção do *Nobreak* são descritos na tabela a seguir.

Material	Quantidade
Transformador 6V	1
Diodo Zener 1N5244	4
Bateria 12V	1
Relés	2

Tabela 24 – Materiais para o Nobreak

2.3.7.1 Plano de teste

Para realizar os testes referentes ao funcionamento do *Nobreak* é necessário obter conhecimento acerca do bom funcionamento da bateria. Foi utilizado o método de teste de capacidade de baterias Open Circuit Voltage (OCV), em português Voltagem de Circuito Aberto, que é a medida relativa da concentração do eletrólito (densidade) contida dentro

da bateria. A densidade do eletrólito é a medida direta da condição de carga da bateria e pode determinar o percentual da capacidade da bateria remanescente em um dado ponto. O teste é realizado por meio do auxílio do voltímetro, onde espera-se entre 1 e 3 minutos após a recarga e medir a tensão nos polos da bateria. Assim é possível verificar que a bateria está em boas condições de uso e segurança.

2.3.7.2 Dimensionamento do Nobreak

Para realizar o dimensionamento, é necessário obter os valores das potências dos aparelhos que serão supridos pelo *Nobreak*.

Equipamentos	Quantidade	Potência Máxima (W)	Potência Total (W)
Bomba	2	120	240
Placa Peltier	3	73,2	219,6
Cooler	3	3	9
Fonte	1	240	240
Resistência	1	4×10^3	4×10^3
Total	-	-	468,6 W

Tabela 25 – Equipamentos que serão supridos pelo Nobreak

Para o cálculo do dimensionamento do *Nobreak* foram utilizados os equipamentos que mais demandavam potência no projeto e acrescentando um fator de correção de 1,3 no somatório total da potência para garantir que nada ficaria sem ter sua demanda suprida. Dessa forma, foi realizado $468,6 \text{ W} * 1,3 = 609,18 \text{ W}$, como valor da potência total do sistema. Para uma autonomia de três horas, a capacidade necessária do *Nobreak* é de $609,18 \text{ W} \times 3\text{h} = 1,83 \text{ kWh}$. Apenas uma resistência é utilizada para o cálculo do *Nobreak* pois as resistências não irão funcionar em conjunto, apenas uma por vez.

Para a escolha da bateria deve-se achar a corrente em Ah, realizando os cálculos, a partir de $P = VI$, onde P é a potência total encontrada e V a tensão, a corrente necessária é 8,30 Ah. Considerando que a bateria não pode descarregar mais de 30%, obteve-se o valor de 13,83 Ah. A bateria escolhida é de 12 V e 14 Ah. O diagrama de funcionamento é descrito na Figura 72.

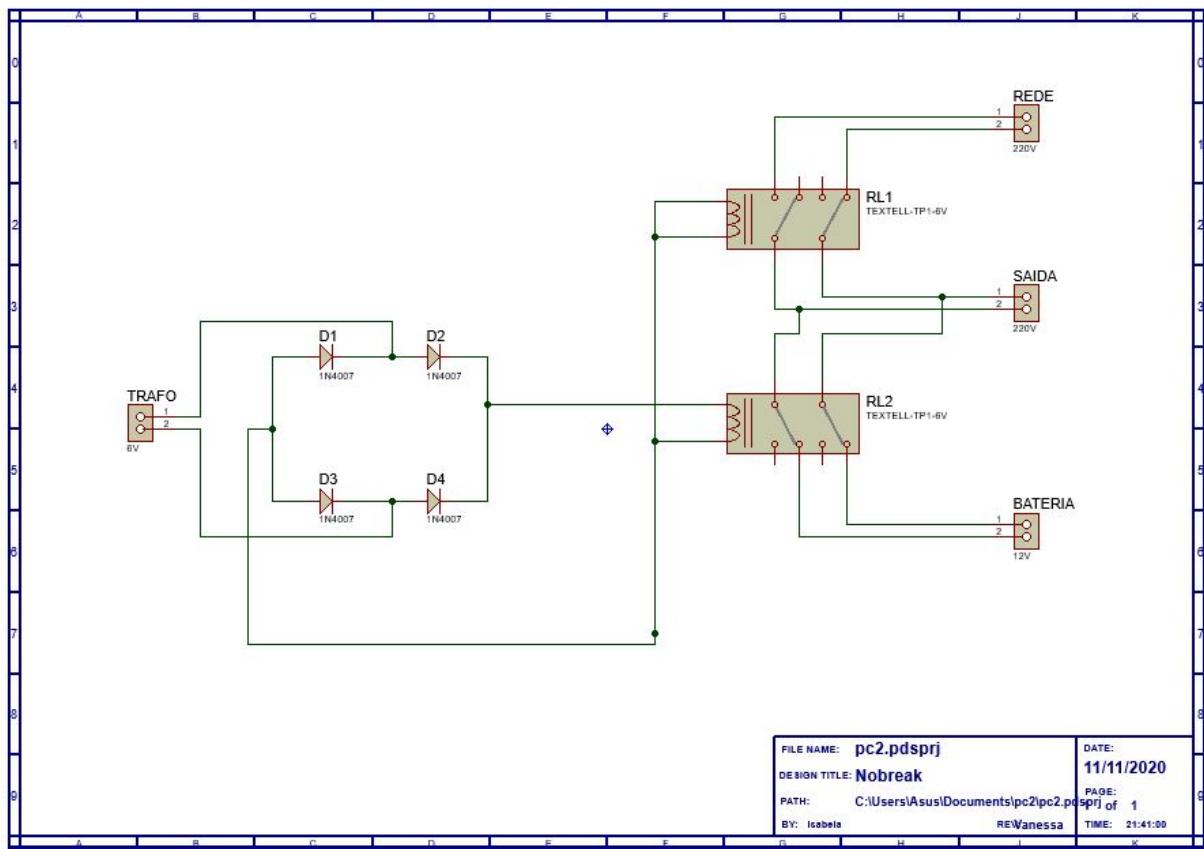


Figura 72 – Diagrama de Funcionamento do Nobreak

A Figura 73 mostra como será o circuito impresso do *nobreak*, denominado de PCI, enquanto a Figura 74 mostra como será o seu desing.

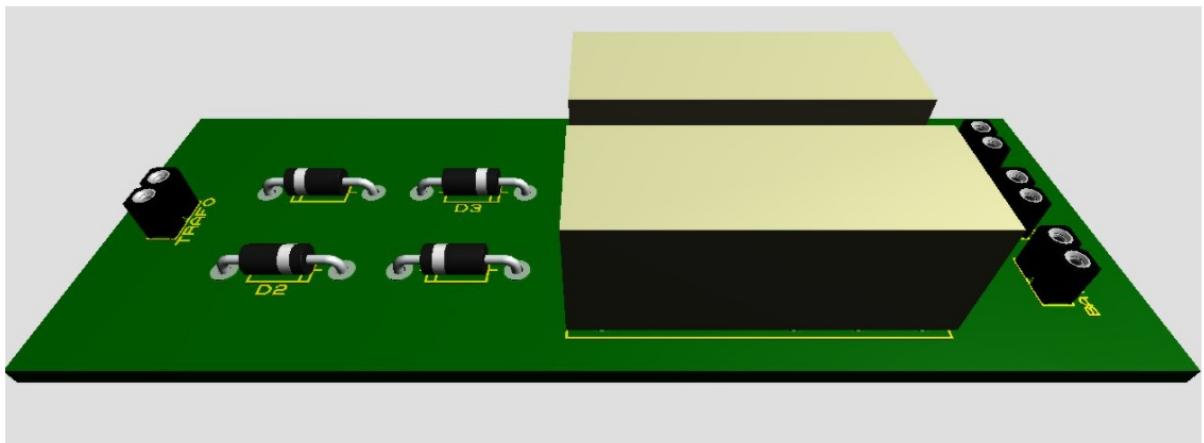


Figura 73 – Circuito PCI em 3D no Nobreak

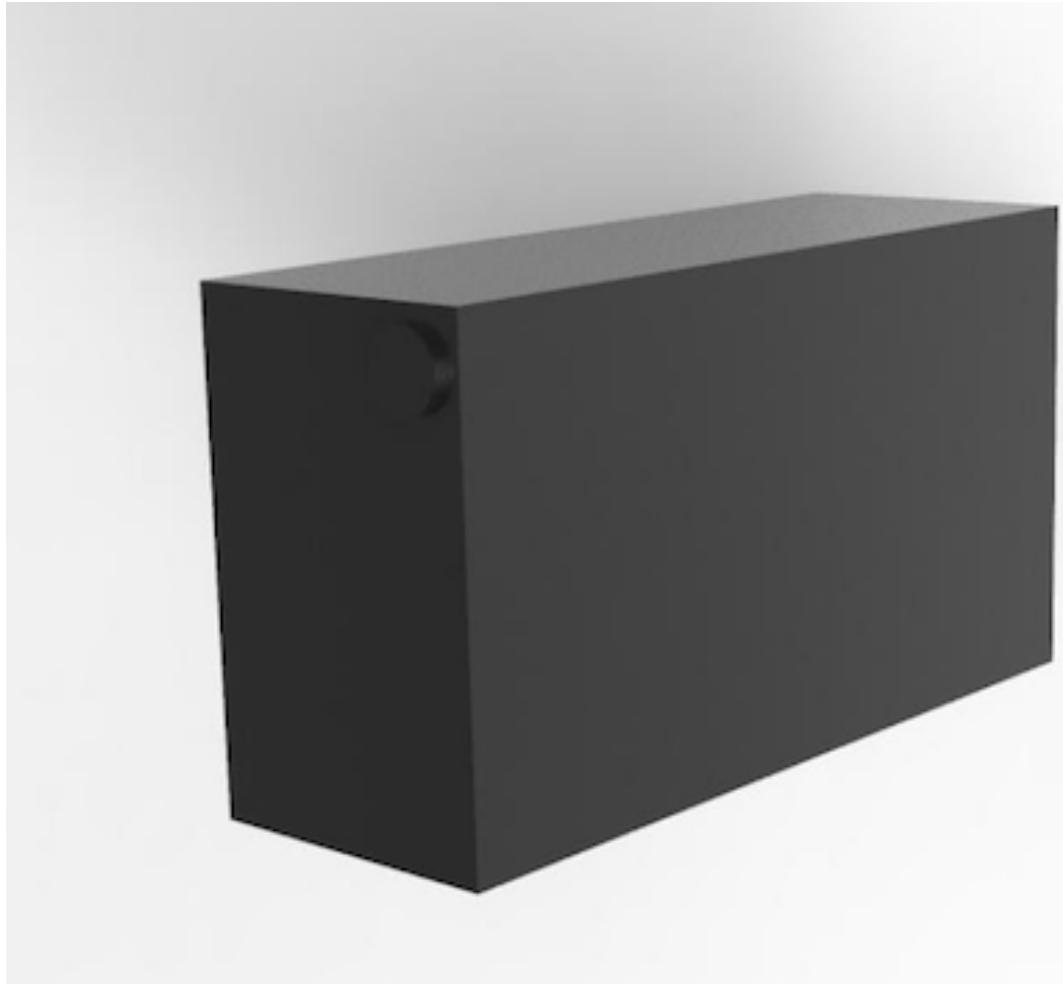


Figura 74 – Desing do Nobreak

2.3.8 Disjuntor Liga-Desliga

Para energizar a máquina eh colocado um disjuntor entre o Nobreak e o circuito da mesma. Para fins de segurança o disjuntor deve ser capaz de suportar corrente de 20A. Para caber no prerrequisito foi selecionado o disjuntor SDZD62B25 que suporta correntes de 25A para uma tensão de 220V([THERMONAMIC, 2017](#)). A escolha foi feita por 25A ser um fator de corrente mais usual, e foi observado que o custo deles tende a ser inferior. Foi selecionada curva de acionamento do tipo B, pois o circuito não possui elementos com alta demanda de corrente como motores, bobinas e transformadores([SAIBA... ,](#)).



Figura 75 – Disjuntor 25A

2.3.9 Fonte Reguladora de Tensão Para a Placa Peltier



Figura 76 – Fonte para Placa Peltier

Foi escolhida a fonte de alimentação do modelo HS-250 12, pois ela consegue entregar uma potência máxima de aproximadamente 250 W, justificando sua escolha visto que as três placas de Peltier em conjunto possuem uma potência máxima de operação de 220 W. Suas principais especificações técnicas são apresentadas a seguir:

Modelo	HS-250-12
Tensão de Saída	12 V
Corrente Nominal	20 A
Tensão de Entrada Selecionável	85 a 132(110VCA) / 180 a 264(220VCA)
Corrente de Entrada	3,6 A (110V) 1,8 A (220V)
Temperatura de Operação	-10 a +60
Dimensões	199 x 110 x 50 mm

Tabela 26 – Tabela Especificações Técnicas da Fonte

2.4 Solução de Software

Para a solução de Software foram desenvolvidos dois sistemas: um aplicativo *mobile* híbrido para rodar nos sistemas operacionais Android e no iOS, e uma *skill* para a interface de voz Alexa da Amazon. Tanto a interface de voz quanto o aplicativo se comunicam com a API do micro controlador através de requisições. A documentação completa desta API pode ser encontrada no apêndice L.

2.4.1 Arquitetura da Informação

Como forma de elaborar a Arquitetura da Informação do aplicativo, foi utilizada a ferramenta [Figma](#) para elaboração de um protótipo de Alta Fidelidade e a partir dele, definir os fluxos das interações, tipologia e paleta de cores do projeto assim como apresentados na figura 77.

2.4.1.1 Identidade Visual



Figura 77 – Identidade Visual da Aplicação

Na imagem acima é apresentado a paleta de cores utilizada na aplicação com sua codificação em hexadecimal e as fontes de escritas primárias, secundárias e alternativas contanto também com o tamanho que as mesmas serão utilizadas. Para que assim o desenvolvimento da parte *frontend* seja padronizado independentemente do padrão de cores dos dispositivos dos desenvolvedores.

2.4.1.2 Fontes

Como fonte ficou definida a utilização das fontes da família Ubuntu, por se tratarem de fontes *sans-serif*, pois assim facilitam a leitura para pessoas com dislexia devido a não possuírem traços e hastes rebuscadas.

2.4.1.3 Paleta de Cores

As cores foram selecionadas de acordo com características do produto e uma maior acessibilidade aos usuários com algum tipo de dificuldade. Para desenvolvê-las foi utilizado a ferramenta [Coolors](#) na quais os contrastes foram testados para garantir uma boa visualização para o usuário.

2.4.1.4 Telas de Login

A figura 78 apresenta o protótipo das telas de autenticação da aplicação desenvolvidos com a ferramenta Figma.

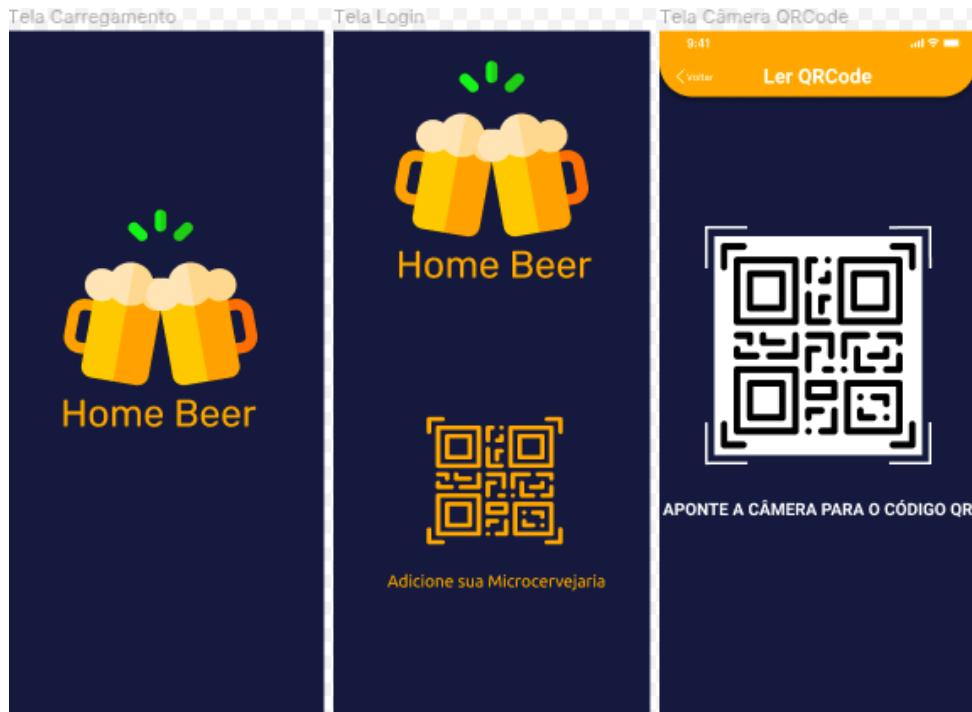


Figura 78 – Telas de Autenticação do Aplicativo

Os principais objetivos deste conjunto de telas é realizar o carregamento inicial da aplicação, assim como a autenticação do usuário por meio do QRCode. Ao abrir o aplicativo, o usuário irá ver a tela de carregamento enquanto as fontes e outros recursos são carregados na primeira vez; Logo depois, aparecerá a opção dele adicionar sua Microcervejaria; Ao clicar no botão do QRCode, sua câmera será aberta, com a autorização do usuário, para que ele aponte para o QRCode de sua Microcervejaria; Após o reconhecimento da Microcervejaria, ele será redirecionado para a tela inicial da aplicação.

Tela	Entrada	Interações	Saída	Alternativo
Tela Carregamento	Abrindo Aplicativo	—	Tela Login	—
Tela Login	Após carregamento	Clicar no ícone do QRCode	Tela Câmera	—
Câmera	Usuário liberar uso da câmera	Apontar para o QRCode	Tela inicial	Mensagem de erro na leitura do QRCode

Tabela 27 – Tabela de Interações da tela de Login

2.4.1.5 Telas Iniciais

A figura 79 apresenta o protótipo das telas iniciais da aplicação (menu inicial) desenvolvidos com a ferramenta Figma. Nesta tela, será informada a lista de receitas já criadas pelo usuário. Nela, o usuário têm acesso as opções: criar uma nova receita, iniciar a produção, iniciar a limpeza ou editar receita.

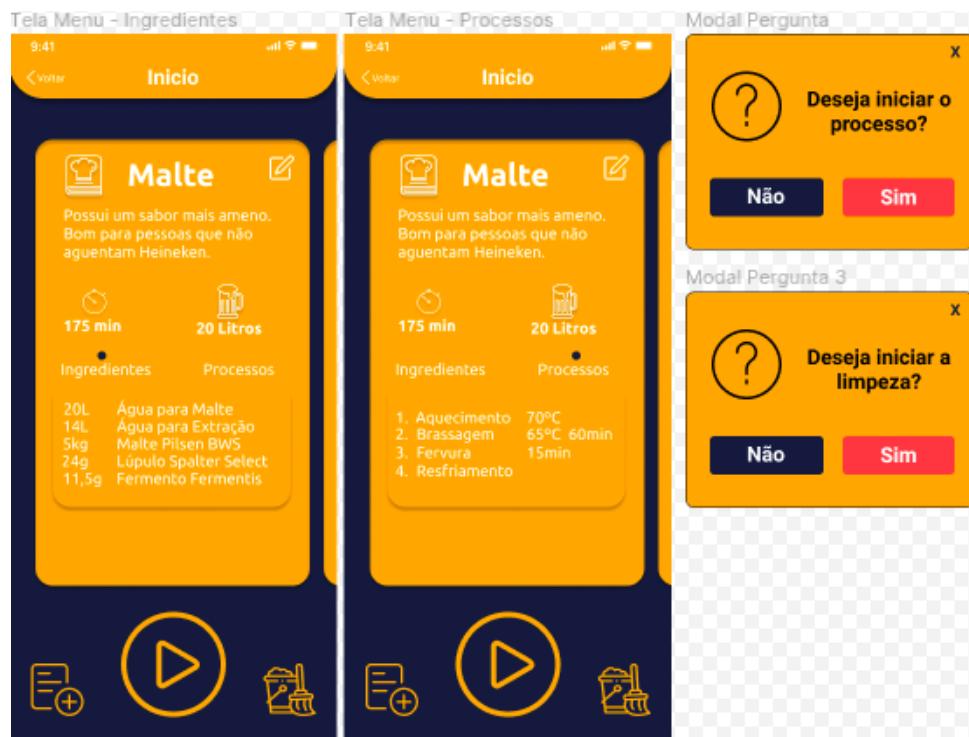


Figura 79 – Telas Iniciais do Aplicativo

Tela	Entrada	Interações	Saída	Alternativo
Tela Menu	Leitura do QRCode	Clicar nos ícones de editar, "Play", limpeza, criar receita ou botão de voltar	Tela de editar receita, Tela de Criar Receita, Modal de Iniciar a produção, Modal de Iniciar Limpeza	Caso aperte no botão de voltar, volta a página de leitura do QRCode
Modal Pergunta - Produção	Usuário clicar no ícone de "Play"	Botões de "Sim"ou "Não"	Tela Produção	Caso o usuário aperte em "Não", continua na mesma tela
Modal Pergunta - Limpeza	Usuário clicar no ícone de Limpeza	Botões de "Sim"ou "Não"	Tela Limpeza	Caso o usuário aperte em "Não", continua na mesma tela

Tabela 28 – Tabela de Interações das telas iniciais

2.4.1.6 Telas de Receita e Limpeza

A figura 80 apresenta o protótipo das telas de criação e limpeza da aplicação desenvolvidos com a ferramenta Figma.

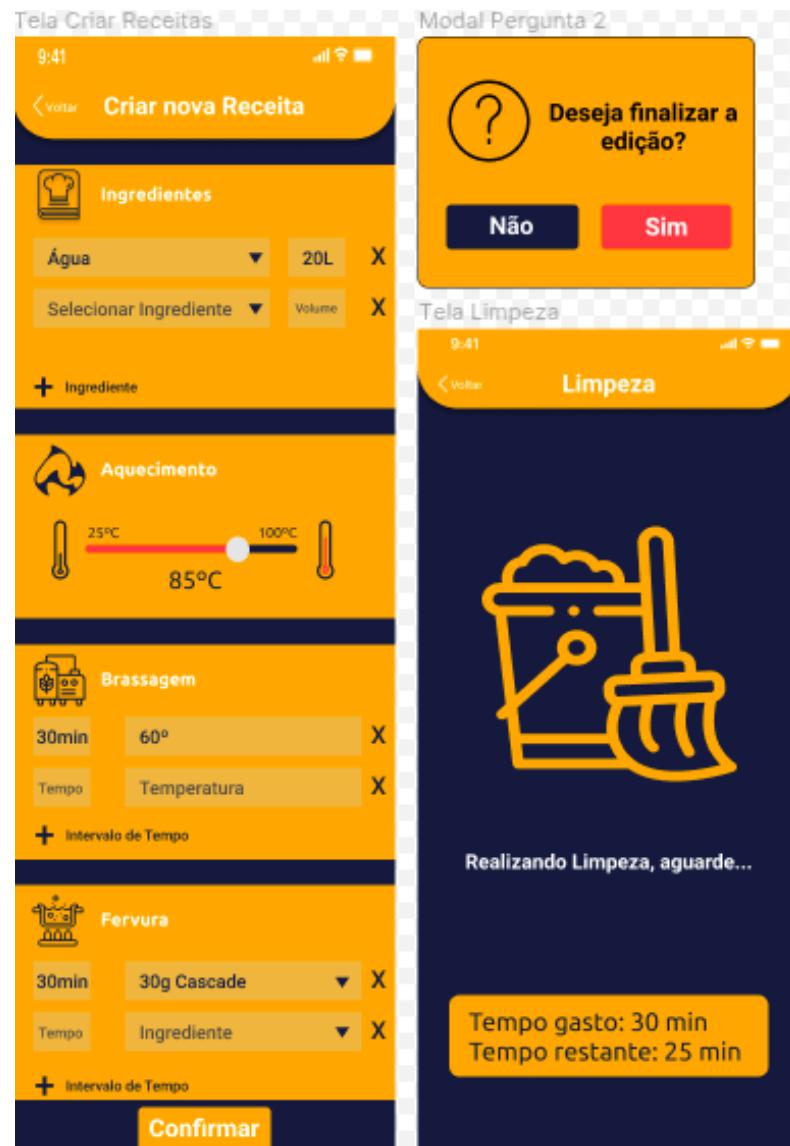


Figura 80 – Telas de Receita e Limpeza do Aplicativo

Estas telas são dois dos fluxos possíveis a partir das opções da tela inicial: a) Iniciar/Editar receita e b) Iniciar limpeza. Na primeira opção (a), caso o usuário clique em criar uma nova receita, os campos a serem preenchidos ficam vazios e o usuário deverá informá-los; Caso o usuário clique para editar, estes campos ficarão preenchidos com as informações atuais da receita a ser editada. Na sessão de ingredientes e na fervura, o usuário poderá adicionar os ingredientes quando apertar na seta de "Selecionar Ingredientes"; Ao apertar, uma lista com os ingredientes cadastrados aparecerá, caso não tenha o ingrediente que o usuário deseje, ele poderá cadastrar um novo na opção "+ Ingrediente"; O mesmo acontecerá em brassagem, mas ao invés de ingrediente, será temperatura e tempo. No aquecimento, a seleção da temperatura será feita por meio de um seletor na qual terá uma faixa de temperaturas permitidas. Na segunda opção (b), ao clicar em iniciar limpeza, a tela de limpeza informará o tempo gasto e um tempo estimado para a finalização da limpeza.

Tela	Entrada	Interações	Saída	Alternativo
Tela Criar/Editar Receitas	Usuário clicar no ícone de criar ou editar receita na tela inicial	Selecionar quais ingredientes e a quantidade, selecionar a temperatura de aquecimento, adicionar a rampa de temperatura da brassagem e adicionar os insumos em cada intervalo de tempo da fervura	Modal de confirmação caso aperte confirmar	Volta para o menu caso usuário aperte em voltar
Tela Limpeza	Usuário clicar no ícone de iniciar limpeza na tela inicial	-	Volta para o menu após conclusão	-
Modal Confirmação	Usuário apertar o botão de confirmar na tela de criar/editar receita	Botões de "Sim"ou "Não"	Volta para o Menu caso o usuário clique no botão de "Sim"	Continua na tela de criar/editar receita caso o usuário clique no botão de "Não"

Tabela 29 – Tabela de Interações das telas de Receita e Limpeza

2.4.1.7 Telas do Processo

A figura 81 apresenta o protótipo das telas de acompanhamento da Produção da aplicação desenvolvidos com a ferramenta Figma.



Figura 81 – Telas de acompanhamento do Processo do Aplicativo

Nestas telas, o objetivo principal é que o usuário acompanhe o andamento atual da produção e confira se todos os parâmetros estão corretos, se não estiverem, ele terá a opção de parar a produção. Caso ocorra algum problema, o usuário será notificado. O avanço dessas telas é feito automaticamente, quando um processo é finalizado, o outro é iniciado e suas informações serão atualizadas de acordo com os dados que receberá dos sensores em tempo real. Caso o usuário queira ver alguma informação do processo que já passou, ele poderá clicar no processo desejado para que abra uma modal com estas informações a respeito dele.

Tela	Entrada	Interações	Saída	Alternativo
Tela Aquecimento	Após o usuário confirmar o inicio da produção	Parar produção, clicar na receita para verificar a receita	Após finalizado, vai para a tela de brassagem	Para a produção e o usuário volta para a tela inicial
Tela Brassagem	Após o término da fase de aquecimento	Parar produção, clicar nos processos anteriores para verificar o que ocorreu durante eles	Após finalizado, vai para a tela de fervura	Para a produção e o usuário volta para a tela inicial
Tela Fervura	Após o término da fase de brassagem	Parar produção, clicar nos processos anteriores para verificar o que ocorreu durante eles	Após finalizado, o usuário pode retirar sua cerveja e volta para o menu inicial	Para a produção e o usuário volta para a tela inicial

Tabela 30 – Tabela de Interações da tela de Processo

2.4.1.8 Exemplos de Notificação

A figura 82 apresenta exemplos de notificações da aplicação desenvolvidos com a ferramenta Figma.

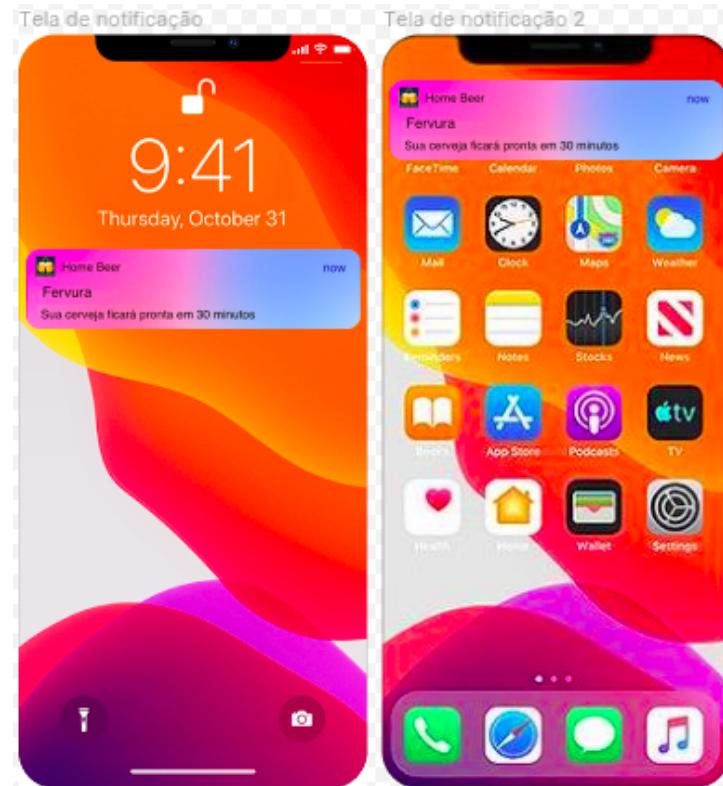


Figura 82 – Exemplo de notificações do Aplicativo

Durante a produção, o usuário irá receber notificações a respeito do andamento da produção, casos de erros, casos que necessitem sua atenção direta e também para avisar a respeito do andamento do processo. As notificações que serão implementadas são as seguintes:

- Início da Produção;
- Início da Brassagem;
- Início da Fervura;
- 30 minutos para o término da produção;
- 15 minutos para o término da produção;
- Sua cerveja está pronta;
- Erro na produção;
- Limpeza finalizada;

Tela	Entrada	Interações	Saída	Alternativo
Notificação	Início da produção, mudança de etapas da produção, contagem para final da produção, término da produção e término da limpeza	Ao clicar na notificação o usuário será direcionado para a tela que aquela notificação se refere	Tela que se refere aquela notificação	-

Tabela 31 – Tabela de Interações dos Exemplos de Notificações

2.4.2 Arquitetura de Software

Para o aplicativo *mobile*, o padrão arquitetural utilizado será o *MVC (Model - View - Controller)* que é um padrão separado em três camadas interconectadas e tem como objetivo separar a apresentação dos dados e interação com o usuário dos métodos que interagem com o banco de dados. Estas camadas são:

- **Model:** Esta camada é responsável pela modelagem e definição dos dados, nela são mapeados as entidades da aplicação, seus atributos e suas regras de negócio;

- **View:** Esta camada é responsável pela exibição dos dados e pela interface, é nesta camada que os usuários interagem com o sistema e sua implementação será por meio da biblioteca *React Native*;
- **Controller:** Esta camada é a responsável pela manipulação dos dados definidos na *Model*, o usuário envia uma requisição através da *View*, esta camada realiza as operações e mudanças necessárias e retorna para a *View* para que o usuário possa receber o resultado desta operação;

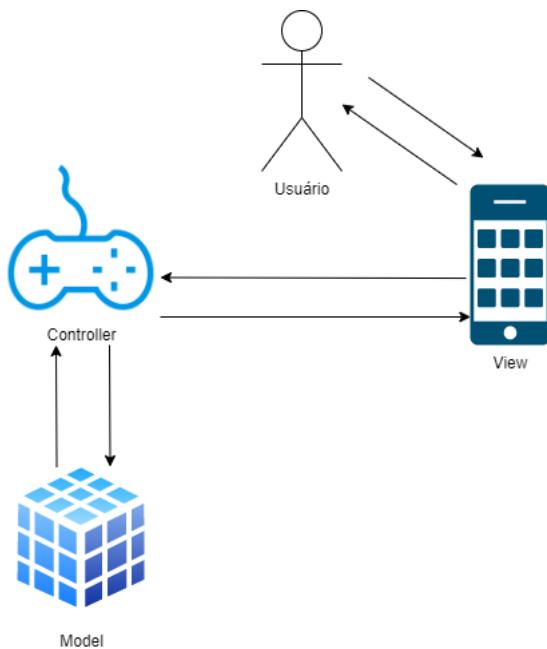


Figura 83 – Representação arquitetural do padrão MVC

Este modelo arquitetural foi escolhido devido a características do próprio *React Native* que foi a linguagem definida para a implementação da parte *frontend* do aplicativo.

Foi utilizada também uma arquitetura Monolítica durante desenvolvimento do aplicativos *mobile*. Este modelo arquitetural foi escolhido devido ao escopo da aplicação na qual não possuía muitos serviços que pudessem funcionar de maneira independente, e também por questões de gerência já que projetos com este tipo de arquitetura são testados mais facilmente devido a aplicação ser entregue em um único pacote, o que também facilita o *deploy*.

2.4.3 Diagramas

2.4.3.1 Diagrama de Classe

O diagrama de classe trás informações relevantes sobre o projeto como: classes, atributos e funções além das associações entre as classes presentes. Por este motivo se torna um dos diagramas UML mais utilizados, pois com ele é possível ter uma visão mais

geral do projeto. A figura 84 apresenta o diagrama de classes desenvolvido para nossa aplicação

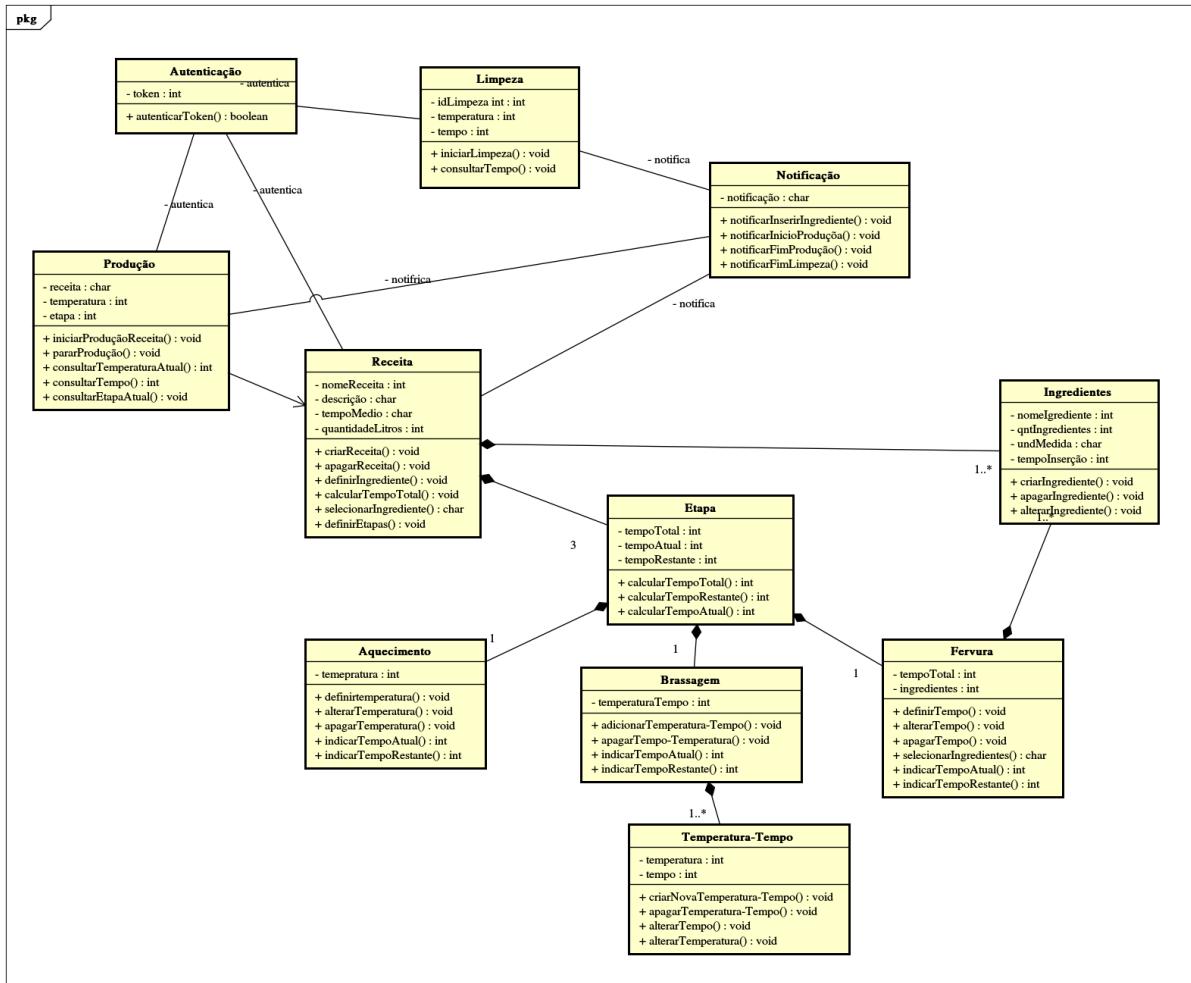


Figura 84 – Diagrama de Classes da Aplicação

Na imagem acima, podemos ver um diagrama de classes com onze classes. Dentre elas, temos a primeira de classe de Autenticação, que tem como parâmetro o *token* de acesso e como função, *autenticacaoToken()*. Esta classe se comunica de forma direta com outras, como a de Limpeza, Produção e Receitas. Ela indica que para que o usuário accesse suas funções é necessário que ele esteja autenticado. Outro ponto a ser notado são as Relações entre Produção e Receita, Receita e Etapa, Receita e Ingredientes, as relações de Etapa com Aquecimento, Brassagem e Fervura e por ultimo a relação Brassagem e Temperatura-Tempo.

Primeiramente, é importante salientar o porque de Receita não ser uma função da classe Produção e sim uma classe própria, isto acontece pois será possível criar várias receitas que ficaram guardadas na memória do Micro-Controlador que não serão utilizadas em todas as produção, o que significa que o usuário escolherá uma das receitas a ser produzida. A relação das classes Receitas - Ingredientes e Fervura - Ingredientes, são

realmente diferentes, pois a receita possui ingredientes gerais como, quantidade de aguá utilizada no início e o mosto. Já na Fervura, outros ingredientes são necessários como lúpulo que é adicionado apenas nesta etapa em um determinado momento. O relacionamento das classes Brassagem e Temperatura-Tempo existe, pois na etapa de brassagem que é necessário aplicar calor com diferentes temperaturas e por diferentes tempos (rampa de temperatura).

2.4.3.2 Diagrama de Casos de Uso

O diagrama de caso de uso é uma ferramenta visual que define ou caracteriza o comportamento do sistema como um todo. Com esse diagrama, é possível visualizar as interações entre o usuário e o sistema, no qual, são descritos por um caminho de ações juntamente com um conjunto de alternativas. Com isso, a atenção principal do desenvolvimento desse diagrama foi direcionado para visualizar, especificar e documentar o comportamento de um elemento. A figura 85 apresenta o diagrama de casos de uso desenvolvido para nossa aplicação

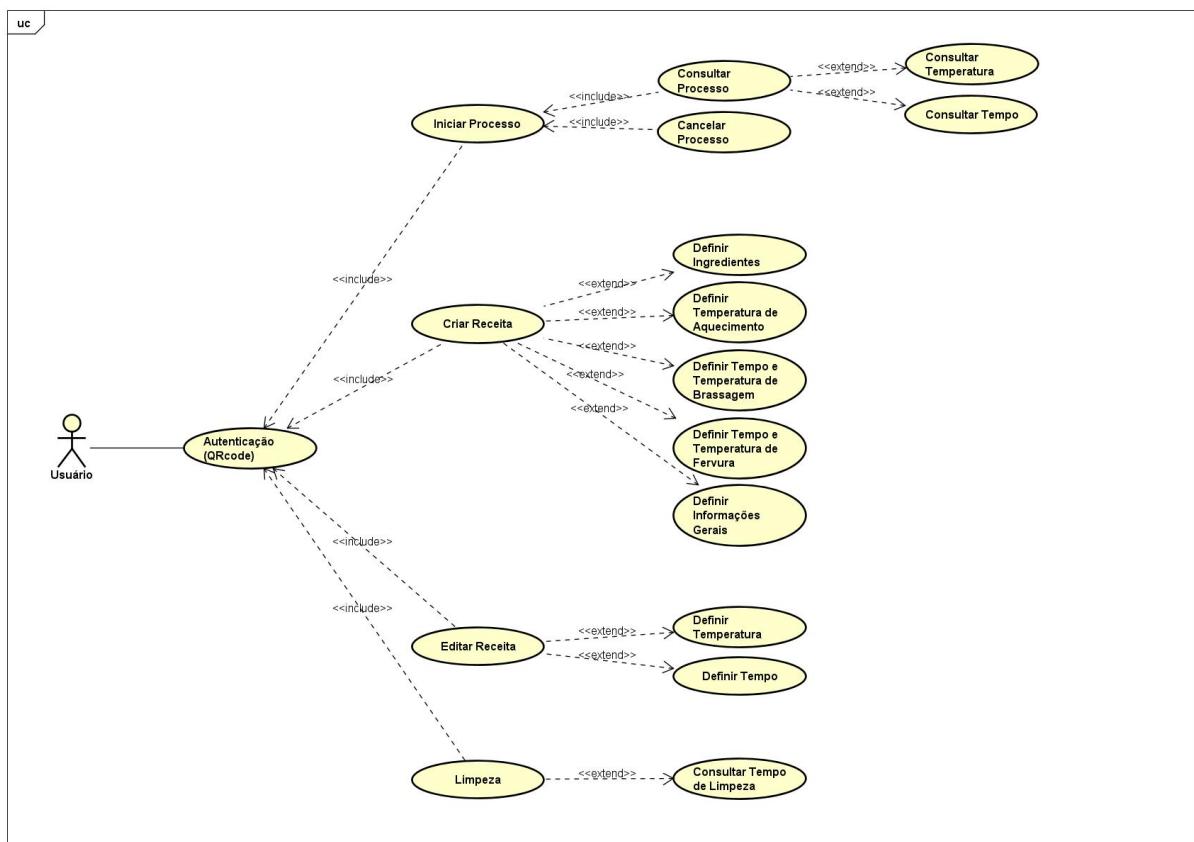


Figura 85 – Diagrama de Casos de Uso da Aplicação

Na figura acima, podemos ver algumas características importantes quanto aos casos de uso da aplicação, primeiramente que temos o caso de uso da autenticação da aplicação, e sem ele o usuário não consegue realizar os outros 16 casos de uso. Estes

casos de uso foram desenvolvidos para que assim os testes unitários do projeto pudessem ser estruturados e definidos como uma forma de garantir que a solução vai funcionar corretamente, a definição destes casos de teste se encontram no Apêndice K.

2.4.3.3 Diagrama de Estrutura dos Pacotes

A figura 86 apresenta o diagrama de classes desenvolvido para nossa aplicação

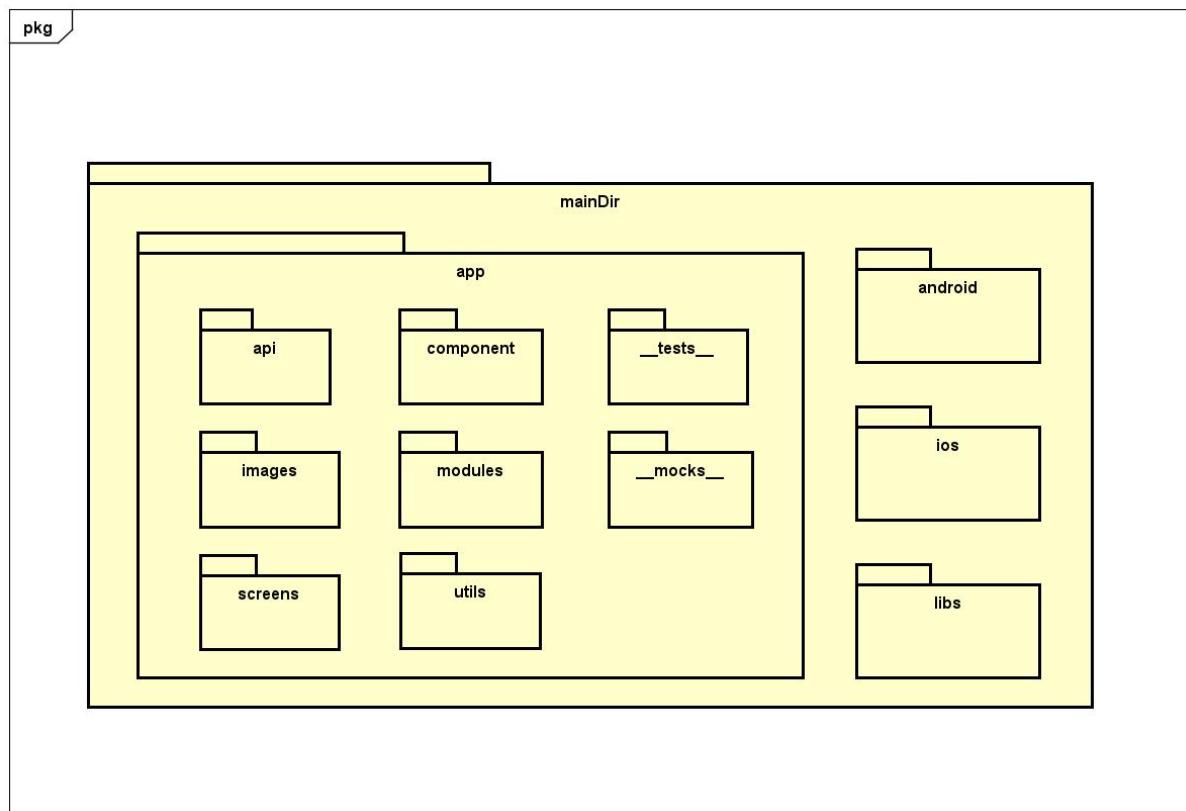


Figura 86 – Diagrama de Estrutura da Aplicação

Este diagrama contém a estrutura de pastas utilizada para desenvolvimento do aplicativo em *React Native*. Nesta estrutura, pode-se observar a presença de uma pasta para configurações *android* e outra com configurações *iOS*, mesmo o *React Native* permitindo desenvolver de maneira híbrida, ainda assim são necessários alguns ajustes de configuração nestes dois sistemas operacionais para que assim possa utilizar e otimizar o desempenho de ambas as plataformas, assim como acessar seus recursos nativos.

2.4.3.4 Diagrama de Sequência

O diagrama de sequência tem como objetivo apresentar o fluxo sequencial da interação dos objetos da solução de software. Este diagrama registra o comportamento de um único caso de uso e apresenta todas as mensagens passadas entre este e outros objetos que interajam com ele, assim como ordena em uma linha do tempo como seria

sua execução. A figura 87 apresenta o diagrama de Sequência desenvolvido para nossa aplicação

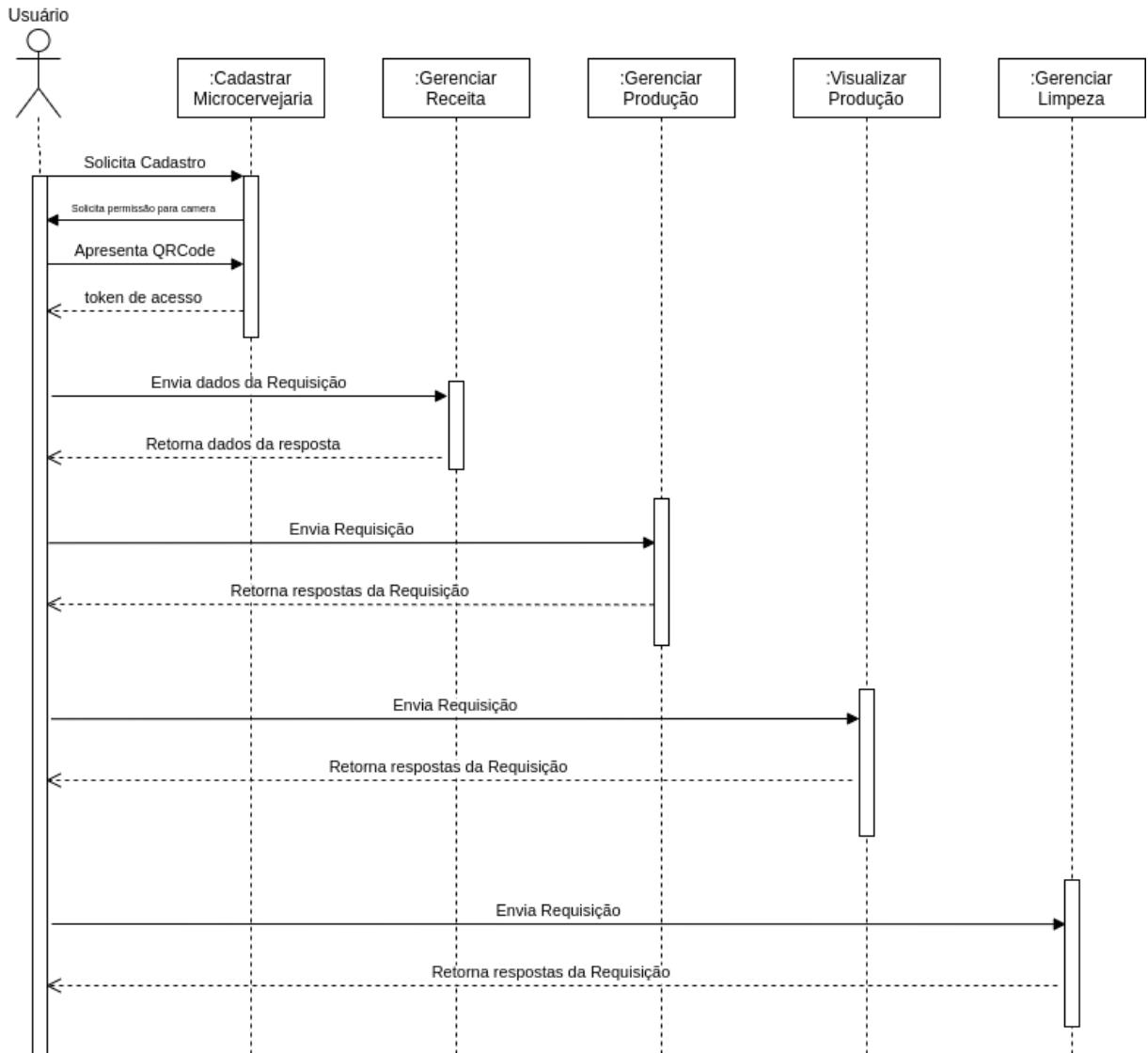


Figura 87 – Diagrama de Sequência da Aplicação

É possível observar, a partir deste diagrama, o fluxo de funcionalidades dentro do sistema. Porém, mesmo dentro deste fluxo, temos alguns caminhos alternativos como a funcionalidade de Gerenciar Receita. Esta funcionalidade consiste em um conjunto de recursos como: Criar Receitas, Editar Receitas, Visualizar Receitas e Excluir Receitas. E entre estes o usuário também teria uma sequência obrigatória para seguir, pois só conseguiria realizar o restante das funcionalidades de receitas caso já possuísse alguma criada anteriormente. Esta característica ocorre também na funcionalidade de Gerenciar Produção, pois nela consta com o recurso de Iniciar e de Parar seu processo, e para que o processo seja parado, é necessário que antes tenha iniciado.

2.4.3.5 Visão de Dados

Como forma de melhorar a compreensão a respeito da modelagem do banco de dados foi elaborado um Diagrama Entidade Relacionamentos e um Diagrama Lógico que podem ser observados nas figuras 88 e 89

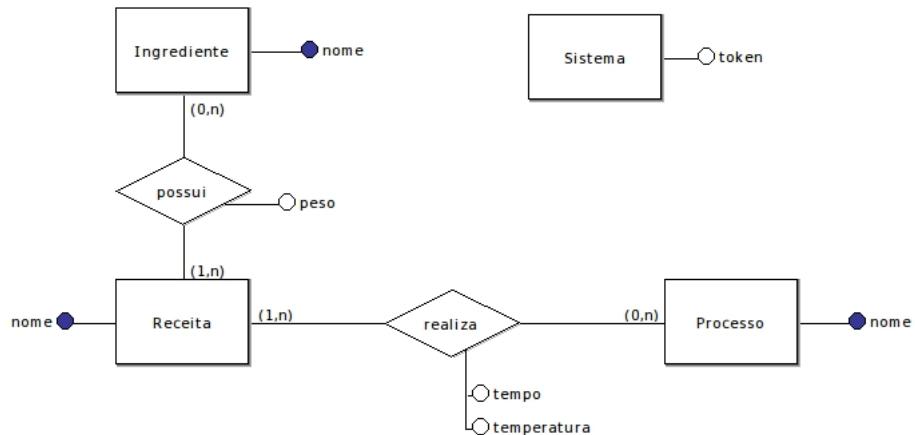


Figura 88 – Diagrama Entidade Relacionamento

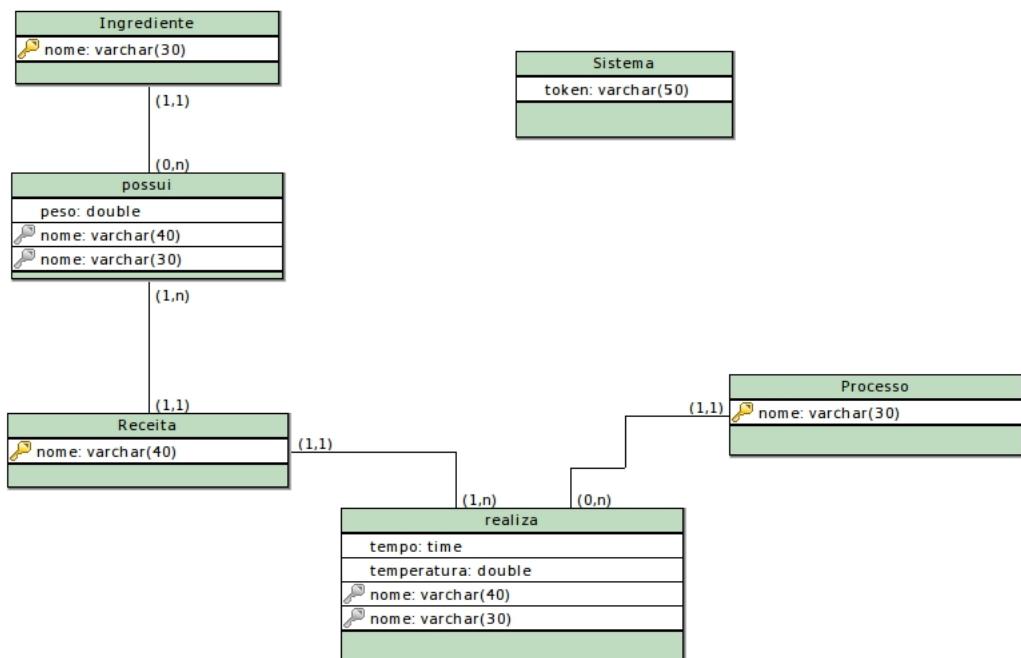


Figura 89 – Diagrama Lógico dos Dados

Esta modelagem do banco de dados será utilizada na API, ou seja, tanto o aplicativo quanto a *Skill* da Alexa vão ter acesso a esta mesma modelagem do banco já que

ambos vão estar consumindo estes recursos. A Alexa possui também um armazenamento interno na qual guardam algumas informações como o histórico de requisições do usuário e outras informações, porém estes recursos são fornecidos pelo próprio servidor da Amazon e abstraídos de seus usuários sendo padrões para todas suas *Skills*, logo não influencia diretamente no funcionamento de nossos requisitos.

2.4.4 Inovação

Como proposta de Inovação, foi definido pela equipe o uso do Amazon Alexa como serviço de voz. Como quase todos os integrantes possuem baixa experiência com a tecnologia foi iniciado um estudo e a criação deste documento por parte dos integrantes de Engenharia de Software, para que, no decorrer do projeto, cada integrante seja capaz de implementar e integrar a solução proposta.

2.4.4.1 Descrição do Problema e Proposta de Inovação

Como primeira definição, o aplicativo será criado para facilitar o controle de processos da micro cervejaria com uma interface gráfica intuitiva e simples para o uso diário. Também foi decidido que o sistema será desenvolvido em uma tecnologia híbrida utilizando a linguagem *React Native*, consumindo uma API para comunicação. Como a solução de software em si se baseia em controle do processo, a conversação/comandos de voz se integram de maneira eficiente e simples com as funcionalidades do sistema. Com base nisso, não é difícil inferir que com o uso da Alexa pode proporcionar experiências de voz naturais que oferecem aos clientes uma maneira mais intuitiva de interagir com a tecnologia. Ainda sobre a Alexa, é possível personalizar e enriquecer a tecnologia com varias *skills*, melhorando a experiência e tornando-o muito útil para as necessidades cotidianas.

2.4.4.2 Como irá funcionar?

Alexa funciona com base no processamento de linguagem natural (NLP - *Natural Language Processing*), que representa um procedimento de conversão de fala em palavras, sons e ideias. Além disso ela trabalha com uma infraestrutura de sem servidor([AMAZON, 2020](#)), ou seja esta arquitetura é nativa da nuvem o que transfere parte das responsabilidades operacionais para o *Amazon Web Services*, fazendo assim com que os desenvolvedores possam focar somente na implementação da *Skill*.

- 1 Passo: O usuário manda sua pergunta ou solicitação para quaisquer dispositivo que trabalhe com a tecnologia da Alexa. Para analisar uma solicitação, um comando precisa possuir 4 partes principais

- *Wake word*: Quando os usuários dizem 'Alexa', o que desperta o dispositivo. A palavra de ativação colocou a Alexa no modo de escuta e pronta para receber instruções do usuário;
 - *Invocation name*: é a palavra-chave usada para acionar uma *skill* específica. Os usuários podem combinar o nome da invocação com uma ação, comando ou pergunta. Todas as *skills* personalizadas devem ter um nome de invocação para iniciá-las;
 - *Utterance*: são frases que os usuários usarão ao fazer uma solicitação para Alexa. Alexa identifica a intenção do usuário a partir da expressão dada e responde de acordo. Então, basicamente, o enunciado decide o que o usuário deseja que Alexa execute;
 - *Intent*: são frases que os usuários usarão ao fazer uma solicitação para Alexa. Alexa identifica a intenção do usuário a partir da expressão dada e responde de acordo. Então, basicamente, o enunciado decide o que o usuário deseja que Alexa execute;
- 2 Passo: A Amazon divide a requisição em sons individuais. Em seguida, ele consulta o banco de dados contendo pronúncias de várias palavras, para que seja possível descobrir quais palavras correspondem com a combinação de sons individuais;
 - 3 Passo: Identifica palavras importantes ou palavras chave para dar sentido às tarefas e realizar as funções;
 - 4 Passo: Nessa etapa, cada *intent* pode ser identificada por uma ou mais palavras ou frases, cada uma das quais é chamada de enunciado. Depois da identificação da *intent*, a função lambda irá retornar a resposta de acordo com a *intent* requisitada;
 - 5 Passo: Os servidores da Amazon enviam as informações de volta ao seu dispositivo, que em seguida, trará o resultado da requisição. Se o dispositivo precisar responder alguma requisição específica, ela passará pelo mesmos passos anteriores, porém, na ordem inversa;

2.4.4.3 Como está sendo implementado?

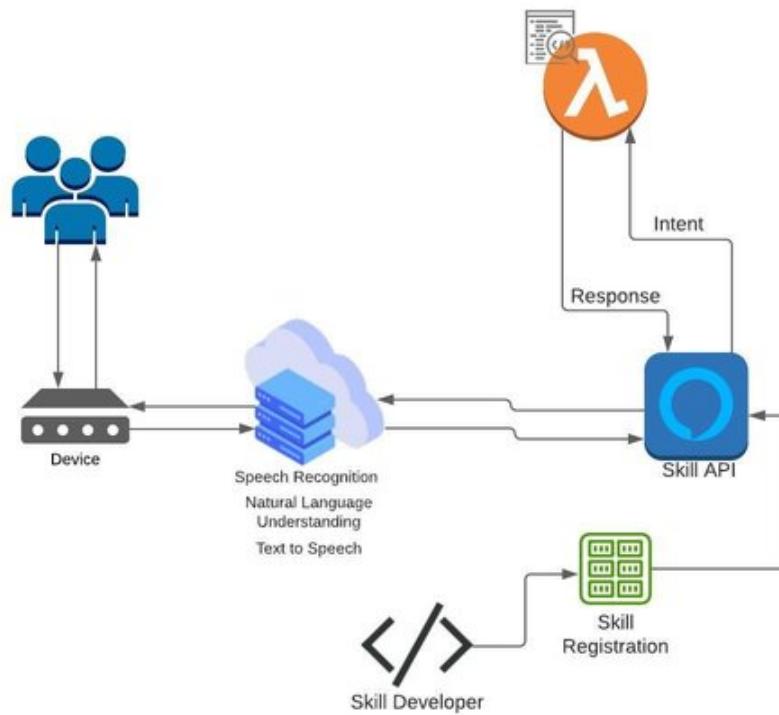


Figura 90 – Diagrama de trabalho - Alexa

Depois de compreender que as *skills* da Alexa são aplicativos ativados por voz que adicionam recursos ao dispositivo compatível com a Alexa, para iniciar a construção de uma *skill* personalizada, é necessário a implementação da função *AWS Lambda* ou de um serviço da web. Desse modo, comprehende-se que é possível também usar as funções de Lambda para criar serviços que oferecem novas habilidades para o Alexa. O *Alexa Skills Kit* fornece as APIs, as ferramentas e a documentação para criar essas novas habilidades, com base em seus próprios serviços em execução como funções de Lambda. Os usuários podem acessar essas novas habilidades fazendo perguntas ao Alexa ou fazendo solicitações.

Para o desenvolvimento de uma *Skill*, a Amazon possui alguns *Intents* obrigatórios na qual o usuário pode customizar suas falas de chamada e respostas, porém seu funcionamento deve permanecer o mesmo, a tabela 32 apresenta quais são estas intenções e como foram implementadas.

Intents	Slots	Utterances	Response	Objetivo
LaunchRequest	-	Ao Abrir	“Seja bem vindo a Micro Cervejaria Home Beer. O que você gostaria ?”	Apresentar uma mensagem inicial quando o usuário iniciar a <i>Skill</i>
NavigateHome	-	"Inicio"; "home";	Chama a função LaunchRequest	Retornar para o caminho inicial da <i>Skill</i>
Help	-	"ajude"; "ajuda"; "o que posso fazer"; "quais os comandos"	“Você pode pedir para iniciar alguma receita, iniciar limpeza, listar as receitas, ou até mesmo detalhar alguma receitas. Podendo também indicar o tempo para fim de algum processo, ou tempo para fim da limpeza”	Listar os comandos e recursos da <i>Skill</i>
Stop	-	"Pare"; "Parar"	Não possui	Parar a execução daquele Intent
Cancel	-	"Cancelar"; "fechar"; "sair"	"Obrigado por utilizar a Micro Cervejaria, até mais!"	Fechar a <i>Skill</i>

Tabela 32 – Tabela de Intenções padrões da Amazon

Definidos os *Intents* padrões da Amazon, optamos por utilizar a frase **Micro Cervejaria** como o *Invocation Name* de nossa *Skill*. Uma vez que este nome é chamado, a *Skill* é aberta e o usuário pode utilizar os *Intents* apresentados na tabela 33.

Intents	Slots	Utterances	Response	Objetivo
AdicionarToken	token	"Autenticar"; "Logar"; "Login"	"Informe o Token que se encontra na sua microcervejaria"	Autenticar o usuário para ter acesso a API
ListarReceitas	-	"Listar receitas"; "Lista receitas"; "Receitas"	"As receitas disponíveis são: "	Apresentar para o usuário todas as receitas disponíveis
DetalharReceita	nomeReceita	"(nomeReceita)"; "detalhar receita"; "detalhes da receita"	"A receita(nome da receita) possui as seguintes informações: "	Explicar os ingredientes e o processo da Receita solicitada pelo usuário
IniciarReceita	nomeReceita	"Iniciar receita (nomeReceita)"	"Receita (nomeReceita) foi iniciada"	Iniciar a produção da receita indicada pelo usuário
PararProducao	-	"Parada de emergência"	"A produção da cerveja (nomeCerveja) foi finalizada"	Parar a produção atual da cerveja, sem que o usuário feche a Skill
IniciarLimpeza	-	"limpar"; "limpeza";	"Seu processo de limpeza foi iniciado"	Dar inicio ao processo de limpeza da cervejaria

Tabela 33 – Tabela de Intenções Manuais da Skill Home Beer

Existem também alguns *Intents* que podem ser executados automaticamente, sem que haja a necessidade do usuário dar algum comando específico, estas intenções vão ser utilizadas principalmente para passar para o usuário notificações e atualizações pontuais a respeito do processo que estiver em execução, pois em caso de algum erro, ou necessidade que o usuário cheque a Cervejaria pessoalmente, estas notificações seriam enviadas de tempos em tempos com estas informações. E estas funcionalidades podem ser observadas na tabela 34.

Intents	Slots	Utterances	Response	Objetivo
StatusProducao	-	"Status produção"; "Andamento produção"; "Informações produção"	"A produção esta na fase de (faseProducao) e suas informações são: (informacoesFaseAtual)"	Apresentar as informações a respeito do processo atual de produção da receita
Tempo	-	"tempo restante"; "tempo para acabar"; "tempo para finalizar"; "já esta acabando ?"	"Faltam (tempo) minutos para o final da (etapaAtual)"	Apresentar o tempo restante para um determinado processo, e notificar o usuário ocasionalmente caso seja necessário sua participação
Temperatura	-	"Temperatura"	"A temperatura da (faseAtual) esta em (temperaturaAtual) graus Celsius"	Indicar para o usuário a temperatura atual do processo, e notificar em caso de erros.
StatusLimpeza	-	"Status da limpeza"; "Andamento da limpeza"	"Faltam (tempo-Limpeza) minutos para finalizar a limpeza"	Apresentar informações a respeito do processo de limpeza

Tabela 34 – Tabela de Intenções Automáticas *Skill Home Beer*

2.4.5 Resultados

2.4.5.1 Resultados da Alexa

Na *Skill* da Alexa, foram implementados 9 funções principais utilizando as intenções dos usuários listadas acima. Sendo estas funções:

2.4.5.1.1 Adicionar Token

Esta é a função para autenticar o usuário com sua Microcervejaria, nela o usuário vai informar a chave da sua Microcervejaria que estará presente no manual de uso para cada usuário. O usuário não irá conseguir acessar nenhum recurso da API e por consequência não conseguirá utilizar sua Cervejaria caso a chave correta não seja informada, como pode ser observado na figura 91.

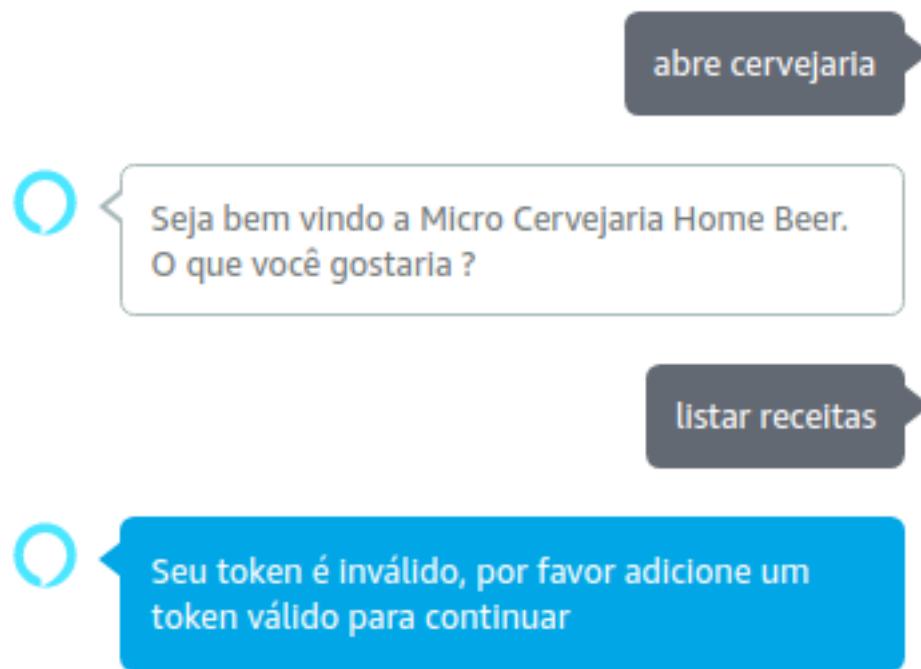


Figura 91 – Exemplo de requisição com Token inválido

Para adicionar este Token o usuário passa um dos comandos de voz planejados, a Alexa irá solicitar que ele informe o Token, e após esta confirmação, caso o Token esteja correto, ele poderá começar a utilizar o restante das funções normalmente, um exemplo dessa interação pode ser observado na figura 92.

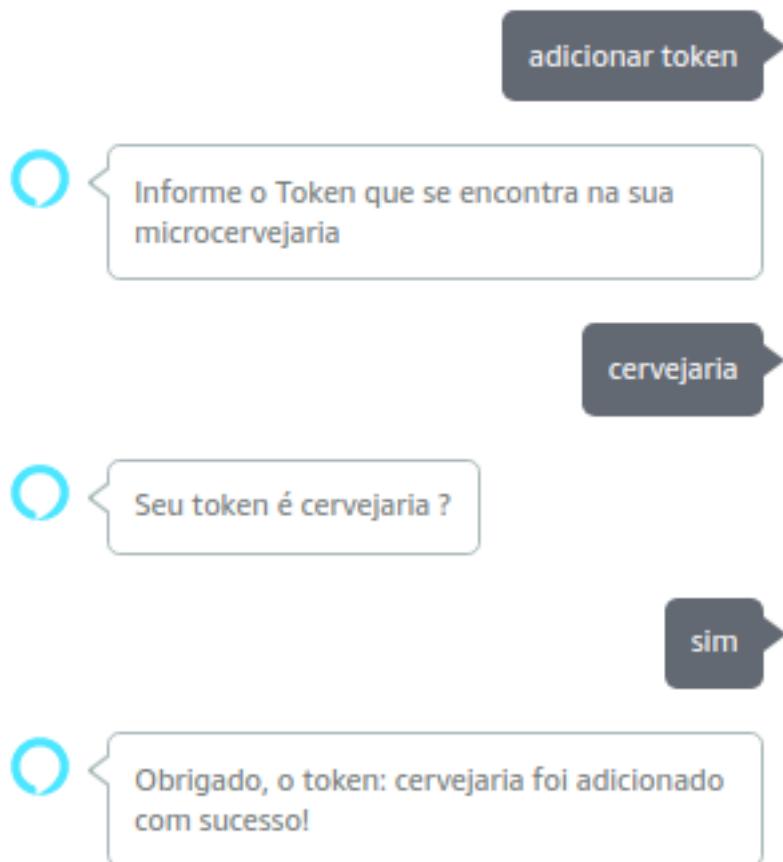


Figura 92 – Exemplo de requisição com Token válido

Como a Alexa trabalha com um mecanismo de sessões, os valores e variáveis que são inseridos durante sua execução são apagados após o usuário fechar a aplicação. Devido ao valor do Token não poder ser salvo na API, foi utilizado um banco de dados DynamoDB para persistir este dado em específico para que assim o usuário não necessitasse informar sempre que utilizasse a *Skill*. O banco de dados DynamoDB é um banco de dados não relacional, e que já se encontra na lista de serviços disponibilizados pelo servidor da Amazon, logo não seria necessário sua instalação e também o serviço possui uma fácil integração com o serviço de voz da Alexa. A figura 93 apresenta um exemplo de como os dados são armazenados no banco.



Figura 93 – Exemplo da persistência de dados no banco

No exemplo acima, o valor que informamos pela Alexa foi adicionado no banco de dados, e junto com ele foi criado um identificador para o usuário para assim ligar ele naquela Microcervejaria específica.

2.4.5.1.2 Listar Receitas

Com esta função o usuário consegue visualizar o nome de todas suas receitas disponíveis, estas receitas podem ser criadas por meio do aplicativo para celular, ou o usuário poderá utilizar algumas das já pré definidas implementadas. A figura 94 apresenta um exemplo de comunicação do usuário com a Alexa para executar esta função.



Figura 94 – Exemplo de requisição para Listar receitas

Ao solicitar que a Alexa liste as receitas disponíveis, a Alexa irá enviar uma requisição de **GET** na rota `/receitas` da API, e com isso retornar o nome de todas as receitas encontradas nesta rota.

2.4.5.1.3 Detalhar Receita

Com esta função o usuário consegue detalhar uma receita específica e ver todas suas etapas e ingredientes necessários para iniciar. A figura 95 apresenta um exemplo de comunicação do usuário com a Alexa para executar esta função.

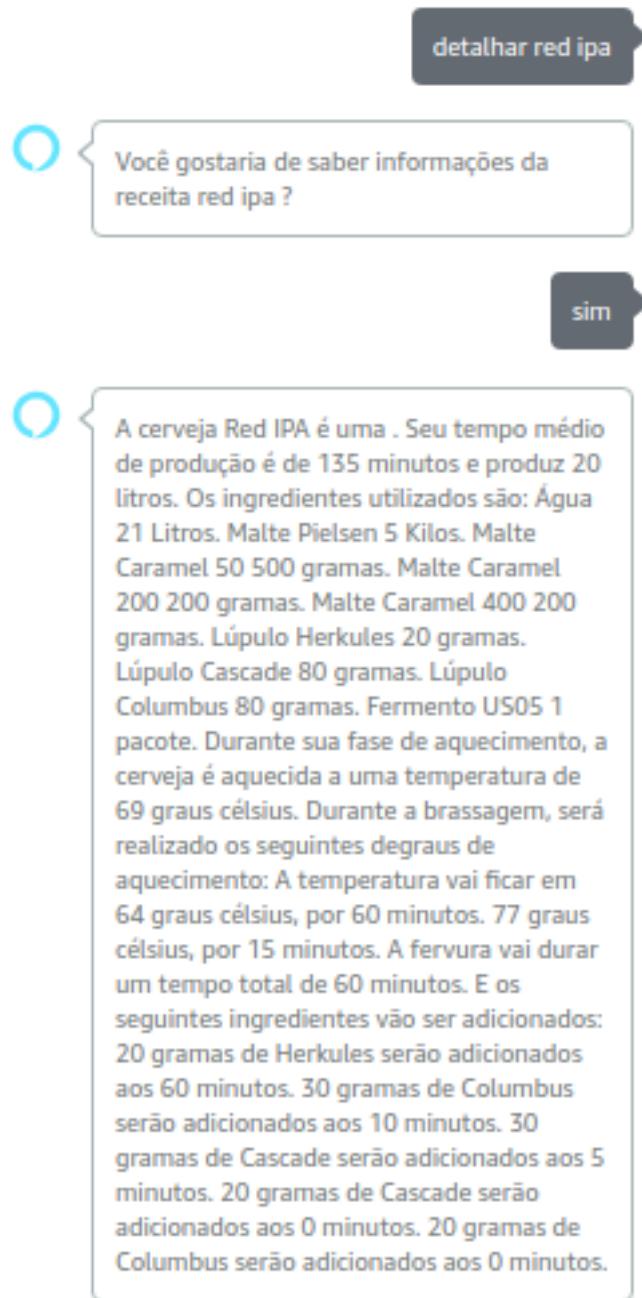


Figura 95 – Exemplo de requisição para Detalhar receitas

Para realizar esta solicitação o usuário deve informar o nome da receita que deseja detalhar para assim a Alexa enviar uma requisição de **GET** na rota **/receitas/nome-Receita** da API, e com isso retornar todos os detalhes em relação aquela receita. Caso

o usuário não possua a receita desejada, a Alexa irá informar que esta receita não consta na sua lista, e o usuário pode utilizar a função apresentada anteriormente para verificar quais são as receitas presentes na lista.

2.4.5.1.4 Iniciar Produção

Após saber as informações da receita, o usuário pode utilizar esta função para dar inicio a produção da sua cervejaria, para que seja feito o usuário deve passar o nome da receita que deseja iniciar para validar se é uma receita disponível na sua lista. A figura 96 apresenta um exemplo de comunicação do usuário com a Alexa para executar esta função.

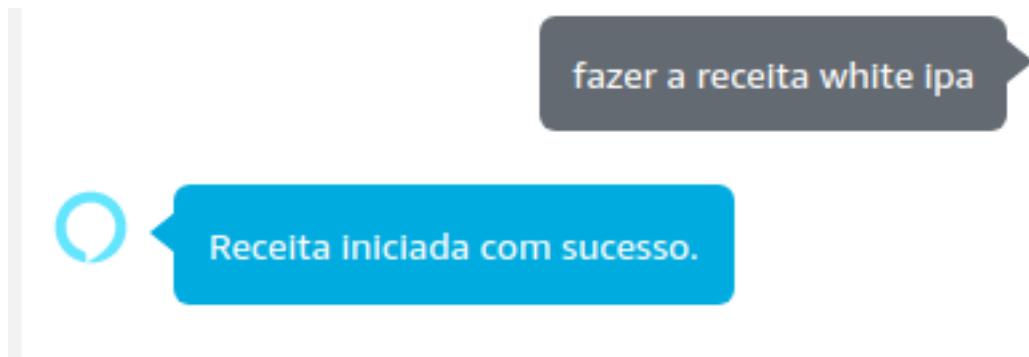


Figura 96 – Exemplo de requisição para iniciar produção

Ao solicitar que o inicio da produção, a Alexa irá enviar uma requisição de **POST** na rota **/iniciar** da API passando como parâmetro o nome da receita atual, para que estas informações sejam enviadas ao microcontrolador e utilizadas para setar corretamente a temperatura, tempo e outros parâmetros necessários para a produção.

2.4.5.1.5 Visualizar Processo Atual

Com esta função o usuário consegue visualizar o andamento atual da sua produção, sabendo em qual fase do processo se encontra, e quais são as informações em relação aquele processo específico. A figura 97 apresenta um exemplo de comunicação do usuário com a Alexa para executar esta função.

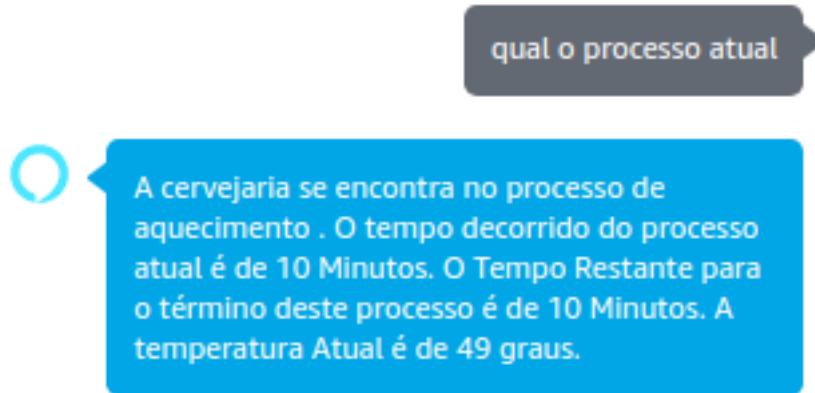


Figura 97 – Exemplo de requisição para visualizar o processo Atual

Ao solicitar esta função, a Alexa irá enviar uma requisição de **GET** na rota **/processo** da API, e com isso retornar os dados daquele processo atual, enquanto isso a Raspberry estará constantemente enviando requisições do tipo **PUT** para alterar os valores da API conforme os sensores realizam a leitura.

2.4.5.1.6 Visualizar Processo Específico

Com esta função o usuário consegue visualizar alguma fase da produção que já tenha passado, e quais eram as informações em relação aquele processo específico. A figura 98 apresenta um exemplo de comunicação do usuário com a Alexa para executar esta função.

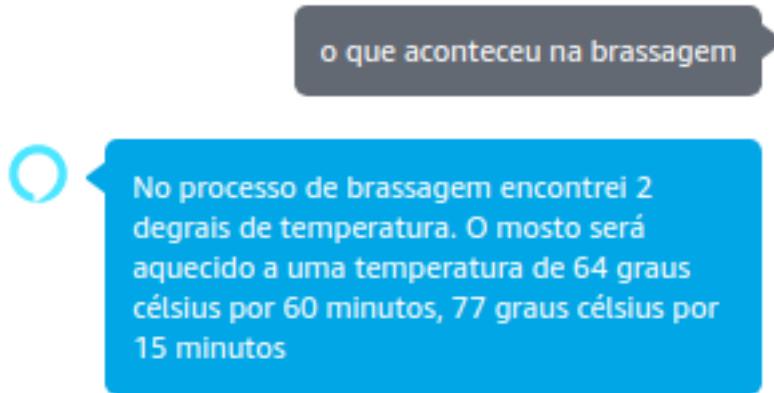


Figura 98 – Exemplo de requisição para visualizar um processo anterior

Ao solicitar esta função, a Alexa irá enviar uma requisição de **GET** na rota **/processo.nomeProcesso** da API, e com isso retornar os dados daquele processo em específico caso já tenha sido preenchido.

2.4.5.1.7 Ler temperatura atual

Com esta função o usuário consegue visualizar qual a temperatura atual que a cervejaria dele se encontra, para assim verificar se tudo está ocorrendo corretamente e também para ter uma noção maior do que estiver faltando para finalizar uma etapa. A figura 99 apresenta um exemplo de comunicação do usuário com a Alexa para executar esta função.

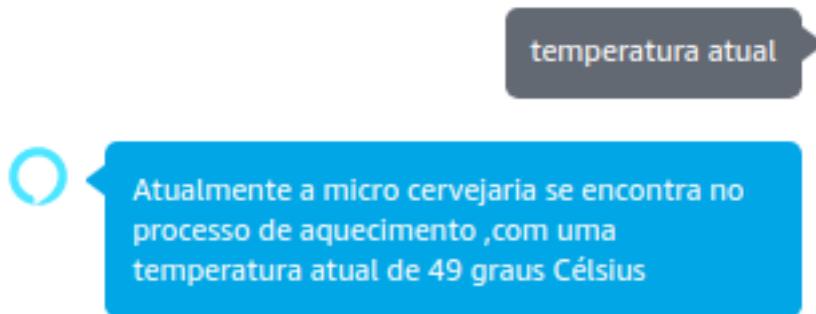


Figura 99 – Exemplo de requisição para visualizar a temperatura atual

Ao solicitar esta função, a Alexa irá enviar uma requisição de **GET** na rota **/processo** da API, e com isso retornar o dado da temperatura atual da Microcervejaria naquela etapa do processo.

2.4.5.1.8 Ler tempo restante

Com esta função o usuário consegue visualizar quanto tempo falta para finalizar aquele processo que a produção se encontra e assim ter uma noção do tempo restante para retirar sua cerveja. A figura 100 apresenta um exemplo de comunicação do usuário com a Alexa para executar esta função.

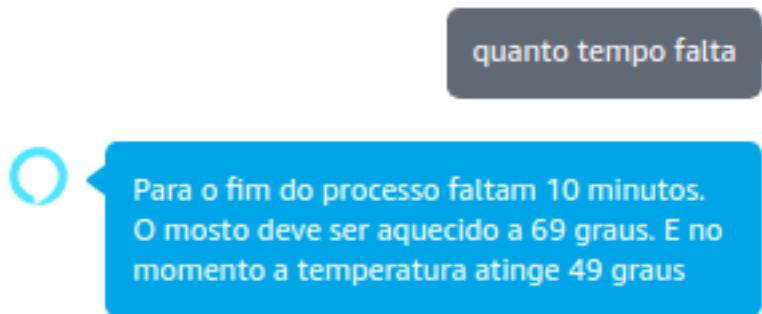


Figura 100 – Exemplo de requisição para visualizar o tempo restante

Ao solicitar esta função, a Alexa irá enviar uma requisição de **GET** na rota **/processo** da API, e com isso retornar o dado do tempo restante para finalizar aquele processo específico.

2.4.5.1.9 Iniciar limpeza

Através desta função o usuário inicia a rotina de limpeza da Microcervejaria, para que esta limpeza seja iniciada é necessário que a Microcervejaria não esteja em uso, ou seja, que não tenha um processo de produção, ou outra rotina de limpeza já inicializada nela. A figura 101 apresenta um exemplo de comunicação do usuário com a Alexa para executar esta função.

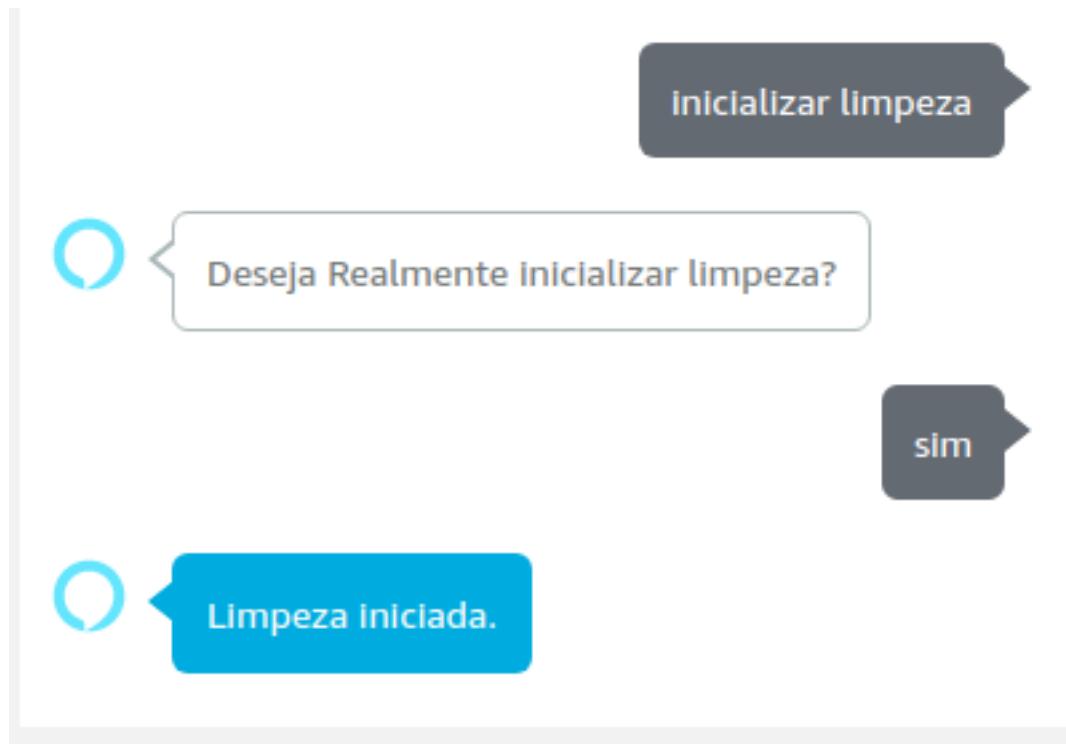


Figura 101 – Exemplo de requisição para iniciar limpeza

Ao solicitar essa função, a Alexa irá enviar uma requisição de **POST** na rota **/limpeza** da API, e caso a limpeza possa ser iniciada e o usuário confirme, será retornado uma mensagem de confirmação.

2.4.5.2 Resultados do Aplicativo

Os resultados obtidos com o aplicativo foram o desenvolvimento de telas necessárias para que o usuário pudesse criar as receitas, editá-las, acompanhar as fabricações das cervejas e acompanhar a limpeza de sua microcervejaria. As telas serão descritas a seguir.

2.4.5.2.1 Tela de Login

A tela de login é a primeira tela que o usuário verá ao abrir o aplicativo. Nela, o sistema verificará se o usuário já possui algum token cadastrado na aplicação. Se for a

primeira vez que o usuário acessar o aplicativo ou tiver saído da aplicação, a tela seguinte será a da câmera após o usuário clicar no ícone do QR Code.

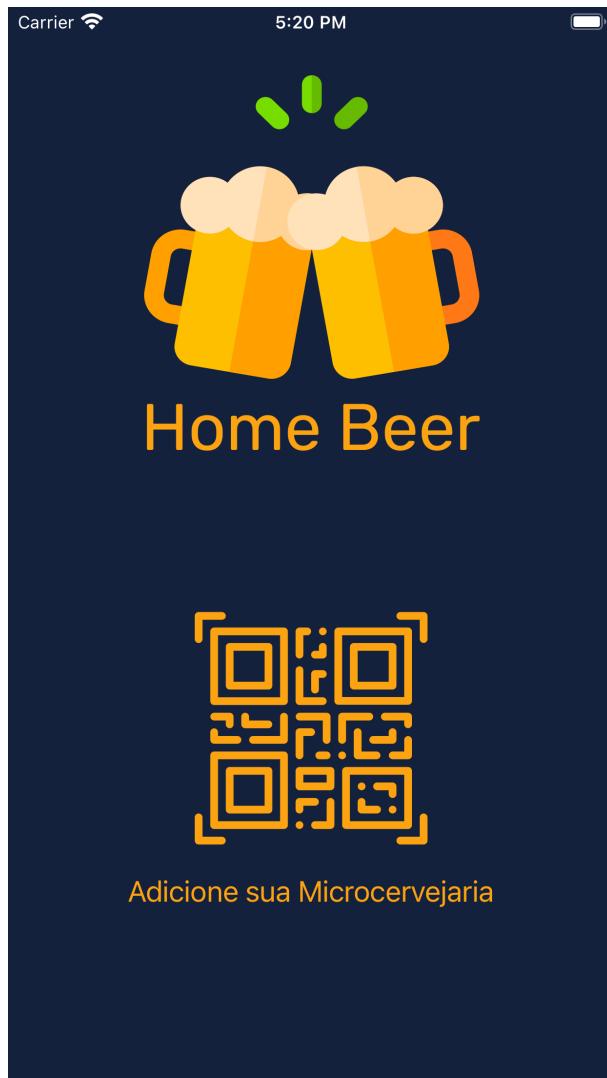


Figura 102 – Tela de Login

Quando o componente da tela de login é criado, uma função verificará se há algum token no *AsyncStorage*. *AsyncStorage* é um biblioteca nativa do React Native, utilizada para armazenamento de dados persistentes no dispositivo em formato de chave e valor.

2.4.5.2.2 Tela de Permissão

Para o aplicativo acessar a câmera, o usuário tem que lhe dar permissão de acesso por motivos de segurança. Para o usuário prosseguir com o uso do aplicativo, ele tem que fornecer essa permissão.

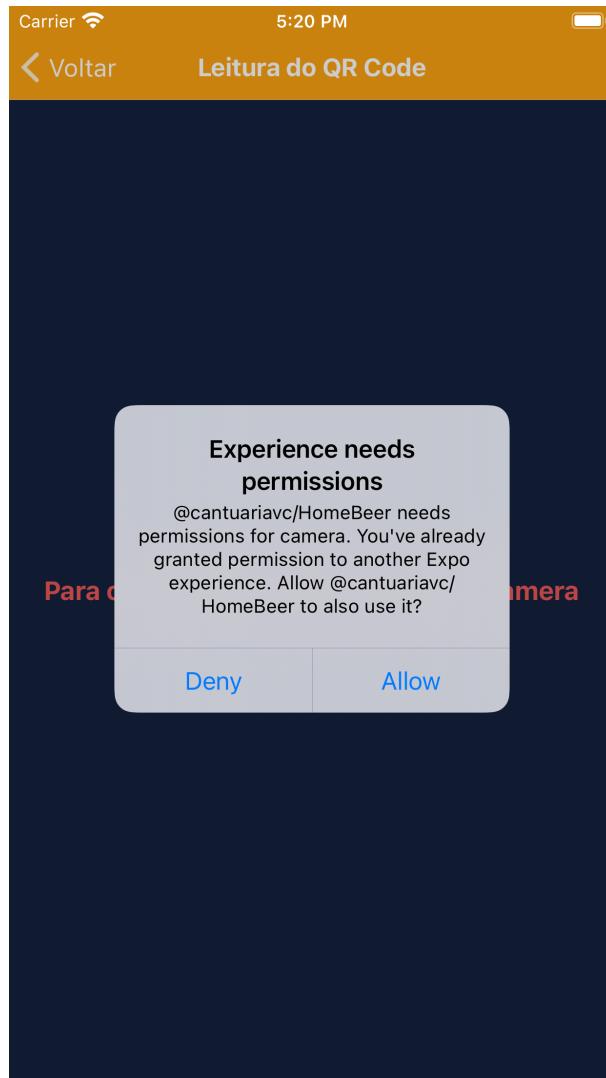


Figura 103 – Tela de Permissão

Quando o componente da tela da câmera é montado, a primeira coisa que a aplicação fará será verificar se o usuário já forneceu a permissão de acesso a câmera previamente. Caso essa permissão ainda não tenha sido concedida, uma *modal* aparecerá e perguntará se o usuário gostaria de permitir o acesso a câmera ao aplicativo.

2.4.5.2.3 Tela sem permissão

Se a permissão não tiver sido concedida ao aplicativo, o usuário deverá ir nas configurações do seu dispositivo e conceder para usufruir dos serviços fornecidos pelo aplicativo.

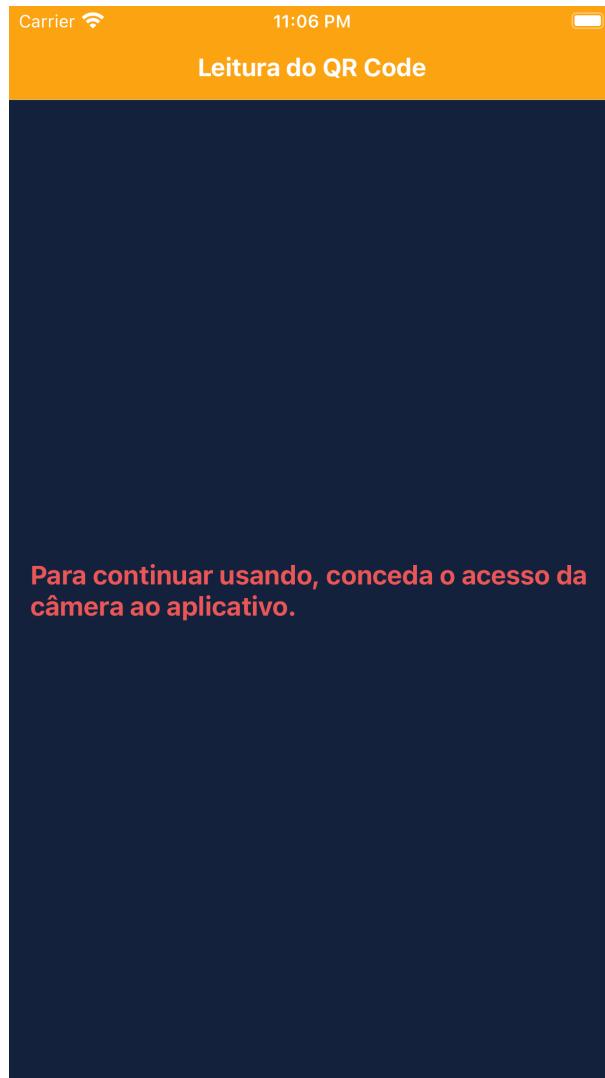


Figura 104 – Tela sem Permissão

Como a verificação da permissão é feita quando o componente da tela da câmera é criado, uma mensagem aviso é mostrada ao usuário quando a permissão não foi concedida.

2.4.5.2.4 Tela da Câmera

Caso o usuário permita o aplicativo a acessar a câmera, será aberto a tela da câmera para que o Código QR possa ser escaneado e o token da microcervejaria possa ser obtido. Depois que a aplicação tiver obtido o token, haverá um redirecionamento para tela de receitas.



Figura 105 – Tela da Câmera

O token é salvo no *AsyncStorage* e será utilizado para fazer qualquer requisição HTTP na API da microcervejaria.

2.4.5.2.5 Tela de Receitas

Na tela de receitas, o usuário poderá ver todas as receitas cadastradas através de um carrossel de cartões. Para movimentar os cartões das receitas, ele precisará deslizar o dedo na tela, da direita para a esquerda.



Figura 106 – Tela de Receitas



Figura 107 – Tela de Receitas Carrossel

Os cartões são preenchidos depois que o aplicativo faz uma requisição HTTP de GET na rota /receitas para recuperar todas as receitas cadastradas previamente na API da microcervejaria. Nessa mesma tela, além de visualizar as receitas, o usuário poderá iniciar as operações de edição de receita, cadastramento de nova receita, inicialização da produção e limpeza da microcervejaria.

2.4.5.2.6 Tela de Receitas - Aba Processos

No cartão da receita, é possível visualizar o nome da receita, a descrição da receita, o tempo para a finalização do processo de fabricação, a quantidade de cerveja a ser produzida, as descrições dos ingredientes e as descrições dos processos. Por padrão, a aba com as descrições dos ingredientes vem selecionada. Para visualizar as descrições dos processos, basta o usuário clicar em **PROCESSOS** abaixo do ícone de cerveja com a quantidade de cerveja a ser produzida.



Figura 108 – Tela de Receitas Processo

Quando o componente principal é criado, o da tela de receitas, subcomponentes também são criados e integrados. O componente de **INGREDIENTES** e **PROCESOS** é o mesmo. A utilização de subcomponente é feito para melhor a organização e reaproveitamento do código em outras partes do aplicativo.

2.4.5.2.7 Tela de Editar Receita

Para editar uma receita, o usuário deverá clicar no ícone a direita do nome da receita. O usuário poderá editar qualquer informação da receita ou excluí-la no formulário que aparecerá em seguida. Para salvar as edições, o usuário deverá clicar no botão Confirmar. Para excluí-las, basta clicar no botão Excluir.

Nome do ingrediente	Quantidade
Água	21 Litros
Malte Pielsen	5 Kilos
Malte Melanoidina	1 Kilos
Lúpulo Herkules	20 gramas
Lúpulo Cascade	80 gramas
Lúpulo Columbus	80 gramas
Fermento US05	1 pacote

Figura 109 – Tela de Editar Receita

Tempo (min)	Temperatura (°C)
60	64
15	77

Intervalo de tempo
60

Tempo (min)	Ingrediente	Quantidade
60	Herkules	20 gramas
10	Columbus	30 gramas
5	Cascade	30 gramas
0	Cascade	20 gramas
0	Columbus	20 gramas

Figura 110 – Tela de Editar Receita Botões

Quando o formulário é aberto, o sistema fará uma requisição HTTP de GET na API da microcervejaria para recuperar as informações da receita e preencher os campos com as informações obtidas. Para salvar as informações, uma requisição HTTP de PUT na rota /receita é feita para que a receita possa ser atualizada no sistema. Já para excluir, a requisição HTTP feita é de DELETE na mesma rota. Assim, na próxima vez que o usuário verificar as receitas cadastradas, ela não constará mais lá.

2.4.5.2.8 Tela de Criar Receita

Para criar uma nova receita, o usuário deverá clicar no ícone com um símbolo de "+"(mais) no canto inferior esquerdo. Ao clicá-lo, a aplicação abrirá um formulário em branco para o usuário colocar as informações da receita. Após adicionar todas as informações necessárias, basta clicar no botão Confirmar.

Carrier WiFi 5:27 PM

Formulário de Receita

Informações

Nome
Digite o nome

Descrição
Digite a descrição

Tempo médio (min) Volume (L)
Tempo médio Quantidade de litros

Ingredientes

Nome do ingrediente Quantidade
Ingrediente Quantidade

+ Ingrediente

Aquecimento

25°C 100°C
40°C

Figura 111 – Tela de Criar Receita

Carrier WiFi 1:31 AM

Formulário de Receita

Aquecimento

25°C 100°C
56.6°C

Brassagem

Tempo (min) Temperatura (°C)
Duração Temperatura

+ Intervalo de tempo

Fervura

Tempo total (min)
Tempo total

Tempo (min) Ingrediente Quantidade
Duração Ingrediente Quantidade

+ Intervalo de tempo

Confirmar

Figura 112 – Tela de Criar Receita Botão

Ao clicar em Confirmar, a aplicação enviará uma requisição HTTP de POST na rota /receita para a nova receita ser salva na API da microcervejaria e adicionará um novo cartão com a nova receita recém cadastrada.

2.4.5.2.9 Tela de Processos

Para iniciar o processo, o usuário deve clicar no botão central da parte inferior. Na tela de processos, o usuário poderá ver os seguintes processos da Microcervejaria: Aquecimento, brassagem e fervura. As informações são atualizadas a cada 10 segundos, com requisições feitas do aplicativo para a API.



Figura 113 – Tela do Processo de Aquecimento



Figura 114 – Tela do Processo de Brassagem

Em todas as telas do processo serão exibidos dados relativos a temperatura atual e o tempo restante para finalização de todos os processos, na parte inferior de cada processo. Além disso, existe um botão com o termo *STOP*, que ao ser clicado fará o encerramento do processo. O primeiro processo apresentado, ao clicar no botão de inicialização, será o processo de aquecimento, contendo informações referentes a temperatura esperada e o tempo decorrido para execução do processo. Ao passar por esse processo, a página será atualizada com o processo de brassagem, que tem informações relativas a rampa de temperatura que o sistema terá que seguir. Portanto, serão exibidos as durações que o sistema deverá manter temperaturas específicas, como mostra na figura 114. Conforme as etapas do processo avançarem, o sistema apresentará as etapas finalizadas a cor rosa, a etapa atual será representada pela cor amarela e as etapas que ainda não foram executadas ou estão em execução terão a cor cinza.

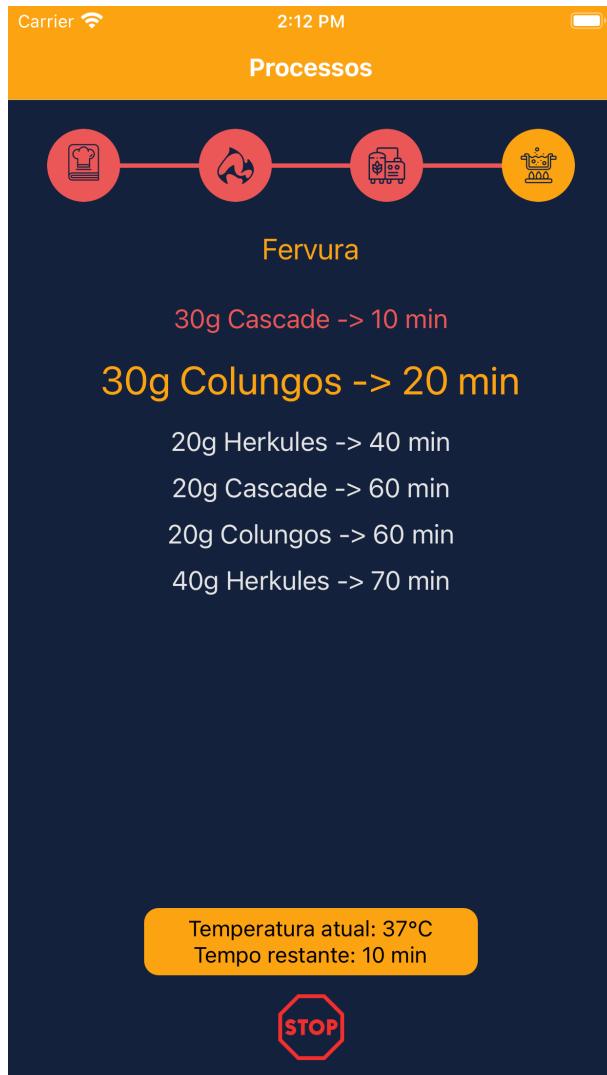


Figura 115 – Tela do Processo de Fervura

Por fim será exibido o processo de fervura, que informa em qual período de tempo o usuário terá que inserir determinados ingredientes, seguindo a mesma lógica do processo de brassagem, o estado das etapas são simbolizados com cores, como pode ser visto na figura 115.

2.4.5.2.10 Tela de Limpeza

Para iniciar a limpeza da microcervejaria, o usuário deverá clicar no ícone do balde com uma vassoura no canto inferior direito. O usuário poderá acompanhar o tempo restante pela aplicativo. Quando a limpeza finalizar, o usuário será notificado.

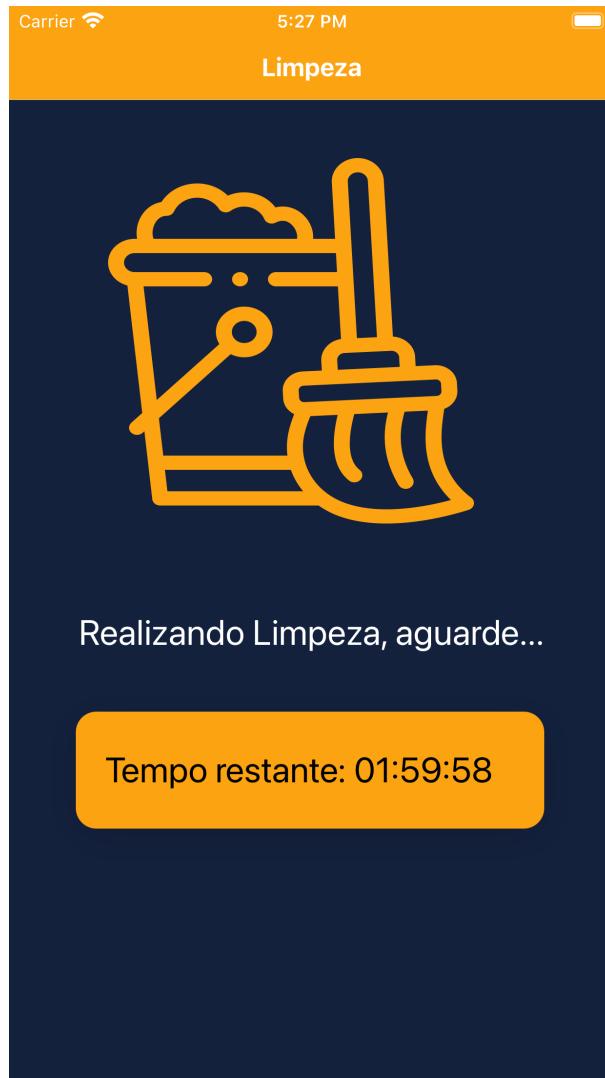


Figura 116 – Tela de Limpeza

Para iniciar esse processo, uma requisição HTTP de POST na rota /limpeza deverá ser feita. Após o término, uma função enviará uma requisição HTTP de POST para a API do sistema de notificação do Expo com a mensagem q desejamos que o usuário receba. Quando essa requisição é enviada o sistema do Expo enviará uma notificação ao usuário, pelo aplicativo. Expo é uma biblioteca utilizada para criar aplicativos híbridos para multiplataforma, como iOS e Android.

3 Integração

Nesse capítulo será explicado com detalhes como se deu o processo de integração do nosso projeto. O projeto da Microcervejaria *Home Beer* foi sub-dividido em três equipes principais: equipe estrutura e térmica, equipe de automação, e equipe de software. Nas seções seguintes serão explicados os processos de integração dos sub-sistemas desenvolvidos pelas equipes principais e pela equipe de automação com a subequipe de energia.

O diagrama de integração dos subsistemas pode ser observado na seguinte Figura 117

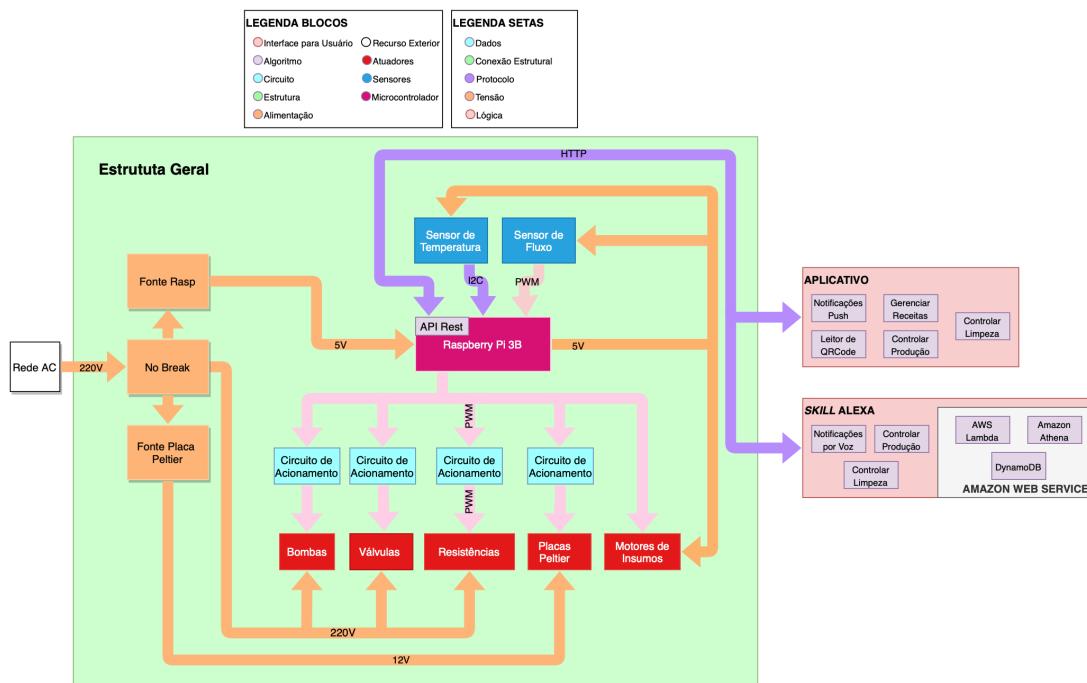


Figura 117 – Diagrama de integração dos subsistemas.

3.1 Estrutura e Térmica + Automação

A integração entre a parte estrutural e a automação se dá na fixação dos componentes eletrônicos à estrutura.

A Figura 118 apresenta os principais componentes eletrônicos. As placas de circuito impresso serão colocadas dentro do item A. Neste estará a central lógica da microcervejaria.

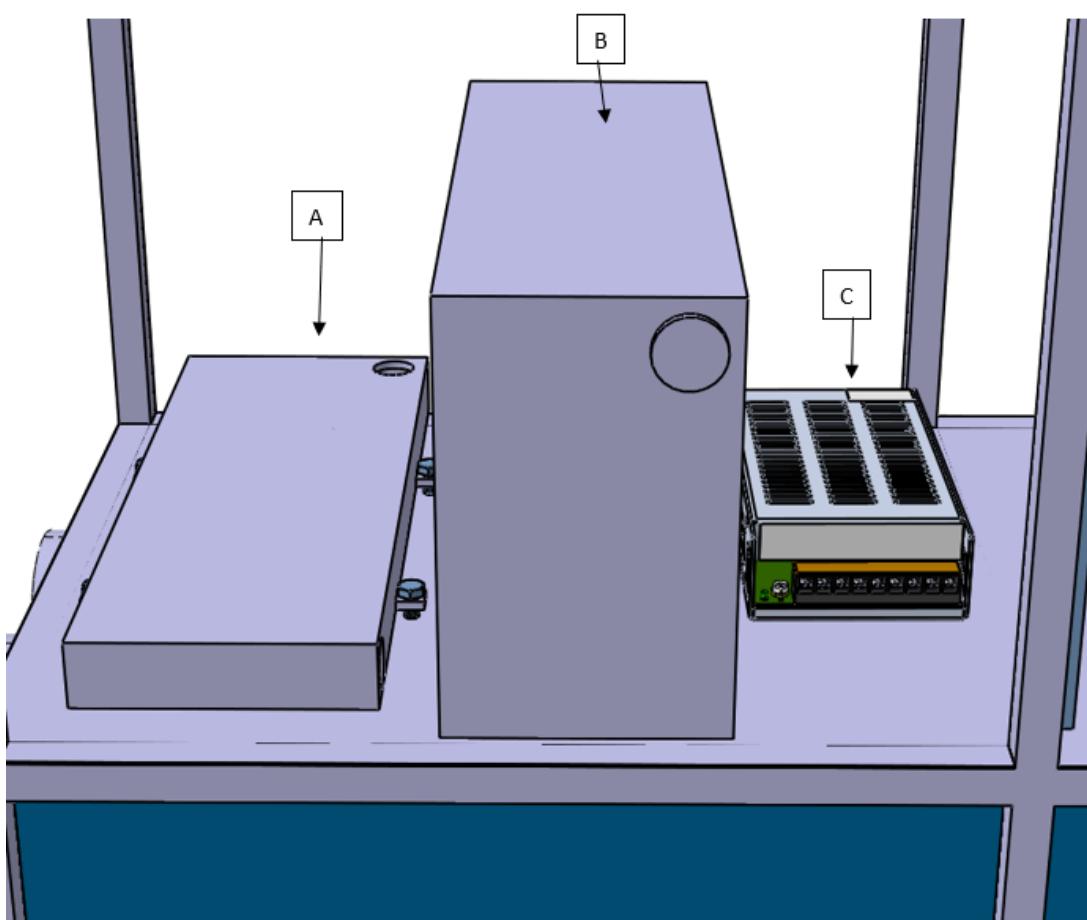


Figura 118 – Componentes eletrônicos

Legenda	Item
A	Caixa de PCI's
B	No Break
C	Fonte 12V para placas Peltier

Tabela 35 – Legenda componentes eletrônicos

A Figura 119 apresenta as placas utilizadas para o controle dos atuadores e leitura dos sensores.

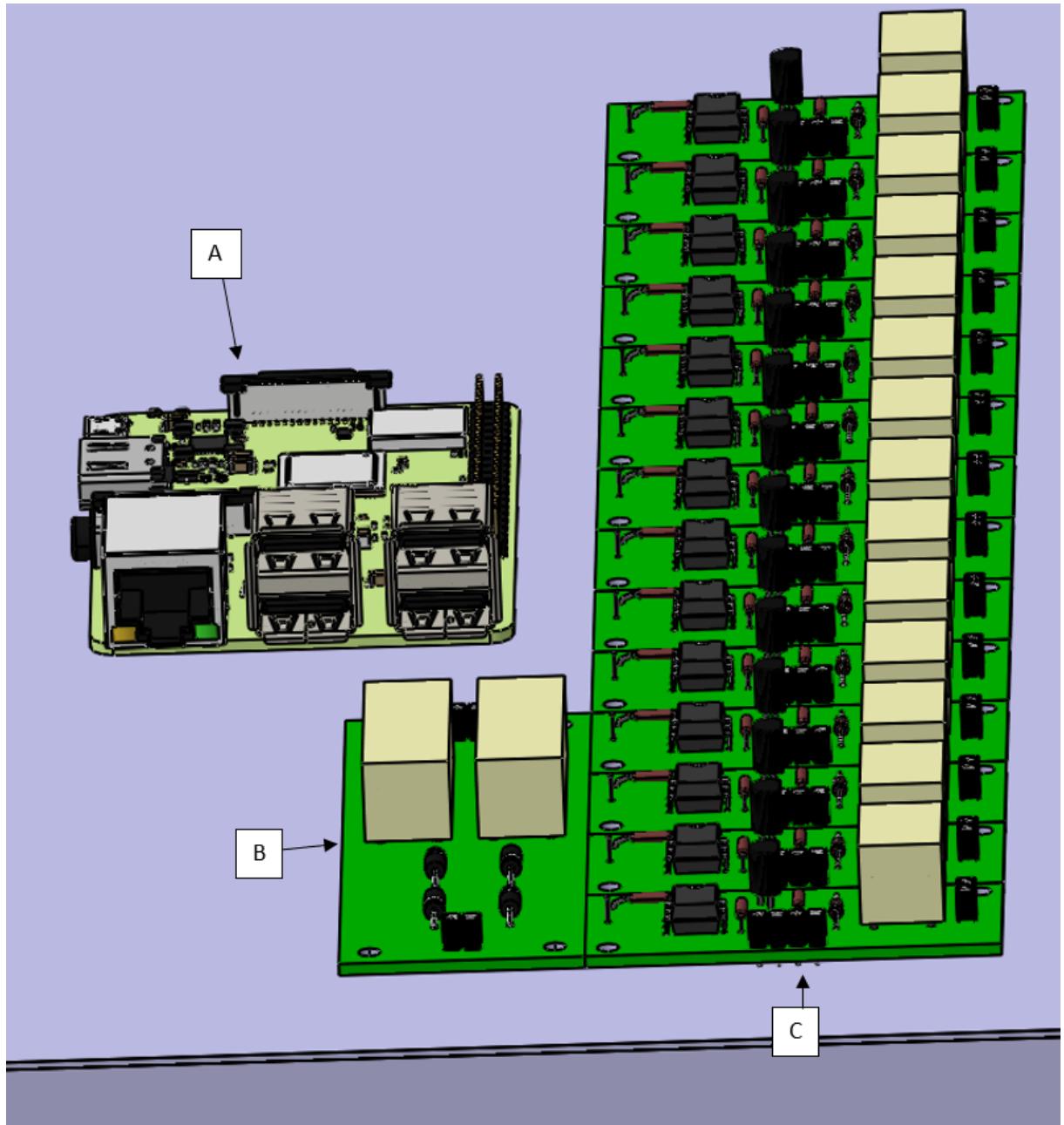


Figura 119 – Placas eletrônicas

Legenda	Item
A	Raspberry Pi
B	Circuito Retificador do No Break
C	Circuito de Acionamento dos Relês

Tabela 36 – Legenda placas eletrônicas

O sensor de temperatura apresentado na Figura 120 será posicionado na borda da panela apontado para seu interior.

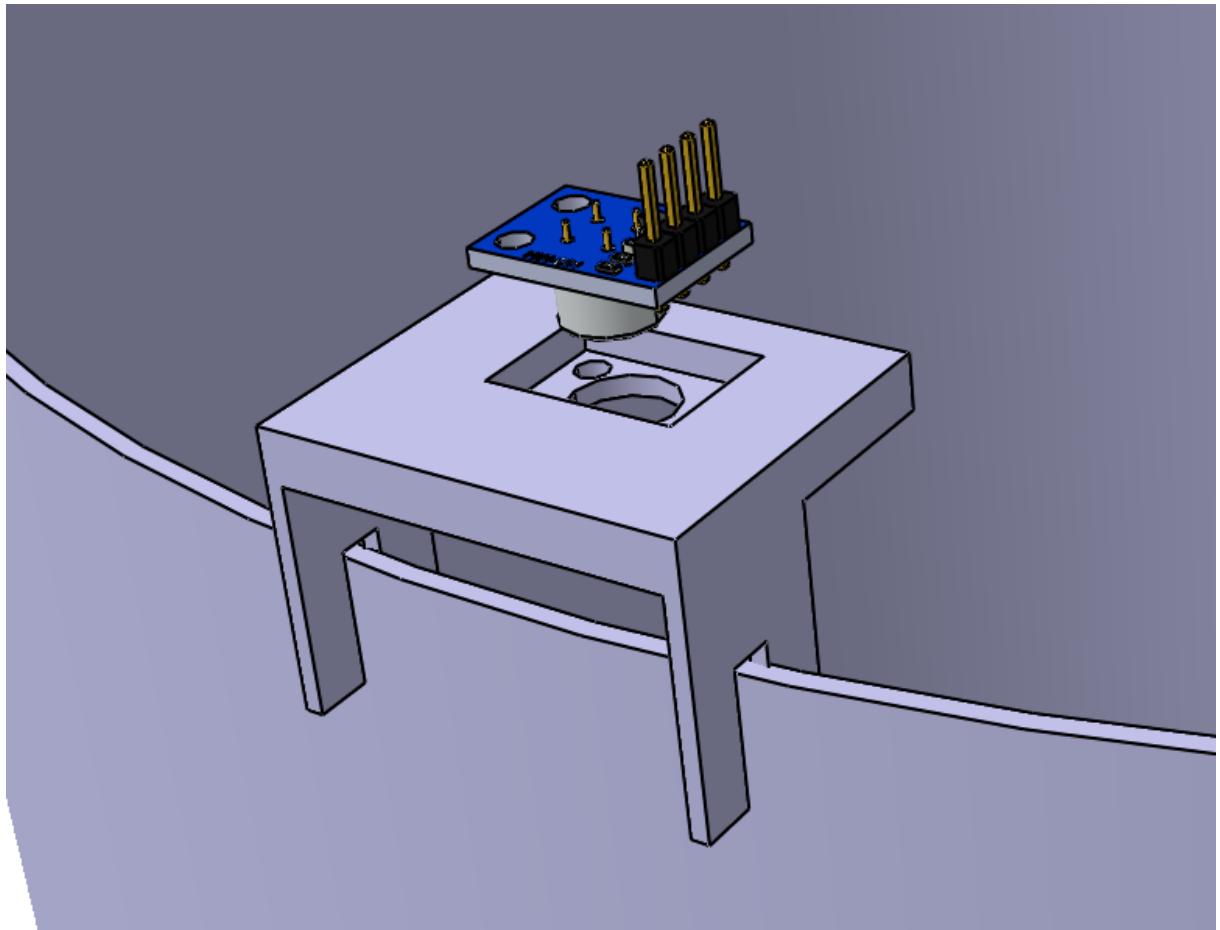


Figura 120 – Sensor de temperatura

A partes móveis se resumem aos alimentadores que liberam os ingredientes sólidos à panela de fervura. O movimento é gerado a partir do servo motor. Esse fica protegido de possíveis respingos pelo *case* protetor, acoplado à estrutura de suporte do alimentador.

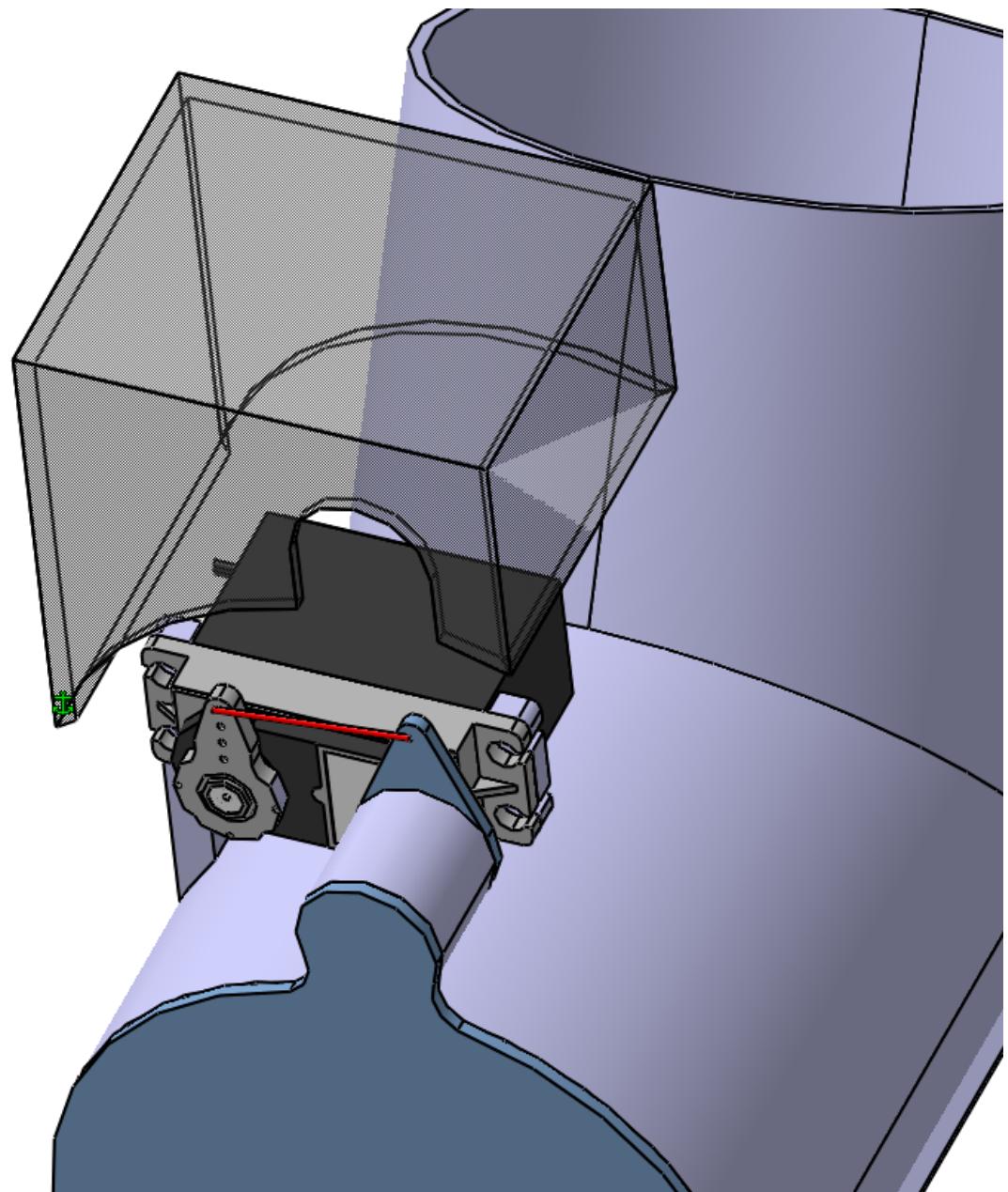


Figura 121 – Servo motor e alimentador de insumos

O eletroduto de alumínio 10x10mm será utilizado para comportar a fiação aos componentes eletrônicos (Figura 122). A fiação escolhida para nosso sistema foi o CABO FLEXÍVEL SILNAX 0,6/1KV HEPR 90°C, por possuir características de autoextinção do fogo, maior segurança. Por ser um cabo isolado em HEPR (borracha etilenopropíleno) com temperatura de operação de 90 °C, sua capacidade de corrente elétrica é superior em relação aos cabos isolados em PVC.

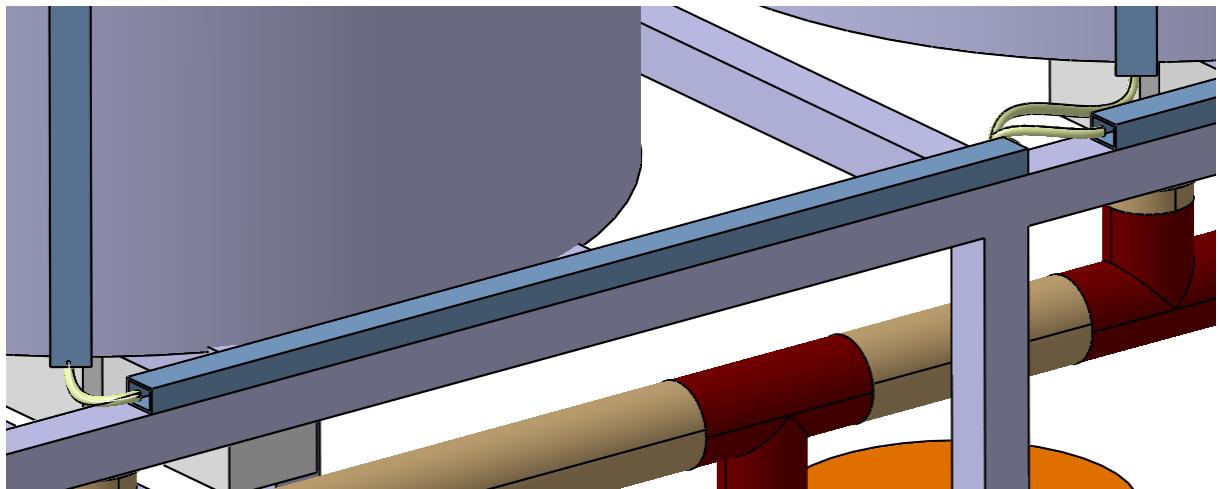


Figura 122 – Posição do eletroduto

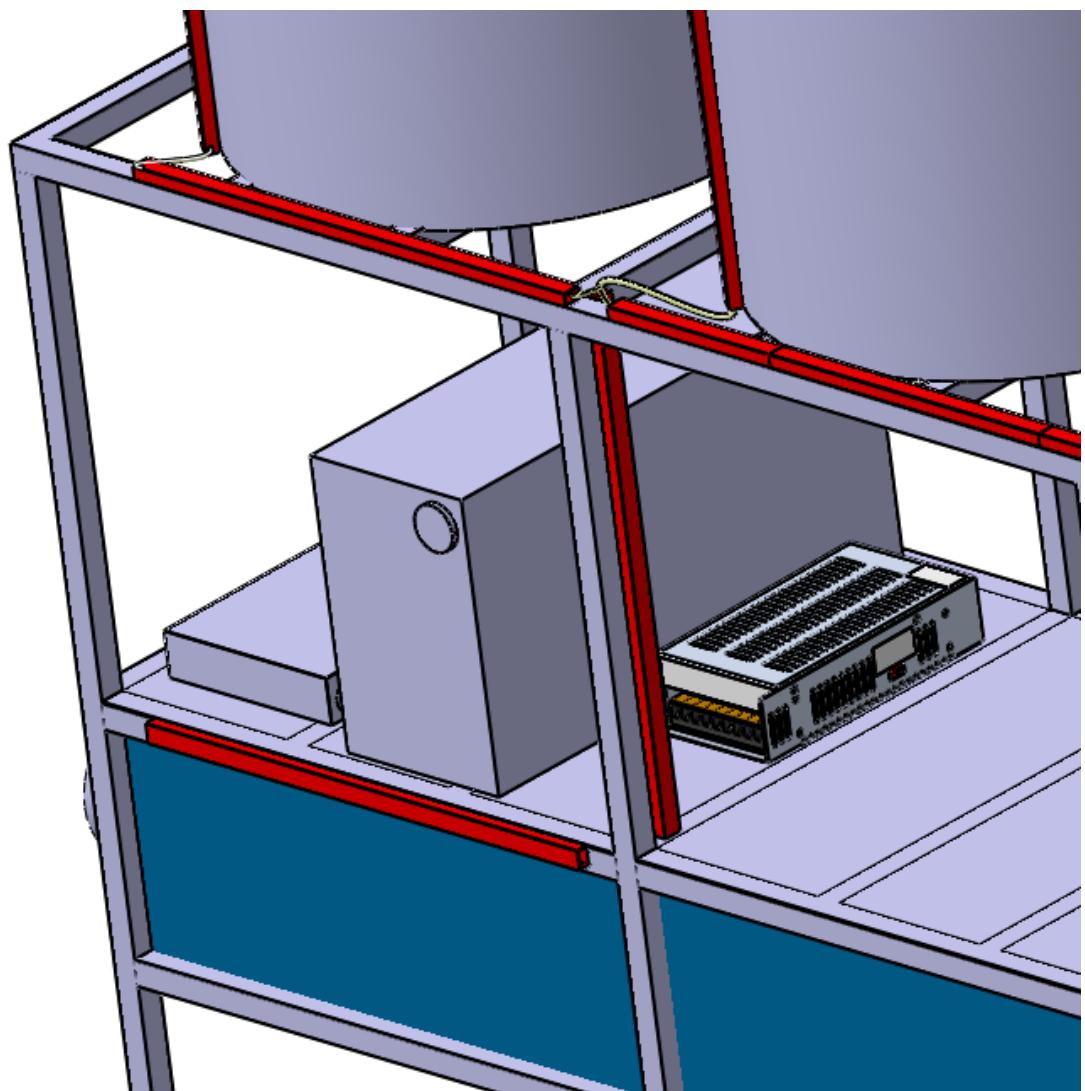


Figura 123 – Posição do eletroduto

Os eletrodutos servirão, majoritariamente, para comportar a fiação dos sensores

e atuadores presentes nas panelas. A fiação dos componentes na parte inferior da estrutura será fixada diretamente na base devido a proximidade destes com os módulos de acionamento.

3.2 Automação + Software

Para realizar a comunicação entre o Aplicativo e a *Skill* da Alexa, a *Raspberry Pi 3B* irá funcionar como um servidor para hospedar a *API Rest* na qual ambas as interfaces irão comunicar por meio de requisições HTTP.

Para acessar esta API o usuário deverá ler um *Token* que será informado no seu Manual de Uso([B.9.1](#)), cada Microcervejaria possuirá um *Token* exclusivo para seu acesso, e sua leitura pode ser feita tanto por QRCode, quanto informando seu valor na Alexa.

Após esta validação do *Token* o usuário tem acesso total à API para realizar suas requisições. A lista completa das rotas que são utilizadas para cada funcionalidade podem ser encontradas no Apêndice [L](#).

Na *Skill* da Alexa, cada vez que o usuário fornece um novo comando de voz, a Alexa irá fazer essa requisição na API para retornar com o último dado atualizado, já no Aplicativo algumas requisições como do andamento do processo ocorrem de forma automática a cada 5 segundos, ou seja, quando o sensor detecta alguma alteração, ele envia uma nova requisição para a rota do processo que ocorreu esta mudança, este valor é alterado na API e o aplicativo e a Alexa podem consumir este novo valor atualizado.

3.3 Energia + Automação

A integração da subequipe de Energia com a equipe de Automação deu-se por meio da ligação do *Nobreak* aos componentes existentes e do dimensionamento da fiação. Esse por sua vez que é um dos principais fatores para obter uma instalação elétrica de boa qualidade. O mau dimensionamento dos condutores além de interferir diretamente na eficiência da instalação, proporciona riscos de incêndios, devido aos aquecimentos dos cabos e eletrodutos. Para tal, foi utilizada a norma [NBR-5410 \(2004\)](#) de Instalações Elétricas para Baixa Tensão, ela que estipula alguns critérios que devem ser levados em consideração ao se dimensionar um condutor elétrico. Os fatores analisados, de acordo com a norma, que determinam qual deve ser a bitola do condutor são tipos de linhas elétricas, número de condutores carregados, tipo de isolamento do cabo, Temperatura no condutor e ambiente, e principalmente a corrente que passa por aquele condutor. Para saber qual a corrente que vai passar pelo condutor basta observar a relação entre a potência(P) e sua tensão(U) de alimentação que irá estabelecer o valor da corrente elétrica(I), de acordo com a seguinte equação:

$$P = UxI \quad (3.1)$$

Para determinar as correntes foram analisadas a fonte da placa de Peltier e a resistência elétrica de aquecimento, componentes esse que possuem maior consumo energético do circuito. Suas correntes foram caracterizadas utilizando a equação anterior: Para fonte de Peltier:

$$I_p = \frac{240w}{12V} = 20A \quad (3.2)$$

Para a resistência de aquecimento:

$$I_r = \frac{120w}{220V} = 18,18A \quad (3.3)$$

Ao observar a tabela 33 da NBR-5410 foi possível definir o tipo de linha elétrica utilizada, que tem como método de instalação número 12 e de referência C. Método esse que tem como características possuir Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira. Ao analisar a tabela 46 da NBR-5410 foi definido que número de condutores carregados deve ser 3, pois o sistema de energia utilizada para o projeto é trifásica. Foi escolhido o cabo condutor de cobre com isolamento em PVC que possuem uma temperatura máxima em serviço contínuo de 70°C. Em posse dessas informações, observando a tabela 36 da [NBR-5410 \(2004\)](#), podemos definir a seção nominal da fiação utilizada. Para o método de referência C, um número de condutores carregados 3 e uma corrente máxima de 20A, temos que a seção nominal do fio deve ser $1,5mm^2$.

4 Custos

4.1 Estrutura

Peça	Valor	quantidade	Total
Panelas	R\$ 345,94	3 unidades	R\$ 1037,82
Bomba	R\$ 378,45	2 unidades	R\$ 756,9
Tubo 1/8"10-S	R\$ 17,90/metro	9 metros	R\$ 161,10
Tubo 3/8"10-S	R\$ 17,90/metro	9 metros	R\$ 161,10
Tubo 1"10-S	R\$ 25,00/metro	3 metros	R\$ 75,00
Filtro para Malte	R\$ 339,00	1 unidade	R\$ 339,00
Resistência	R\$ 106,95	1 unidade	R\$ 106,95
Conexão T 1"	R\$ 23,25	5 unidades	R\$ 342,25
Conexão T 3/8"	R\$ 32,00	2 unidades	R\$ 64,00
Conexão L 1"	R\$ 45,00	13 unidades	R\$ 585,00
Redução 1-> 3/8"	R\$ 36,70	2 unidades	R\$ 73,40
Redução 1-> 1/2"	R\$ 12,70	4 unidades	R\$ 50,80
Redução 1-> 1/8"	R\$ 39,89	2 unidades	R\$ 79,78
Tubo quadrado Galvanizado 20x20mm	R\$ 53,35/6 metros	27 metros	R\$ 240
Reservatório do líquido de arrefecimento	R\$ 400,00	1 unidade	R\$ 400,00
Kit Placa de Peltier c/ Cooler	R\$ 55,90	3 unidades	R\$ 167,7
Dissipador de calor em alumínio	R\$ 28,90	3 unidades	R\$ 86,70
Parafuso Sextavado M8 X 45 Inox 304/a2 com 10 unidades	R\$ 31,34	2 unidades	R\$ 62,68
Parafuso Sextavado M8 X 20 Inox 304/a2 C/25 Unidades	R\$ 44,65	2 unidades	R\$ 89,30
Porca Sextavada M8 Inox 50 Peças	R\$ 37,40	1 unidade	R\$ 37,40
Abraçadeira plástica tipo pilar para PCB C/ 100 Un	R\$ 27,95	1 Unidade	R\$ 27,95
Perfil Alumínio Tubo Quadrado 2mx10x10mm Anodizado	R\$ 58,90	2 Unidade	R\$ 117,80
Pasta térmica GD900 - 3g	R\$ 15,09	1 Unidade	R\$ 15,09
Porcas de vedação 10 unidades	R\$ 13,30	3 unidades	R\$ 39,90
Abraçadeira Tipo U Simples 1 Polegada	R\$ 0,71	4 unidades	R\$ 2,84
Total	-	-	R\$ 5.120,46

Tabela 37 – Tabela Custos Estruturais

4.2 Sistema Embarcado

Peça	Valor	quantidade	Total
Sensor de Temperatura	R\$84,45	3	R\$ 253,35
Sensor de Fluxo	R\$109,19	3	R\$ 327,57
Microcontrolador/Microprocessador	R\$209,23	1	R\$ 209,23
Válvulas	R\$249,71	9	R\$ 2247,39
Motores	R\$14,90	5	R\$ 74,50
Nobreak	R\$ 743,41	1	R\$ 743,41
Resistores	R\$0,10	43	R\$ 4,30
Optacopladores-4n25	R\$1,00	14	R\$ 14,00
Diodos-1N4001	R\$0,10	14	R\$ 1,40
Transistores-Bc548	R\$0,12	14	R\$ 1,68
Diodos-1N5408	R\$0,35	4	R\$ 1,40
Capacitores	R\$40,00	3	R\$ 1,25
Diodo zener-1n4743A	R\$1,19	1	R\$ 1,19
Transistor-MJH6282	R\$7,80	1	R\$ 7,80
Relés	R\$3,50	11	R\$ 38,50
Relés	R\$39,90	3	R\$ 119,70
Disjuntor	R\$15,90	1	R\$ 15,90
Braçadeira plástica do pilar da pcb 100 unidades	R\$27,95	1	R\$ 27,95
Trafo-24V5A	R\$75,90	1	R\$ 75,90
Total	-	-	R\$ 4012,51

Tabela 38 – Tabela Custos Eletrônica

4.3 Software

Para o detalhamento das justificativas e cálculos realizados para atingir estes custos da produção do Software, foi elaborado um Plano de Gerenciamento de Custos (Apêndice D), estes custos foram feitos considerando a cobrança os gastos que se teriam com recursos humanos e outros custos como internet e energia, que no caso deste projeto por se tratar de uma disciplina da faculdade os alunos estariam arcando com a internet e energia, e as horas trabalhadas para o custo dos recursos humanos seriam as horas dedicadas para a disciplina.

Recurso	Custo
Recursos Humanos	R\$ 15505,00
Internet	R\$ 399,50
Energia	R\$ 673,20
Ferramentas	R\$ 0,00
Total	R\$ 16577,70

Tabela 39 – Tabela Custos de Software

5 Considerações finais

Este trabalho apresentou o dimensionamento dos subsistemas de uma microcervejaria automatizada, proposta para facilitar a fabricação de cerveja artesanal. Em cada uma das seções, foi detalhado o dimensionamento dos subsistemas de estruturas, térmica, automação e software. Após o dimensionamento dos subsistemas, foi realizado a integração, atentando-se ao funcionamento conjunto.

Os manuais de fabricação e montagem foram desenvolvidos visando detalhar ambos os processos para, respectivamente, o fabricante e o cliente. Cada subproduto foi designado ao uma das duas partes de modo a simplificar o trabalho do cliente na montagem final no local de instalação.

Referências

- AMAZON. *Computação sem servidor*. 2020. Disponível em: <<https://aws.amazon.com/pt/serverless/>>. Citado na página 118.
- ANEEL. *Rank de tarifas. ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica*. 2015. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas/>>. Citado na página 230.
- ANSYS, I. *ANSYS FLUENT 12.0/12.1 Documentation*. 2009. Disponível em: <<https://www.afs.enea.it/project/neptunius/docs/fluent/html/ug/node167.htm>> Acessado em: 29 de outubro de 2020. Citado na página 71.
- ANVISA. *Resolução RDC n° 20 de 22 de março de 2007*. 2007. Citado na página 49.
- ARAKI, M. PID control. *Control Systems, Robotics and Automation: System Analysis and Control: Classical Approaches II*, p. 58–79, 2009. Citado na página 90.
- ASSOCIATION, T. B. *Brewers Association Beer Style Guidelines*. 2020. Disponível em: <<https://www.brewersassociation.org/edu/brewers-association-beer-style-guidelines/>> Acessado em: 14 de outubro de 2020. Citado na página 64.
- BERICK, A. Heat Losses In A Cook Pot at Constant Temperature. 2006. Citado na página 92.
- BRAGA, N. C. *Sensores e Atuadores para Eletrônica Embarcada (ART3207)*. 2020. Disponível em: <<https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/eletronica/52-artigos-diversos/13304-sensores-e-atuadores-para-eletronica-embarcada-art3207>>. Citado na página 82.
- BUDYNAS, K. N. R. *Shigley's Mechanical Engineering Design*. 8. ed. McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 2006. (Mcgraw-Hill Series in Mechanical Engineering). ISBN 0390764876,0073312606,0071257632,9780071257633,9780073312606,9780390764874. Disponível em: <<http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=8a9f8b2e9ecdbc350fd3f3eb2758275c>>. Citado 2 vezes nas páginas 8 e 36.
- CAVALER, L. C. C. et al. Surface roughness in the incremental forming of aisi 304l stainless steel sheet. *Far East Journal of Mechanical Engineering and Physics*, Pushpa Publishing House, v. 1, n. 2, p. 87–98, 2010. Citado na página 67.
- CLERK, J. D. *A Textbook of Brewing*. 1st edition. ed. [S.l.]: Chapman Hall, 1957. Citado na página 51.
- Cunha, D. O. da. Dissipadores de calor. p. 18, 2001. Citado na página 60.
- DPO. *Relatório de Gestão 2019, Universidade de Brasília*. 2019. Disponível em: <http://www.dpo.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=816>. Citado na página 230.
- ELÉTRICA, M. da. *O que é relé de estado sólido?* 2020. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-rele-de-estado-solido/>>. Citado na página 85.

- FELLOWS, P. J. *Tecnologia do Processamento de Alimentos-: Princípios e Prática.* [S.l.]: Artmed Editora, 2018. Citado na página 49.
- FERREIRA, R. H. et al. Inovação na fabricação de cervejas especiais na região de belo horizonte. *Perspectivas em Ciência da Informação*, SciELO Brasil, v. 16, n. 4, p. 171–191, 2011. Citado na página 22.
- FOX, R. W.; MCDONALD, A. T.; MITCHELL, J. W. *Fox and McDonald's Introduction to Fluid Mechanics*. 10th. ed. [S.l.]: Wiley, 2020. Citado 7 vezes nas páginas 3, 62, 63, 64, 65, 66 e 67.
- LAWRENCE, R. Open source licensing. *Prentice Hall PTR*, p. 85, 2004. Citado na página 269.
- MARTINS, I. Z. Processo de produção da cerveja. São Camilo, Brasil, p. 5, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.
- NBR-5410. ABNT NBR 5410:2004 - *Instalações elétricas de baixa tensão*. 2004. Citado 2 vezes nas páginas 149 e 150.
- NOG, D. *Qual deve ser a potência da resistência para mostura.* 2017. Disponível em: <<https://www.homebrewtalk.com.br/threads/qual-deve-ser-a-pot%C3%A9ncia-da-resist%C3%Aancia-para-mostura.411045/>>. Citado na página 44.
- OGATA, K. *Modern control engineering*. [S.l.]: London, 2002. Citado na página 89.
- PEREZ, S. *Smart speakers hit critical mass in 2018*. 2018. Disponível em: <<https://techcrunch.com/2018/12/28/smart-speakers-hit-critical-mass-in-2018/>>. Citado na página 269.
- PIMENTEL, A. C. e Aécio Farias e Jainne Fernandes e Alailson Braz e Ludmila Machado e E. RefrigeraÇÃo utilizando pastilhas de efeito peltier. *HOLOS*, v. 2, n. 0, p. 25–31, 2010. ISSN 1807-1600. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/383>>. Citado na página 59.
- SAIBA Qual a Importância das Curvas B C D do disjuntor. Disponível em: <<https://www.sabereletrica.com.br/curvas-dos-disjuntores/>>. Citado na página 101.
- SIQUEIRA, P. B. O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. Araraquara, Brasil, p. 8, 2008. Citado na página 22.
- STERLING, G. *Google Actions vs. Alexa Skills is the next big App Store battle*. 2019. Disponível em: <<https://searchengineland.com/google-actions-vs-alexa-skills-is-the-next-big-app-store-battle-312497>>. Citado na página 269.
- TAMESON. *Solenoid Valve - How They Work*. 2020. Disponível em: <<https://tameson.com/solenoid-valve-types.html>>. Citado na página 84.
- THERMONAMIC. *High Performance and Highly Reliable Solution for Cooling and Heating Applications Creative technology with fine manufacturing processes provides you the reliable and quality products Specification of Thermoelectric Module TEC1-07112*. 2017. Citado na página 101.

TOKARNIA, M. *Celular é o principal meio de acesso à internet no país.* 2020. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2020-04/celular-e-o-principal-meio-de-acesso-internet-no-pais>>. Citado na página 268.

TOOLBOX, E. *Minor or Dynamic Loss Coefficients for Pipe or Tube System Components.* 2004. Disponível em: <https://www.engineeringtoolbox.com/minor-loss-coefficients-pipes-d_626.html> Acessado em: 14 de outubro de 2020. Citado na página 65.

TRÁVNÍČEK, P.; LOS, J.; JUNGA, P. Comparison of rheological properties of hopped wort and malt wort. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, v. 63, n. 1, p. 131–136, 2015. Citado na página 64.

ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. *Transferência de calor e massa: uma abordagem prática.* [S.l.]: AMGH Editora Ltda, 2012. Citado na página 51.

Apêndices

APÊNDICE A – Manual de fabricação

Este Manual de Fabricação foi feito para instruir o fabricante da *Home Beer* na produção da microcervejaria. No processo de fabricação da *Home Beer*, algumas das peças utilizadas existem no mercado e serão adquiridas. Outras peças serão fabricadas por encomenda conforme projetos especificados nesse documento.

As seções estão divididas em indicar os componentes do produto e nas instruções detalhadas para sua fabricação. Ao final deste manual de fabricação, o produto *Home Beer* estará pronto para ser entregue e montado pelo cliente.

A.1 Índice

- Componentes existentes no mercado
- Componentes fabricados por encomenda
- Instruções para fabricação

Estrutura principal

Panela

Tubulação

Bombas e Trocador de Calor

Reservatório

Alimentadores

Componentes eletrônicos

A.2 Componentes necessários para a fabricação

Nessa seção, encontram-se listados na Tabela 40 os componentes necessários para a fabricação da fabricação da microcervejaria *Home Beer*. Eles devem ser adquiridos para dar início ao processo de itens fabricados de acordo com as especificações deste manual.

Peça	Quantidade	Peça	Quantidade
Parafuso Sextavado Inox 304/A2 M8 x20 mm	14 unidades	Bomba	2 unidades
Parafuso Sextavado Inox 304/A2 M8 x45mm	12 unidades	Kit Placa Peltier c/ Cooler	3 unidades
Porca sextavada Seal Lock M8	22 unidades	Dissipador de Calor em Alumínio	3 unidades
Panela	3 unidades	Pasta térmica Gd900 - 3g	1 Unidade
Resistência	2 unidades	Sensor de Temperatura	3 unidades
Torneira	1 unidade	Sensor de Fluxo	3 unidades
Tubo 1/8"10-S	9 metros	Microcontrolador	1 unidade
Tubo 3/8"10-S	9 metros	Microprocessador	1 unidade
Tubo 1"10-S	2 metros	Válvula	8 unidades
Filtro para Malte	1 unidade	Motor	5 unidades
Válvula 1"	9 unidades	Resistor	43 unidades
Conexão T 1"	5 unidades	Optacopladores-4n25	14 unidades
Conexão T 3/8"	2 unidades	Diodos-1N4001	14 unidades
Conexão L 1"	7 unidades	Capacitor	3 unidades
Conexão L 3/8"	3 unidades	Presilhas para PCB	36 unidades
Niple 1"	8 unidades	Diodo zener-In4743A	1 unidade
Niple 3/8"	2 unidades	Transistor-MJH6282	1 unidade
Flange 1"	3 unidades	Relé	14 unidades
Redução 1-> 3/8"	2 unidades	Trafo-24V5A	1 unidade
Reservatório de Ar-refecimento	1 unidade	Tubo Quadrado Galvanizado 20x20mm	27 metros
Chapa de Aço Galvanizado 1500x450x1mm	1 unidade		

Tabela 40 – Lista de peças para aquisição.

A.3 Instruções para Fabricação

Nessa seção encontram-se as indicações para a fabricação da microcervejaria *Home Beer*. Todos os desenhos técnicos com os detalhamentos dos itens fabricados estão no

Anexo H. Siga de forma correta todas as instruções e os desenhos técnicos para que a fabricação da *Home Beer* seja bem sucedida.

A.3.1 Estrutura Principal

A Fabricação da estrutura, composta por tubos de aço galvanizado 20x20 mm, deve ser feita conforme a descrição presente neste manual. A Tabela 41 indica os itens que compõem a estrutura principal. Estes itens são mostrados na Figura 124.

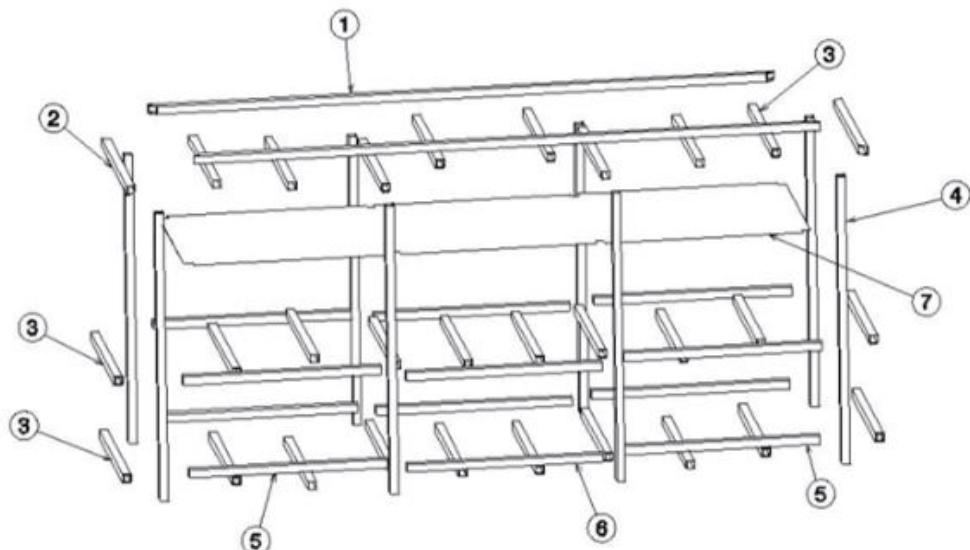


Figura 124 – Indicação das peças da estrutura

Código	Descrição	Quantidade	Dimensões (mm)
1	Tubo de Aço Galvanizado	2	1500
2	Tubo de Aço Galvanizado	2	450
3	Tubo de Aço Galvanizado	28	410
4	Tubo de Aço Galvanizado	8	700
5	Tubo de Aço Galvanizado	8	475
6	Tubo de Aço Galvanizado	4	1500
7	Chapa de Aço Galvanizado	1	1500x450x1

Tabela 41 – Lista de Peças - estrutura principal da microcervejaria

Toda a estrutura principal deve ser montada utilizando o processo de soldagem MIG. Os pontos de solda são na junção de cada tubo e da placa de aço. A Figura 125 indica os locais e o tipo de cordão de solda que deve ser aplicado nas junções dos tubos.

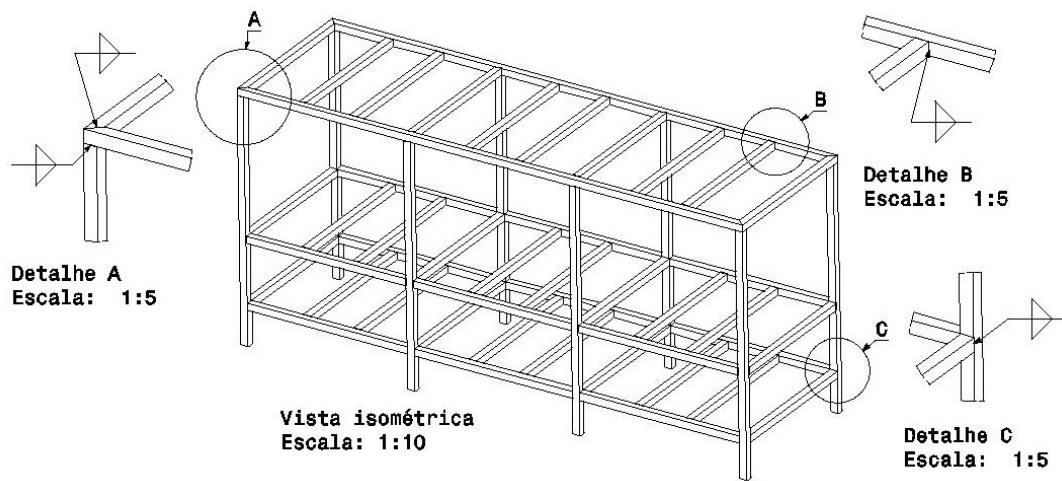


Figura 125 – Indicação das dos locais de soldagem dos tubos de aço da estrutura principal.

Antes de ser soldada na estrutura, a chapa de aço galvanizado deve ser furada de acordo com o desenho técnico no Anexo H.

A Figura 126 indica os locais e tipo de cordão de solda que deve ser aplicado na junção da chapa de aço galvanizada com os tubos. Esse processo deve ser realizado até que a estrutura esteja completa. Todas as medidas da estrutura principal estão no Anexo H.

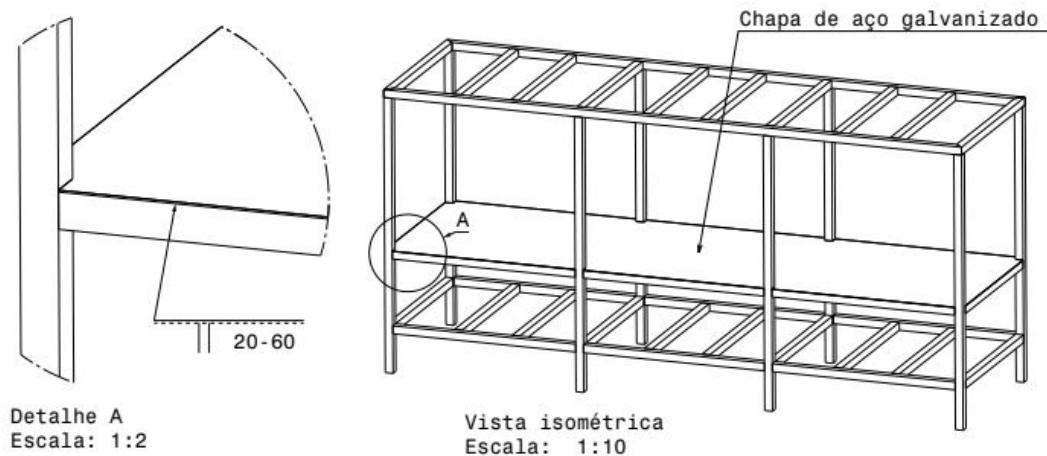


Figura 126 – Indicação das dos locais de soldagem da chapa de aço galvanizado na estrutura principal.

A.3.2 Panelas

As panelas utilizadas para a fabricação possuem dimensões de 400x400mm. Nas panelas devem ser feitos furos e soldadas as tubulações de 1". A Figura 127 mostra como deve ser feita a solda nas panelas de aquecimento e de brassagem.

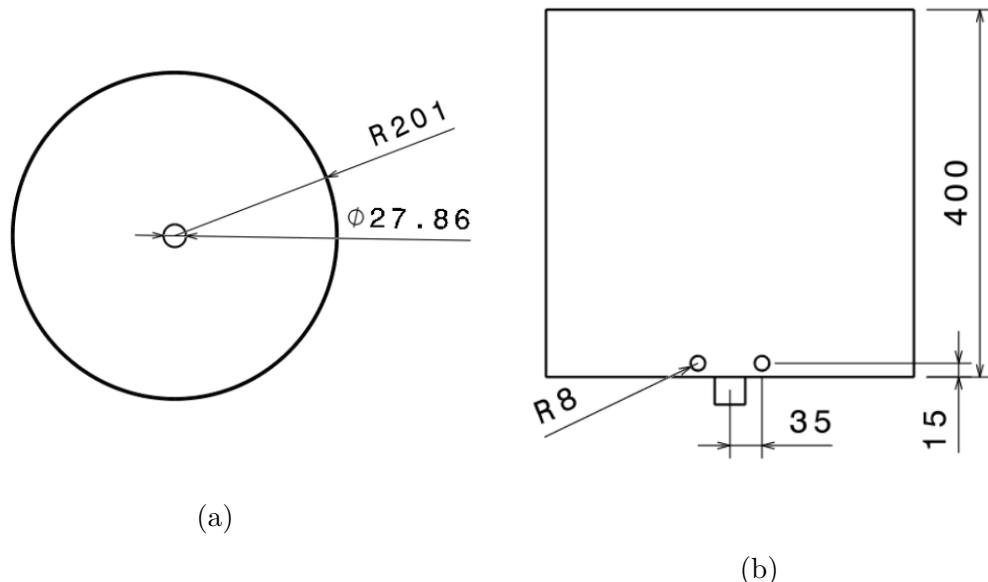


Figura 127 – Vistas da panela com o tubo soldado na parte inferior; (a) vista superior; (b) vista frontal da panela.

Na panela de fervura, além do tubo na parte inferior, devem ser soldados dois tubos adicionais, como mostra a Figura 128. As soldas devem ser feitas como indica a Figura 128c. A soldagem deve ser feita pelo processo TIG, visto que tanto a panela quanto os tubos são de inox.

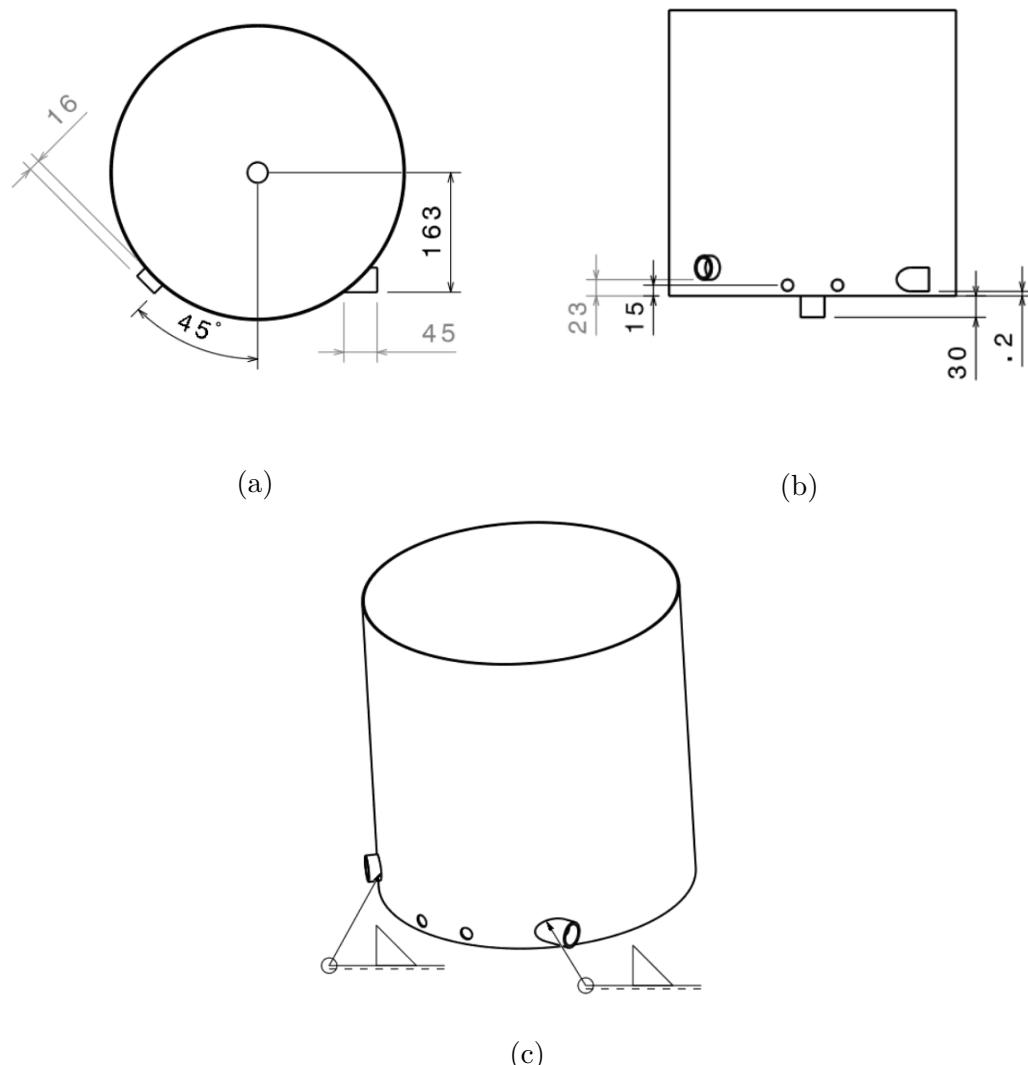


Figura 128 – Vistas da panela de fervura com o tubo soldado na parte inferior; (a) vista superior; (b) vista frontal da panela; (c) vista isométrica da panela com tubos soldados.

A.3.3 Tubulação

A tubulação deve ser dividida em subconjuntos, para facilitar o transporte e evitar danificar o produto. A soldagem entre as partes deve ser realizada pelo processo TIG. A união entre os subconjuntos para a montagem completa da tubulação será de responsabilidade do cliente. Nas seções seguintes, a fabricação de cada conjunto será mostrada. Os desenhos técnicos de toda a tubulação estão no Anexo H.

A.3.3.1 Conjunto 1

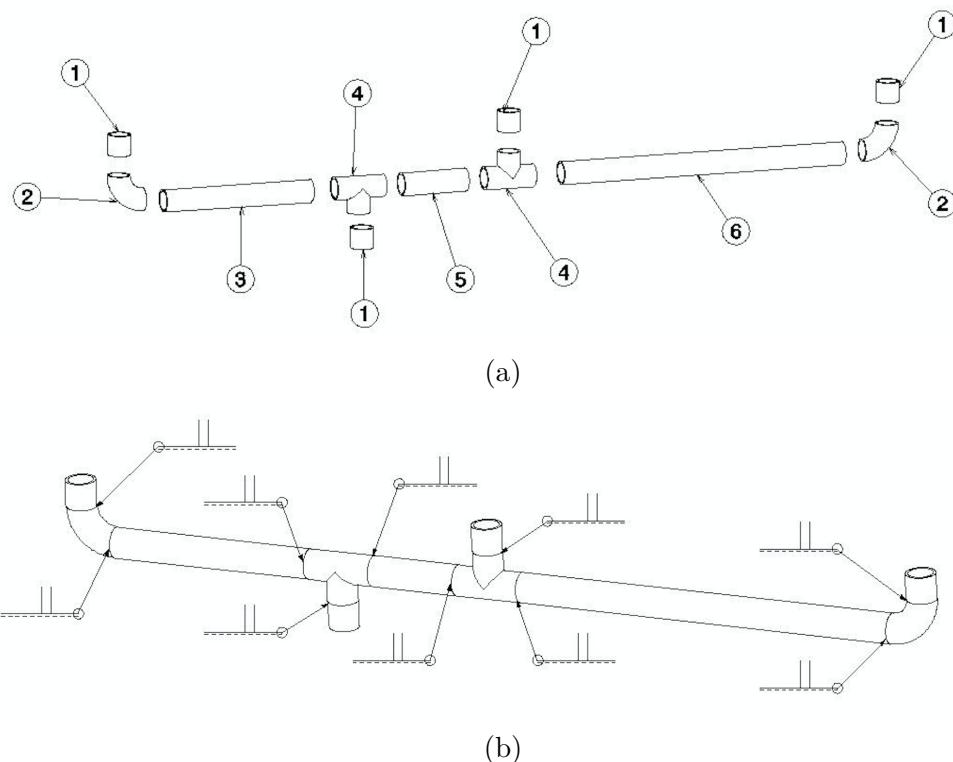


Figura 129 – Conjunto 1 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.

A Figura 129a mostra e a Tabela 42 indica os itens do conjunto. A Figura 129b indica os locais das soldas do conjunto 1.

Item	Nome	Quantidade	comprimento (mm)
1	Tubo	4	30
2	Curva 90	2	-
3	Tubo	1	230
4	TEE	2	-
5	Tubo	1	100
6	Tubo	1	440

Tabela 42 – Lista de Peças - conjunto 1

A.3.3.2 Conjunto 2

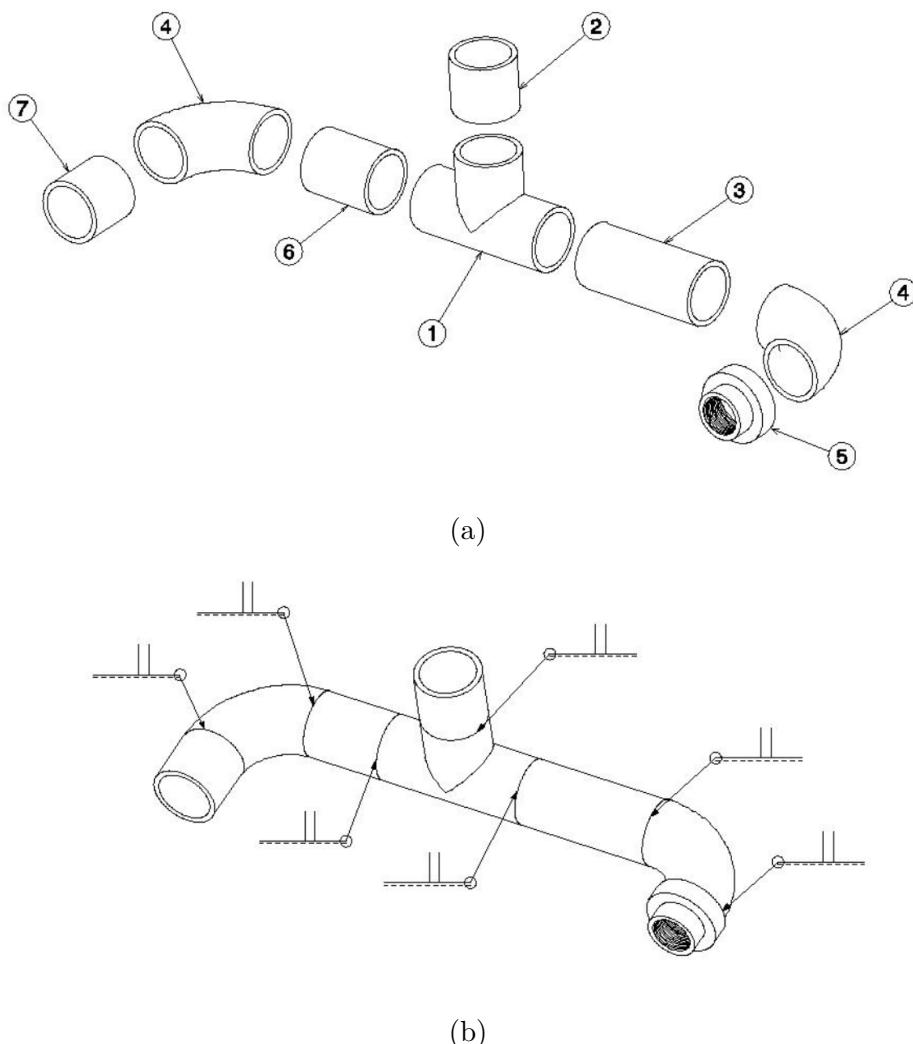


Figura 130 – Conjunto 2 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.

A Figura 130a mostra e a Tabela 43 indica os itens do conjunto. A Figura 130b indica os locais das soldas do conjunto 2.

Item	Nome	Quantidade	comprimento (mm)
1	TEE	1	-
2	Tubo	1	30
3	Tubo	1	70
4	Curva 90	2	-
5	redutor 1-1/2"	1	-
6	Tubo	1	40
7	Tubo	1	30

Tabela 43 – Lista de Peças - conjunto 2

A.3.3.3 Conjunto 3

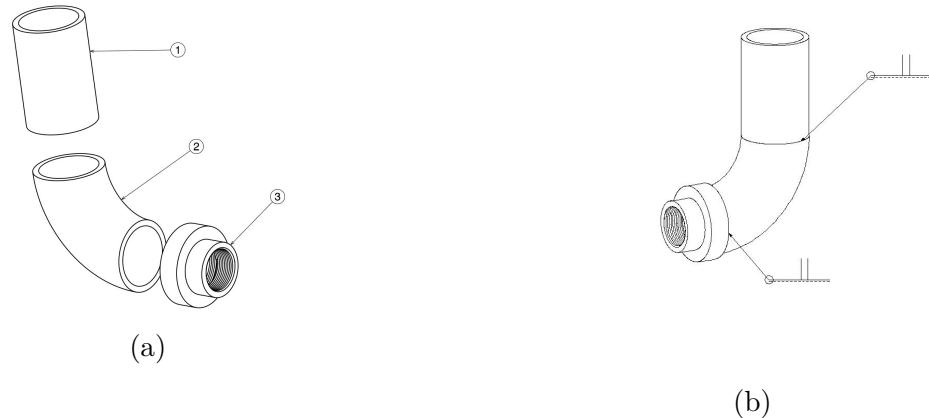


Figura 131 – Conjunto 3 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.

A Figura 131a mostra e a Tabela 57 indica os itens do conjunto. A Figura 131b indica os locais das soldas do conjunto 3.

Item	Nome	Quantidade	comprimento (mm)
1	Tubo	1	50
2	Curva 90	1	-
3	Redutor 1-1/2"	1	-

Tabela 44 – Lista de Peças - conjunto 3

A.3.3.4 Conjunto 4

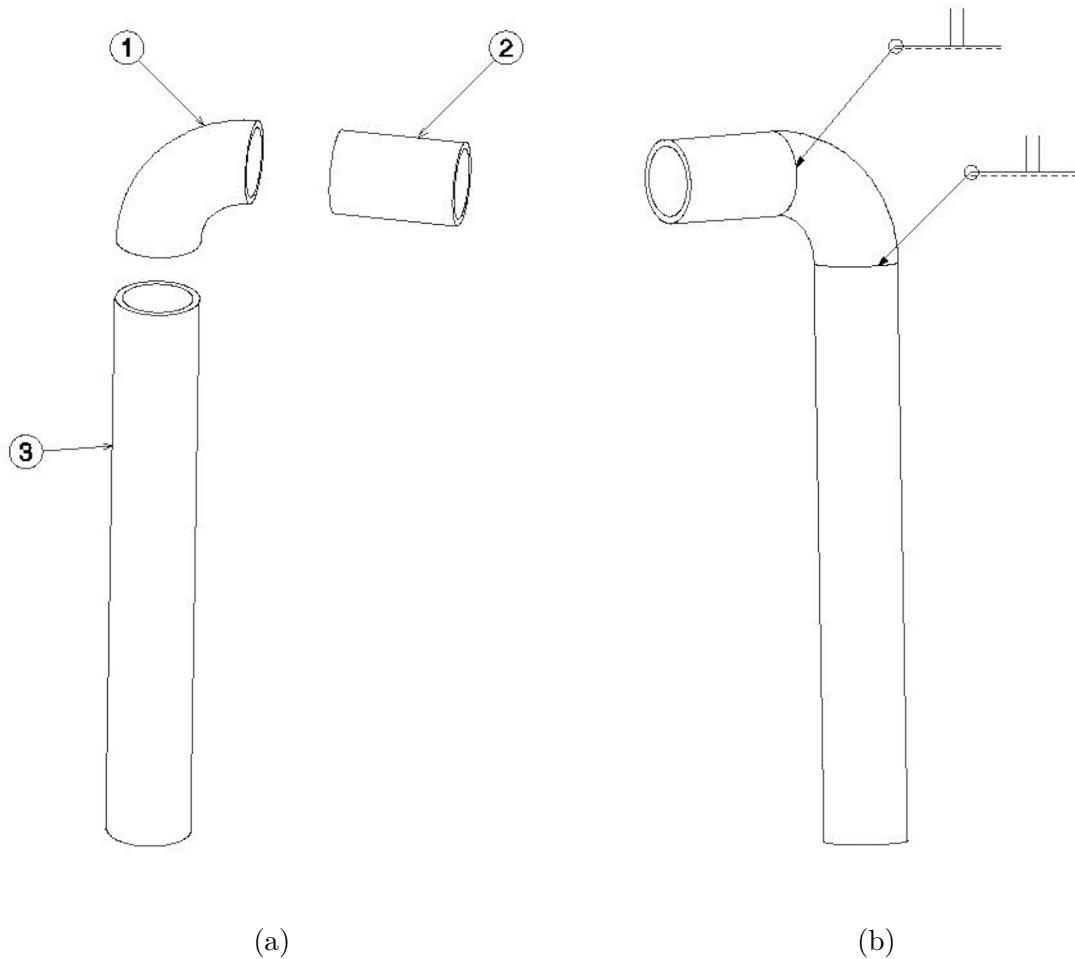


Figura 132 – Conjunto 4 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.

A Figura 132a mostra e a Tabela 45 indica os itens do conjunto. A Figura 132b indica os locais das soldas do conjunto 4.

Item	Nome	Quantidade	comprimento (mm)
1	Curva 90	1	-
2	Tubo	1	50
3	Tubo	1	230

Tabela 45 – Lista de Peças - conjunto 4

A.3.3.5 Conjunto 5

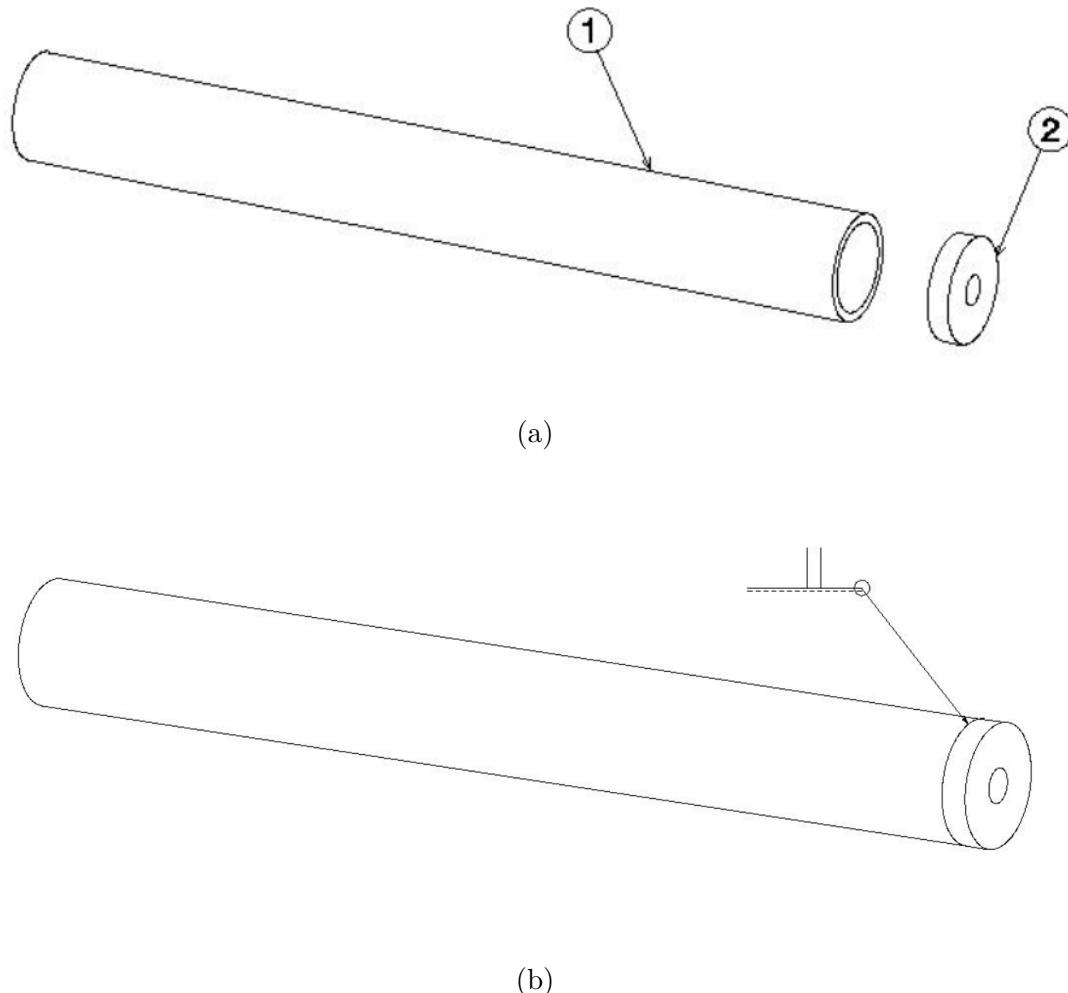


Figura 133 – Conjunto 5 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.

A Figura 133a mostra e a Tabela 46 indica os itens do conjunto. A Figura 133b indica os locais das soldas do conjunto 5.

Item	Nome	Quantidade	comprimento (mm)
1	Tubo	1	280
2	Redutor 1-1/8"	1	-

Tabela 46 – Lista de Peças - conjunto 5

A.3.3.6 Conjunto 6

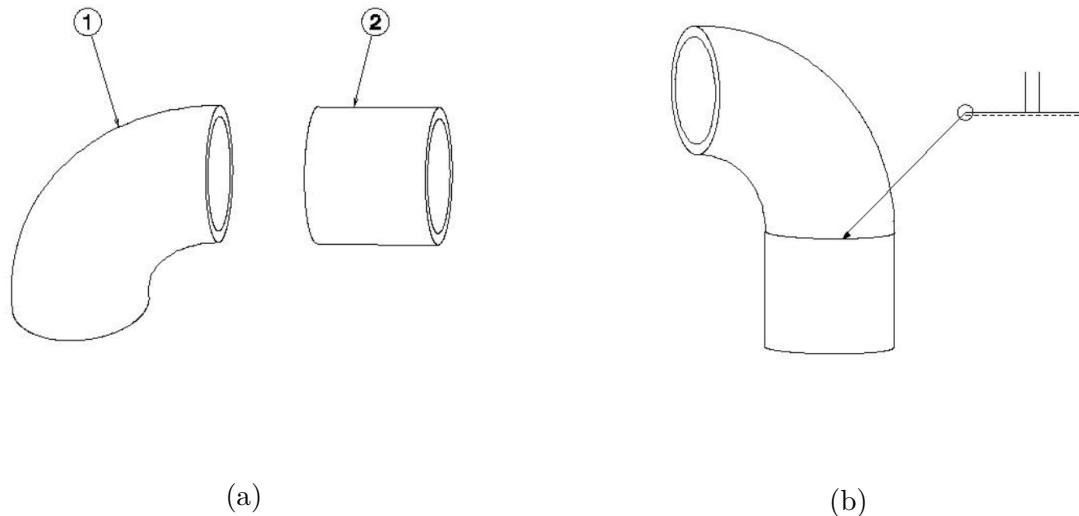


Figura 134 – Conjunto 6 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.

A Figura 134a mostra e a Tabela 47 indica os itens do conjunto. A Figura 134b indica os locais das soldas do conjunto 6.

Item	Nome	Quantidade	comprimento (mm)
1	Curva 90	1	-
2	Tubo	1	30

Tabela 47 – Lista de Peças - conjunto 6

A.3.3.7 Conjunto 7

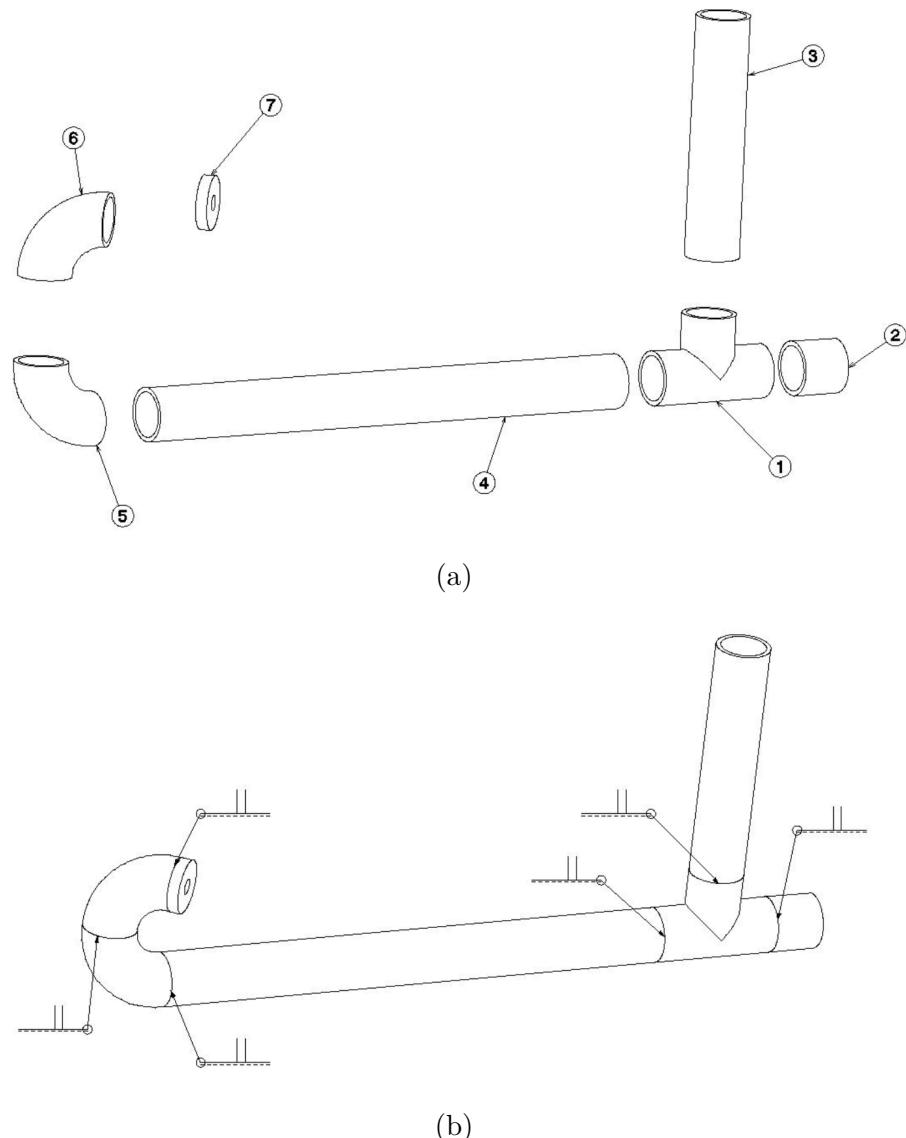


Figura 135 – Conjunto 7 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.

A Figura 135a mostra e a Tabela 48 indica os itens do conjunto. A Figura 135b indica os locais das soldas do conjunto 7.

Item	Nome	Quantidade	comprimento (mm)
1	TEE	1	-
2	Tubo	1	30
3	Tubo	1	150
4	Tubo	1	330
5-6	Curva 90	2	-
7	redutor 1-1/8"	1	-

Tabela 48 – Lista de Peças - conjunto 7

A.3.3.8 Conjunto 8

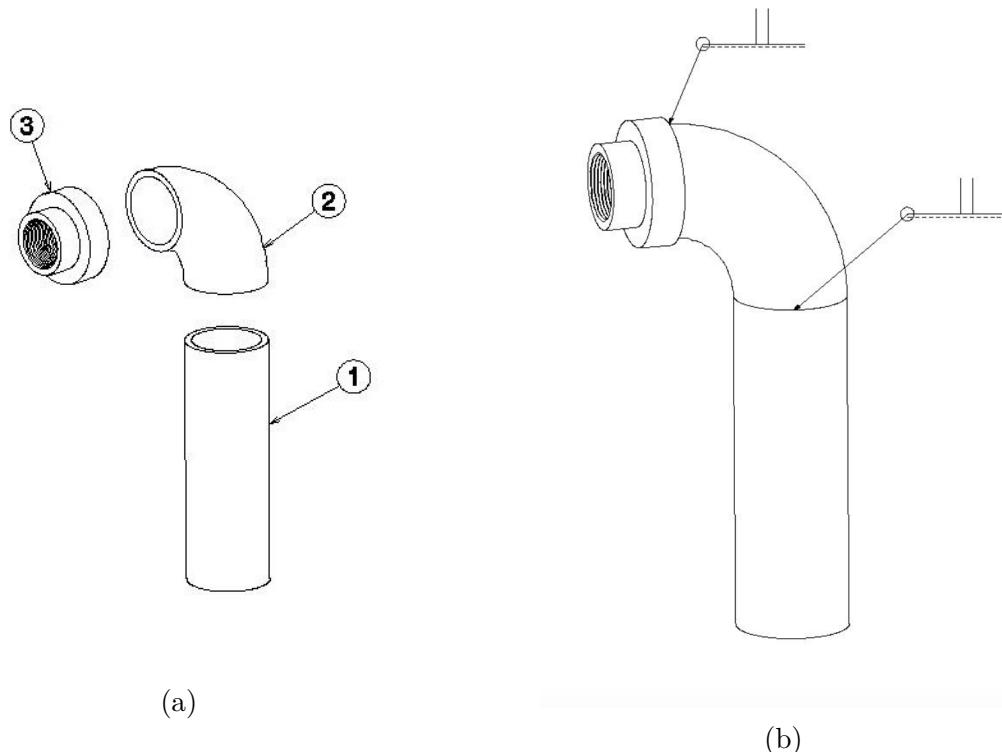


Figura 136 – Conjunto 8 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.

A Figura 136a mostra e a Tabela 49 indica os itens do conjunto. A Figura 136b indica os locais das soldas do conjunto 8.

Item	Nome	Quantidade	comprimento (mm)
1	Tubo	1	100
2	Curva 90	1	-
3	Redutor 1-1/2"	1	-

Tabela 49 – Lista de Peças - conjunto 8

A.3.3.9 Conjunto 9

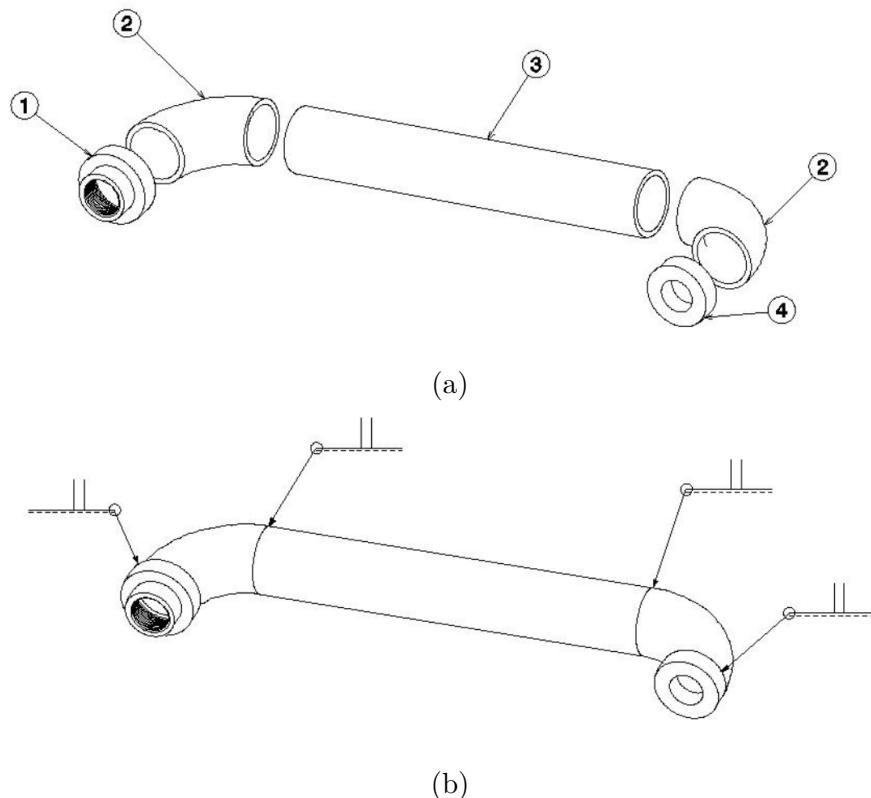


Figura 137 – Conjunto 9 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.

A Figura 137a mostra e a Tabela 50 indica os itens do conjunto. A Figura 137b indica os locais das soldas do conjunto 9.

Item	Nome	Quantidade	comprimento (mm)
1	Redutor 1-1/2"	1	-
2	Curva 90	2	-
3	Tubo	1	200
4	Redutor 1-3/4"	1	-

Tabela 50 – Lista de Peças - conjunto 9

A.3.3.10 Conjunto 10

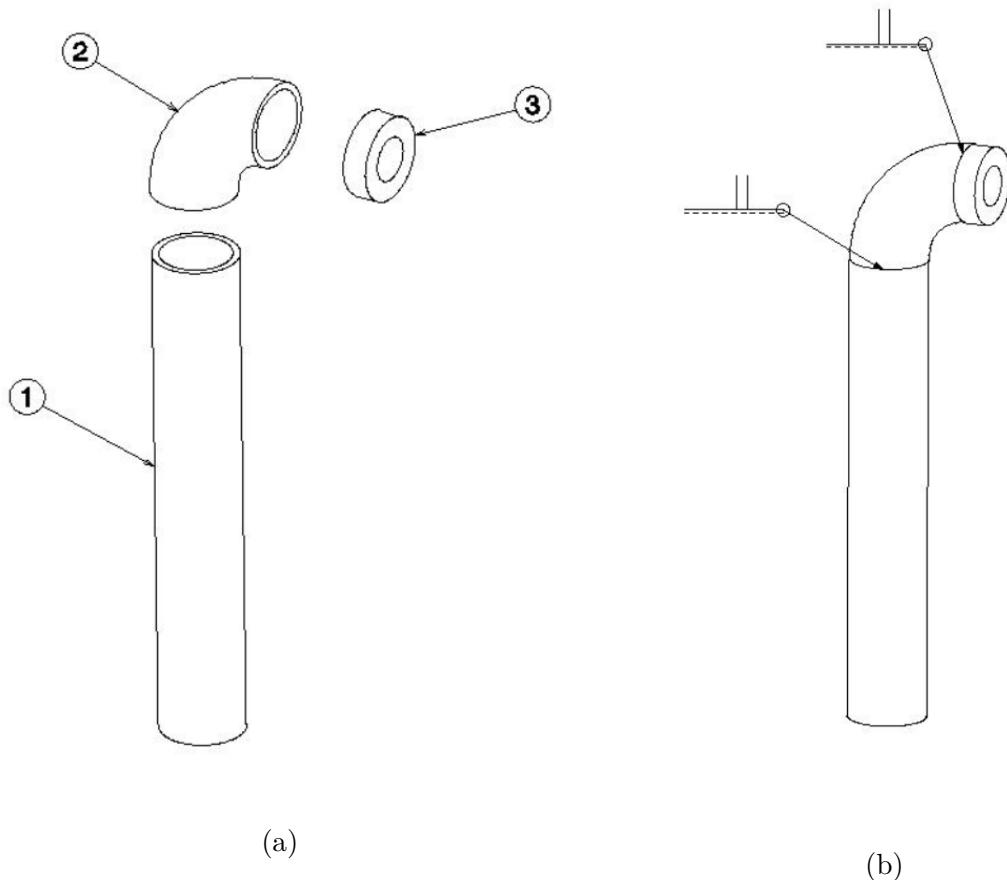


Figura 138 – Conjunto 10 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.

A Figura 138a mostra e a Tabela 51 indica os itens do conjunto. A Figura 138b indica os locais das soldas do conjunto 10.

Item	Nome	Quantidade	comprimento (mm)
1	Curva 90	1	-
2	Tubo	1	200
3	Redutor 1-3/4"	1	-

Tabela 51 – Lista de Peças - conjunto 10

A.3.3.11 Conjunto 11

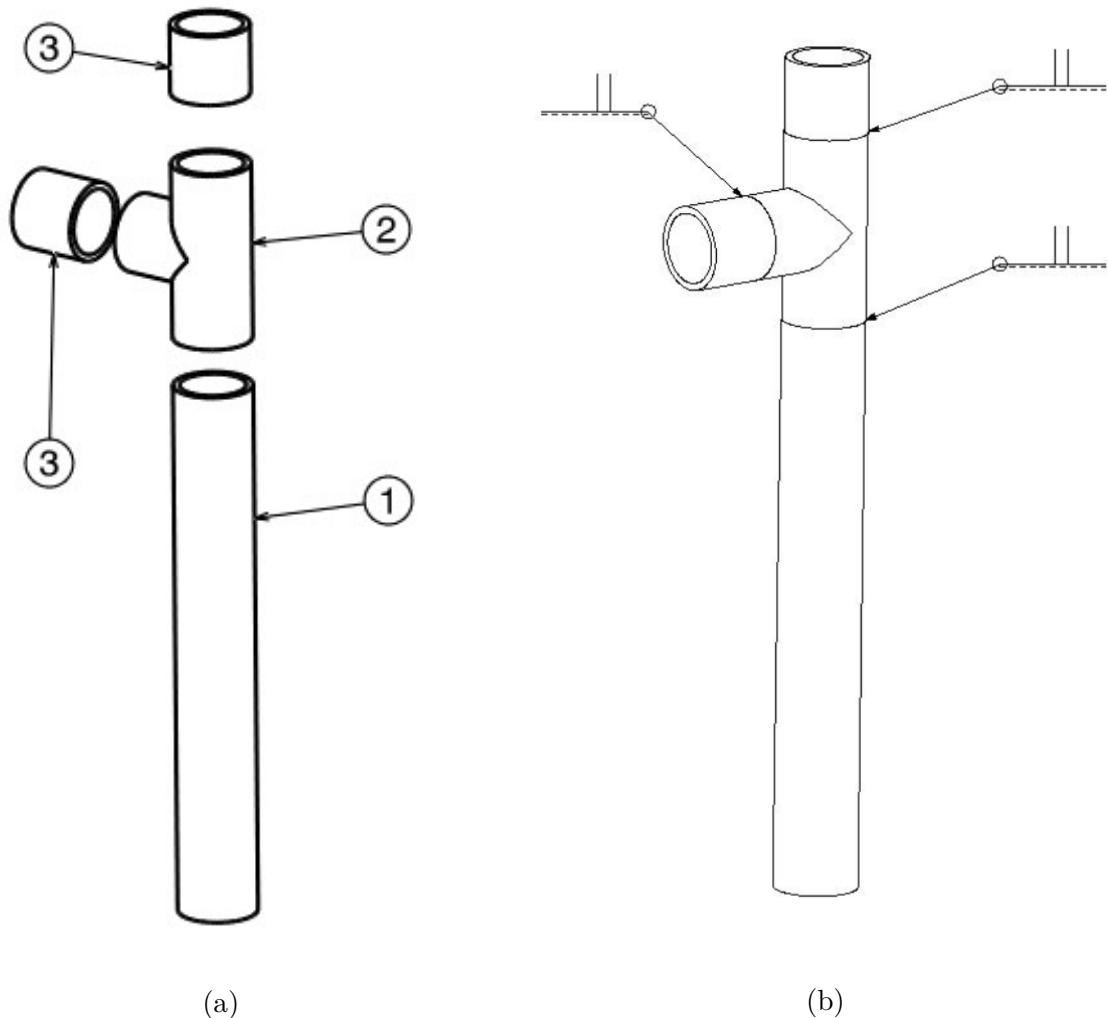


Figura 139 – Conjunto 11 — (a) itens do conjunto; (b) locais das soldas.

Item	Nome	Quantidade	comprimento (mm)
1	Tubo	1	230
2	TEE	1	-
3	Tubo	2	30

Tabela 52 – Lista de Peças - conjunto 11

A.3.4 Trocador de Calor

A fabricação do trocador de calor deve ser feita por meio de conformação mecânica nos tubos do trocador de calor, utilizando o processo de calandragem, que consiste em conformar os tubos concêntricos no diâmetro espiral de 25 cm. Esse processo dever ser realizado em uma empresa que possua capacidade para isso. O desenho técnico com o detalhamento do trocador de calor pode ser encontrado no apêndice H.

Para a saída/entrada de água a 90°, será utilizado um T, e para a entrada de mosto será utilizada uma redução para o encaixe das tubulações. Para a região anular lateral, existente devido ao uso do T, a mesma será vedada com aço inox AISI 304. o T será fixado no trocador de calor utilizando solda TIG. A indicação de onde deverá ser encaixado o T após a conformação mecânica que dará a forma do trocador está indicado na Figura 140.

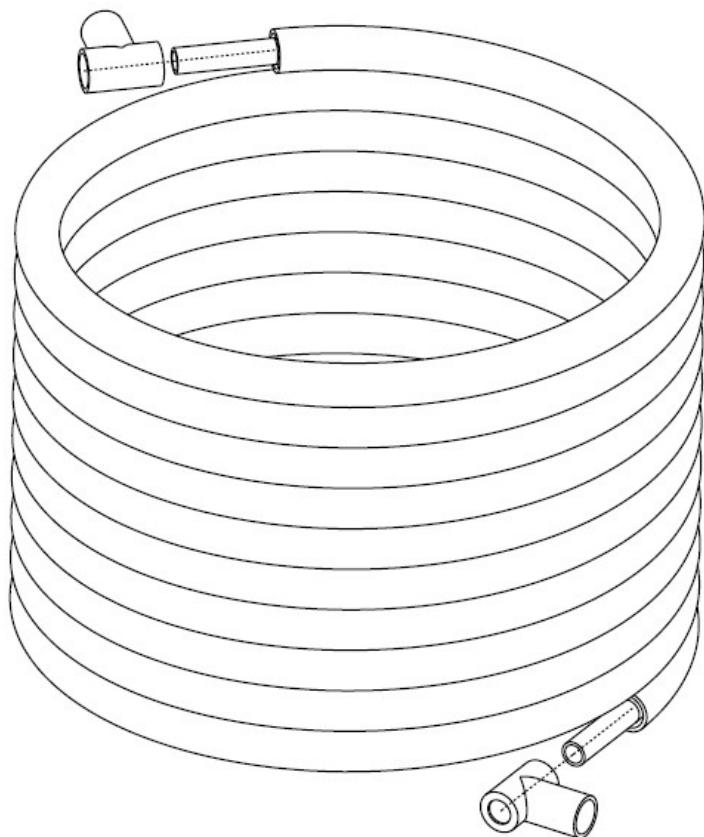


Figura 140 – Indicação do encaixe da peça T no trocador de calor.

A.3.5 Reservatório

A caixa de água do reservatório — cujas dimensões são 1460x410x170 mm — deve ser encomendada com uma empresa que realiza a fabricação de reservatórios de polipropileno de alta densidade com 3 mm de espessura. O reservatório deve ser perfurado, dois furos retangulares, um para a tampa do reservatório e um para o sistema de resfriamento, e um furo em formato de círculo, para o encaixe do tubo de alimentação. A furação realizada no reservatório deve ser realizada conforme os desenhos técnicos presentes no Apêndice H.

O tubo de alimentação deverá ser de material PVC e será fixado com cola de para PVC. Para um melhor design do produto, o cano deve ser pintado com tinta prata, de

forma que fique parecido com o resto da tubulação em inox.

Adicionalmente, deve ser cortada uma chapa plana do mesmo material do reservatório com dimensões 336x200 mm. Esta será utilizada como tampa para se acessar as porcas de aperto dos parafusos do sistema de resfriamento.

Com a furação feita, o sistema de resfriamento deve ser instalado no reservatório. Os itens do sistema de resfriamento estão listados na Tabela 53. A Figura 141 mostra como devem ser instalados todos os itens do sistema de resfriamento, seguindo a sequência:

1. Remover a tampa do reservatório de água (código 7);
2. Fixar a placa de aço inox (código 3) no reservatório (código 6) através do aparafusamento de 10 parafusos M8 e 10 porcas M8 de vedação(código 5);
3. Aplicar a pasta térmica nas duas faces da placa de Peltier (código 2);
4. A placa de Peltier deve ser conectada por pressão entre a chapa e o conjunto dissipador e fan;
5. Fixar as 03 unidades do conjunto dissipador e fan (código 1) na chapa de aço através da furação.

Código	Descrição
1	Conjunto Dissipador e Fan
2	Placa de Peltier
3	Chapa de Aço Inox AISI 304
4	Parafuso M8
5	Porca M8 de vedação
6	Reservatório de água
7	Tampa do reservatório de água
8	Pasta térmica Gd900

Tabela 53 – Lista de Peças — Instalação do sistema de resfriamento no reservatório

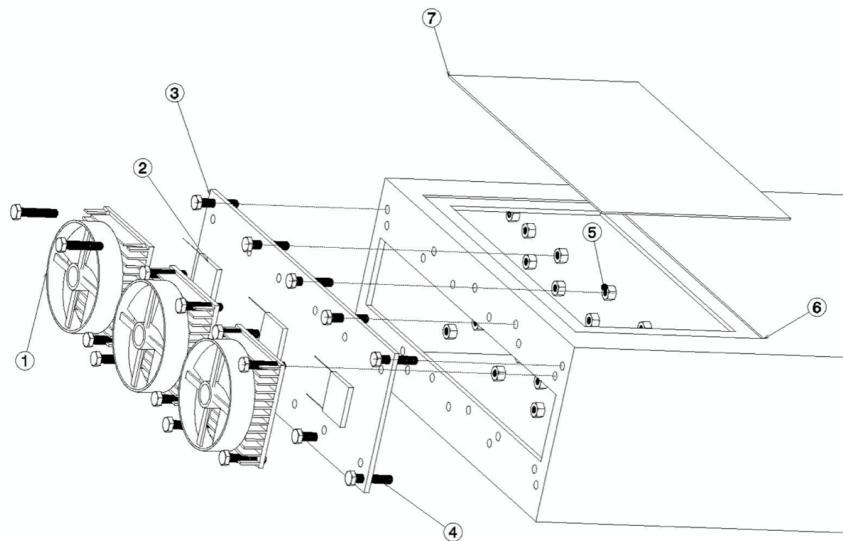


Figura 141 – Instalação do sistema de resfriamento no reservatório.

A.3.6 Chapa de fixação do sistema de resfriamento

O sistema de resfriamento (Placa de peltier + dissipador + fan), será fixado em uma chapa de aço inox de 4,76 mm de 405x140 mm e essa deverá ser perfurada com brocas de 8 mm de diâmetro, totalizando 22 furos na chapa. A indicação da furação é encontrada no apêndice H

A.3.7 Alimentadores

A estrutura do alimentador será dividida em três partes para a fabricação, como indicado na Tabela 54. Figura 142 mostra os componentes do alimentador.

Código	Descrição	Quantidade
1	Reservatório de insumos (Tubo de alumínio de 50 mm)	1
2 e 3	Estrutura de suporte (Chapa de alumínio 2mm)	1
4	Apoio para tampa	1

Tabela 54 – Lista de Peças - alimentador de insumos

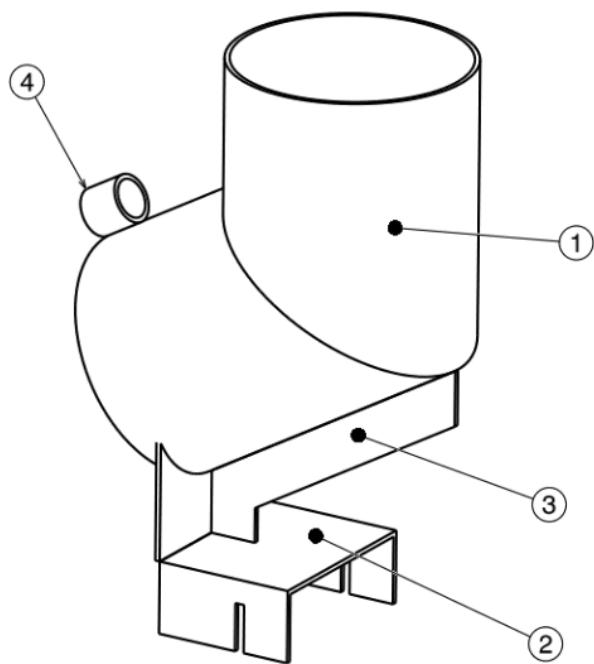


Figura 142 – Vista do alimentador completo

A tubulação de alumínio deve ser cortada em um ângulo de 120° conforme a Figura 143. Um par é necessário para a construção de um alimentador. As partes são soldadas em V simples com MIG. Este processo é escolhido por ser mais eficiente comparado aos outros processos e não necessita de acabamento pós-solda visto que não gera escória.

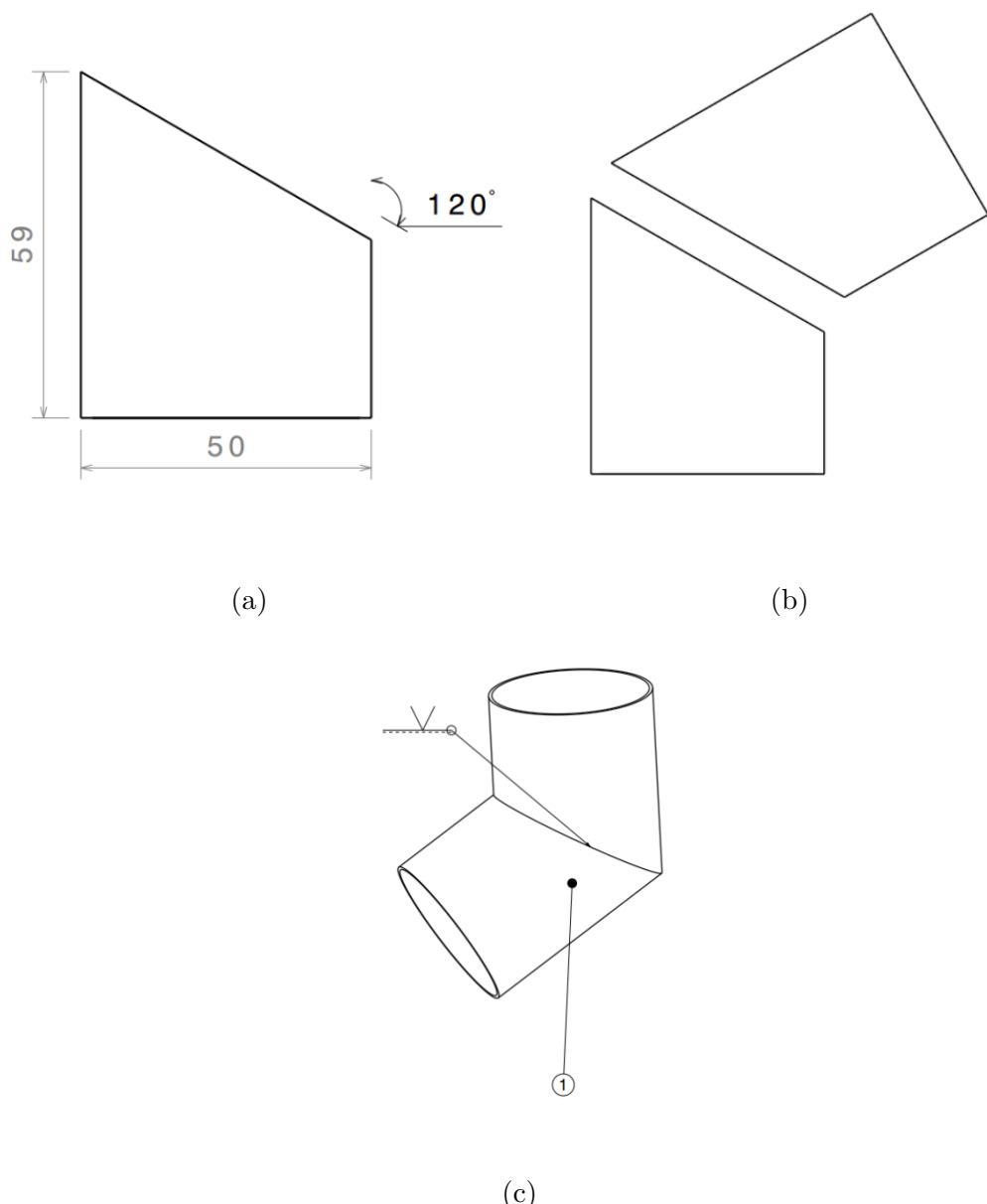


Figura 143 – Instruções de fabricação do reservatório de insumos; (a) indicação do corte em uma angulação de 120°; (b) indicação da posição das peças para a solda; (c) vista isométrica do reservatório já soldado. Todas as medidas em milímetros.

A estrutura suporte será feita em chapa de alumínio de 2mm de espessura em CNC, seguindo os desenhos da Figura 144. O item 2 será dobrado seguindo as indicações no desenho.

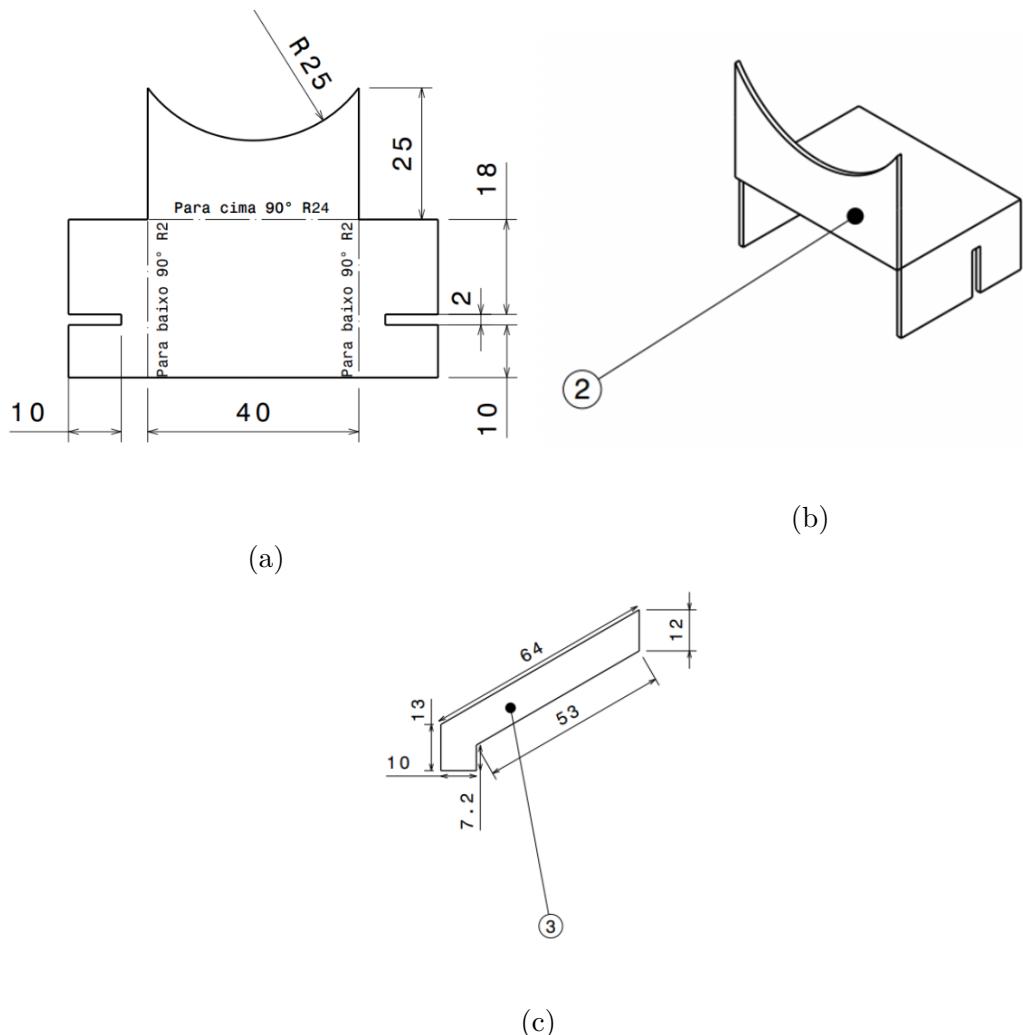


Figura 144 – Instruções de fabricação da estrutura suporte; (a) medidas e indicações para dobras da parte 2 do suporte; (b) vista isométrica da parte 2 do suporte; (c) medidas para a parte 3 do suporte. Todas as medidas em milímetros.

Para o apoio da tampa, necessita-se de um tubo sólido de alumínio de 10mm. Uma broca para alumínio de 8mm será utilizada centralizada no tubo conforme a Figura 145

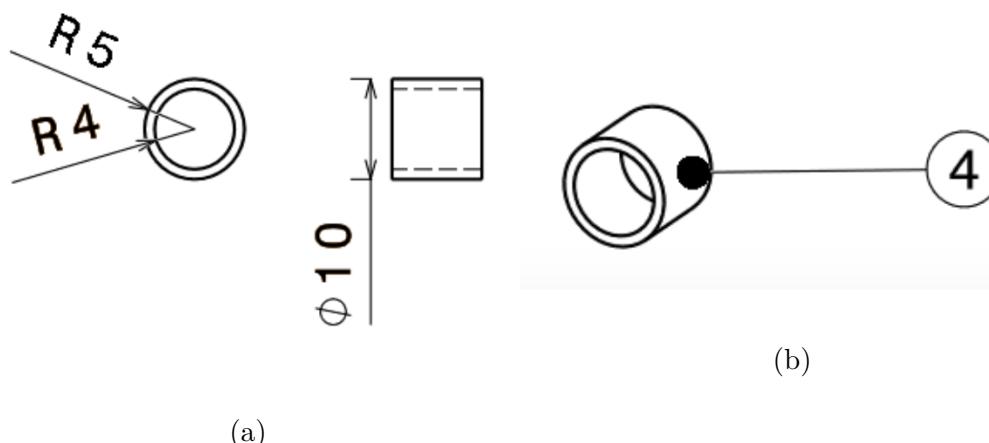


Figura 145 – Medidas para a fabricação do suporte da tampa; (a) vistas frontal e lateral; b vista isométrica do item. Todas as medidas em milímetros.

Com todas as partes fabricadas, os componentes serão soldados, como mostra a Figura 146.

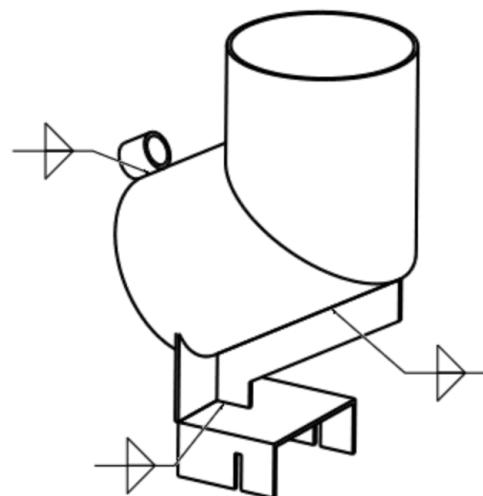


Figura 146 – Indicação das soldas do alimentador montado.

Os itens 1 e 2 da tampa serão fabricados em acrílico com 1mm espessura em CNC. O item 3 será colado no item 2 e o conjunto montado conforme a Figura 147.

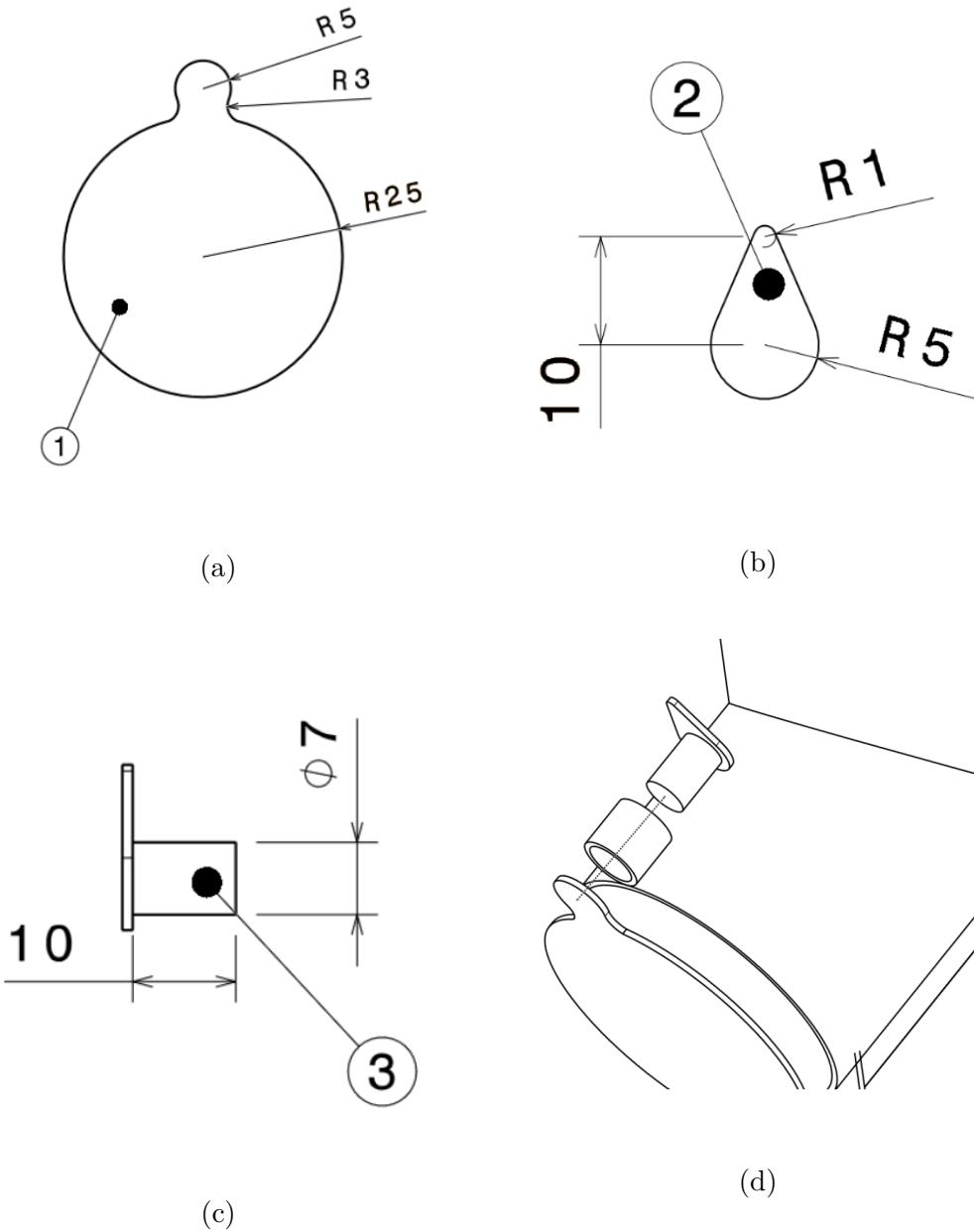
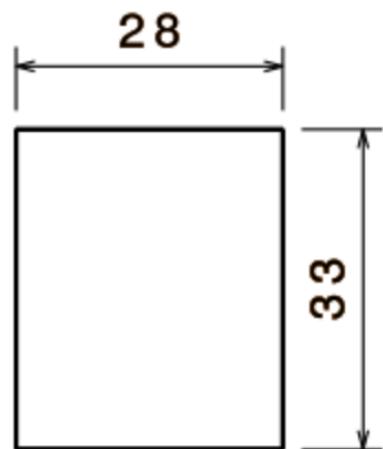


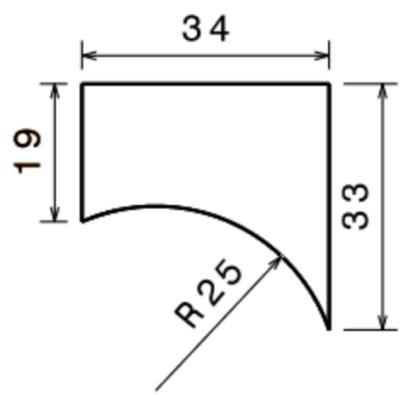
Figura 147 – Indicações para a fabricação dos componentes da tampa; (a) tampa; (b) vista frontal do eixo de rotação; (c) vista lateral do eixo de rotação; (d) montagem da tampa. Todas as medidas em milímetros.

O servo motor deve ser colocado de forma a ficar paralelo à parte (2) da tampa. os suportes são soldados na estrutura de forma a posicionar o servo na posição correta, como mostra a Figura 149a.

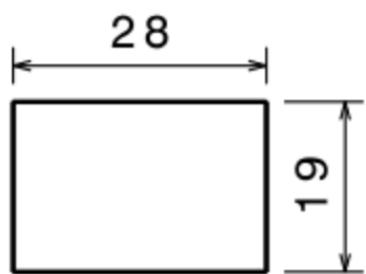
O case do servo motor, mostrado na Figura 148 será fabricado em acrílico de 1mm de espessura em CNC. Após montado, o case deve ser colocado no alimentador de insumos, como mostra a Figura 149b, e vedado com silicone.



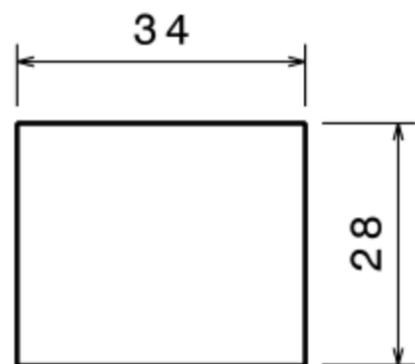
(a)



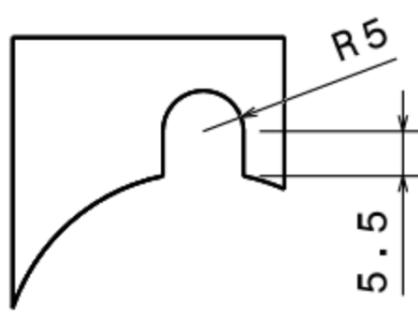
(b)



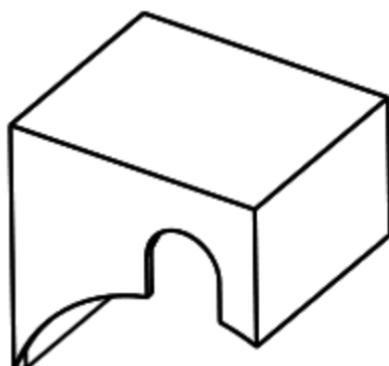
(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 148 – Vistas do case do servo motor.

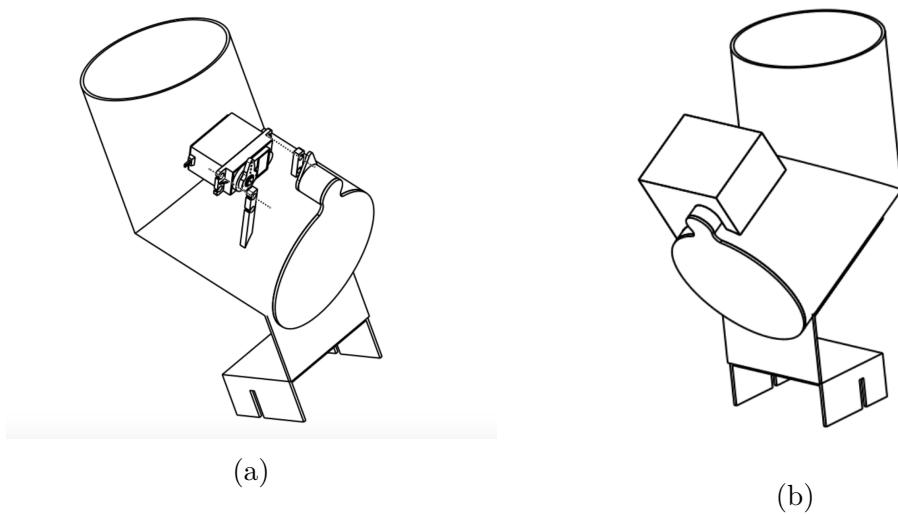


Figura 149 – Vistas do case do servo motor; (a) encaixe do motor; (b) encaixe do case do motor.

A.3.8 Componentes eletrônicos

Os componentes elétricos deverão ser comportados dentro de uma caixa produzida de aço inox, que será fabricada com as seguintes dimensões: 150x400x35 mm (LxCxH).

A fabricação da caixa deve ser feita com 9 chapas de aço inox, com espessura de 1,27 mm, que podem ser observadas na tabela 55 .

Dimensão [mm]	Quantidade
400x150	1
150x35	2
400x35	2
15x15	4

Tabela 55 – Relação de chapas de aço inox utilizadas na fabricação

Conforme indica o desenho técnico presente no apêndice H, as 4 placas com menores dimensões devem ser furadas e todas as placas serão unidas conforme indicação, por meio de solda TIG.

Os componentes eletrônicos deverão ser fixados na chapa de aço galvanizado com a utilização de 36 braçadeiras plásticas tipo pilar, uma para cada furo.

A caixa metálica deverá ser pintada com tinta preta fosca para fins estéticos e para melhor reconhecimento da localização dos componentes eletrônicos pelo comprador do produto.

Após fixação dos componentes eletrônicos, a caixa metálica deverá ser colocada protegendo os componentes e deve ser fixada com 04 parafusos M8x20mm e 04 porcas M8 na placa galvanizada.

A fiação dos componentes eletrônicos irá sair pela parte da caixa que está fixada ao fim da placa de aço galvanizada e irá percorrer o caminho mostrado pela Figura 150. Os fios deverão ser protegidos por eletrodutos conjugados de 10x10mm.

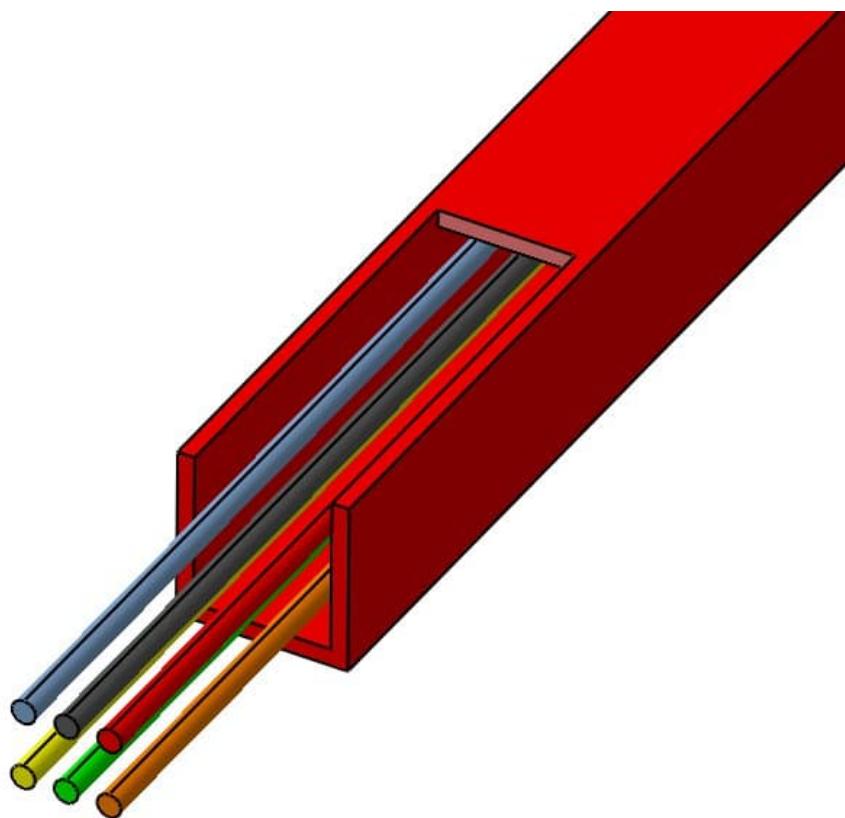


Figura 150 – Indicação dos fios na estrutura.

A.3.9 PCIs

Para a fabricação dos dois modelos projetados de PCIs (Placa de Circuito Impresso), placa do circuito de acionamento e a placa do circuito do nobreak. As PCIs devem seguir os layouts mostrados nas Figuras 151 e 152.

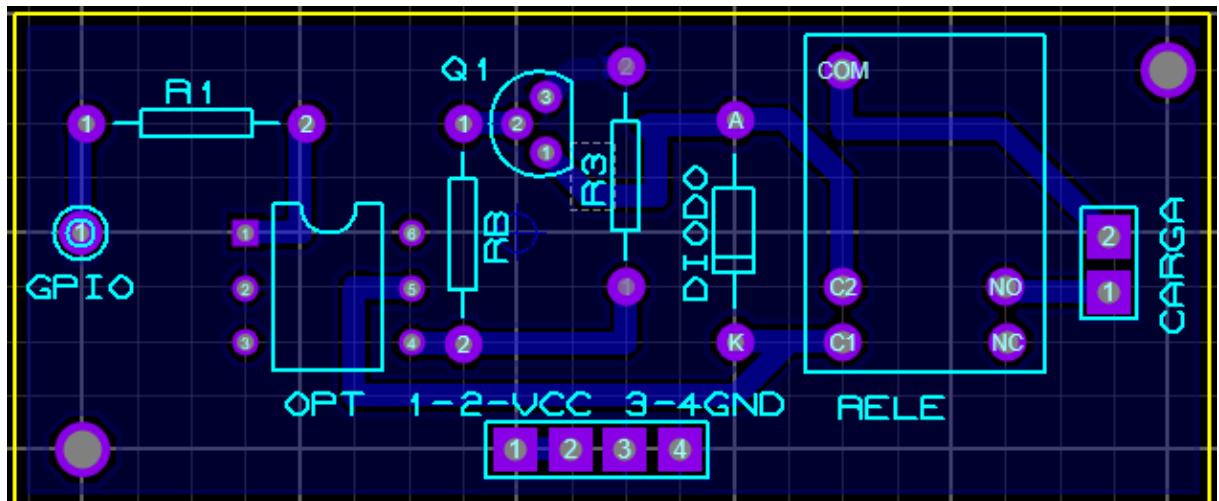


Figura 151 – PCI Circuito de Acionamento Rele

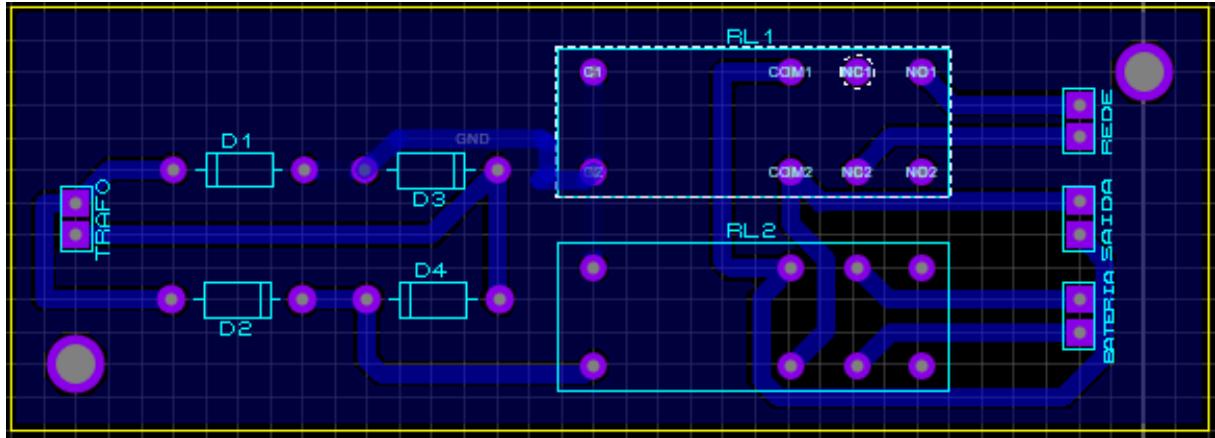


Figura 152 – PCI Nobreak

As PCIs projetadas devem ser feitas fenolite com malha de aterramento conectada ao GND, com furos para fixação das placas 3mm. As principais características da PCI, para ambos os modelos de placas, são listados na Tabela 57.

-	PCI Acionamento Rele	PCI Nobreak
Quantidade(un)	14 un	1 un
Furos Conexões(thou)	80-40 th	80-40 th
Trilhas(thou)	40 h	40 th
Dimensão(mm) PCI	5,5x2,5	3,25x9

Tabela 56 – Principais Características para confecção das PCIs

A.3.10 Conexões dos Circuitos

A raspberry pi deve ser conectada com os sensores de temperatura, com os sensores de fluxo, com os motores dos insumos e com os circuitos de acionamento dos reles. Já os circuitos de acionamento dos reles devem ser conectados aos atuadores presente no sistema, como mostra no esquemático eletrônico das conexões dos componentes no Anexo G.

A fiação total utilizada para a conexão dos componentes se deu da seguinte forma:

Componentes	Fiação (m)
Sensores de Temperatura e Motores de Insumos	23,8m
Sensores de Fluxo	5,7m
Caixa dos Componentes Eletrônicos	1m
Resistências	4,8m
Bombas	2,8m
Válvulas Eletromecânicas	3,8m
Placa de Peltier	2m
Fonte Placa Peltier	2m
Total	46m

Tabela 57 – Fiação Total dos Componentes

APÊNDICE B – Manual de Instruções

HOME BEER



B.1 Introdução

Home Beer é uma microcervejaria artesanal automatizada, para que você fabrique sua cerveja sem precisar se preocupar com o tempo, controle de temperaturas, início das próximas etapas e realização do resfriamento no intervalo de tempo adequado. O aplicativo *Home Beer* permite que você selecione a receita de cerveja da família IPA desejada, após acrescentar a água inicial, o processo entra em funcionamento e você pode acompanhá-lo pelo aplicativo, verificando o status em todas as etapas até o momento da retirada do líquido para fermentação.

B.2 Informações Importantes

Parabéns pela sua microcervejaria *Home Beer*! Este manual contém informações importantes sobre a instalação, uso e cuidados com o seu aparelho.

É importante ler este manual cuidadosamente para assegurar que você saiba como utilizar de forma segura e eficiente o seu novo aparelho.

Guarde o manual em um local seguro e de fácil acesso, pois estas informações são fornecidas para sua segurança e devem ser mantidas para futuras utilizações.

Utilize este aparelho somente para os fins pretendidos, conforme descrito neste manual de instruções.

As advertências e instruções importantes de segurança deste manual não abrangem todas as condições e situações que podem vir a ocorrer. É de sua responsabilidade ter bom senso, cuidado e precaução ao operar e cuidar da sua microcervejaria.



B.3 Certificado de Garantia

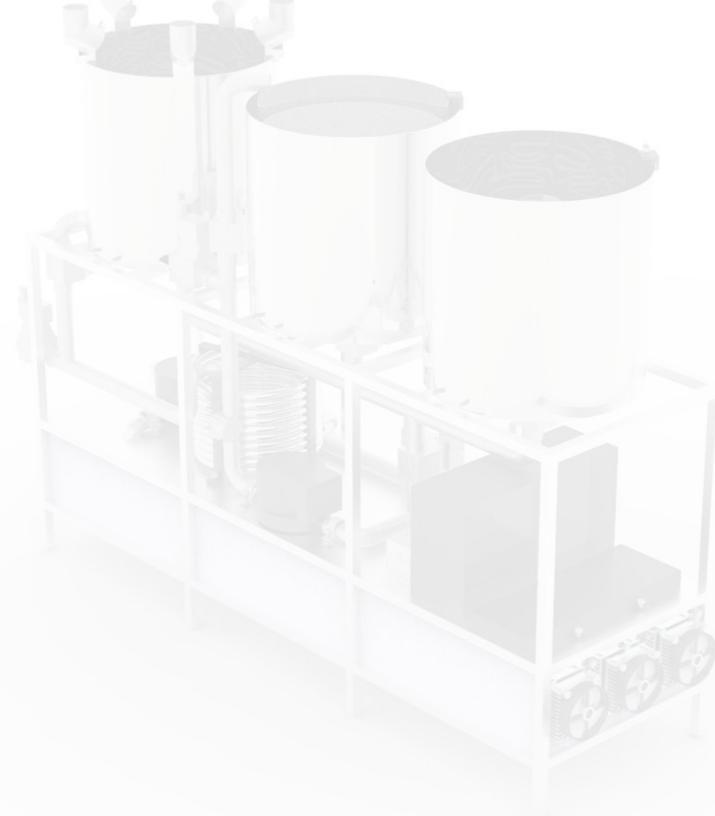
Por este certificado de garantia, a distribuidora do equipamento *Home Beer* adquirido por V.S.a., se compromete a prestar Assistência Técnica ao referido produto, nos termos da legislação pertinente, LEI n° 8.078, de 11 de Setembro de 1990, e nos limites aqui estabelecidos.

1. É assegurado ao comprador deste produto garantia de 90 (noventa) dias a partir da data de entrega do produto, a ser comprovado. Caso não exista comprovação da data de entrega, a garantia será a partir da data de emissão da nota fiscal de compra.
2. O período de garantia é composto de:
 - a) Garantia legal de 90 (noventa) dias corridos, atendendo ao Código de Consumidor.
3. Entende-se por garantia, o reparo gratuito do aparelho e a reposição de peças que, de acordo com o parecer técnico credenciado pelo produto *Home Beer*, apresentarem defeito técnico. Tal garantia somente terá validade mediante apresentação da Nota Fiscal de compra.
4. Para atendimento técnico gratuito é imprescindível que o aparelho esteja dentro do prazo de validade estipulado nos itens anteriores.
5. Para exercício da presente garantia, o comprador deverá entrar em contato por meio do e-mail atendimento.homebeer@gmail.com, sendo este respondido de segunda a sexta das 08:00 às 18:00h.
6. A GARANTIA SERÁ AUTOMATICAMENTE CANCELADA NA OCORRÊNCIA DOS SEGUINTESEVENTOS:
 - a) Danos provocados por acidentes, tais como: queda, batida, descarga elétrica atmosférica (raio), inundação, desabamento e fogo.
 - b) Danos provocados por umidade, exposição excessiva à luz solar e salinidade.
 - c) Sinistro (roubo e/ou furto).
 - d) Uso em desacordo com as respectivas informações contidas no manual de instruções.
 - e) Por ter ligado o produto à rede elétrica imprópria ou quando sujeito a flutuações excessivas.
 - f) Sinais de violações externas no produto.
 - g) Ajuste interno ou conserto por pessoa não autorizada pelo *Home Beer*.

- h) Se o Certificado de Garantia ou a Nota Fiscal de compra apresentarem adulterações e/ou rasuras.
- i) Uso caracterizado como NÃO DOMÉSTICO ou em desacordo com as normas estabelecidas no Manual de Instruções.

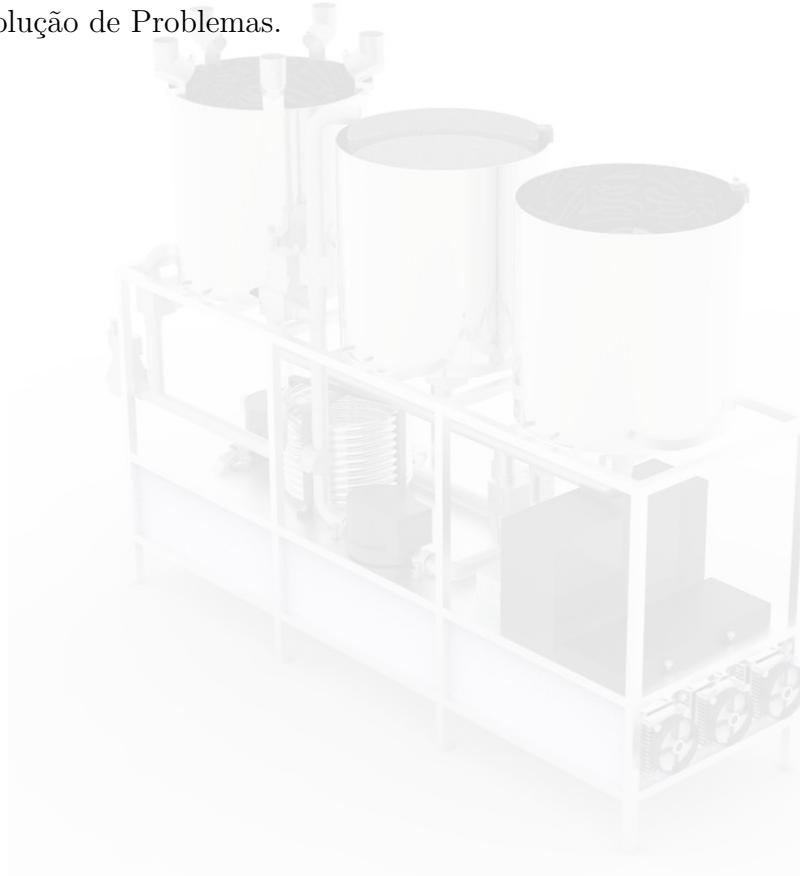
Para que o aparelho seja coberto pela garantia, guarde sua Nota Fiscal/Cupom Fiscal e Comprovante de Entrega durante o prazo de garantia.

Para seu conforto e segurança, mediante qualquer dúvida e para mais informações para utilizar melhor o nosso produto, entre em contato com a *Home Beer* através do atendimento.homebeer@gmail.com.



B.4 Índice

- Informações Importantes de Segurança;
- Informações Gerais;
- Especificações;
- Instruções de Instalação;
- Instruções de Operação;
- Solução de Problemas.



B.5 Instruções Importantes de Segurança

Leia todas as instruções antes do uso:

- Antes de usar o *Home Beer*, verifique se o cordão de energia encontra-se em perfeitas condições de uso. Se não estiver, não utilize a unidade até que o mesmo seja trocado. Entre em contato com o Serviço Autorizado para a troca.
- Nunca limpe nenhum componente ou parte do *Home Beer* com produtos inflamáveis. A fumaça e vapor podem provocar acidentes. Não esguiche água na parte elétrica do produto.
- Não armazene ou use gasolina ou quaisquer outros vapores e líquidos inflamáveis nas proximidades do *Home Beer*. A fumaça e vapor podem provocar acidentes.
- Antes de conectar o *Home Beer* a rede elétrica, verifique se o plugue de energia está em conformidade com o soquete da unidade. É estritamente proibida a utilização de adaptadores entre o plugue de energia do aparelho e o soquete da unidade.
- Não conecte ou desconecte o plugue de energia com as mãos molhadas.
- Caso deseje efetuar uma limpeza externa do *Home Beer*, certifique-se que o plugue de energia do mesmo não esteja conectado à tomada elétrica.
- Não conserte ou efetue nenhuma substituição de peças do *Home Beer*, a menos que tenha sido expressamente indicado neste manual de instruções.
- Certifique-se que na instalação o *Home Beer* irá ser posicionado num lugar horizontal e estável.
- Não exponha o *Home Beer* diretamente a luz solar.
- O *Home Beer* deverá ser instalado numa área protegida de vento, chuva, respingos e gotejamentos.
- Instale o *Home Beer* em um local que apresente conexões elétricas em conformidade com o regulamento local.
- Não o instale próximo a fornos, grelhas ou de qualquer fonte de aquecimento.
- Não dobre ou comprima o cordão de energia da unidade.
- Nunca cubra o *Home Beer* quando estiver em operação.
- Não coloque a unidade ou o plugue de energia na água ou em qualquer outro líquido.



- Não utilize produtos de limpeza abrasivos e nem panos ásperos para limpar o exterior da unidade.
- Não utilize nada além do sistema de limpeza já existente para efetuar a limpeza interior do *Home Beer*.
- Não tente abastecer o reservatório de água para resfriamento por outro meio que não seja a respectiva entrada de água neste.
- Nunca permita que crianças operem ou brinquem com o *Home Beer*.
- Não encoste nas panelas após dado o início da produção de cerveja, pode causar queimaduras.
- Não acrescentar uma quantidade maior que a indicada nos alimentadores de insumos.
- Não acrescentar insumos que não sejam adequados para a produção de cerveja nos alimentadores de insumo.
- Este aparelho não deve ser usado por crianças ou pessoas com capacidade física, mental e sensorial reduzida, a menos que esteja sendo sobre supervisão ou instrução de alguém responsável por sua segurança.



B.6 Informações Gerais

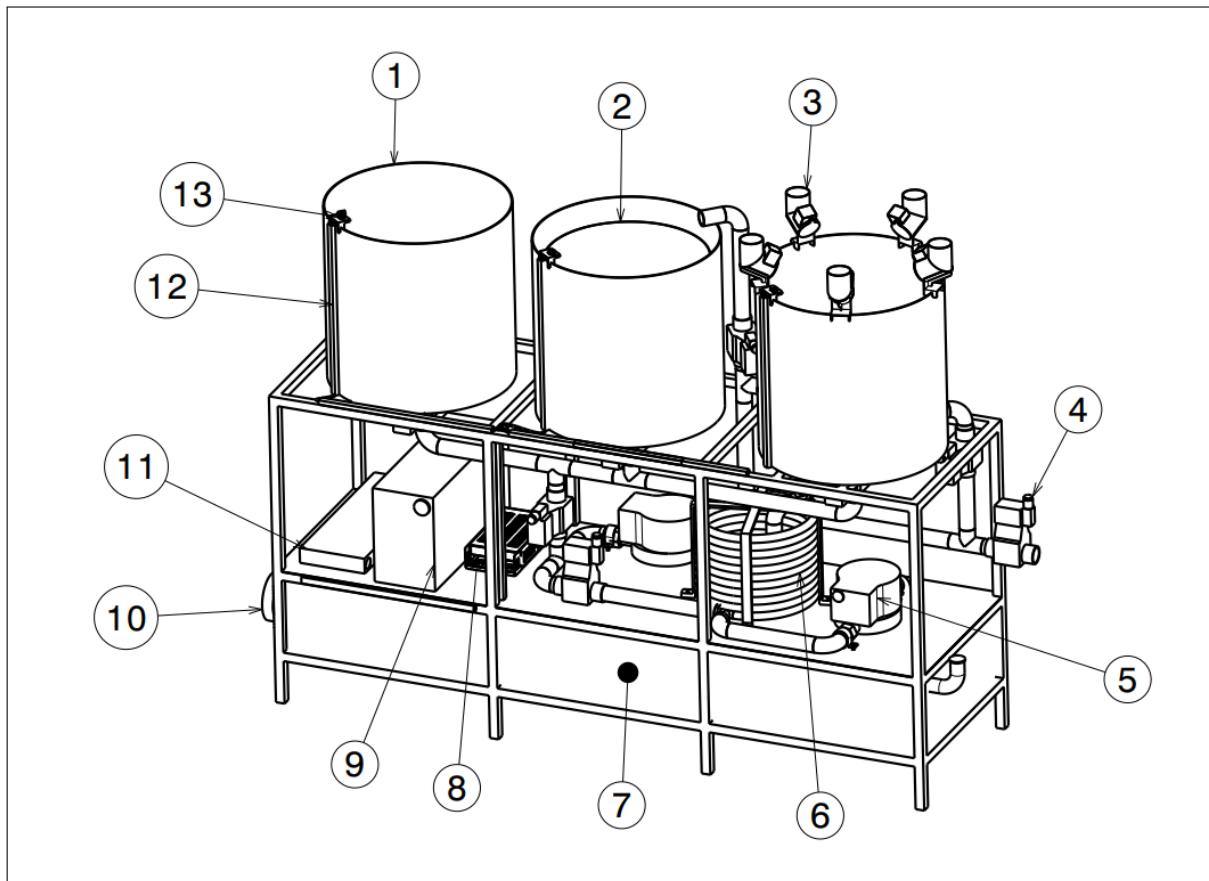


Figura 153 – Componentes gerais

Código	Descrição
1	Panela
2	Filtro
3	Alimentadores
4	Válvulas
5	Bombas
6	Trocador de calor
7	Reservatório d'água
8	Fonte 12V
9	No Break
10	Placa peltier
11	Caixa de componentes eletrônicos
12	Eletrodutos
13	Sensor de temperatura

Tabela 58 – Legenda componentes gerais



B.7 Especificações

Capacidade para Produção	20 L de cerveja ao final
Peso líquido	86 kg
Dimensões	450x1650x1250 mm
Voltagem	220 V
Tempo médio de produção	2 horas e 30 minutos
Cor	Aço inox e preto

B.8 Instruções de Montagem

Retire os componentes da embalagem e os organize da seguinte forma para uma instalação mais fácil:

1. Panelas e Resistências;
2. Trocador de calor e seu suporte;
3. Bombas;
4. Conjuntos da tubulação;
5. Reservatório;
6. Nobreak;

Escolha o local de instalação. Não instale a *Home Beer* em lugares desnivelados, ao ar livre ou sob a incidência direta de raios solares. Evite a proximidade do produto com fontes de calor.



B.8.1 Resistências e Panelas

Há três conjuntos de panela e resistência. Todos os conjuntos têm as mesmas peças, listadas na Tabela 59. A sequência de montagem da resistência na panela se dá como mostra a Figura 154:

1. Colocar a resistência dentro da panela e encaixá-la nos furos;
2. Colocar a canopla de proteção para prender a resistência na panela;
3. Prender a fiação no plug e prender com o parafuso fixador;
4. Encaixar o plug na canopla de proteção.

Código	Descrição
1	Panela
2	Resistência
3	Canopla de Proteção
4	Plug
5	Borracha de vedação
6	Parafuso Fixador Fiação-Plug
7	Fiação

Tabela 59 – Lista de Peças — Resistência e panela



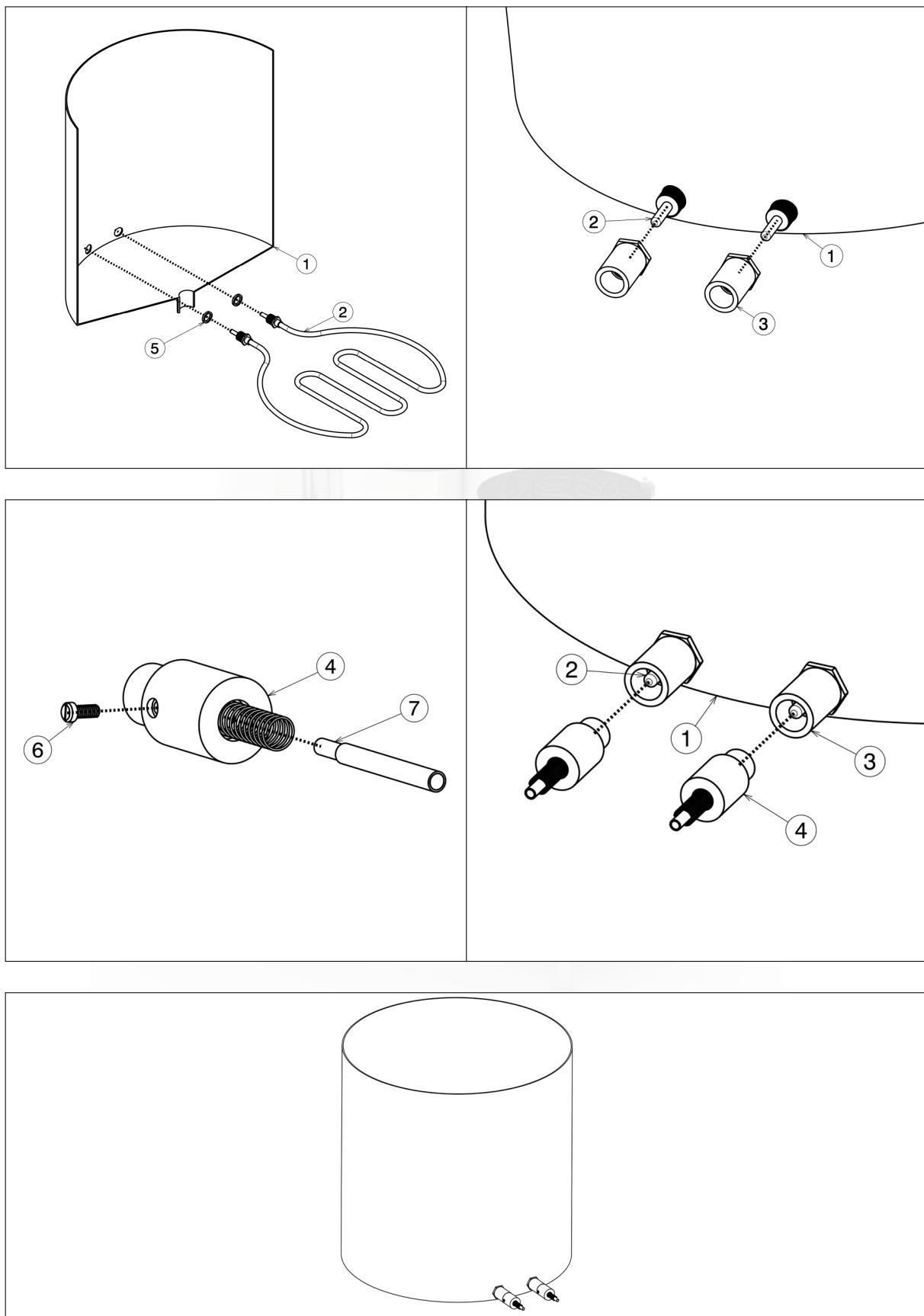


Figura 154 – Instalação — Resistência e panela



B.8.2 Fixação do suporte do trocador de calor

A instalação do suporte do trocador de calor deve ser realizada antes da instalação da tubulação nas panelas, visto que deve ser encaixado por cima do trocador de calor, e esse é indiretamente conectado à tubulação das panelas; e posteriormente devem ser postos na base da estrutura.

Código	Descrição
1	Porca M8
2	Parafuso M8
3	Suporte do trocador de calor
4	Trocador de calor
5	Base da estrutura

Tabela 60 – Lista de Peças — Instalação da base do trocador de calor

A instalação da base do trocador de calor deve seguir:

1. Posicionar a base do trocador de calor (código 3) em contato com o trocador de calor (código 4), o encaixando por cima;
2. Separar 4 parafusos sextavados M8x20mm (código 2) e 4 porcas M8 (código 1);
3. Posicionar a base do trocador e o trocador conforme furação exibida na figura 155;
4. Aparafusar os parafusos sextavados M8 nas porcas M8 até aperto total.

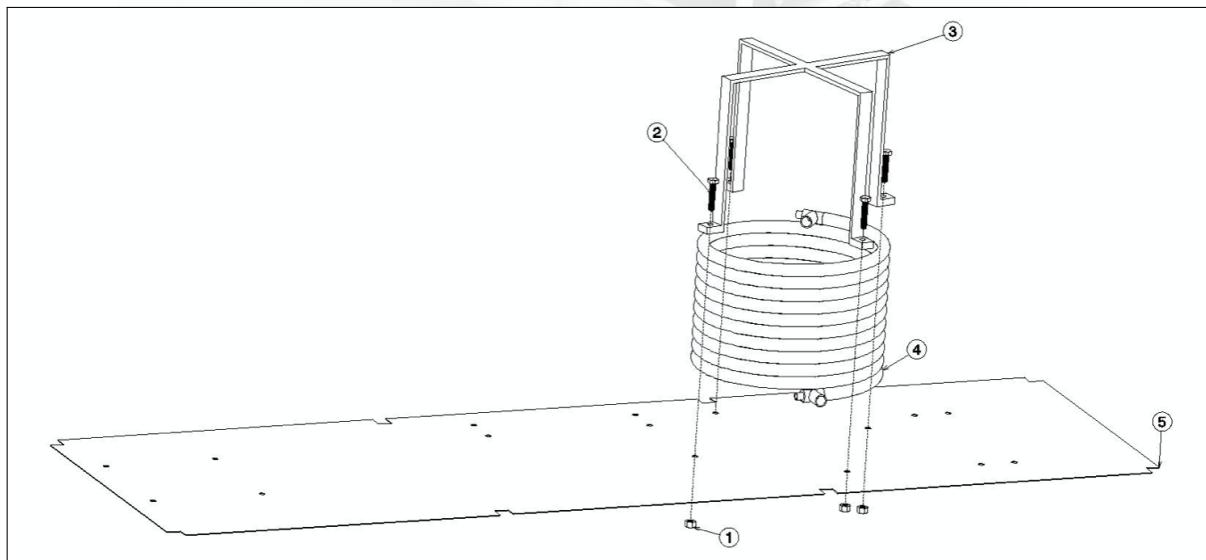


Figura 155 – Instalação do trocador de calor na estrutura.



B.8.3 Montagem da Tubulação

A montagem da tubulação visa unir todos os componentes que entram em contato com a água e mosto. Estes componentes estão citados na Tabela 61. Os conjuntos em questão são os mesmos descritos na Seção A.3.3. As conexões das válvulas são do tipo *plug-in*, as conexões do sensor de fluxo e do trocador de calor são do tipo rosca, e a instalação das bombas está descrita no manual do fabricante, no Anexo H. Não há uma ordem única de montagem, porém ela deve ser realizada com os componentes já apoiados pela estrutura principal.

Código	Descrição
1	Conjunto 1
2	Conjunto 2
3	Conjunto 3
4	Conjunto 4
5	Conjunto 5
6	Conjunto 6
7	Conjunto 7
8	Conjunto 8
9	Conjunto 9
10	Conjunto 10
11	Conjunto 11
12	Instalação da bomba
13	Trocador de calor
14	Válvula solenoide
15	Bomba
16	Panela 1
17	Panela 2
18	Panela 3
19	Sensor de fluxo

Tabela 61 – Lista de Peças — Montagem da tubulação

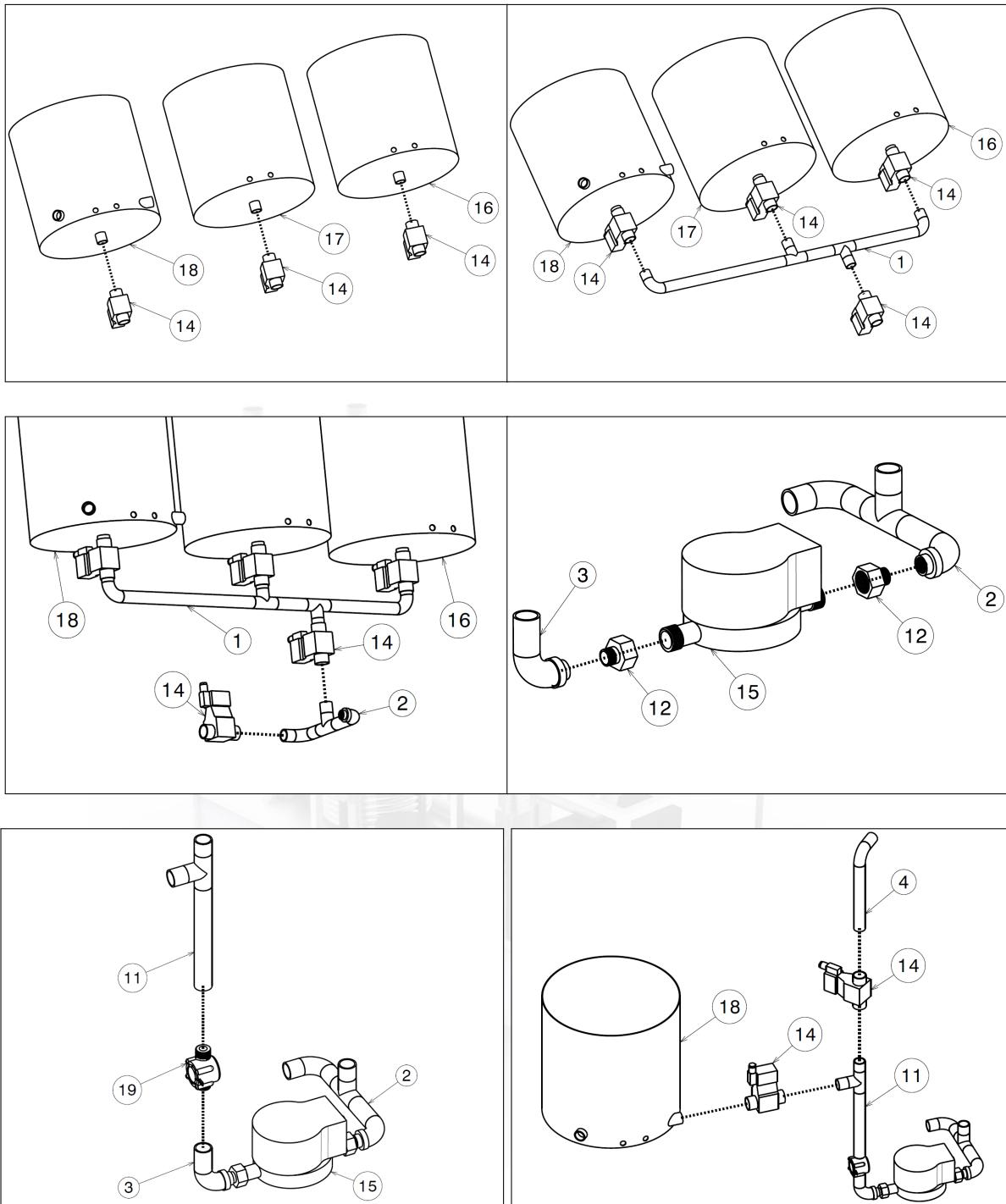


Figura 156 – Montagem — Tubulação, parte 1



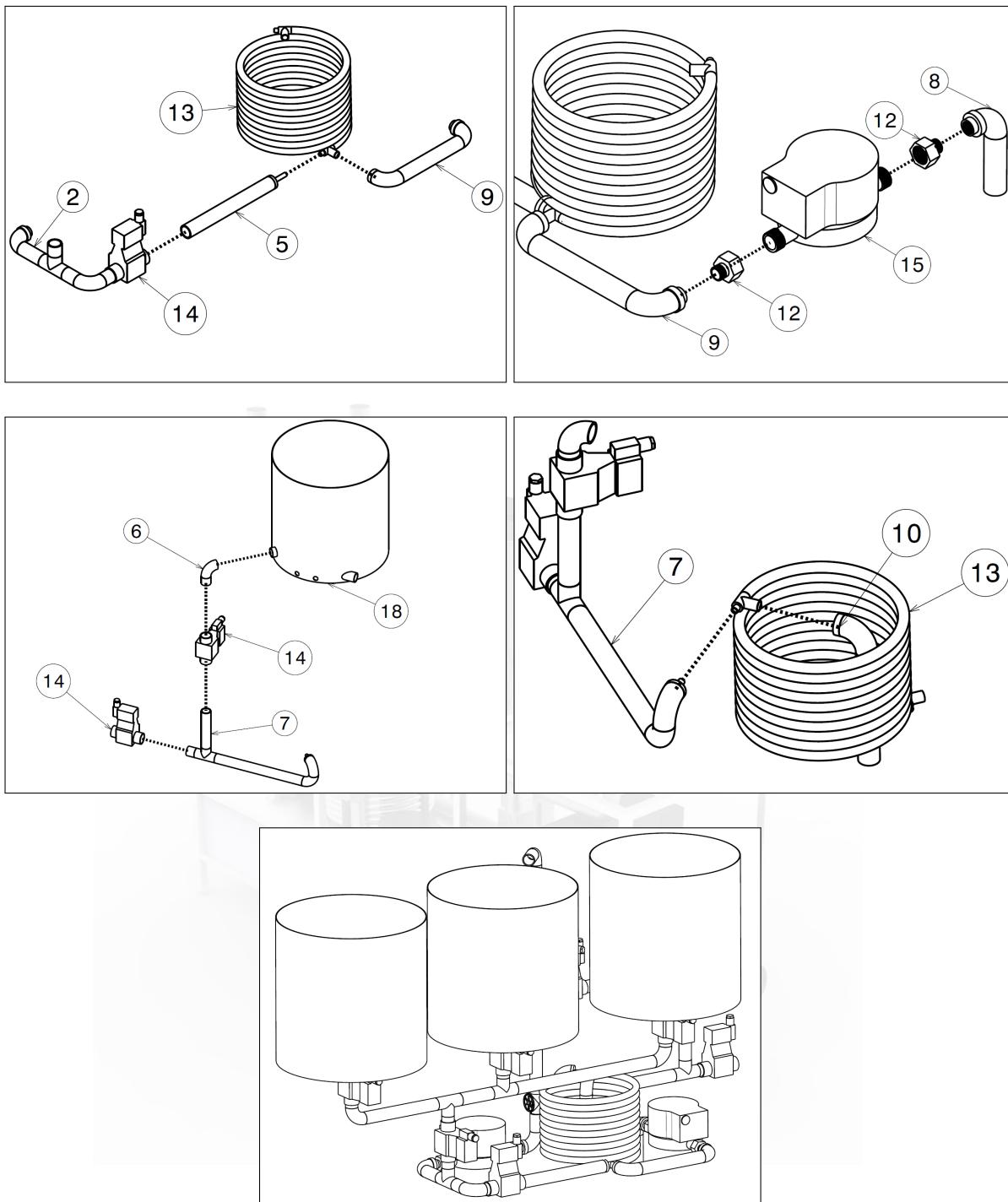


Figura 157 – Montagem — Tubulação, parte 2



B.8.4 Instalação das bombas na estrutura

A montagem das bombas deve ser feita antes da instalação na estrutura. A instalação das bombas na estrutura deve ser feita como mostra a Figura 158. As peças para a instalação da bomba estão listadas na Tabela 62.

Código	Descrição
1	Parafuso M8
2	Porca M8
3	Tubulação para água 1"
4	Tubulação para mosto 1"
5	Bomba
6	Abraçadeira
7	Base da estrutura

Tabela 62 – Lista de Peças — Instalação da bomba na estrutura

Após fixar as tubulações às bombas (código 3, 4 e 5), conforme subseção B.8.3, realizar:

1. Posicionar as bombas acima da base da estrutura (código 7), conforme imagem 158.
2. Separar 8 parafusos sextavados M8x20mm (código 1), 8 porcas M8 (código 2) e 04 abraçadeiras de 1 polegada (código 6).
3. Posicionar as abraçadeiras conforme furação indicada na imagem 158
4. Aparafusar os parafusos sextavados M8 até aperto total.

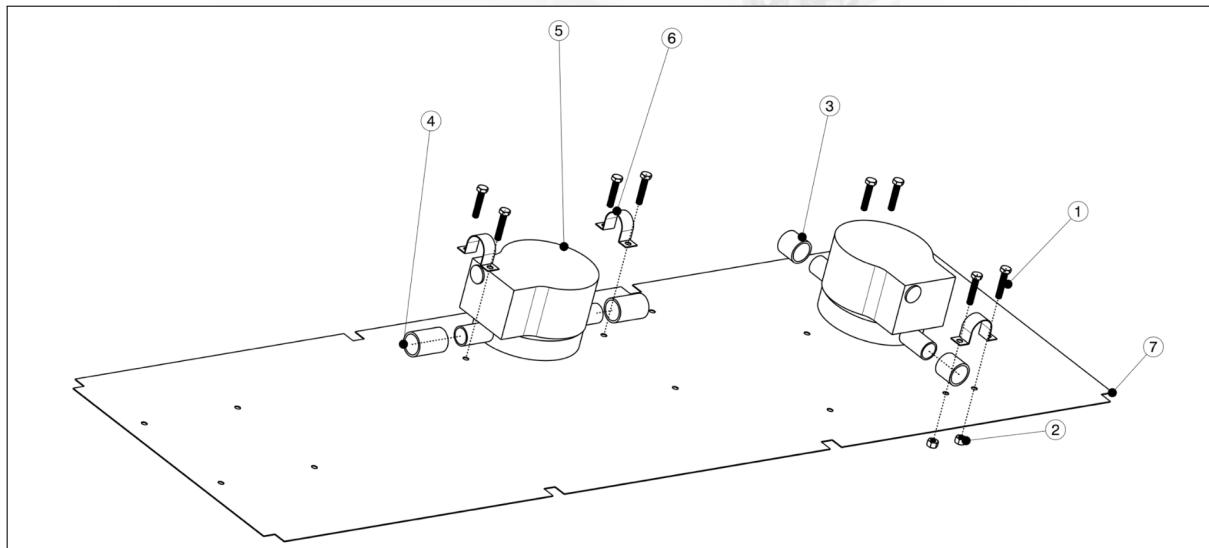


Figura 158 – Instalação das bombas na estrutura.

B.8.5 Instalação do reservatório

O reservatório deve ser instalado DEPOIS de toda tubulação estar presa na estrutura. Os itens mostrados na Figura 159 são descritos na Tabela 60.

Código	Descrição
1	Reservatório
2	Tampa do reservatório
3	Estrutura principal

Tabela 63 – Lista de Peças — Instalação do reservatório

A instalação deve seguir a sequência:

1. Instalar o sistema de resfriamento conforme o subtópico A.3.5.
2. Assegurar que a tampa do reservatório está posicionada.
3. Arrastar o reservatório conforme a imagem 159 até a furação da tubulação estar correta.

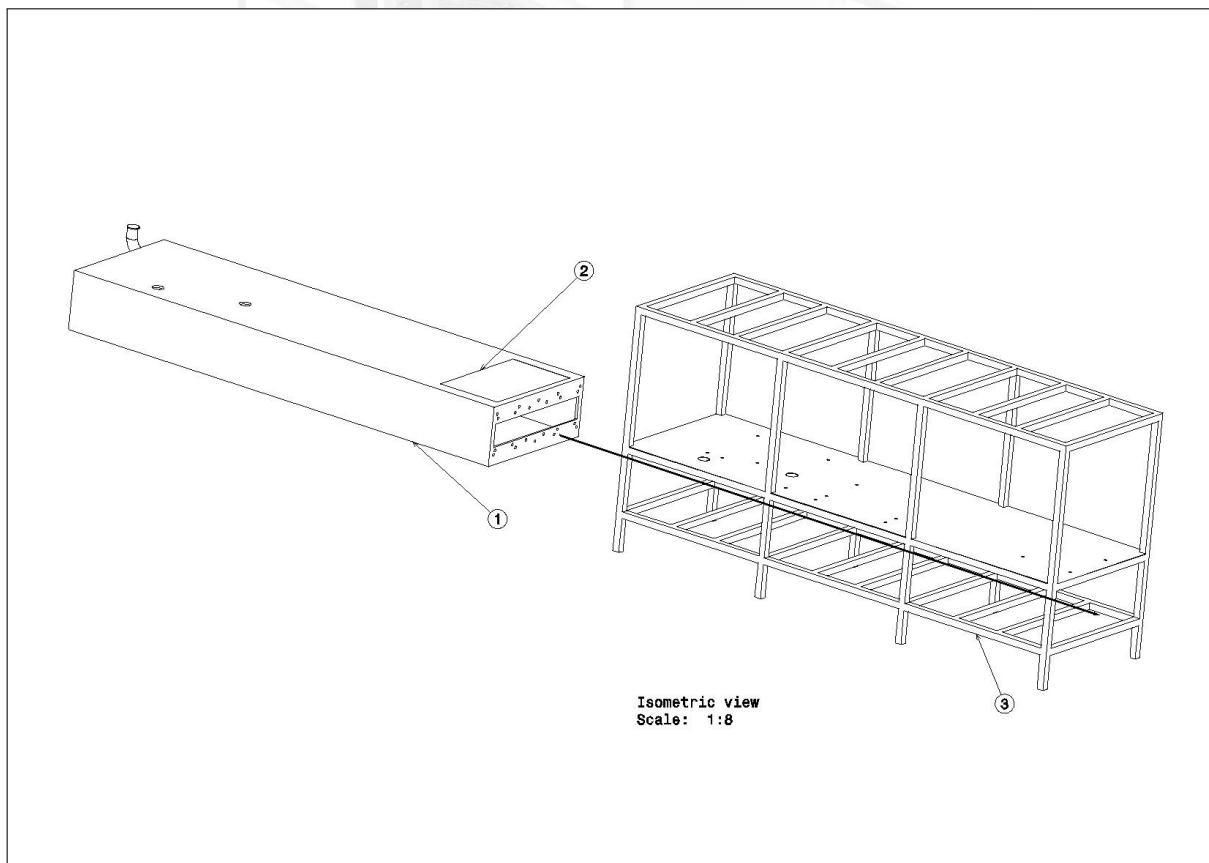


Figura 159 – Instalação do reservatório de água na estrutura.

B.8.6 Instalação dos alimentadores

A instalação dos alimentadores deve ser realizada como mostrado na Figura 160. Pode-se posicionar-los em qualquer posição desejada, variando de acordo com a quantia adquirida pelo cliente. Deve-se atentar ao sentido, sendo este com a tampa de acrílico apontada para o interior da panela.

Código	Descrição
1	Alimentador
2	Panela

Tabela 64 – Lista de Peças — Instalação dos alimentadores

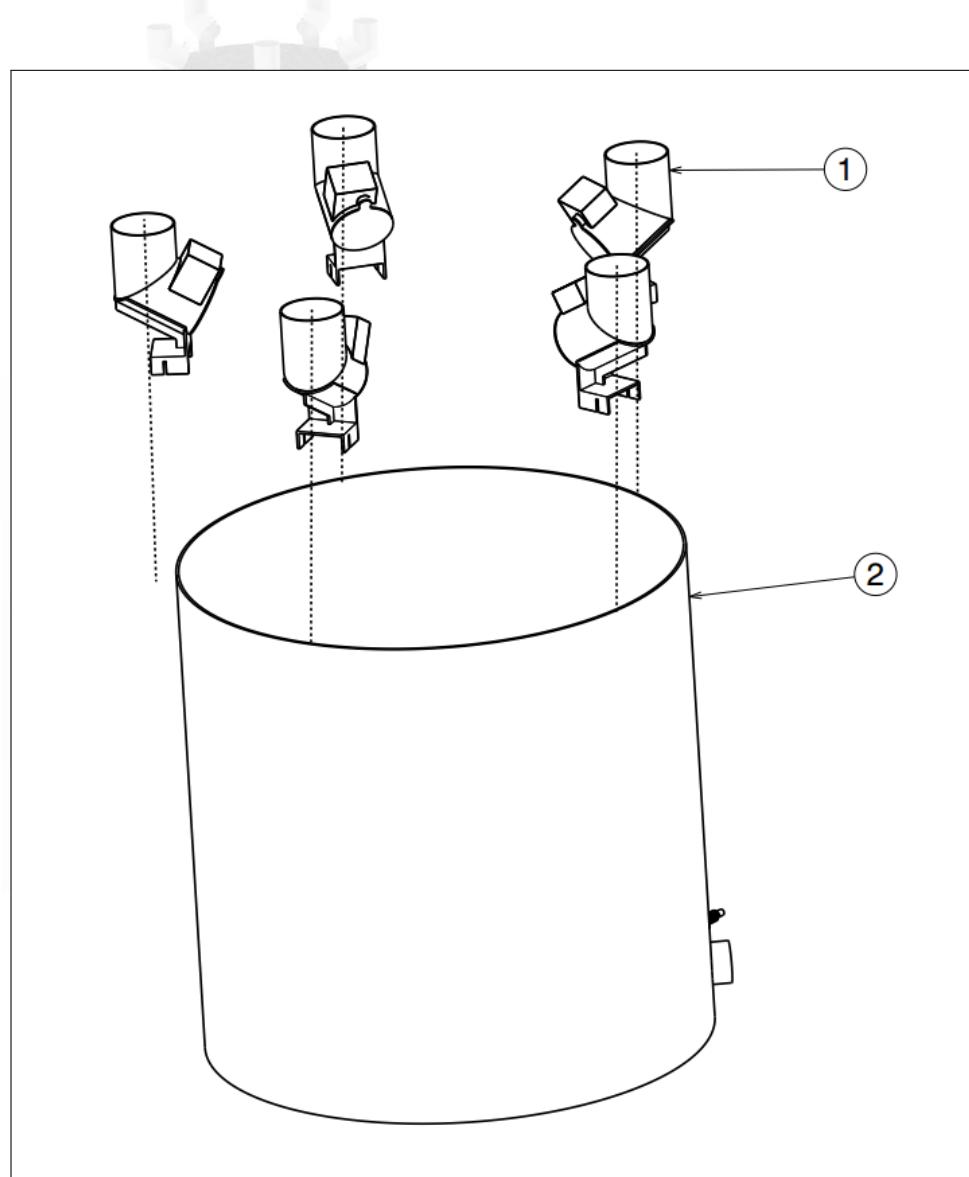


Figura 160 – Instalação dos alimentadores.

B.8.7 Instalação do sensor de temperatura

Os sensores de temperatura serão fixados nos suportes para os mesmos, encaixando-o no furo disponível, conforme figura 161. Cada panela deverá ter 01 conjunto sensor + 01 suporte. De acordo com o esquemático das conexões dos circuitos presente no apêndice G, deve-se realizar a conexão dos fios.

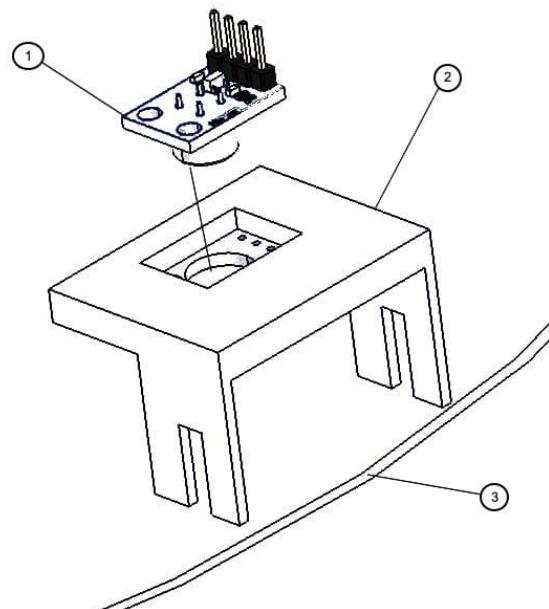


Figura 161 – Instalação do sensor de temperatura nas panelas

Código	Descrição
1	Sensor de Temperatura
2	Suporte para o sensor
3	Panela

Tabela 65 – Lista de Peças — Instalação dos sensores de temperatura



B.9 Instruções de Uso

A Microcervejaria pode ser utilizada por meio do aplicativo celular, ou também utilizando a *Skill* da Alexa. É importante frisar que algumas funcionalidades são de uso exclusivo do aplicativo, como as de criar e editar receitas, e a Alexa serve como um outro mecanismo de alertas e também para iniciar a rotina de limpeza ou a produção da cerveja por meio de comandos de voz.

B.9.1 Como adicionar sua Microcervejaria

B.9.1.1 Aplicativo

Primeiramente para utilizar nossos dois sistemas, é necessário cadastrar sua cervecaria física, e isso pode ser feito de duas formas, a figura 162 apresenta a tela inicial do aplicativo, na qual ao clicar no botão do meio, sua câmera irá abrir para realizar a leitura do QRCode.

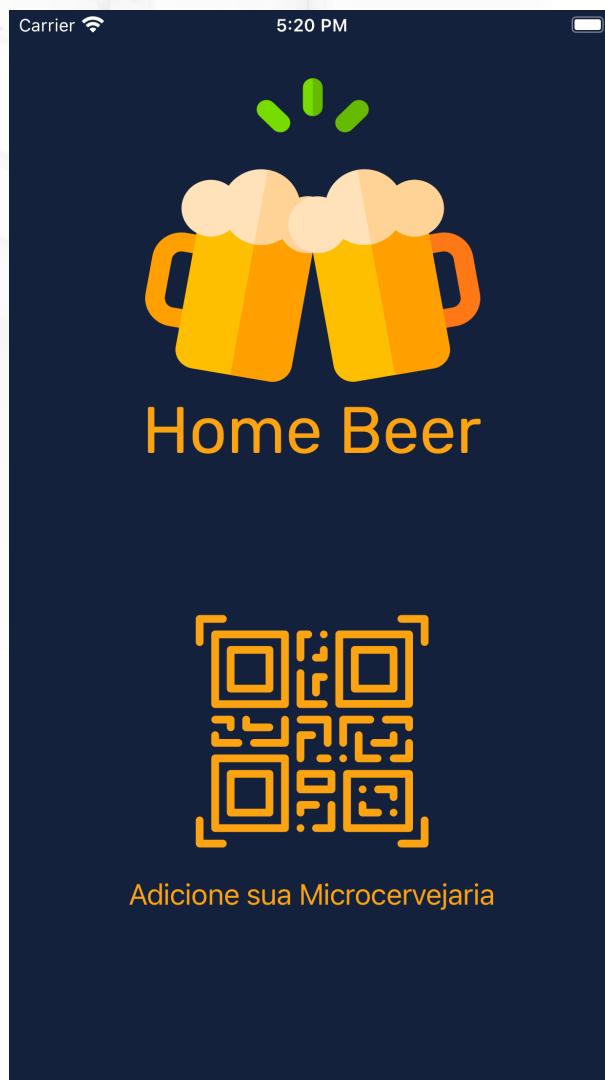


Figura 162 – Tela de Login



Para que seja feita a leitura do QRCode, é necessário que o acesso a câmera seja concedido, a câmera do usuário somente será usada para esta funcionalidade, então uma vez que tenha concedido esta permissão, aponte a câmera do seu celular para a figura 163



Figura 163 – QRCode da sua Microcervejaria

Este QRCode contem a senha para acessar sua Microcervejaria, e uma vez que adicionado, todas as outras funções serão habilitadas.

B.9.1.2 Alexa

E caso deseje utilizar na Alexa siga os seguintes passos:

- Abra sua *Skill* dizendo: "**Abre Cervejaria**";
- Diga o comando: "**Adicionar Token**";
- Após a Alexa solicitar seu token informe: **cervejaria**;
- Confirme que a palavra dita foi entendida corretamente;

Um exemplo deste fluxo pode ser observado na figura 164.



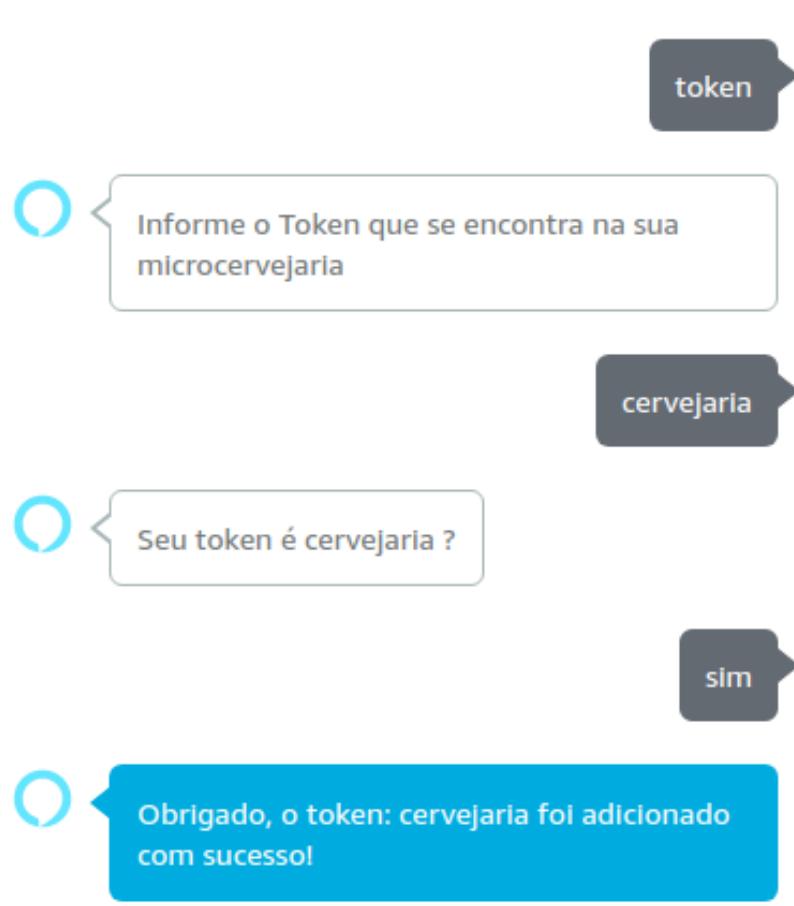


Figura 164 – Adicionando Token à Alexa

Outros frases para adicionar seu Token são:

- Fazer login
- Logar
- Autenticar
- Token

Após realizar esta sequência, sua Alexa também estará pronta para utilizar os recursos disponíveis para sua Microcervejaria, caso seu token não tenha sido adicionado corretamente, basta dizer a palavra "Não" no terceiro passo, ou repetir o primeiro passo novamente.



B.9.2 Como iniciar a produção da sua cerveja

B.9.2.1 Aplicativo

Tanto a Alexa quanto o aplicativo já possuem algumas receitas pré definidas prontas para uso, caso deseje visualizar estas receitas, no menu inicial do aplicativo todas suas receitas serão apresentadas junto com o processo de produção e os ingredientes necessários para sua realização, assim como na figura 165.



Figura 165 – Lista de Receitas

Nesta tela você pode observar quais são os ingredientes necessários inserir antes de começar sua produção, e também a descrição do que irá ocorrer em cada fase dos processos. caso deseje editar alguma das receitas disponíveis basta clicar no ícone de editar localizado no canto superior direito, que uma tela para a edição da receita será aberta. No aplicativo você também pode criar suas próprias receitas, clicando no ícone localizado no canto inferior esquerdo, sera aberta a tela da figura 166.





Figura 166 – Criar Receita

Nesta tela você deve passar os ingredientes e regras referentes a cada etapa da produção, e também descrever um pouco a receita que está criando para que possa utilizar como um manual para se lembrar no momento de iniciar a produção. Uma vez que definida a receita que deseja produzir, adicione os ingredientes necessários nas panelas e compartimentos de sua Microcervejaria, e quando estiver pronto aperte o botão de "Play" para dar inicio a produção.

B.9.2.2 Alexa

Antes de iniciar sua produção na Alexa, é importante decidir qual receita deseja iniciar, e para isto você pode seguir os seguintes passos:

- Listar receitas;
- Detalhar a receita desejada;



- Adicionar os ingredientes desta receita em sua Microcervejaria;
- Iniciar produção;

Para listar as receitas disponíveis poderão ser utilizados os seguintes comandos:

- Quais são as receitas
- Me diga as receitas
- Listar receitas
- Lista de receitas
- Receitas

Ao solicitar a Alexa para listar as receitas ela irá te retornar a lista de todas as receitas presentes no seu aplicativo como o exemplo na figura 167.



Figura 167 – Listar Receitas

Depois disso, para detalhar a receita e saber as informações da que deseja produzir, basta pedir para a Alexa detalhar esta receita através dos seguintes comandos:

- Como faz a Receita
- Detalhas Receita
- Detalhes da Receita

Lembrando que é necessário substituir Receita pelo nome da receita que deseja detalhar como no exemplo da figura 168



detalhar red ipa

Você gostaria de saber informações da receita red ipa?

sim

A cerveja Red IPA é uma . Seu tempo médio de produção é de 135 minutos e produz 20 litros. Os ingredientes utilizados são: Água 21 Litros. Malte Pilsen 5 Kilos. Malte Caramel 50 500 gramas. Malte Caramel 200 200 gramas. Malte Caramel 400 200 gramas. Lúpulo Herkules 20 gramas. Lúpulo Cascade 80 gramas. Lúpulo Columbus 80 gramas. Fermento US05 1 pacote. Durante sua fase de aquecimento, a cerveja é aquecida a uma temperatura de 69 graus célsius. Durante a brassagem, será realizado os seguintes degraus de aquecimento: A temperatura vai ficar em 64 graus célsius, por 60 minutos. 77 graus célsius, por 15 minutos. A fervura vai durar um tempo total de 60 minutos. E os seguintes ingredientes vão ser adicionados: 20 gramas de Herkules serão adicionados aos 60 minutos. 30 gramas de Columbus serão adicionados aos 10 minutos. 30 gramas de Cascade serão adicionados aos 5 minutos. 20 gramas de Cascade serão adicionados aos 0 minutos. 20 gramas de Columbus serão adicionados aos 0 minutos.

Figura 168 – Detalhar Receita Alexa

Agora sabendo das informações de sua receita, basta inserir os ingredientes em



sua Microcervejaria e pedir para que a Alexa inicie a produção através dos seguintes comandos:

- Fazer a receita Receita
- Faz a Receita
- Fazer Receita
- Começar a fazer Receita

Lembrando que onde estiver Receita é para que se substitua pelo nome da Receita desejada, por exemplo, White IPA., assim como na figura 169.

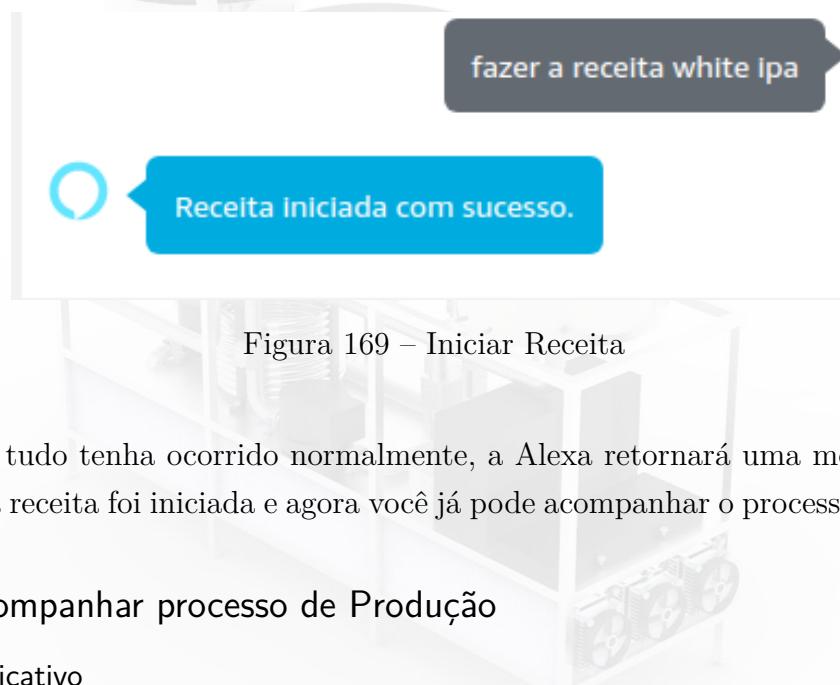


Figura 169 – Iniciar Receita

Caso tudo tenha ocorrido normalmente, a Alexa retornará uma mensagem informando que a receita foi iniciada e agora você já pode acompanhar o processo de produção.

B.9.3 Acompanhar processo de Produção

B.9.3.1 Aplicativo

Uma vez que a produção tenha iniciado, você será levado para a tela de acompanhamento da produção que pode ser observada na figura 170, esta tela irá mostrar a fase atual na qual sua produção se encontra, e quais as informações a respeito dela, além de também mostrar informações gerais como a temperatura atual e o tempo decorrido até o momento.





Figura 170 – Acompanhamento da Produção

Na parte superior desta tela é apresentado um ícone com o processo atual em amarelo, os processos que já tenham sido percorridos em vermelho, e os processos ainda não inicializados em cinza. É nesta tela também que você pode cancelar sua produção, caso tenha notado algum erro ou a falta de algum item, basta apertar no botão vermelho para parar a produção, mas tenha certeza disso pois cancelada, a produção deverá



começar do zero novamente.

B.9.3.2 Alexa

Na Alexa existe uma variedade de formas de saber o que está acontecendo com sua produção, como por exemplo:

- Visualizar processo atual;
- Visualizar um processo anterior;
- Ler temperatura atual;
- Ler tempo restante;

Caso o usuário deseje saber o que está acontecendo atualmente em sua produção basta solicitar a Alexa um dos seguintes comandos:

- Qual o processo atual;
- Qual o processo que esta acontecendo;
- Qual processo está;

E ela dará informações gerais a respeito deste processo como na figura 171.

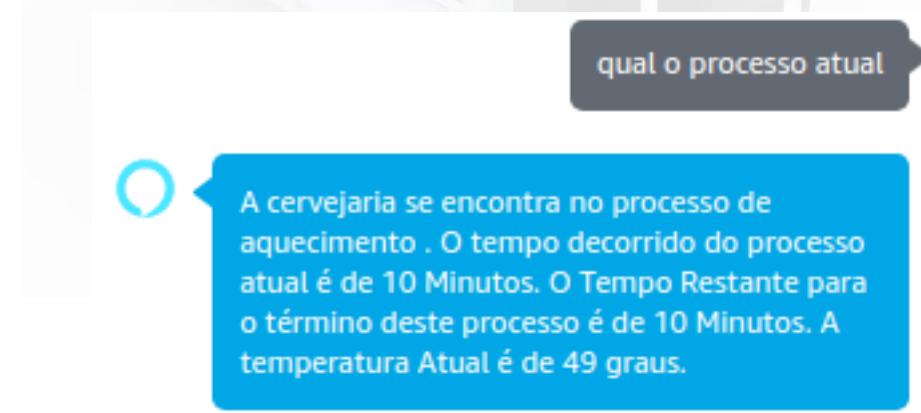


Figura 171 – Fluxo do Processo Atual

Utilizando este comando a Alexa irá responder todas as informações referentes a fase atual da produção da cerveja, porém caso o usuário deseje saber o que ocorreu em um processo antigo, ele pode perguntar diretamente algo como:

- O que foi feito na nome do processo;

- O que aconteceu no processo nome do processo;
- Sobre o processo de nome do processo;

Substituindo "nome do processo" pelo processo antigo que deseja saber mais informações. Que a Alexa irá passar a informação sobre esta etapa como na figura 172

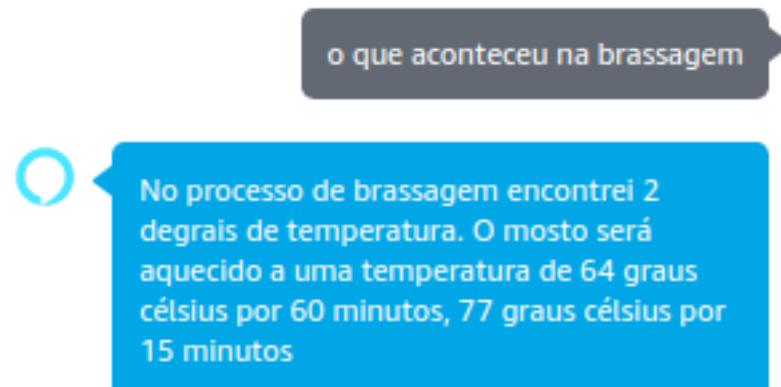


Figura 172 – Exemplo de pergunta para Processo antigo

Desta forma será informado para o usuário todas as informações a respeito deste processo já executado na produção. Mas caso deseje saber de alguma informação mais específica, é possível também perguntar diretamente por exemplo "Qual a temperatura atual", como na figura 173.

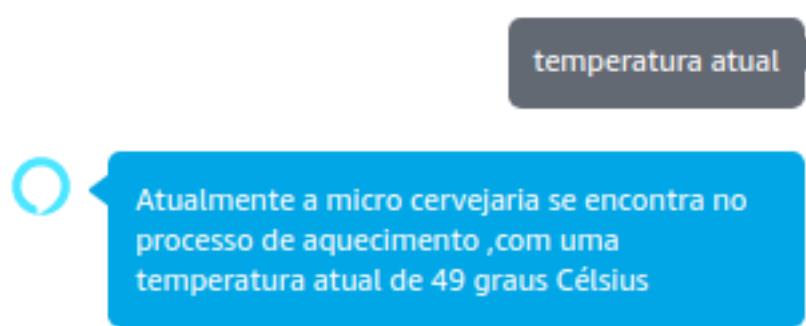


Figura 173 – Exemplo de pergunta para saber a temperatura atual

Para desta forma saber uma informação mais específica a respeito da temperatura que sua produção se encontra. Outra pergunta que pode ser feita é "Quanto tempo falta", como na figura 174.



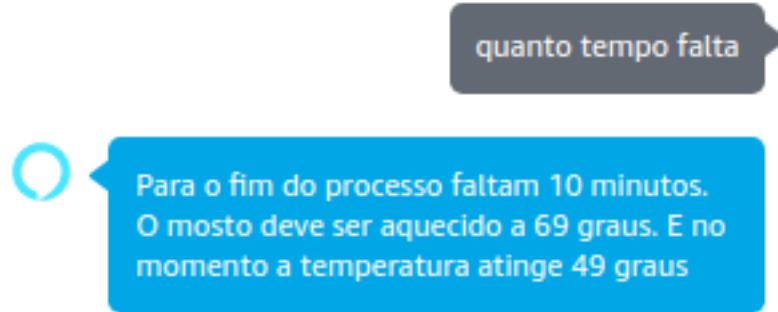


Figura 174 – Exemplo de pergunta para visualizar o tempo restante

E desta forma a Alexa irá informar o tempo estimado para que a fase atual seja encerrada para que assim saiba quando retirar sua cerveja.

B.9.4 Como iniciar a limpeza automática

B.9.4.1 Aplicativo

Para iniciar a limpeza da Microcervejaria, o usuário deverá clicar no ícone do balde com uma vassoura no canto inferior direito do menu inicial. E assim a tela apresentada na figura 175 será aberta.



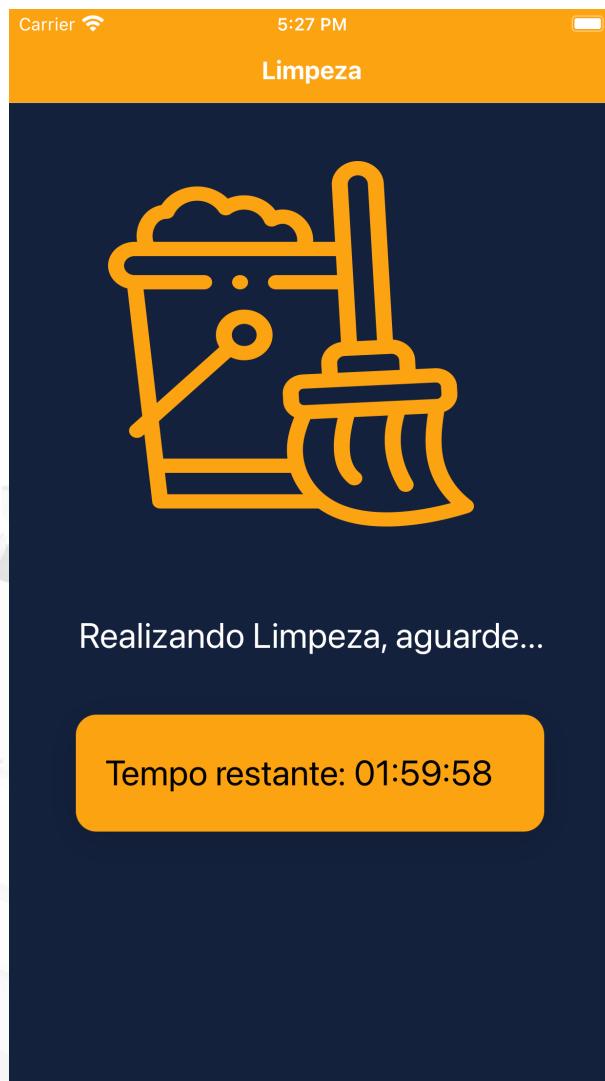


Figura 175 – Tela de Limpeza

Nesta tela poderá acompanhar o tempo restante para a limpeza ser finalizada. E quando isso ocorrer, será também enviada uma notificação para seu dispositivo.

B.9.4.2 Alexa

Para iniciar a rotina de limpeza automática da Alexa, basta dizer um dos seguintes comandos:

- Limpeza;
- Iniciar limpeza;
- Inicializar limpeza;
- Limpar;



E confirmar que realmente deseja iniciar, assim como na figura 176.

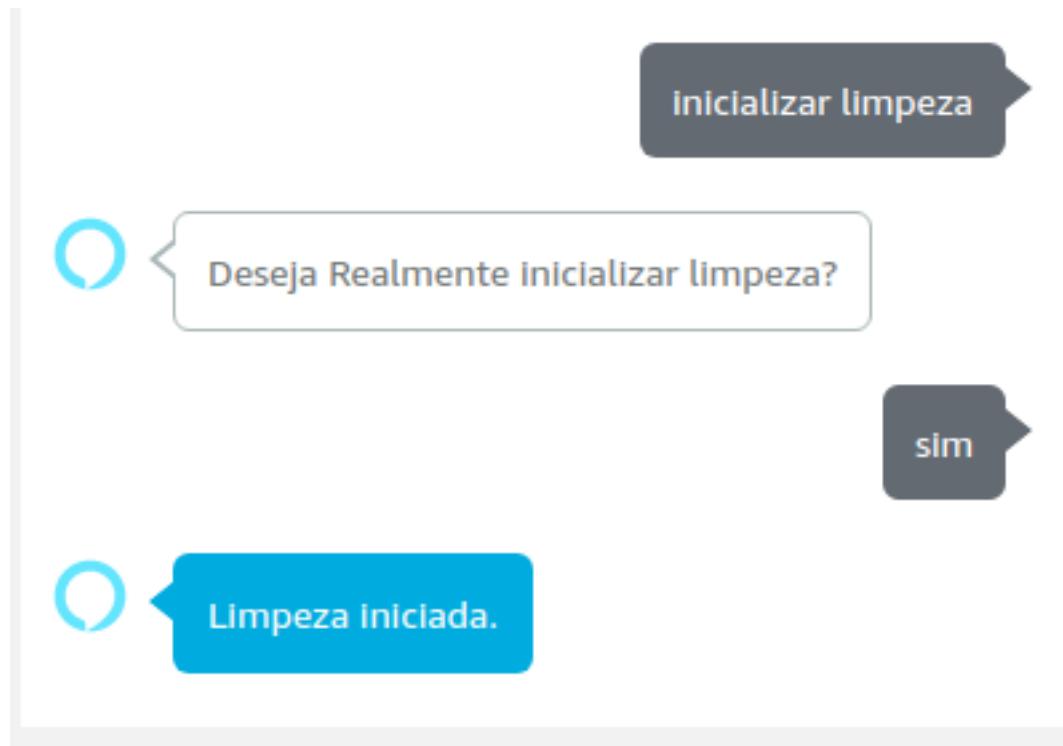


Figura 176 – Exemplo de solicitação para iniciar limpeza

Este comando dará inicio ao processo de limpeza da Microcervejaria, porém antes de executa-lo, leia atentamente os passos a respeito da rotina de limpeza presentes neste manual, para que faça corretamente os procedimentos manuais necessários.



B.10 Instruções de Limpeza e Manutenção

B.10.1 Instruções de Limpeza

B.10.1.1 Rotina de Limpeza

A maior parte dos componentes da microcervejaria *Home Beer* que estarão em contato constante com o mosto durante a produção de cerveja é feita de aço inox: as panelas, a tubulação e o filtro. Para realizar a limpeza de rotina do aço inox, recomenda-se utilizar água, sabão, detergentes suaves ou neutros.

Não é recomendado utilizar esponjas de aço ou materiais ásperos, pois eles raspam as partes polidas, deixando o aço exposto a corrosão. Jamais utilize produtos químicos e/ou inflamáveis para a limpeza de quaisquer componentes da *Home Beer*.

A limpeza dos componentes não metálicos deve ser realizada com um pano macio. Não molhe esses componentes ou derrame água neles. É recomendável manter estes componentes sem poeira, para evitar um futuro mal funcionamento dos mesmos.

Ao realizar a limpeza externa da *Home Beer*, certifique-se de que o cabo de alimentação não está conectado à rede elétrica.

B.10.1.2 Rotina de limpeza automática

A rotina de limpeza interna da *Home Beer* será uma opção no aplicativo, assim como as opções de receitas. Para iniciar essa rotina, basta apenas que o usuário adicione água na primeira panela e inicie a rotina de limpeza.

A Figura 177 mostra a rotina de limpeza interna. Nela, água passará por toda a tubulação e todas as panelas, que são os locais onde houve contato com o mosto durante a produção de cerveja, para remover possíveis resíduos e limpar impurezas fixadas nas paredes da tubulação e/ou das panelas.

B.10.2 Instruções de Manutenção

- Limpe a cada 6 meses as entradas de ar do nobreak com um pincel ou escova macia, se instalar o produto em ambiente com muita poeira, fazer a limpeza a cada 3 meses. O acúmulo de poeira prejudica o resfriamento dos componentes e reduz a vida útil do equipamento. ATENÇÃO: nunca limpe o nobreak com panos úmidos ou utilize qualquer solução líquida para a limpeza, utilize somente panos e/ou pincéis secos.
- Faça testes com o nobreak pelo menos uma vez a cada 6 meses. Retire o cabo de energia que alimenta o nobreak da tomada e veja se as baterias estão com a autonomia esperada. Com o passar do tempo, as baterias armazenam cada vez



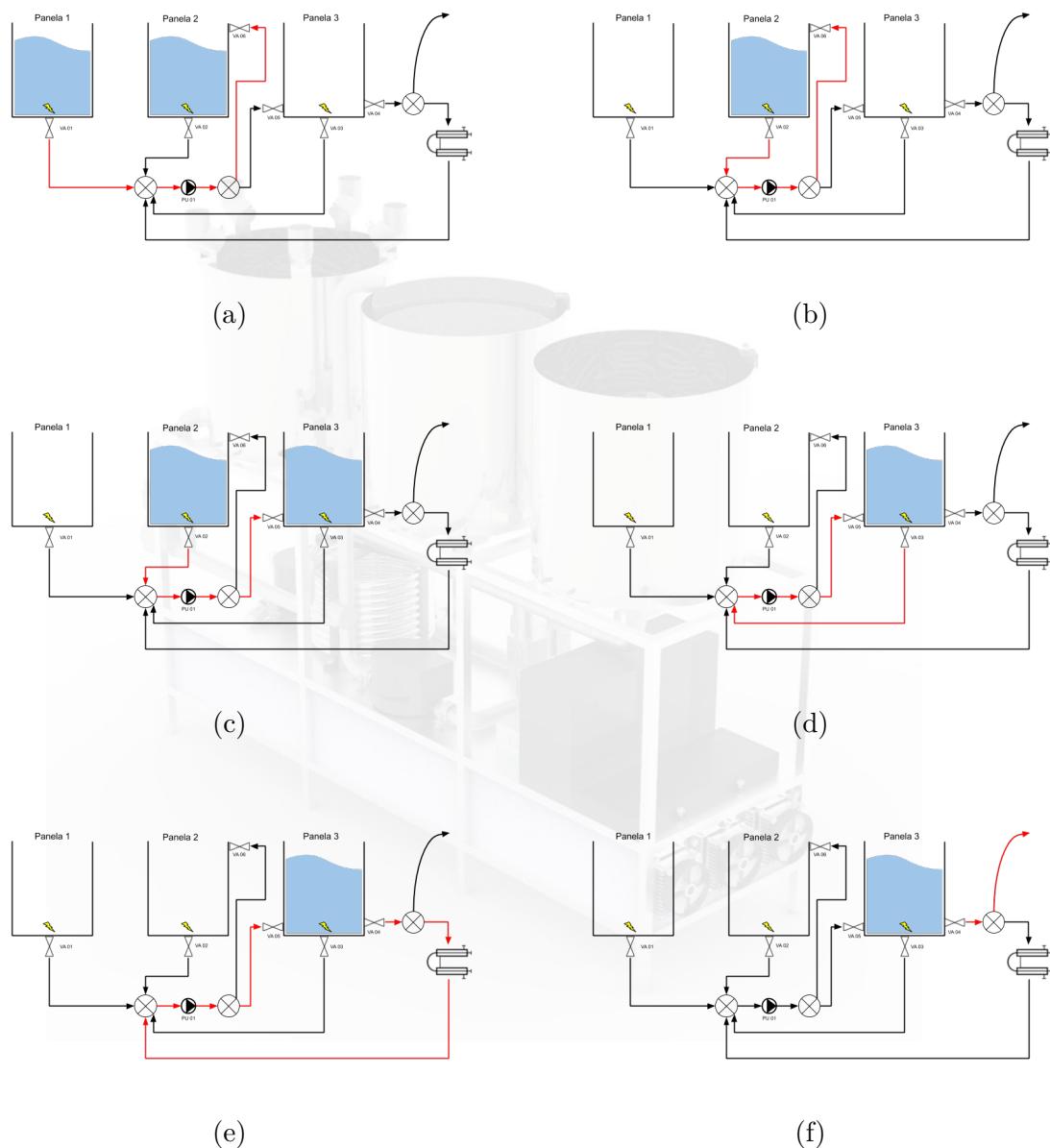


Figura 177 – A rotina de limpeza automática da *Home Beer*. (a) transferência da água da panela 1 para a panela 2; (b) o caminho da recirculação; (c) transferência da água da panela 2 para a panela 3; (d) o caminho do *whirpool*; (e) limpeza do trocador de calor; (f) descarte da água.



menos carga e quando você mais precisar, pode ficar sem baterias durante uma falta de energia.

- Uma vez por ano, verifique temperaturas do trocador de calor e compare com os dados do manual.
- Verifique o trocador de calor de forma periódica, buscando qualquer sinal de vazamento ou qualquer sinal de dano em sua superfície.
- Verifique a vedação das válvulas, das bombas e das panelas junto à tubulação
- Realize a troca da água do reservatório a cada 6 meses
- Verifique se as PCIs das placas de controle não apresentam trilhas danificadas ou componentes com poeira e realizar a limpeza com uma escova macia sempre que for pertinente.



B.11 Solucionando Problemas

A *Home Beer* ensina ao consumidor como identificar, em casa, alguns problemas que possam interferir no desempenho do produto. Não melhorando o funcionamento, entre em contato com atendimento.homebeer@gmail.com. A Tabela 66 mostra alguns dos problemas que podem ocorrer, possíveis causas e solução.

Sintomas	Provável Causa	Solução
A Home Beer não funciona	Plugue desligado da tomada	Ligar o plugue na tomada
	Tomada com mau contato	Corrigir o defeito na tomada elétrica
	Cabo de energia danificado	Entrar em contato com a Central de Atendimento
	Círcuito de controle com defeito	Entrar em contato com a Central de Atendimento
Interrupção dos processos mediante falta de energia elétrica	Nobreak desligado da tomada antes da interrupção de energia elétrica	Manter o nobreak ligado à tomada elétrica
	Nobreak com mal funcionamento	Entrar em contato com a Central de Atendimento
Trocador de Calor não está resfriando o mosto	Falha no reservatório de resfriamento	Trocador de calor avariado
	Falha na bomba	Entrar em contato com a Central de Atendimento
	Home Beer montada próxima a uma fonte de calor	Realocar a Home Beer para um local onde não há uma fonte de calor próxima
	Trocador de calor avariado	Entrar em contato com a Central de Atendimento
	Círcuito de controle com defeito	Entrar em contato com a Central de Atendimento
Reservatório de água não está funcionando (não resfria)	Falha da placa de Peltier	Entrar em contato com a Central de Atendimento
	Falta de energia	Verificar a alimentação da Home Beer
	Home Beer montada próxima a uma fonte de calor	Realocar a Home Beer para um local onde não há uma fonte de calor próxima
	Círcuito de controle com defeito	Entrar em contato com a Central de Atendimento
Líquidos não estão esquentando	Falta de energia	Verificar a alimentação da Home Beer
	Defeito na resistência	Entrar em contato com a Central de Atendimento para verificar o modelo da resistência e fazer a substituição (não é necessário um técnico para isso)
	Círcuito de controle com defeito	Entrar em contato com a Central de Atendimento
Whirlpool não está acontecendo	Defeito na bomba	Entrar em contato com a Central de Atendimento para verificar o modelo da resistência e fazer a substituição
Aplicativo não funciona	Falta de conexão com a Internet	Conectar-se à Internet

Tabela 66 – Solucionando problemas



APÊNDICE C – Descrição das atividades realizadas

Nome	Matrícula	Grupo	Curso	Cargo	Atividades
Felipe Silva Nascimento	16/0027951	Estruturas	Automotiva	Coordenador geral	Redimensionamento e posicionamento da tubulação Auxílio na escrita do relatório Manual de fabricação Atualização e concepção de desenhos técnicos Integração do CAD Gerenciamento de equipe
Isabela Rocha Macedo	14/0090827	Estrutura e Térmica	Energia	Diretora Técnica	Dimensionamento do nobreak (cálculos, especificações, desenho do diagrama e normas) Auxílio na escrita do relatorio Manual de fabricação Manual de instruções Certificado de garantia do manual de instruções Render da estrutura e de alguns outros componentes Tabela de custos e materiais Gerenciamento da equipe de estruturas e térmica Plano de testes do nobreak e trocador de calor
Vanessa Alvim Alves	13/0136158	Estrutura e Térmica	Energia	Desenvolvedora	Auxilio na escrita do relatorio Dimensionamento do nobreak (cálculos, especificações, desenho do diagrama e normas) Plano de testes do nobreak e trocador de calor Tabela de custos e materiais Manual de fabricação Manual de instruções
Mateus de Oliveira Barbosa	14/0154817	Software	Software	Diretor Técnico	Planejamento e execução dos testes de usabilidade da Alexa Configuração do banco de dados DynamoDB para Alexa para guardar Token Diagrama de integração do subsistema de Software(escrita da comunicação entre Software e Eletrônica) Handler para receber token Documentação dos resultados da Skill da Alexa Refatorações da Skill da Alexa Auxilio na escrita e revisão do relatório Gerenciamento da equipe de software
Victor Wagner P Araujo	14/0164995	Estrutura e Térmica	Aeroespacial	Desenvolvedor	Desenvolvimento de desenhos (CAD) Eletrônica e fixação de componentes Dimensionamento de parafusos e porcas Atualização e concepção de desenhos técnicos Integração de componentes eletrônicos no CAD Manual de fabricação Manual de Montagem Auxilio na escrita do relatório
Rafael da Silva Rodrigues	13/0130494	Estrutura e Térmica	Aeroespacial	Diretor de Qualidade	Escrita e revisão do relatório Gerenciamento da equipe Revisão dos desenhos técnicos de estrutura
João Gabriel Saliba Ribeiro	15/0012934	Software	Software	Desenvolvedor	Handler visualizar Processo Handler visualizar Temperatura Manual Skill Home Beer Alexa Auxilio na escrita e revisão do relatório
Larissa Martins de Freitas	16/0130719	Estrutura e Térmica	Automotiva	Desenvolvedor	Manual de montagem e fabricação da estrutura principal Manual de fabricação da tubulação
Victor Hugo B. Tavares	13/0136492	Automação	Eletrônica	Diretor Técnico	PCI acionamento dos relés PCI nobreak Dimensionamento e orçamento da fiação Esquematico de conexões dos componentes eletronicos Auxilio na escrita do relatório
Renato C. Motta Júnior	09/0130723	Automação	Eletrônica	Desenvolvedor	Dimensionamento e orçamento do disjuntor principal Escrita Integração Automação e Estrutura Diagrama de integração Auxilio na escrita do relatório
Yago R. Ferreira	12/0138646	Automação	Eletrônica	Desenvolvedor	Projeto circuito controlador de resistência de aquecimento Diagrama de integração Dimensionamento e orçamento dos componentes eletrônicos do projeto Auxilio na escrita do relatório

Nome	Matrícula	Grupo	Curso	Cargo	Atividades
Lucas Moreira Martins	16/0034671	Estrutura e Térmica	Aeroespacial	Desenvolvedor	Redimensionamento da bomba do mosto Simulação da etapa do whirlpool Manual de montagem Auxílio nos CADs Auxílio na escrita do relatório Revisão dos desenhos técnicos
Caio Gabriel Araújo Medeiros	15/0007329	Software	Software	Desenvolvedor	Desenvolvimento de função para iniciar Limpeza pela Alexa Desenvolvimento de função para ler o tempo restante do processo na Alexa Desenvolvimento da função para visualizar o processo atual da Alexa Auxílio na escrita e revisão do relatório Inicialização na construção da apresentação da Skill da Alexa
Matheus Roberto Alves da Silva	13/0126721	Software	Software	Desenvolvedor	Escrita dos testes de usabilidade para o aplicativo Escrita dos resultados do aplicativo (Parte dos processos) Desenvolvimento do visualizar cartão de receita Desenvolvimento da funcionalidade de editar e criar receita Desenvolvimento da tela de processos (Aquecimento, brassagem e fervura) do aplicativo Desenvolvimento da funcionalidade de atualizar processo no mock da API Adição da rota de encerrar processo no mock da API Revisão do carrossel com as receitas no aplicativo Revisão das modais de confirmação do aplicativo Revisão do sistema de notificação do aplicativo Revisão da leitura de token no aplicativo Atualização do mock da api no relatório
Vinícius de Castro Cantuária	14/0165169	Software	Software	Desenvolvedor	Escrita dos resultados do aplicativo Desenvolvimento do armazenamento do token para requisições no aplicativo Desenvolvimento do carrossel com as receitas no aplicativo Desenvolvimento da tela de limpeza no aplicativo Desenvolvimento das modais de confirmação no aplicativo Desenvolvimento das notificações no aplicativo Revisão do formulário de criação e edição de receita no aplicativo Revisão das telas das etapas do processo de fabricação no aplicativo

APÊNDICE D – Plano de Gerenciamento de Custos

D.1 Objetivo do plano de Gerenciamento de custo

Neste plano em questão, será detalhado o plano de gerenciamento de custos do projeto Microcervejaria. Constará de forma detalhada os custos do projeto, bem como gastos com recursos humanos, equipamentos, entre outros.

D.2 Método de gerenciamento dos custos

Com o objetivo de ter o controle sobre os custos do projeto, nesta seção será utilizado uma sequência de estimativas e em seguida será feita uma comparação. De início, será definido como os custos serão planejados. Após esta seção de metodologia, serão definidos os passos para definir os valores: planejados, reais e agregados.

D.2.1 Planejar o gerenciamento dos custos

O planejamento de custos terá como entradas os seguintes artefatos:

1. Termo de abertura do projeto
2. Fatores ambientais da organização

Utilizando o termo de abertura do projeto, será possível analisar quais especificações do projeto, a equipe que integrará o grupo de desenvolvimento e de gerenciamento, escopo, prazos estabelecidos para a entrega, custos disponíveis. Todas essas entradas serão úteis para estimarmos com mais precisão os custos planejados.

Os fatores ambientais da organização serão utilizados para explicar algumas variações e anormalidades do projeto. Alguns exemplos deste ponto são os valores para a utilização dos alunos da disciplina de Projeto Integrador 2, tempo estipulado de cada integrante da equipe para uma semana de trabalho.

D.2.2 Estimativa de Custos

Para estimar o custo planejado do projeto, foram levantados alguns pontos como máquinas adquiridas e custo das horas de trabalho dos alunos da FGA, atuando como

desenvolvedores e gerentes do projeto.

Primeiramente será levantado alguns custos simples para que se possa ser feita a estimação. Os custos que serão levantados serão da equipe de desenvolvimento, equipe de gerenciamento, recursos de trabalho(hardware), entre outros custos.

1. **Desenvolvedores** : Integrantes da disciplina de Projeto Integrador 2, que serão responsáveis pelo desenvolvimento do projeto Microcervejaria.

De acordo com o Relatório de Gestão Acadêmica da UNB do ano 2016 o custo ANUAL de um aluno de graduação da FGA é de R\$ 15950,00

2. **Gerência**: Integrantes da disciplina de Projeto Integrador 2, que serão responsáveis pelo gerenciamento da equipe de desenvolvimento do projeto Microcervejaria.

Do mesmo modo, com o Relatório de Gestão Acadêmica da UNB do ano 2016 o custo ANUAL de um aluno de graduação da FGA é de R\$ 15950,00.

3. **Equipamento**: Máquinas que serão utilizadas pela equipe de desenvolvedores e também pela gerência. Valor médio em unidade é igual a R\$ R\$ 2200,00. OBS: Como cada integrante já possui seu equipamento, não será contabilizado como custo ao final do orçamento.

4. **Internet**: Média de preço de uma internet com velocidade de 50mbps é de R\$ 79,90

5. **Energia**: Para o cálculo da energia, levou-se em consideração que cada indivíduo envolvido no projeto trabalhará cerca de 6 á 10 horas semanais (no mínimo), que nos leva a 1,43 horas diárias X 22 dias por semana por um período de 4 meses, onde cada notebook/desktop consome cerca de 100 Wh.

D.2.3 Determinação de Orçamento

Dado o custo estimado do projeto, conseguimos a partir daí definir o valor o orçamento total do projeto. No entanto, antes de definir o orçamento geral, é preciso que seja estimado o custo por hora dos recursos humanos do projeto, que configura os desenvolvedores e gerência.

D.2.3.1 Pessoal

Como o projeto será desenvolvido dentro do contexto da disciplina de Projeto integrador 2, o cálculo comum de recursos humanos é feito com base no custo anual do aluno descrito pelo Decanato de Planejamento e Orçamento da UnB.

De acordo com ([DPO, 2019](#)): “Dada a relevância do tema, os indicadores de custo-aluno foram objeto de estudo pelos servidores do DPO, em 2019. Uma importante conclusão do estudo realizado refere-se ao fato de que apenas a informação de custo não consegue expressar o resultado institucional, a excelência acadêmica, as melhorias alcançadas e o valor público entregue à sociedade.”

Essa informação foi adicionada para deixar claro que, mesmo não representando resultados específicos, o custo aluno ainda sim servirá como uma boa base de preço para a equipe de desenvolvedores e gerência. A equipe decidiu que é melhor se basear neste valor pois faz mais sentido do que arbitrariamente definir um custo para cada papel.

- **Cálculo do RH**

Para estimar o custo médio do gasto de um aluno para a faculdade, utilizaremos o curso de Engenharia de Software como base, no qual, é exigido 240 créditos no mínimo para que um aluno possa se formar. Pode ser considerado também que cada crédito corresponde geralmente a 15 horas/aula. Desse modo, para se calcular o custo para um aluno se formar é preciso multiplicar o valor de custo anual por 5, que é o tempo necessário para graduação. De acordo com os dados já presentes no tópico anterior, o custo para um aluno se formar é de $5 * R\$ 15950,00$ totalizando $R\$ 79750,00$. Cada crédito na Universidade de Brasília equivale a 15 horas/aula. Desse modo, se multiplicarmos a quantidade de créditos para se formar, que é 240, por 15, teremos a quantidade de horas totais para graduação de um aluno. A partir daí, $240 \text{ créditos} * 15 \text{ horas/aula}$ é igual a 3600 horas totais para que um aluno se forme.

Em síntese, se dividirmos o custo total de formação pela quantidade de horas necessárias obtemos o custo da hora do aluno da FGA-UnB, $R\$ 79750,00 / 3600$ que é igual a $R\$ 22,15$.

O projeto ocorrerá em um período total de 14 semanas. E de acordo com a disciplina, cada integrante deverá comprometer de 6 a 10 horas semanais para trabalhar no projeto. Desse modo, será necessário 140 horas de trabalho. Sendo assim, cada integrante do projeto irá custar $140 \text{ horas} * R\$ 22,15/\text{hora}$, que é igual a $R\$ 3101,00$. Conclui-se então, que o custo de todos os membros participantes é o valor de $R\$ 3101,00 * 15 = R\$ 46515,00$.

D.2.3.2 Aquisição

De acordo com ([ANEEL, 2015](#)) o KW/h equivale a $R\$ 0,518$ no DF pela CEB na data de 14/09/2020. Adotemos um meio termo e assumamos que um computador opera a 100 watts e que os 15 membros do projeto utilizarão seus computadores ligados pelas 140 horas necessárias para o projeto. Sendo assim, temos a seguinte equação:

Consumo = (100 watts x 140 horas x 15 computadores)/1.000 x R\$ 0,518 = R\$ 108,78.

Aquisição	Finalidade	Valor(R\$)	Quantidade	Total(R\$)	Fornecedor
Energia	Desenvolvimento e Gerência	R\$ 0,518	15	R\$ 108,78	CEB
Internet	Desenvolvimento e Gerência	R\$ 79,90	15	R\$ 79,90 * 15	NET

Tabela 67 – Tabela Aquisição Custos de Internet e Energia

D.3 Ferramentas

Ferramenta	Finalidade	Custo(R\$)
Telegram, Microsoft Teams, Google Meet	Comunicação	R\$ 0,0
Google Drive	Compartilhamento de Arquivos	R\$ 0,0
GitHub	Versionamento	R\$ 0,0
Overleaf	Editor para Relatório	R\$ 0,0
Qucs	Ferramenta para Simulação de Circuitos	R\$ 0,0
Catia	Ferramenta para Modelagem 3D	R\$ 0,0
Visual Studio Code, Atom, Sublime, XCode	Editor de Texto	R\$ 0,0
Python, Node.JS, React Native	Ferramentas de Desenvolvimento	R\$ 0,0
Docker, Docker Compose	Ferramenta de automatização de Ambiente	R\$ 0,0
GitHub Actions	Ferramenta de Integração Contínua	R\$ 0,0
ESLint	Analise estática de erros de código	R\$ 0,0
Code Climate	Analise estática de qualidade de código	R\$ 0,0

Tabela 68 – Tabela de Custo de Ferramentas

APÊNDICE E – Questionário

- Quantos litros você considera suficiente para fabricação caseira ?
- Quais os tipos de cerveja seu paladar mais aprecia ?
- Quais as maiores dificuldades na hora da fabricação ?
- Quanto você gastou aproximadamente com seus equipamentos para fabricação de cerveja ?
- Até quanto você pagaria por uma microcervejaria automatizada ?
- Para um sistema de 3 panelas, o quanto importante é a portabilidade ?

APÊNDICE F – Trocador de Calor

F.1 Pesquisa realizada para obter dados sobre o uso de água na etapa de resfriamento do mosto.

- Como é o processo de resfriamento em sua fabricação de cerveja artesanal?
- Você utiliza água para resfriar o mosto?
- Se sim para a questão anterior, a água está localizada onde?
- Se não, como você realiza o resfriamento do mosto?
- Você possuí uma ideia de quanto utiliza de água neste processo de resfriamento do mosto? Se sim, quanto?

F.2 Código utilizado para calcular as características do trocador de calor.

```

1 %% Cálculo para determinar o diâmetro dos tubos do
   trocador de calor tubo duplo %%
2 clc
3 clear all;
4 close all;
5 format bank;
6 %format long;
7 %Q_ponto_q = mq_ponto * Cp_quente(Tq_entrada - Tq_saida) - eq 1
      para o fluido
8 %quente
9 %Q_ponto_f mf_ponto * Cp_f(Tf_entrada - Tf_saida) - eq 2 para o
      fluido
10 %frio
11 % Q = U*A*DTML;
12
13 %% Dados gerais
14 %DADOS:
15     vaz_vol_mosto = 3.333e-5 ; %21 l/min = 3.33e-5 m^3/s
16     rho_mosto = 997; % 1086.73 %997; % kg/m^3

```

```

17     vaz_mas_mosto = vaz_vol_mosto * rho_mosto;
18     Cp_quente = 4.184; %KJ/Kg K
19     Cp_frio = 4.184; %KJ/Kg K
20     Tq_entrada = 100; % em C
21     Tq_saida = 25; % em C
22
23     Q_ponto_q = vaz_mas_mosto * Cp_quente * (Tq_entrada-
24         Tq_saida); % em KW
24     Q_ponto_q_joulepersec = vaz_mas_mosto * Cp_quente * (
25         Tq_entrada-Tq_saida)*1000; % em j/s
25
26     vaz_vol_agua = 1.667e-4 ; %10 L/min = 1.667e-4 m^3/s
27     rho_agua = 997; %kg/m^3
28     vaz_mas_agua = vaz_vol_agua* rho_agua;
29     Tf_entrada = 20; % C
30     Tf_saida_K = (Tf_entrada + 273 ) + (Q_ponto_q/
31         vaz_mas_agua/Cp_frio);
32
32     Tf_saida = Tf_saida_K - 273;
33
34     DT1 = Tq_entrada - Tf_saida; %delta T
35     DT2 = Tq_saida - Tf_entrada;
36     DTML = (DT1-DT2)/(log(DT1/DT2));
37     %% Dados dos tubos escolhidos:
38     %Tubo interno
39         espessura_tubo_mosto = 1.24e-3; %espessura
40         Dia_int_tubo_mosto = 10.29e-3 - (2*espessura_tubo_mosto)
41             ; %em metros , di metro interno do tubo interno
41         Dia_ext_tubo_mosto = 10.29e-3 ; %em metros , di metro
42             externo do tubo interno
42     %Tubo externo:
43         espessura_tubo_agua = 1.65e-3;
44
45         Dia_int_tubo_agua = 17.15e-3 - (2*espessura_tubo_agua);
46             %em metros , di metro interno do tubo externo
46         Dia_ext_tubo_agua = 17.15e-3 ; %em metros , di metro
47             externo do tubo externo
47
48         k_tubo = 14.9;% coeficiente de condutividade termica do

```

```

material proposto - A O INOX AISI 304. a 300K
49
50
51 %% An lise para o tubo interno
52 mi_mosto = 4.5125e-4 ;% em N*s/m^2
53 Re_i = (4*vaz_mas_mosto) / (pi*Dia_int_tubo_mosto*mi_mosto); %
      admensional
54 Pr_mosto = 2.89; %a 62.5 C
55 f_i = (0.790*log(Re_i)-1.64)^-2; % admisional
56 Nud_i = (f_i/8*(Re_i-1000)*Pr_mosto) / (1+12.7*((Pr_mosto
      ^{(2/3)}-1)*(f_i/8)^0.5)); % Em w/m^2 C
57 d_espira = 0.25; %m
58 lambda = d_espira / Dia_int_tubo_mosto;
59
60 f_c_i = (0.0075/sqrt(lambda)) + f_i;
61
62 Nud_i_c = Nud_i * (1 + (3.4*(1/lambda)));
63 k_mosto = 0.659;
64 h_i = Nud_i_c * k_mosto / Dia_int_tubo_mosto;
65
66 %% para o tubo externo:
67 % D_ext = 15.875e-3;
68 % d_int_e = 13.875e-3;
69 % d_ext_e = 9.525e-3;
70 %
71 mi_agua = 0.849e-3; % N*s/m^2
72 Re_e = (4*vaz_mas_agua) / (pi*(Dia_int_tubo_agua+
      Dia_ext_tubo_mosto)*mi_agua); %adimensional
73
74 Pr_agua = 5.75; %a 27.5 C
75 f_e = (0.790*log(Re_e)-1.64)^-2; % admisional
76 Nud_e = (f_e/8*(Re_e-1000)*Pr_agua) / (1+12.7*((Pr_agua^{(2/3)}-
      1)*(f_e/8)^0.5)); % Em w/m^2 C
77 % no caso da regiao anular, utiliza-se o diametro hidraulico
78 diam_hidr=(Dia_int_tubo_agua^2-Dia_ext_tubo_mosto^2)/
      Dia_ext_tubo_mosto; % calculo do diametro hidraulico
79 lambda_e = d_espira / diam_hidr;
80
81 f_c_e = (0.0075/sqrt(lambda_e)) + f_e;

```

```

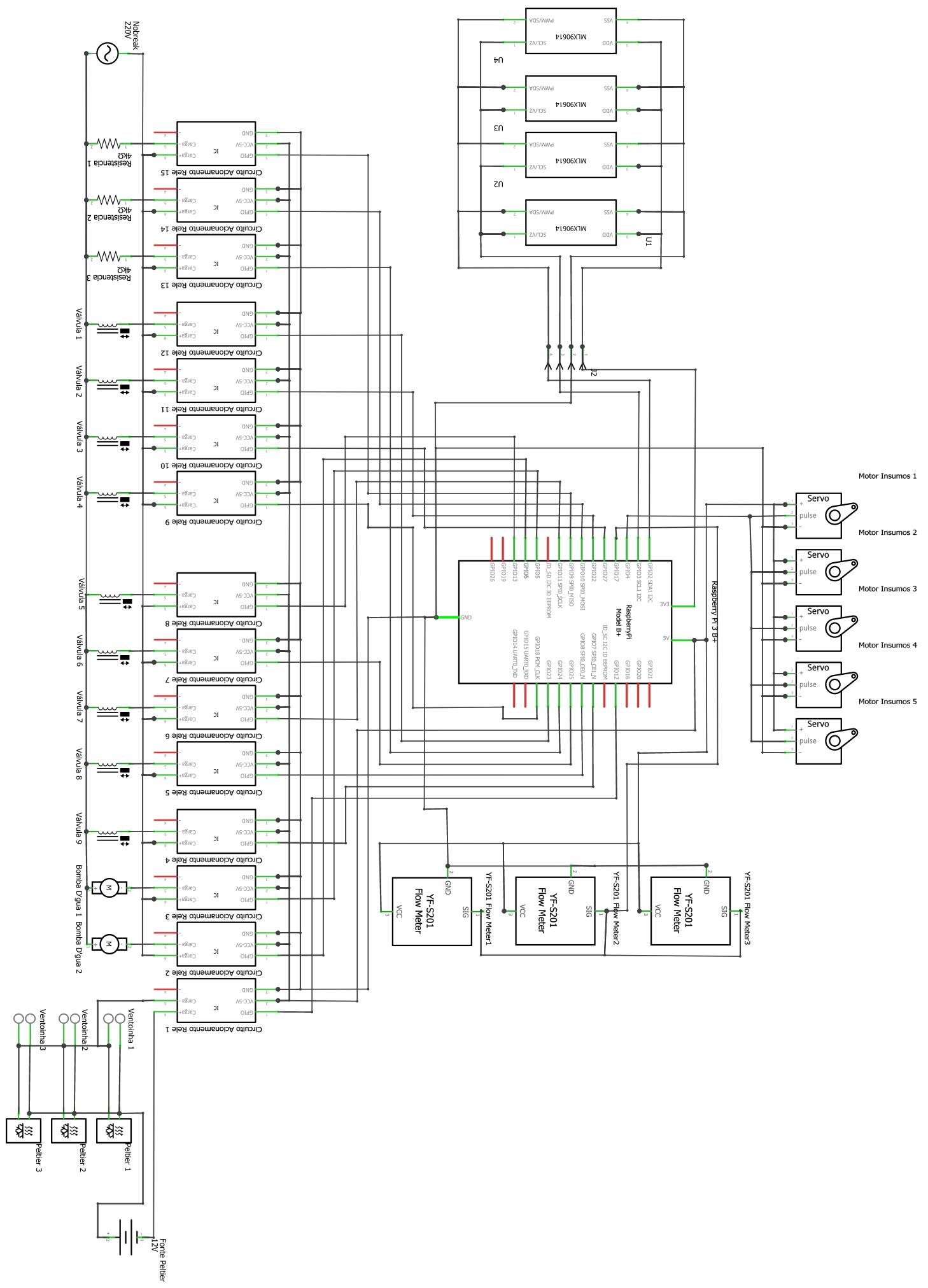
82
83     Nud_i_e = Nud_i * (1 + (3.4*(1/lambda_e)));
84     k_agua = 0.659;
85     h_e = Nud_i_e * k_agua / diam_hidr;
86
87 %% calculo do coeficiente global de calor
88 Rdi = 1.76e-4; % em w/m^2 K
89 U = ((Dia_ext_tubo_mosto/(h_i*Dia_int_tubo_agua)) + (
90         Dia_ext_tubo_agua)*(log(Dia_ext_tubo_agua/
91         Dia_int_tubo_agua))/(2*k_tubo)) + (Rdi) + (1/h_e)^-1; % em w
92         /m^2 K
93 %% calculando a rea final de troca de calor por Q=U*A*DTML
94
95 A= (Q_ponto_q_joulepersec)/(DTML*U); % em m^2
96
97 %% A=pi*r*L
98 L = A/(pi*Dia_ext_tubo_mosto) % em metos
99
100
101 %% Calculos de eficiencia
102 Cmosto = vaz_mas_mosto*Cp_quente; %kW/K
103 Cagua = vaz_mas_agua*Cp_frio; %kW/K
104
105 if Cmosto < Cagua
106     Cmin = Cmosto;%kW/K
107     Cmax = Cagua;
108 else
109     Cmin = Cagua; %kW/K
110     Cmax = Cmosto;
111 end
112
113 DTmax = Tq_entrada - Tf_entrada;
114
115 Qmax = Cmin* DTmax; %em kW
116
117 eff = Q_ponto_q/Qmax; % eficiencia do trocador de calor
118 Cmin_em_wattporkelvin = Cmin *1000;
119
120 NTU = U*A/Cmin_em_wattporkelvin % numero de unidades de
121         transferencia eq 11-32 engel

```

```
117
118     c = Cmin/Cmax;
119     %calculos de eficiencia para um trocador de calor tubo
120     %contrafluxo, tabela 11-4 do engel
121     if c < 1
122
123         Eff2 = (1-exp(-NTU*(1-c)))/(1-c*exp(-NTU*(1-c)))
124
125     else c == 1
126
127         Eff2 = NTU/(NTU+1)
128
129     end
130
131     %% calculo de n de espiras:
132     % L = N*SQRT(C^2+P^2)
133     p = 18e-3;
134     circ = 2*pi*12.5e-2
135
136     n = L/(sqrt(circ^2 + p^2))
137     h = n*p
138
139     %% calculos gerais
140     A_entrada_agua = (pi/4)*(Dia_int_tubo_agua^2 -
141                               Dia_ext_tubo_mosto^2); % em m^2
142
143     A_entrada_mosto = (pi/4)* (Dia_int_tubo_mosto^2); % em m^2
144
145     %% calculo das velocidades dos escoamentos
146     %V = u * A >> u = V/A velocidade media = vazao sobre area
147     u_mosto = vaz_vol_mosto/A_entrada_mosto
148     u_agua = vaz_vol_agua/A_entrada_agua
149
150     % perda de carga: f = deltaP*Dt/2*rho*velm dia^2*
151     % comprimento
152     % deltap = fator de atrito* 2 * rho * velmedia^2 * L / Dt
```

```
153     deltaPagua_perda = (f_c_e*(1/Dia_int_tubo_agua)*rho_agua*((  
154         u_agua^2)/2))  
155     deltaPmosto_perda = (f_c_e*(1/Dia_int_tubo_mosto)*rho_mosto  
156         *((u_mosto^2)/2))  
157     %  
158     deltaP_mosto = rho_mosto*9.81*h + deltaPmosto_perda  
158     deltaP_agua = rho_agua*9.81*h + deltaPagua_perda
```

APÊNDICE G – Esquemático das conexões dos circuitos



APÊNDICE H – Drafts do Projeto

1 2 3 4

H

G

L

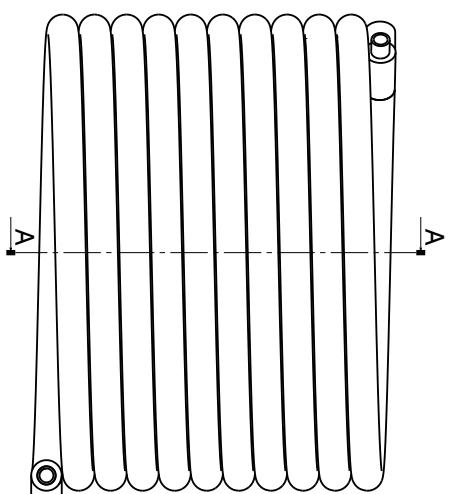
M

D

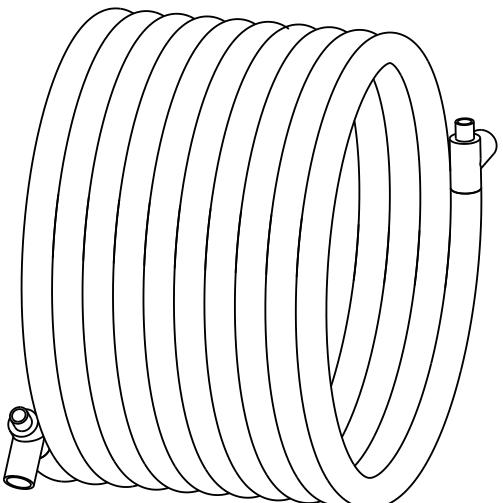
C

B

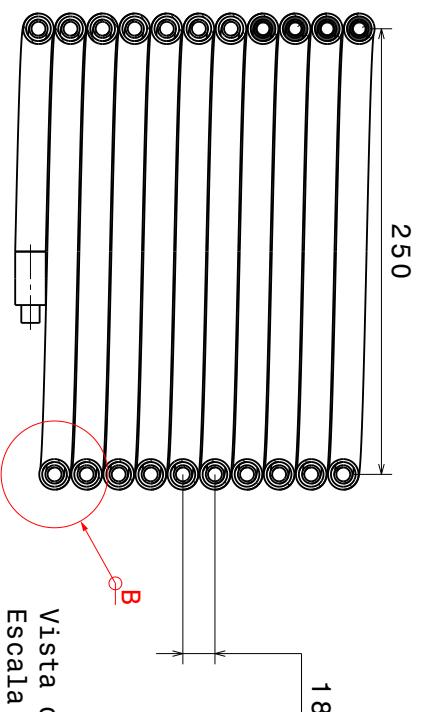
A



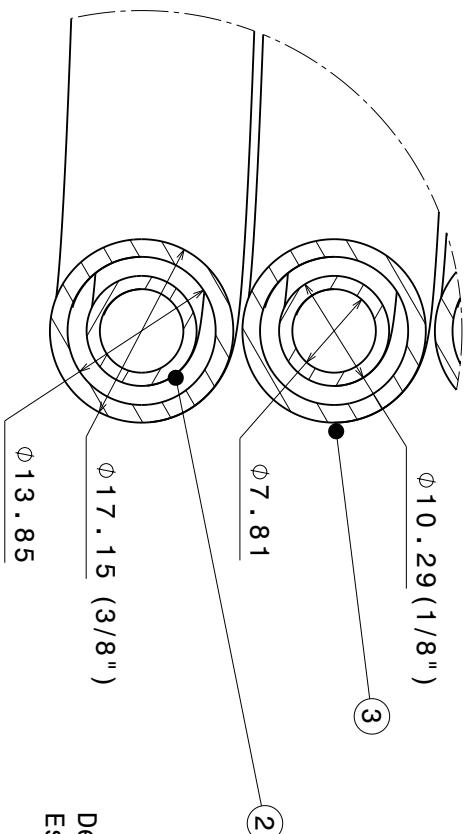
Vista Frontal
Escala: 1:3



Vista isométrica
Escala: 1:3



Vista da seção A-A
Escala: 1:3



Detalhe B
Escala: 2:1

Projeto Integrador 2

Nº do Item	Descrição	Quantidade
1	Tee AISI 304 3/8"	2
2	Tubo sem costura AISI 304 1/8" SCH 10S (8,3 m)	1
3	Tubo sem costura AISI 304 3/8" SCH 10S (8,2 m)	1

Este desenho é nossa propriedade.
Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento.

Projeto
Microcervejaria

Desenhado por	DATA	Projeto
Victor W	11/10/2020	Microcervejaria
Revisado por	DATA	
LUCAS M	15/11/2020	
Projetado por	DATA	Trocador de Calor
Estrutura e térmica	08/10/2020	Massa min Folha 1/1
		Comprimento 1/1

H

G

A

1

2

3

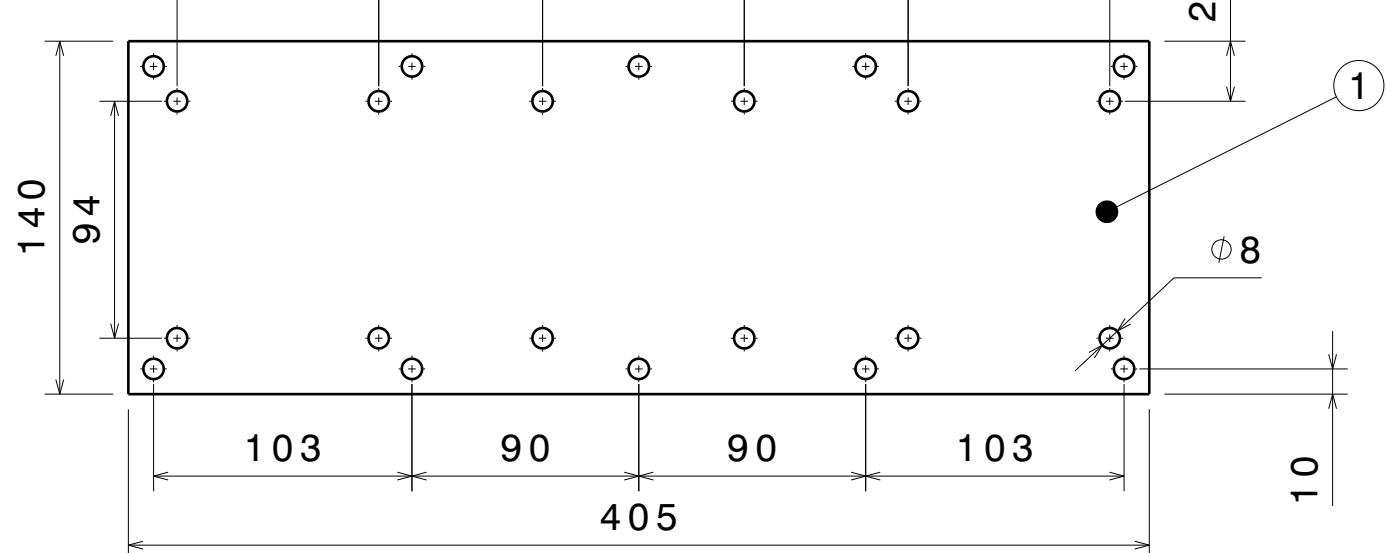
4

D

C

B

A



Vista Superior
Escala: 1:3

Nº do Item	Descrição	Quantidade
1	Chapa Aço Inox 405x140x4,76 mm	1

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento

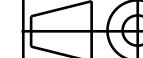
Projeto Integrador 2

Projeto Microcervejaria

Desenhado por Victor W	Data 15/11/2020
Revisado por Felipe N	Data 15/11/2020
Projetado por Victor W	Data 13/11/2020

Tamanho
A4 Subsistema
Furação da chapa do
sistema de resfriamento

Escala 1:3 Comprimento (mm)



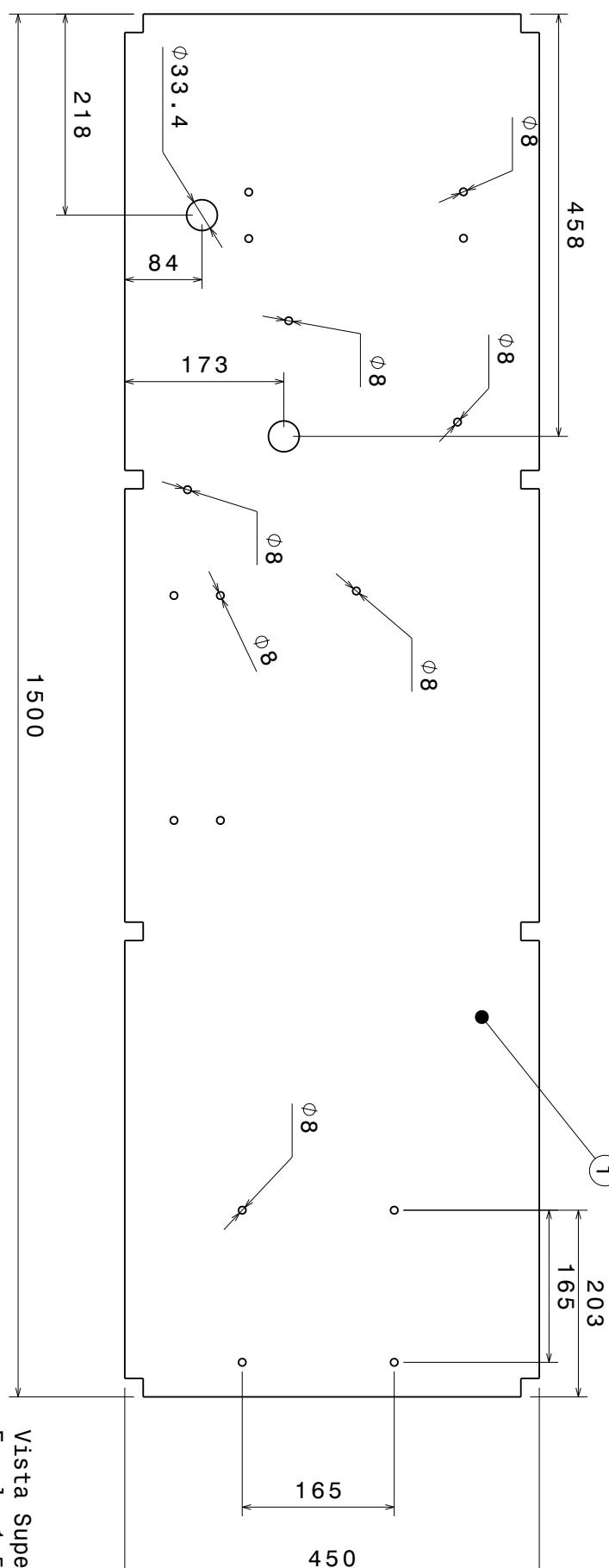
Folha 1/1

D

A

1 2 3 4

H G L M D C B A



Vista isométrica
Escala 1:5

Vista Superior
Escala 1:5

Projeto Integrador 2

Microcervejaria

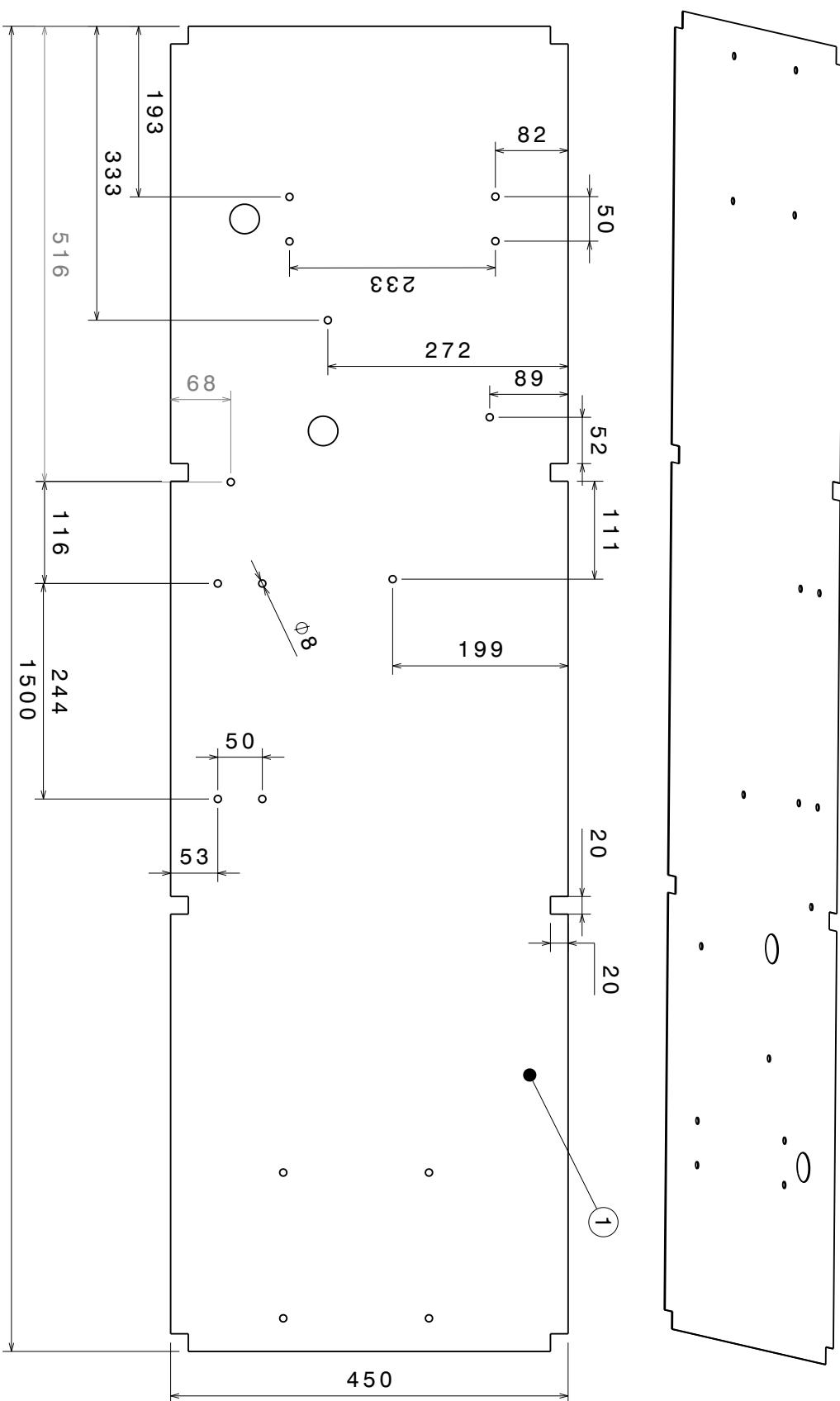
Nº do Item	Descrição	Quantidade
1	Chapa Aço galvanizado - 1mm	1

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento.

Desenhado por	Data	Revisado por	Data	Tamanho	Subsistema	Projeto
Victor W	15/11/2020	Felipe N	15/11/2020	A3	Furação da chapa de aço	Microcervejaria
Projetado por		Data		Escala	Comprimento (mm)	
Victor W	13/11/2020			1:5		
						Folha 1/2

1 2 3 4

H G L M D C B A



Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento.

Projeto Integrador 2

Nº do Item	Descrição	Quantidade
1	Chapa Aço galvanizado - 1mm	1

Desenhado por
Victor W

Data
15/11/2020

Revisado por
Felipe N

Data
15/11/2020

Projetado por
Victor W

Data
13/11/2020

Projeto

Microcervejaria

Tamanho

A3

Escala

1:5

Subsistema

Furação da chapa de aço

Comprimento (mm)

Folha

2/2

1

2

3

4

H G L M D C B A

1 2 3 4

H

H

G

G

L

L

M

M

D

D

C

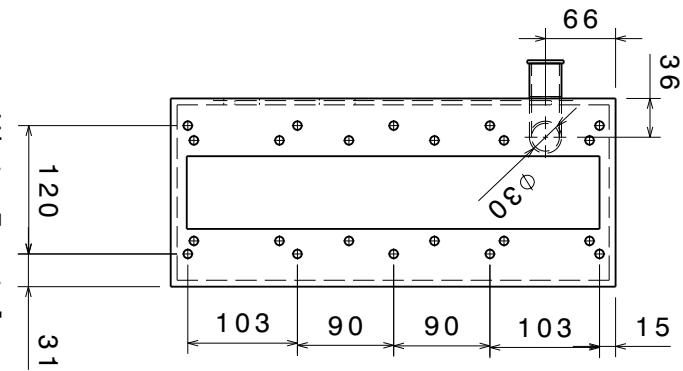
C

B

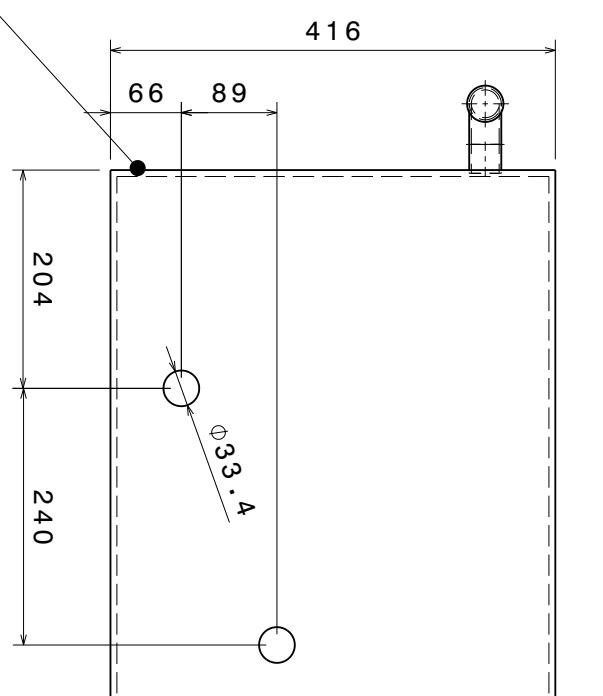
B

A

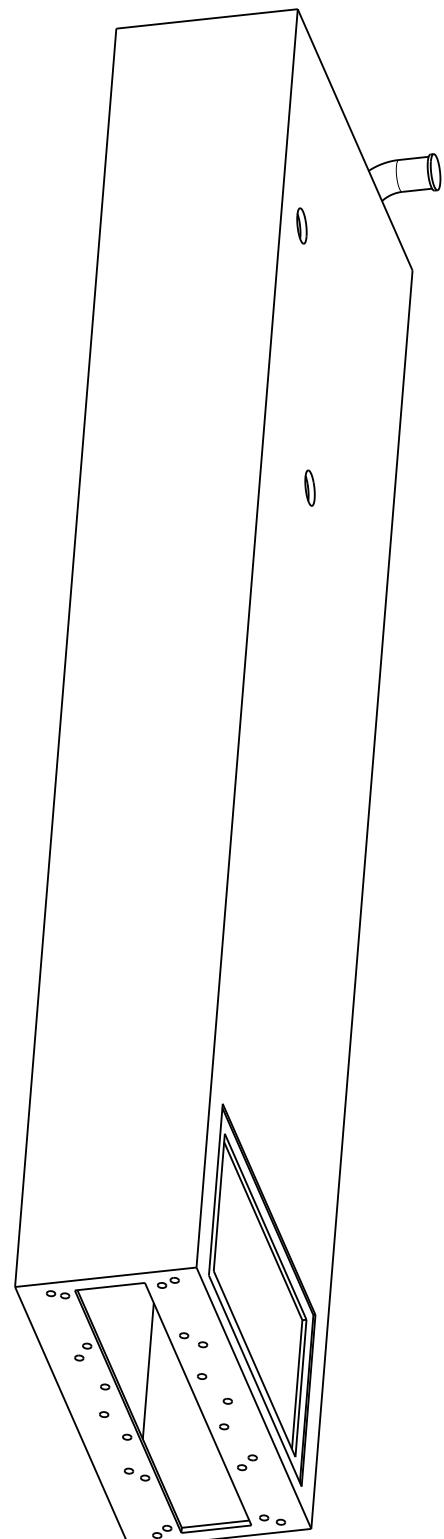
A



Vista Frontal
Escala 1:5



Vista esquerda
Escala: 1:5



Vista Isométrica
Escala: 1:5

Projeto Integrador 2

Microcervejaria

Este desenho é nossa propriedade.
Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento.

Nº do Item	Descrição
Quantidade	
1	Reservatório de água

1 2 3 4

1

2

3

4

H G L M D C B A

Desenhado por	Projeto		
Victor W	DATA		
Revisado por	DATA	Tamanho	Subsistema
LUCAS M	15/11/2020	A3	Reservatório de água - furacão
Projetado por	DATA	Comprimento min	Folha
Estrutura e térmica	08/10/2020	1/2	

1 2 3 4

H

G

L

M

D

C

B

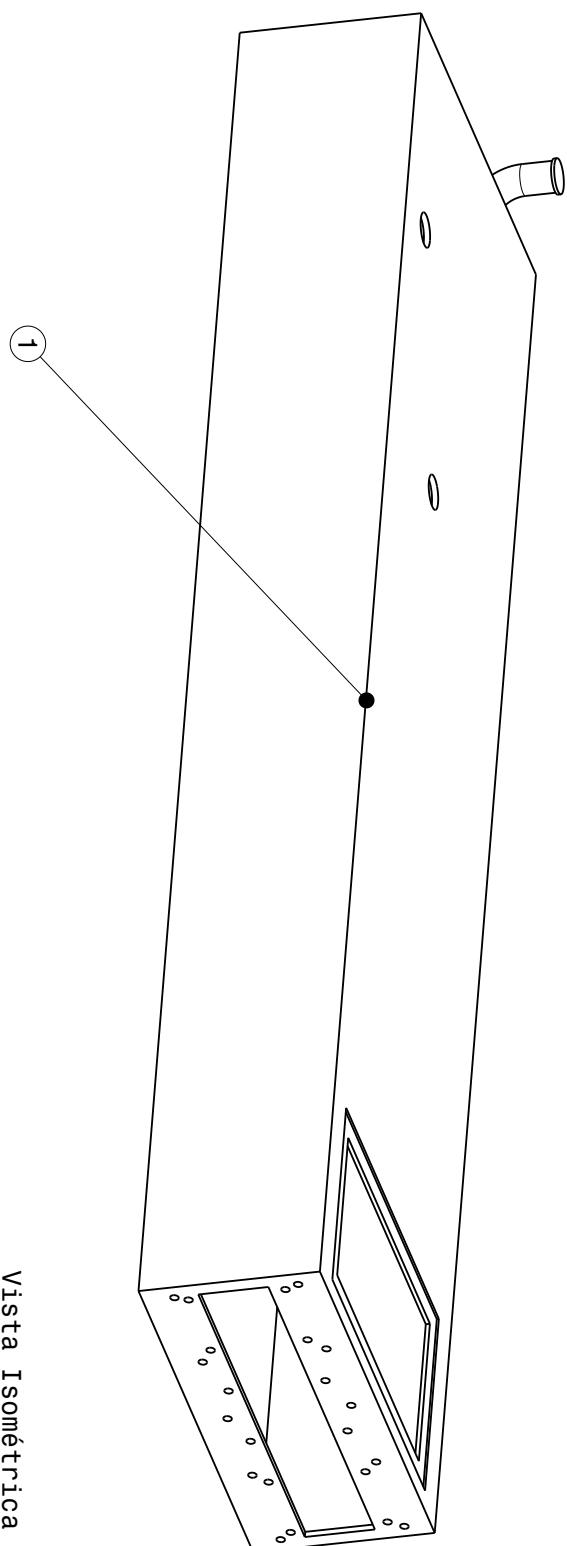
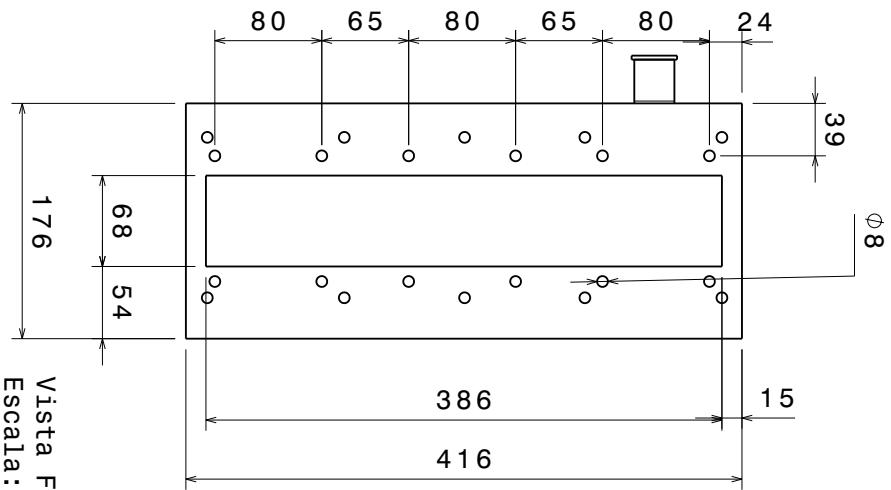
A

H

G

B

A



Este desenho é nossa propriedade.
Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento.

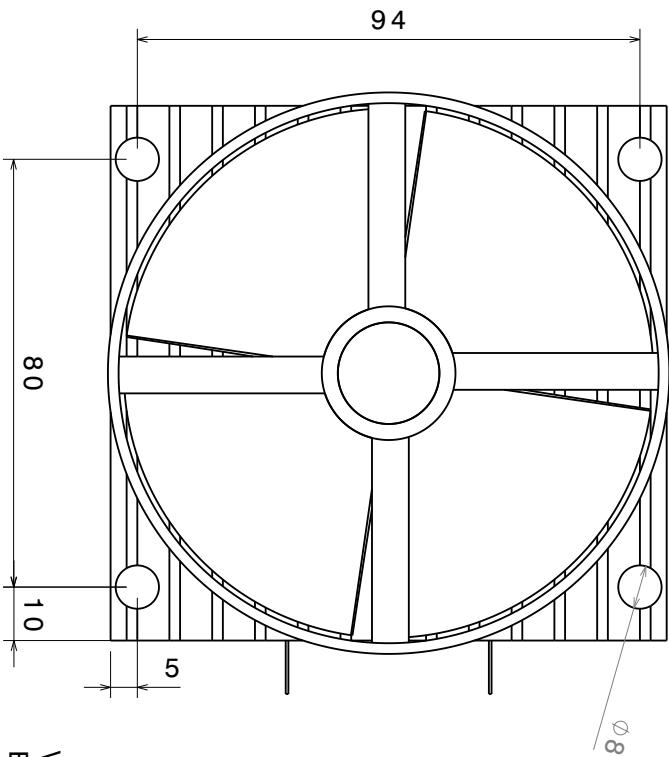
Projeto Integrador 2

Microcervejaria

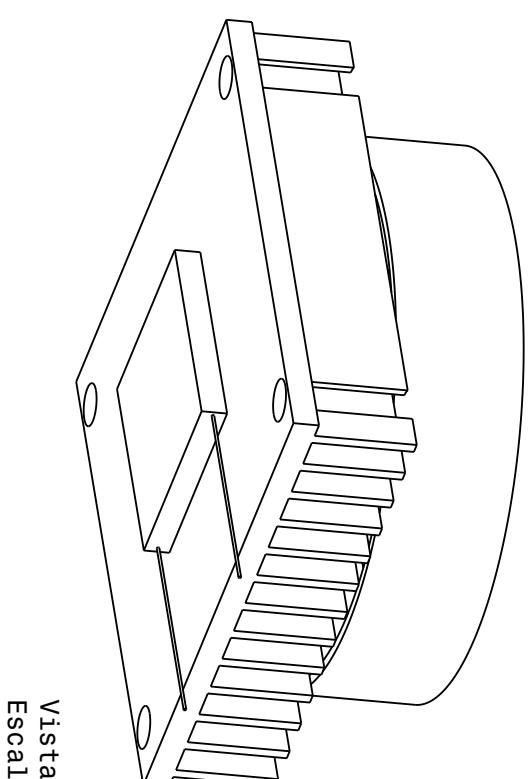
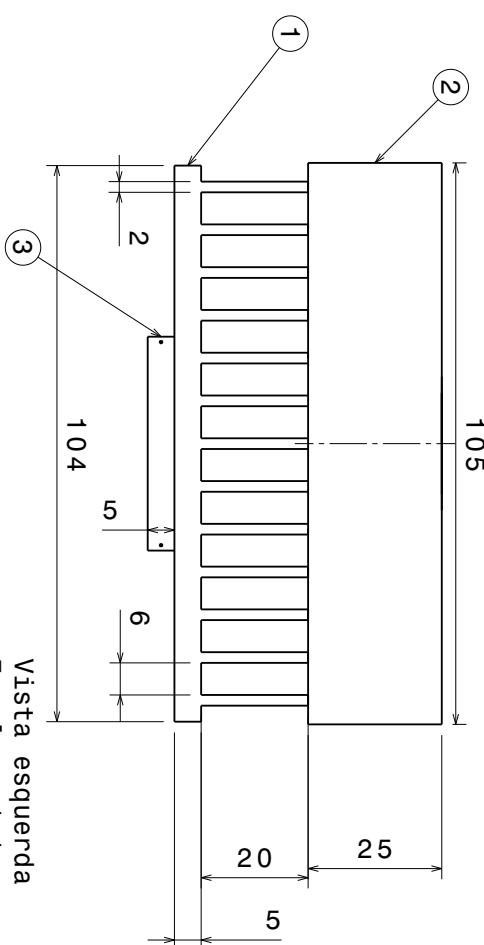
Desenhado por	DATA	Projeto		
Victor W	11/10/2020			
LUCAS M	15/11/2020	A3	Reservatório de água - furacão	
Projetado por	DATA		Comprimento min	Folha 2/2
Estrutura e térmica	08/10/2020			

Nº do Item	Descrição	Quantidade
1	Dissipador de alumínio	1
2	Fan	1
3	Pastilha de peltier	1

Vista superior
Escala: 1:1



Vista esquerda
Escala: 1:1



Vista isométrica
Escala: 1:1

Este desenho é nossa propriedade.
Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento.

Projeto Integrador 2

Desenhado por	Projeto	Microcervejaria	
Victor W	DATA	Tamanho	Subsistema
Revisado por	DATA	Comprimento	Resfriamento do reservatório
Felipe N	15/11/2020	A3	REV 1
Projetado por	DATA	Escala 1:1	
Estrutura e térmica	08/10/2020		Folha 1/1

H G

B

A

1

2

3

4

H G

D C

B

A

1

2

3

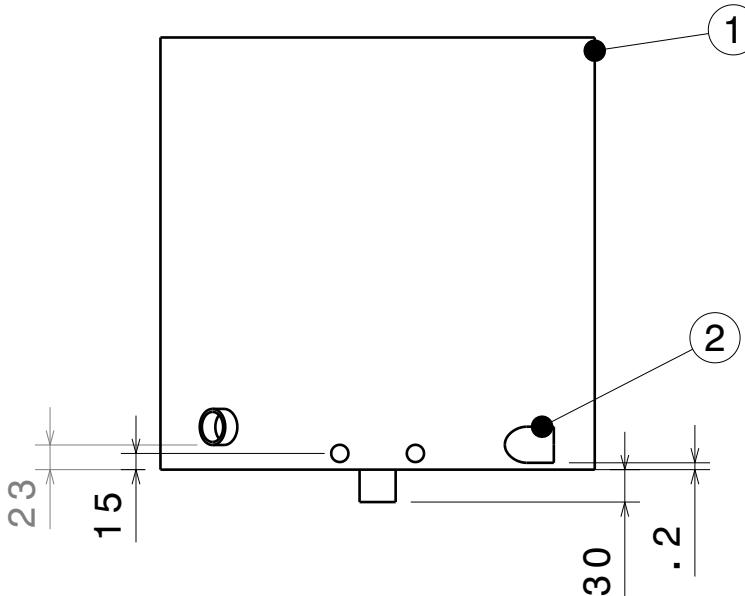
4

D

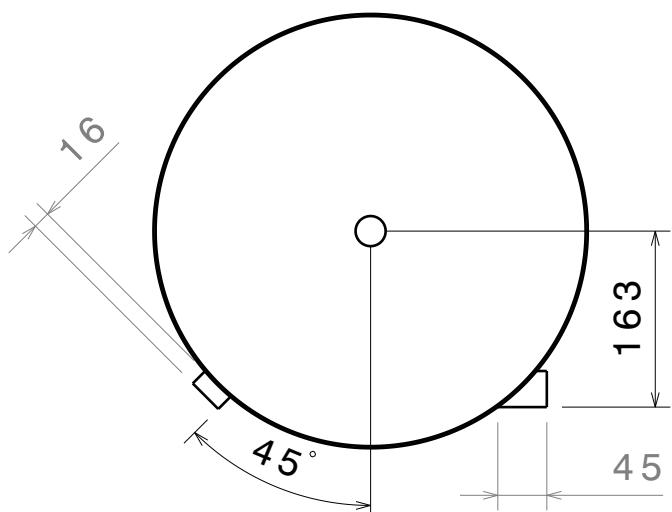
C

B

A



Vista frontal



Vista superior

Nº do Item	Descrição
1	Panela Inox
2	Tubo inox 304/L 10s

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento

Projeto Integrador 2

Projeto

Microcervejaria

Desenhado por
Felipe N
Data
14/11/2020

Tamanho	Subsistema	
A4	Panela - fervura	
Escala 1:7	Comprimento (mm)	Folha 1/2

Revisado por
Victor W
Data
14/11/2020

Projetado por
Estrutura e térmica
Data
14/11/2020

D

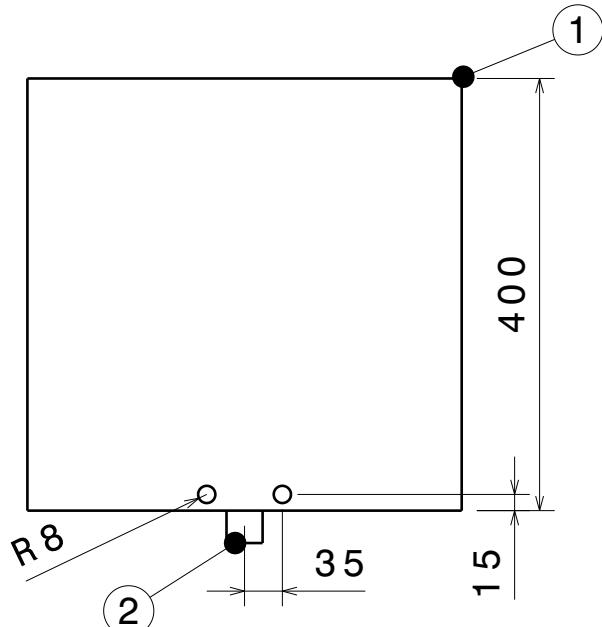
A

D

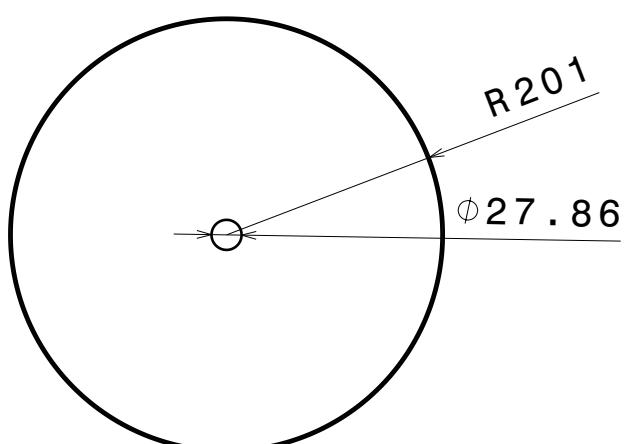
C

B

A



Vista frontal



Vista superior

Nº do Item	Descrição
1	Panela Inox
2	Tubo inox 304/L 10s

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento

Projeto Integrador 2

Projeto

Microcervejaria

Desenhado por
Felipe N
Data
14/11/2020

Revisado por
Victor W
Data
14/11/2020

Projetado por
Estrutura e térmica
Data
14/11/2020

Tamanho A4	Subsistema Panelas aquecimento e brassagem	
Escala 1:7	Comprimento (mm)	Folha 2/2

D

A

Nº do Item	Descrição
1	Tubo inox 304/L 10s
2	Curva 90°
3	TEE

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento

Projeto Integrador 2

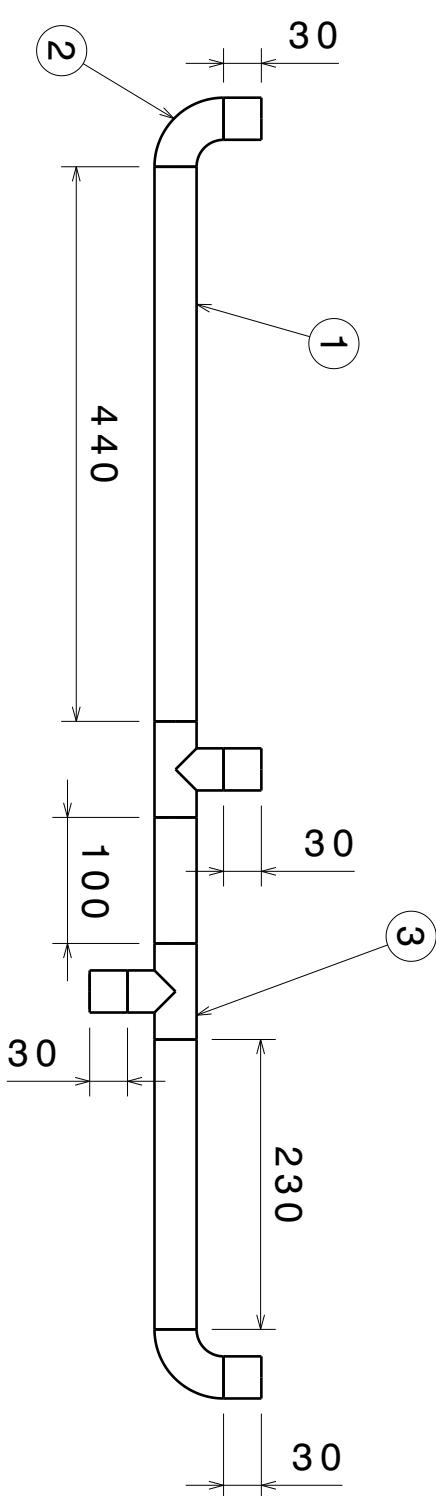
Projeto

Microcervejaria

Microcervejaria

Desenhado por	Nome	Data
Felipe N		14/11/2020
Revisado por	Nome	Data
Lucas M		14/11/2020

Projetado por	Data	Escala	Comprimento (mm)	Folha
Estrutura e térmica	13/11/2020	1:6		1 / 11



Vista frontal

D

C

B

A

D

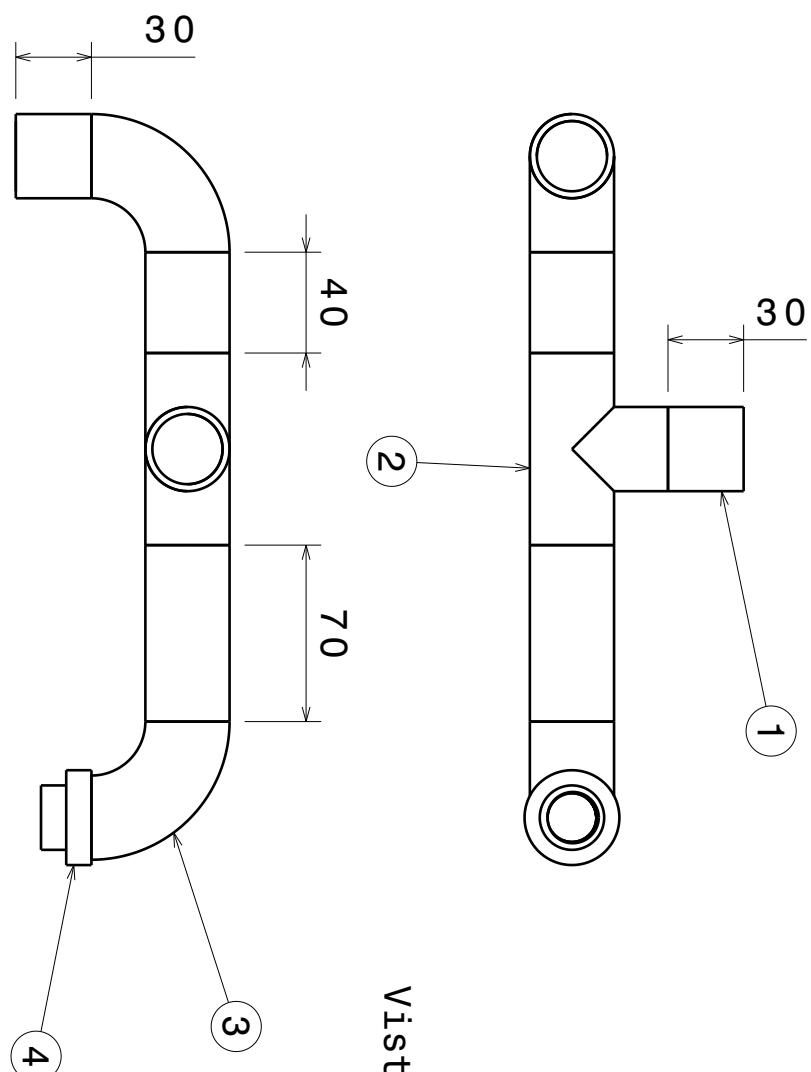
A

1

2

3

4



Vista frontal

4

Vista superior

2

3

4

Projeto Integrador 2

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento.

Projeto

Microcervejaria

Nº do item	Descrição
1	Tubo inox 304/L 10s
2	TEE
3	Curva 90°
4	Redutor 1" x 1/2"

Desenhado por Felipe N	Data 14/11/2020	Projeto	Microcervejaria
Revisado por Lucas M	Data 14/11/2020	Tamanho A4	Subsistema Tubulacao - Conjunto 2

Projetado por Estrutura e térmica	Data 13/11/2020	Escala 1:3	Comprimento (mm)		Folha 2/11
--------------------------------------	--------------------	---------------	------------------	--	---------------

1

D

D

C

B

A

1

2

3

4

D

D

C

4

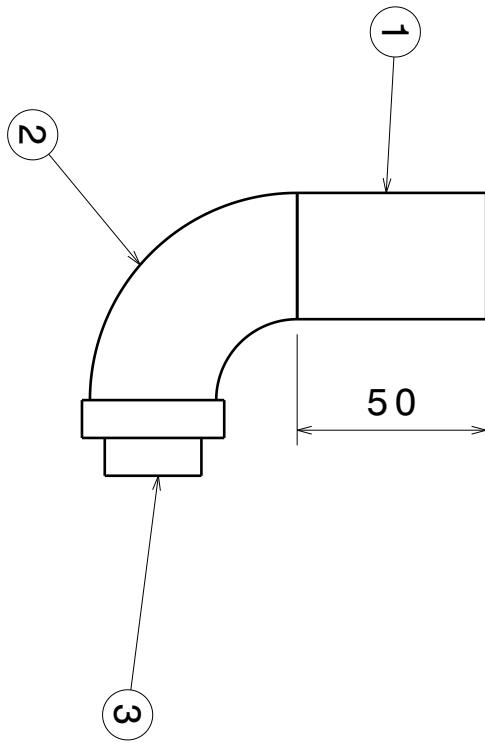
A

Nº do item	Descrição
1	Tubo inox 304/L 10s
2	Curva 90°
3	Redutor 1" x 1/2"

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento

Projeto Integrador 2

Desenhado por Felipe N	Data 14/11/2020	Projeto Microcervejaria
Revisado por Lucas M	Data 14/11/2020	Tamanho A4
Projetado por Estrutura e térmica	Data 13/11/2020	Subsistema Tubulacao - Conjunto 3
		Escala 1:2 Comprimento (mm) Folha 3/11



Vista frontal

A

1

2

3

4

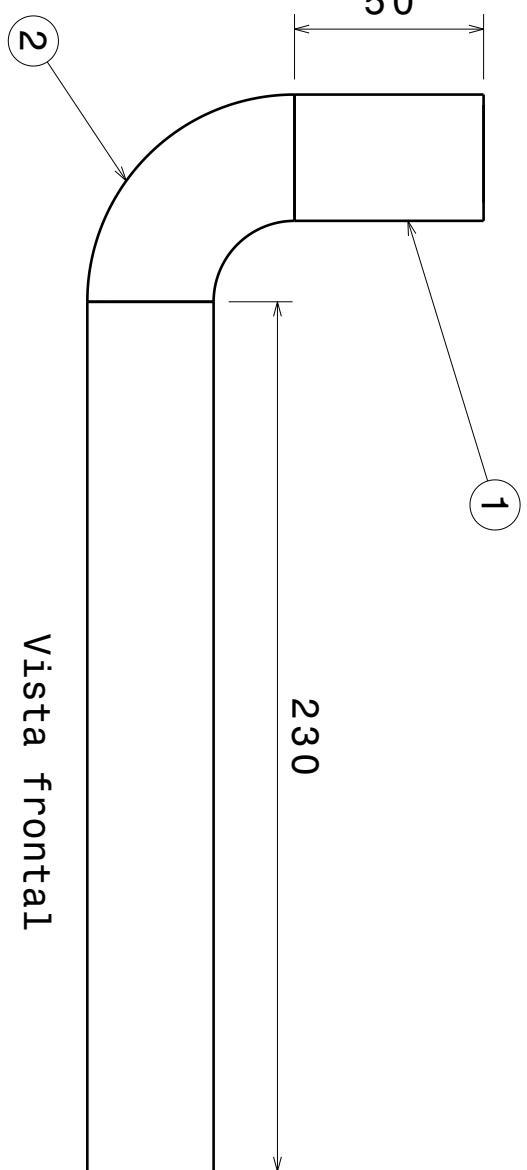
D

D

C

B

A



Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento

Projeto Integrador 2

Nº do Item	Descrição
1	Tubo inox 304/L 10s
2	Curva 90°
Projeto	
Desenhado por Felipe N	Data 14/11/2020
Revisado por Lucas M	Data 14/11/2020
Projetado por Estrutura e térmica	Data 13/11/2020
Microcervejaria	
Linha de Produção - Conjunto 4	
Tubulação - Conjunto 4	
Estrutura e térmica	
Folha 4/11	

A

1

2

3

4

1

2

3

4

D

D

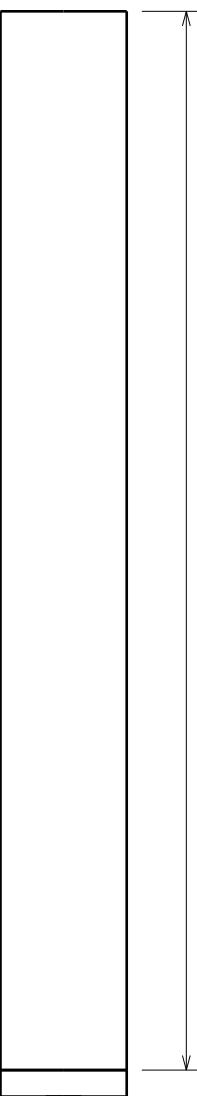
C

4

A

280

Vista frontal



1

1

Projeto Integrador 2

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento

Projeto

Microcervejaria

Nº do Item	Descrição
1	Tubo inox 304/L 10s
2	Redutor 1" x 1/8"

Desenhado por	Data	Projeto
Felipe N	14/11/2020	Microcervejaria
Revisado por	Data	Tamanho
Lucas M	14/11/2020	Subsistema
Projetado por	Data	A4
Estrutura e térmica	13/11/2020	Tubulacao - Conjunto 5
		Comprimento (mm)
		Folha 5/11
		1

A

1

2

3

4

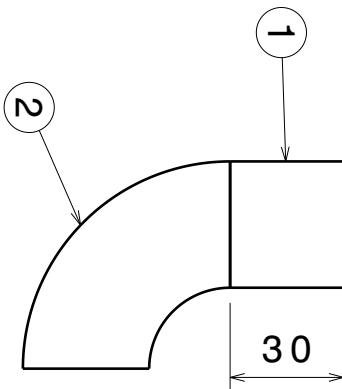
D

D

C

B

A



Vista frontal

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento

Projeto Integrador 2

Nº do Item	Descrição
1	Tubo inox 304/L 10s
2	Curva 90°
Lucas M	Revisado por
Projetado por	Estrutura e térmica

Desenhado por	Data	Projeto	Subsistema
Felipe N	14/11/2020	Microcervejaria	
Data		Tamanho	
14/11/2020	A4	Tubulacao - Conjunto 6	

Projetado por	Data	Escala	Comprimento (mm)	Folha
Estrutura e térmica	13/11/2020	1:2		6/11

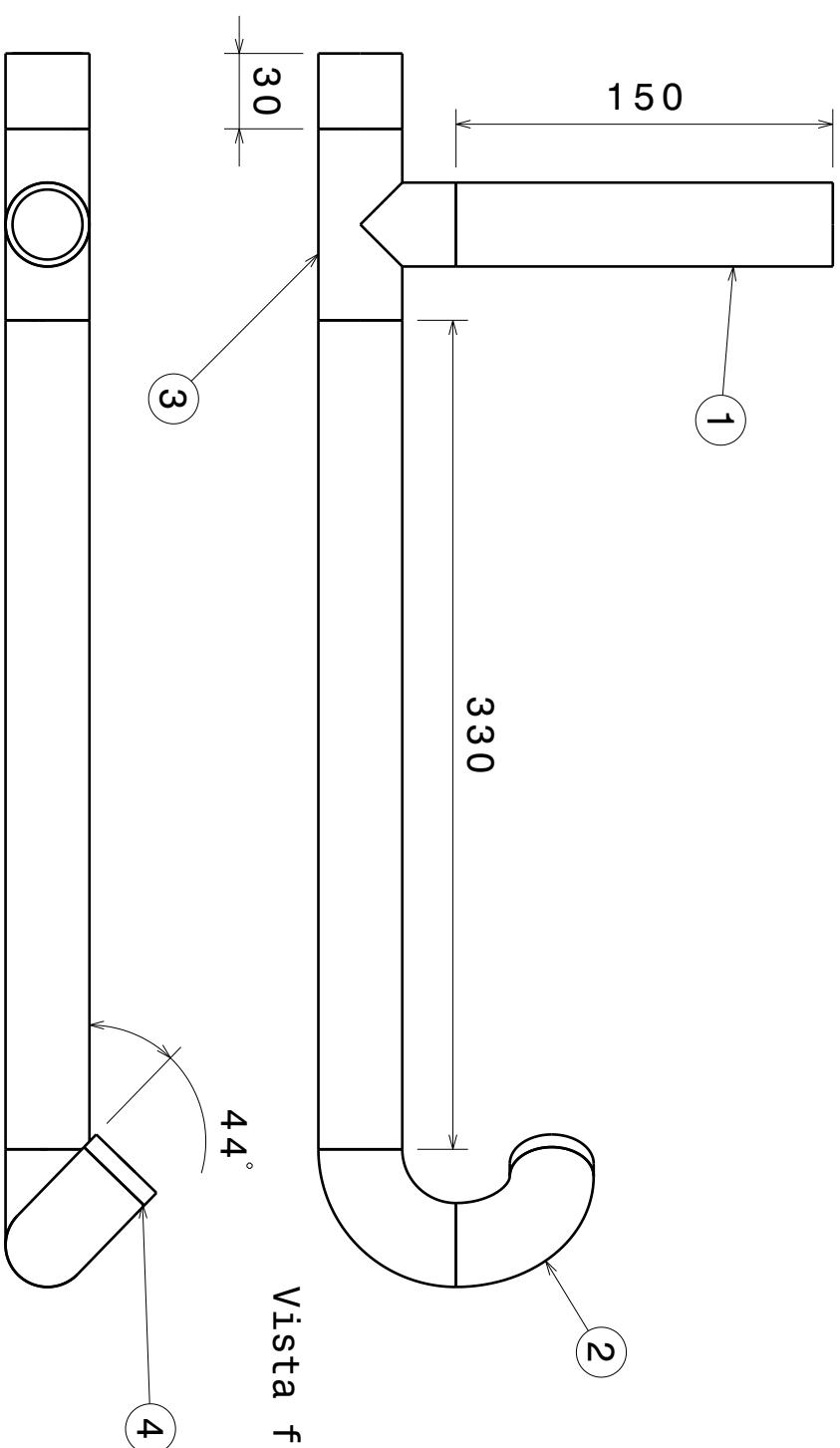
A

1

2

3

4



Vista superior

3
2
1

Nº do Item **Descrição**

1	Tubo inox 304/L 10s
2	Curva 90°
3	TEE
4	Redutor 1" x 1/8"

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento

Projeto Integrador 2

Projeto

Microcervejaria

Desenhado por	Data
Felipe N	14/11/2020
Revisado por	Data
Lucas M	14/11/2020

Projetado por	Data
Estrutura e térmica	13/11/2020

D

D

C

B

A

A

1

2

3

4

1

1

2

3

4

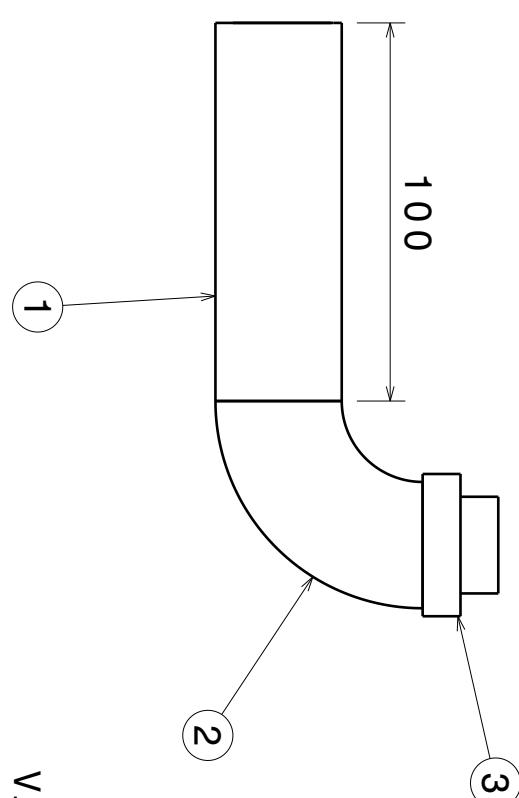
D

D

C

B

A



Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento

Projeto Integrador 2

Nº do Item	Descrição
1	Tubo inox 304/L 10s
2	Curva 90°
3	Redutor 1" x 1/2"

Nº do Item	Descrição
1	Tubo inox 304/L 10s
2	Curva 90°
3	Redutor 1" x 1/2"
Projeto	Microcervejaria
Desenhado por	Felipe N
Revisado por	Lucas M
Projetado por	Estrutura e térmica
Data	13/11/2020
Data	14/11/2020
Data	14/11/2020
Escala	1:2
Comprimento (mm)	100
Folha	8 / 11

A

D

2

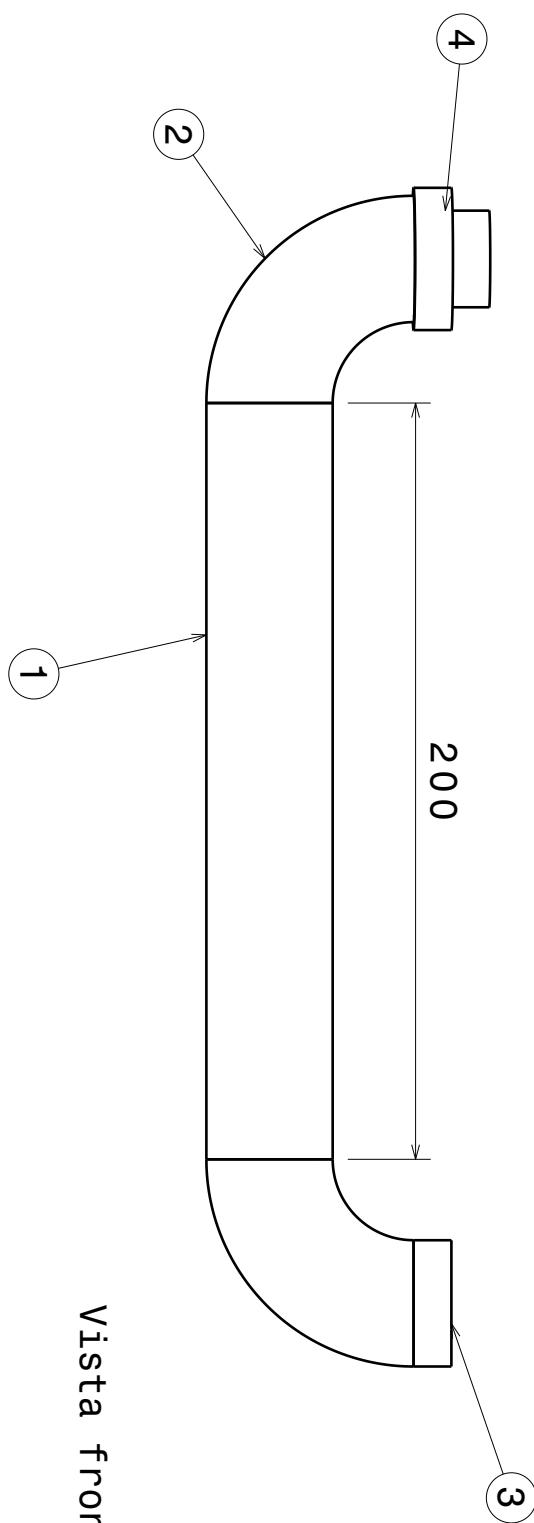
3

4

1

D

Projeto Integrador 2	
Nº do Item	Descrição
1	Tubo inox 304 / L 10s
2	Curva 90°
3	Redutor 1" x 3/4"
4	Redutor 1" x 1/2"
Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento	Projeto Microcervejaria
Desenhado por Felipe N	Data 14/11/2020
Revisado por Lucas M	Data 14/11/2020
Projetado por	Data 13/11/2020
Estrutura e térmica	
	Tamanho Subsistema
	A4
	Tubulacao - Conjunto 9
	Escala 1:2 Comprimento (mm)
	
	Folha 9/11



1	2	3	4
A	B	C	D

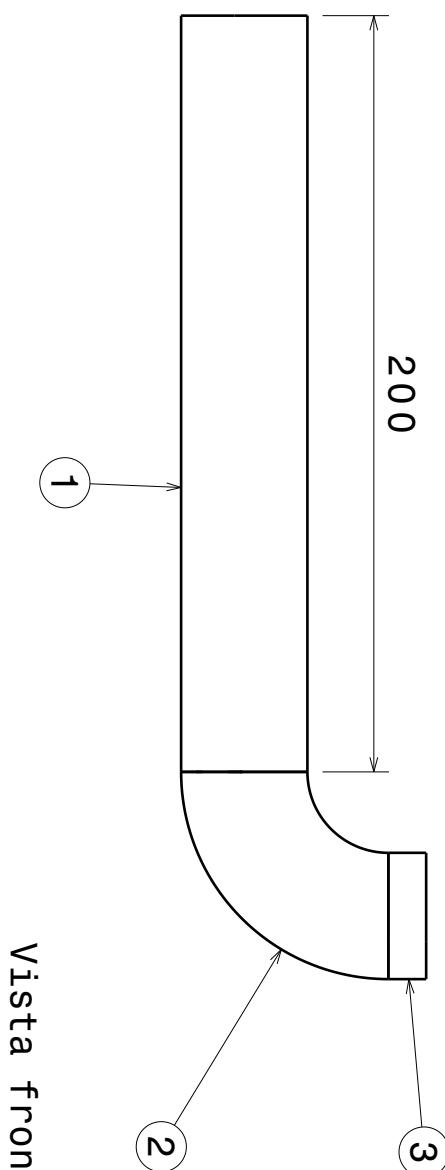
Nº do Item	Descrição
A	Tubo inox 304/L 10S
B	Curva 90°
C	Redutor 1" x 3/4"

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento

Projeto Integrador 2

Desenhado por	Data	Projeto
Felipe N	14/11/2020	Microcervejaria
Revisado por	Data	Tamanho
Lucas M	14/11/2020	Subsistema

Projetado por	Data	A4	Tubulacao - Conjunto	10	
Estrutura e térmica	13/11/2020	Escala 1:2	Comprimento (mm)		Folha 10/11



Vista frontal

A

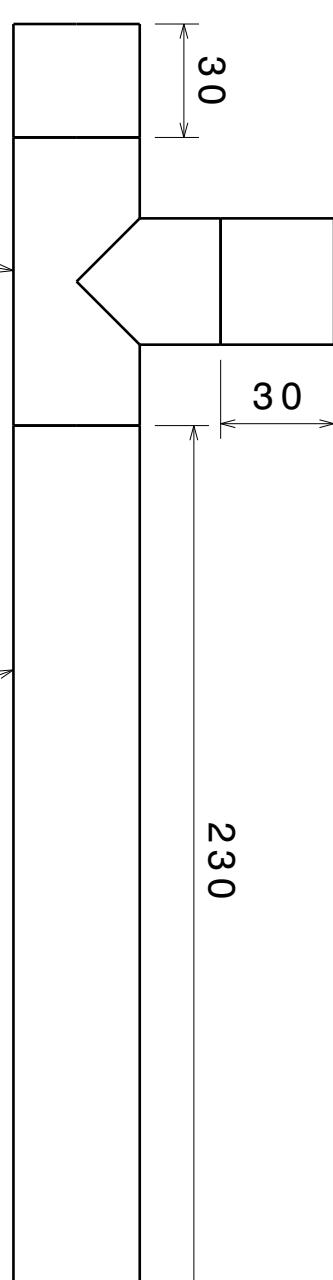
D

D

C

B

A

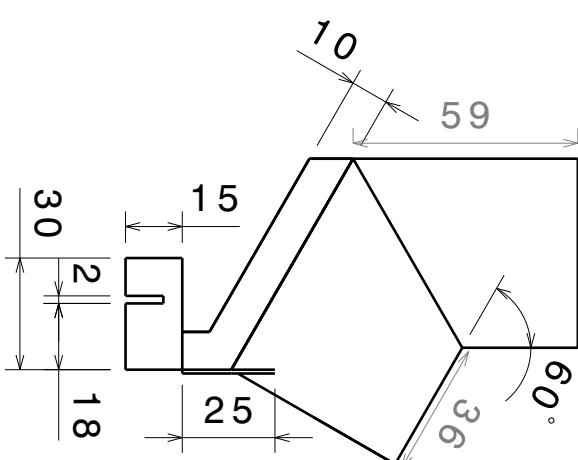
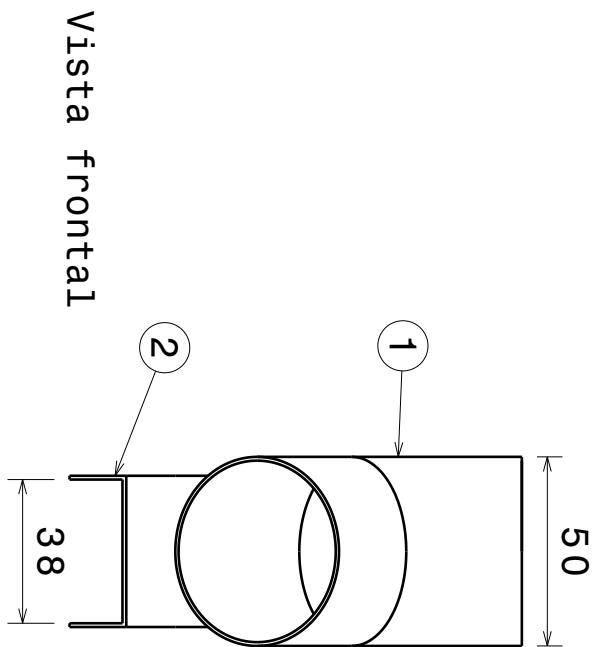
1	2	3	4						
D	C	B	A						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº do Item</th> <th>Descrição</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Tubo inox 304/L 10s</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>TEE</td> </tr> </tbody> </table> <p>Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento</p>	Nº do Item	Descrição	1	Tubo inox 304/L 10s	2	TEE	<h2>Projeto Integrador 2</h2> <p>Desenhado por Felipe N Revisado por Lucas M Projetado por Estrutura e térmica</p> <p>Data 14/11/2020</p> <p>Projeto Microcervejaria</p> <p>Subsistema Tubulacao - Conjunto 11</p> <p>Escala 1:2 Comprimento (mm)</p>	 <p>Vista frontal</p>	<p>1</p> <p>2</p>
Nº do Item	Descrição								
1	Tubo inox 304/L 10s								
2	TEE								

Nº do Item	Descrição
1	Tubo alumínio 50mm
2	Chapa alumínio 2mm

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento.

Projeto Integrador 2

Desenhado por	Data
Felipe N	14/11/2020
Revisado por	Data
Lucas M	14/11/2020
Projetado por	Data
Estrutura e térmica	13/11/2020



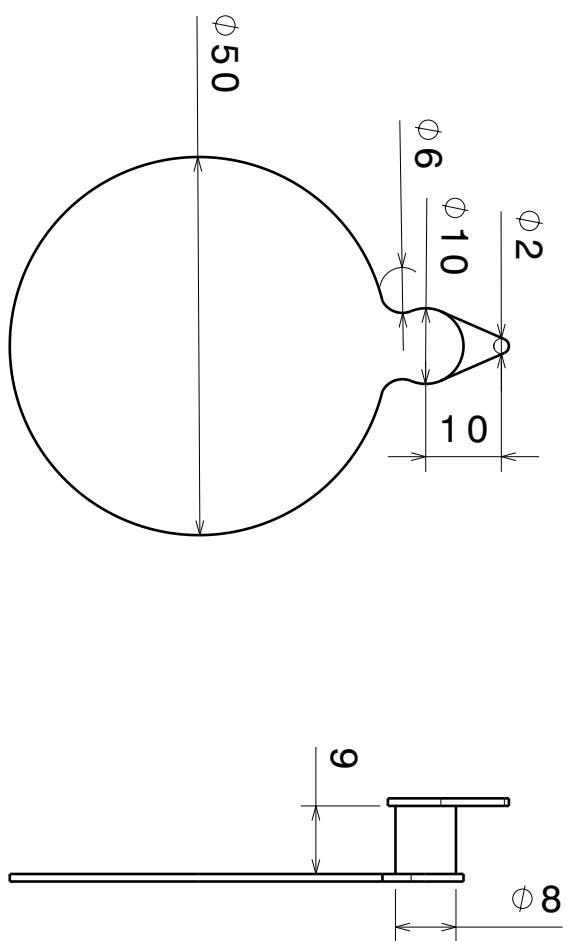
reproduzido sem nosso consentimento						
Projeto						Microcervejaria
Desenhado por	Data					
Felipe N	14/11/2020					
Revisado por	Data	Tamanho	Subsistema			
LUCAS M	14/11/2020	A4	Alimentador - suporte			
Projetado por	Data	Escala	1 : 2	Comprimento (mm)		Folha 1 / 3
Estrutura e térmica	13/11/2020					

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento

Projeto Integrador 2

10

Vista frontal Vista esquerda



Nº do Item	Descrição
1	Chapa Acrílico 1mm
2	Tubo Acrílico 8mm

<p>Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento</p> <h1 style="text-align: center;">Projeto Integrador 2</h1>					
<p>Projeto</p> <p style="text-align: center;">Microcervejaria</p>					
Desenhado por Felipe N	Data 14/11/2020	Tamanho	Subsistema		
			Lucas M	Projetado por	Estrutura e térmica
	Data 14/11/2020	A4	Alimentador - tampa		
		Escala	1 : 1	Comprimento (mm)	

1

2

3

4

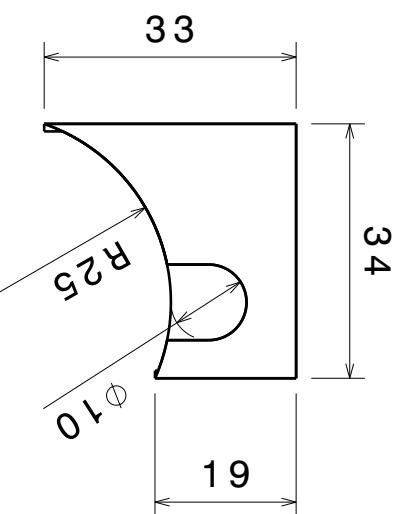
D

D

A

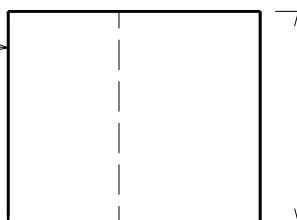
A

Vista frontal



1

Vista esquerda



Projeto Integrador 2

Nº do Item	Descrição
1	Chapa acrílico 1mm

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento

Desenhado por Felipe N	Data 14/11/2020	Projeto Microcervejaria
Revisado por Lucas M	Data 14/11/2020	Tamanho A4
Projetado por Estrutura e térmica	Data 13/11/2020	Subsistema Alimentador -case
		Escala 1:1 Comprimento (mm) Folha 3/3

1

2

3

4

Vista frontal

1

1500

D

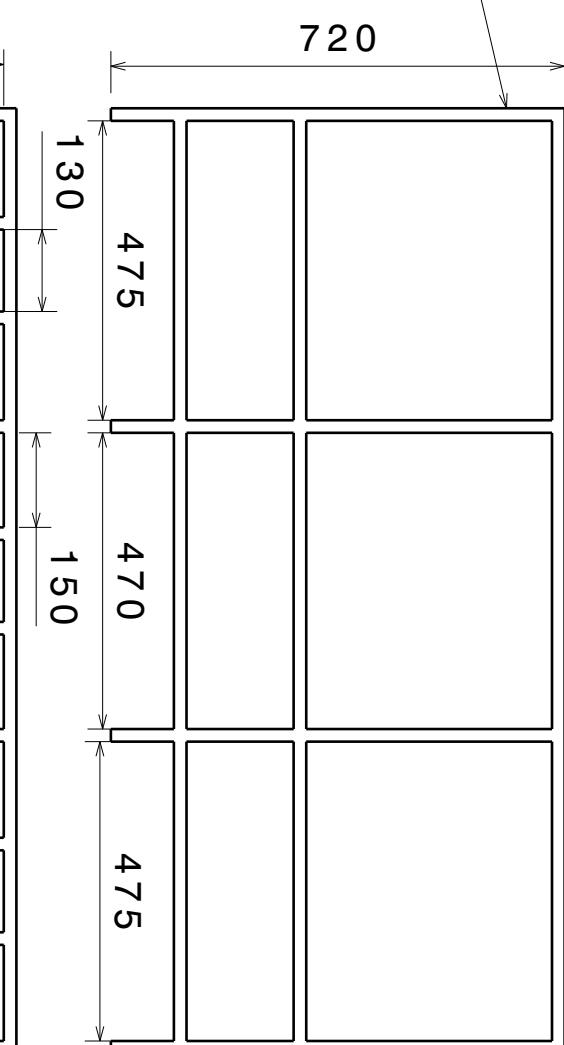
C

450

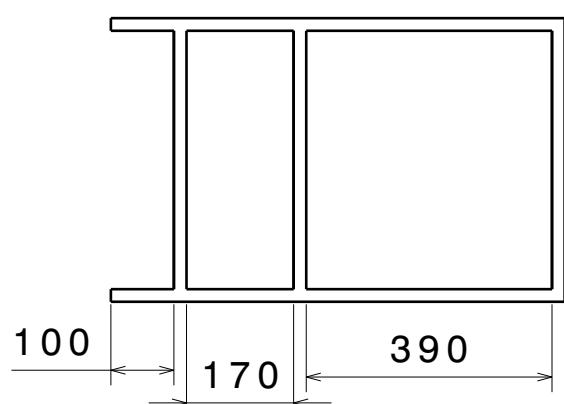
C

B

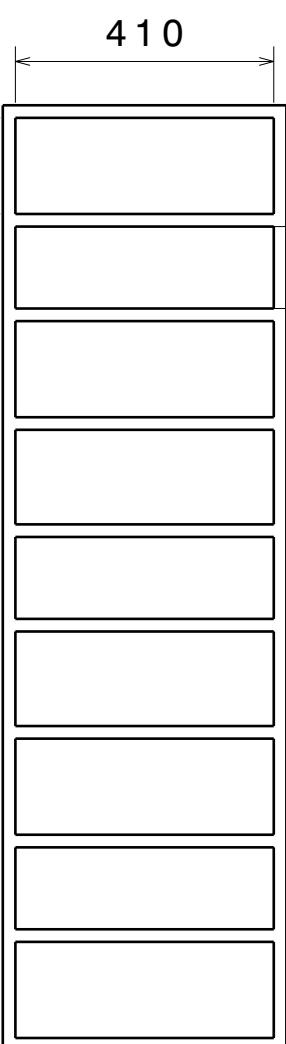
A



Vista superior



2



Vista superior

2

Projeto Integrador 2

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento

Projeto

Microcervejaria

Nº do Item	Descrição
1	Tubo aço galvanizado 1020 20mm

Desenhado por	Data
Felipe N	14/11/2020
Revisado por	Data
Victor W	14/11/2020

Projetado por	Data	Projeto	Subsistema
Estrutura e térmica	13/11/2020	A4	Estrutura principal

D

A

1

3

4

1

2

1

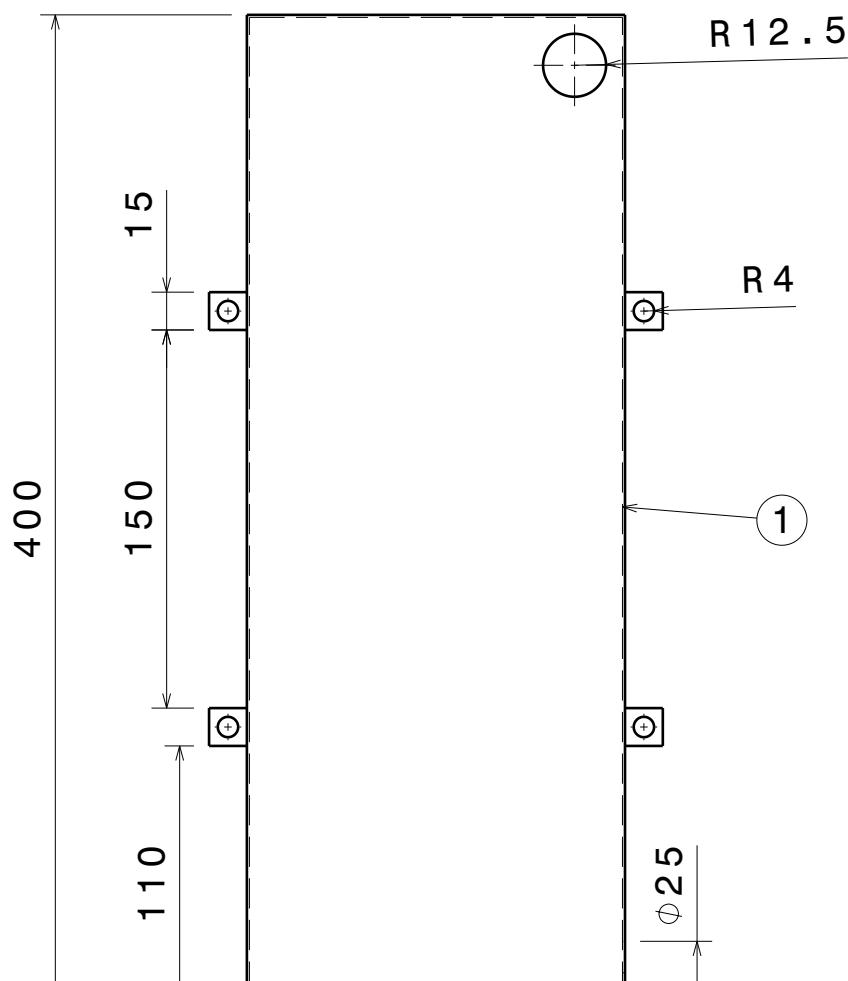
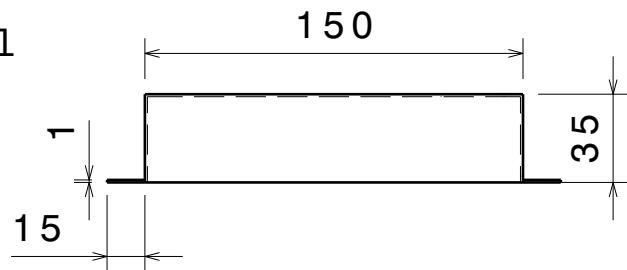
D

C

B

A

Vista frontal



Vista superior

Nº do Item	Descrição
1	Chapa inox 1.27 mm

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento

Projeto Integrador 2

Projeto

Microcervejaria

Desenhado por
Victor W

Data
14/11/2020

Revisado por
Felipe N

Data
14/11/2020

Projetado por
Estrutura e térmica

Data
13/11/2020

Tamanho	Subsistema	Caixa	
A4	componentes eletrônicos		
Escala 1:3	Comprimento (mm)		Folha 1/1

D

A

1

2

3

4

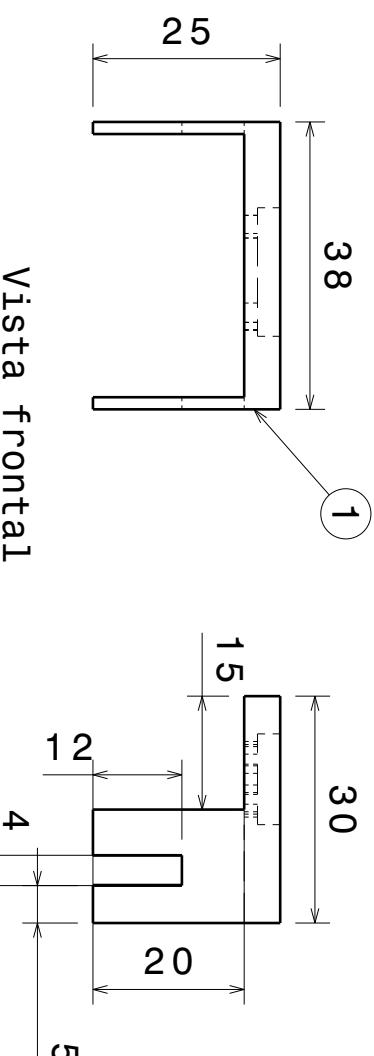
D

D

C

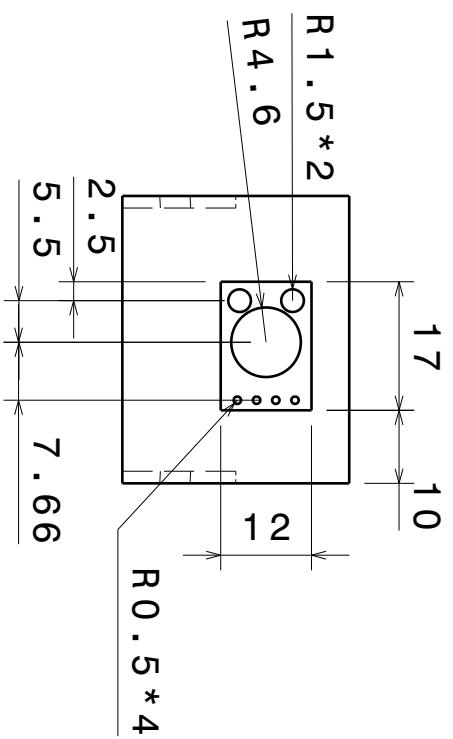
B

A



Vista frontal

Vista esquerda



Vista superior

Projeto Integrador 2

Este desenho é nossa propriedade. Não pode ser reproduzido sem nosso consentimento

Projeto

Microcervejaria

Nº do Item	Descrição
1	Chapa inox 1.56mm

Desenhado por	Víctor W	Data	14/11/2020	Tamanho	Subsistema	Suporte	
Revisado por	Felipe N	Data	14/11/2020	A4	sensor de temperatura		
Projetado por	Estrutura e térmica	Data	13/11/2020	Escala 1:1	Comprimento (mm)		Folha 1/1

A

1

2

3

4

APÊNDICE I – Tomadas de Decisão - Software

I.1 Ponto de Controle 1

I.1.1 Decisões de Tecnologia

O principal papel de Software no projeto era fornecer uma interface de interação do usuário com a aplicação, e por conta disto existiam algumas opções disponíveis como fazer uma página *Web*, um aplicativo *Mobile*, utilização de algum dispositivo de Casa inteligente como o Google Home ou a Alexa, assim com outros meios. Com estas opções a equipe optou por dois caminhos, possuir tanto uma interface gráfica(Aplicativo ou página *Web*) e uma interface de voz, para que dessa forma pudéssemos abranger uma maior quantidade de pessoas e tornar esta interação mais acessível.

I.1.1.1 Interface Gráfica

Segundo ([TOKARNIA, 2020](#)), cerca de 98,1% dos brasileiros com acesso a internet, utilizam-a por meio do celular, este número vem aumentando nos últimos anos e em contrapartida dispositivos como computadores tem perdido um pouco de espaço, como por exemplo os computadores caíram de 56,6% para 50,7%. Por conta disto e também da comodidade de poder manusear interagir com a Microcervejaria mais facilmente mesmo fora de casa, foi decidido que a interface gráfica da aplicação seria feita por meio de um Aplicativo *Mobile*.

I.1.1.1.1 Ferramentas Utilizadas

Com a escolha do tipo de interface gráfica utilizado deve-se escolher quais ferramentas e linguagens seriam utilizadas para o desenvolvimento do aplicativo. Outro importante requisito era que o aplicativo pudesse ser utilizado em plataformas e sistemas operacionais distintos, logo uma ferramenta de desenvolvimento híbrido que fosse voltada tanto para iOS quanto *Android* eram as mais indicadas e por isso

I.1.1.2 Interface de Voz

Para utilizar uma interface de voz foram analisadas os 3 principais dispositivos de assistente pessoal disponíveis no mercado, sendo estes a Alexa da Amazon, o Google Home, do Google e o HomePod da Apple.

Alguns dos requisitos para a escolha de qual dispositivo para ser utilizado eram o preço, o quanto o dispositivo é utilizado e também da facilidade para integração com outros dispositivos, assim como da capacidade para desenvolver ferramentas personalizadas para controle.

O dispositivo do HomePod possui um sistema de extenção para aplicativos utilizando a Siri, uma assistente inteligente da Apple, porém este dispositivo é o que apresenta a maior média de preço entre os 3, e seu uso é limitado e restrito para iOS, e por conta disso sua aplicação acaba sendo limitada. O dispositivo também segundo (PEREZ, 2018) é o menos utilizado nos Estados Unidos, país hoje que é um dos maiores consumidores deste produto.

Já o dispositivo Google Home da Google apresenta a menor média de preços entre os três, e é o segundo mais utilizado nos Estados Unidos. O Google Home trabalha utilizando o Google Assistant na qual os usuários podem criar *Actions* que seriam ações ativadas através do comando de voz do usuário para realizarem comandos específicos. Porém segundo (STERLING, 2019) em 2019 o Google possuía cerca de 4253 *Actions*, em comparação a Alexa possuía mais de 80000 *Skills*, e os usuários conseguem as encontrar mais facilmente e possui uma amostragem maior de exemplos e documentações disponíveis para seu desenvolvimento.

Por conta destes fatores o dispositivo escolhido foi a Alexa da Amazon, por conta de possuir cerca de 60% de todo mercado, o suporte para desenvolvimento de novas *Skills* possui também uma vasta comunidade com diversos exemplos, o desenvolvimento vem sendo encorajado nos últimos anos e com isso novas ferramentas são lançadas para tal, como por exemplo o *Skill Blueprints* na qual permite usuários criarem aplicações simples sem uma grande complexidade de código.

I.1.2 Decisões de Gerenciamento

I.1.2.1 Licença do Projeto

A licença escolhida para o Software foi a MIT (LAWRENCE, 2004) que é uma licença permissiva comumente utilizada em projetos de software livre. Esta licença foi escolhida por conta da sua flexibilidade e facilidade para integração com outras licenças de software livre de alguns *frameworks* e bibliotecas que serão utilizadas para o desenvolvimento da aplicação.

I.2 Ponto de Controle 2

Para o ponto de controle 2 foram feitos algumas mudanças em relação a parte de Software, sendo uma delas a própria estruturação deste apêndice. Antes dividido em

sessões para as justificativas de cada decisão, agora ele sera feito de maneira mais breve apresentando as principais decisões e mudanças em formato de tópicos.

- **Remoção do Apêndice de Protótipo:** O apêndice do protótipo que antes constava no relatório foi removido, e seu conteúdo foi explicado de maneira mais detalhada na Solução de Software apresentando a Arquitetura da Informação da Aplicação.
- **Criação do Apêndice do Documento de Arquitetura de Software:** Antes o conteúdo deste apêndice se encontrava na solução de Software, porém esta solução será apresentada de maneira mais breve e direta no relatório, enquanto foi movido para o apêndice ?? a versão mais detalhada da arquitetura.
- **Divisão da Equipe:** Para começarmos o desenvolvimento foi decidido que dividiríamos o time de Software em duas frentes, uma que seria responsável pelo desenvolvimento do Aplicativo(Matheus Roberto e Vinícius Cantuária) e outra que seria responsável pelo desenvolvimento da *Skill* da Alexa(Caio Gabriel e João Gabriel), e também um membro(Mateus de Oliveira) ficaria nos dois times para garantir um alinhamento entre eles e também auxiliar na gestão do conhecimento e divisão de atividades.

I.3 Ponto de Controle 3

- **Remover funcionalidades de criar e editar receitas na Alexa:** Na Alexa, devido as requisições serem feitas por comandos de voz, a equipe optou por remover funcionalidades que necessitariam de um grande fluxo de respostas do usuário como criar ou editar uma receita. Essa mudança foi feita devido a quantidade de pedidos que a Alexa fazia ao usuário que não tornava um fluxo fluido pois necessitava constantemente de confirmações do usuário o que aumenta a chance de alguma leitura de voz não ser feita corretamente.
- **Utilização do banco de dados DynamoDB:** Inicialmente todos os dados referentes a aplicação seriam guardados no servidor do microcontrolador, e os Tokens do usuário seriam guardados no próprio dispositivo dele. Porém no caso da Alexa foi encontrada a necessidade de utilizar um banco de dados próprio da Amazon para armazenar esta informação devido a ela não possuir capacidade de persistir um dado em seus dispositivos. A Alexa trabalha com sessões, e quando uma sessão é encerrada, os dados dela também são apagados, logo para o usuário não ter que informar o token todas as vezes que utilizasse a *Skill*, este dado ficará guardado no banco de dados DynamoDB.

- **Usuário não poder ver os processos anteriores durante a produção:** Na fase de visualizar processos no aplicativo, no protótipo o usuário poderia clicar em uma etapa anterior que já havia passado e subiria uma modal com as informações daquela etapa, contudo o grupo não achou que a funcionalidade agregava tanto para o usuário pois grande parte do conteúdo que iria aparecer seriam iguais os que já estavam presentes na receita em si.
- **Adicionado novo campo para ver o estado dos degraus de temperatura da Brassagem e dos ingredientes inseridos na Fervura:** Este campo foi adicionado para saber se aquela ação daquele degrau já foi realizada, esta sendo realizada, ou ainda esta na espera.
- **Criação de *Scripts* para simulação do Microcontrolador:** Para validar o funcionamento do aplicativo e da Alexa, foram feitos estes códigos simulando a entrada de dado dos sensores na API.
- **Criação de métodos para editar Processos na API:** Com a criação dos *Scripts* para simulação do microcontrolador, tivemos que criar novos métodos na API para simular a edição do processo atual recebendo estes novos dados que os sensores estariam recebendo.
- **Remoção de apêndices anteriores do relatório:** Devido ao tamanho do relatório e ao objetivo da última entrega ser do produto final, alguns apêndices que estão presentes desde o primeiro relatório como o Documento de Visão, Documento de Arquitetura e Gerenciamento de Configuração de Software foram removidos. Estes documentos continuam presentes na documentação geral do projeto no Github, porém foram removidos deste relatório.

APÊNDICE J – Reppositórios do Projeto - GitHub

J.1 Reppositório Documentação de Software

- Site da Documentação
- Reppositório da Documentação de Software
- Reppositório da Documentação de Estruturas
- Reppositório da Documentação de Controle

J.2 Repositório da API

J.2.1 Funcionalidades Implementadas

- Mock da API
- Deploy da API

J.3 Repositório do Aplicativo

J.3.1 Funcionalidades Implementadas

- Inicialização do App
- Configurar nome, ícone e *Splash Screen*
- Adição de rotas para navegação
- Adiciona tela de Login por QRCode
- Adiciona Card de receita
- Cria tela de Limpeza
- Adicionar tela para Criar, Editar e Excluir receita
- Criar modais de confirmação

- Adicionar notificações Push
- Adicionar tela de visualizar Processos
- Adiciona rolagem de receitas

J.4 Reppositório da *Skill* da Alexa

J.4.1 Funcionalidades Implementadas

- Adiciona estrutura inicial da Alexa
- Adiciona mensagem de boas vindas
- Adiciona *Intents* iniciais
- Função para Listar Receitas
- Função para Iniciar Produção
- Função para Detalhar Receita
- Função para Iniciar Limpeza
- Função para Visualizar Processo
- Função para ler temperatura atual
- Função para visualizar processo atual
- Função para adicionar Token
- Função para Ler tempo restante

J.5 Simulador do comportamento do Microcontrolador

- Adicionar Receita
- Detalhar Receita
- Editar Processo
- Editar Receita
- Iniciar Limpeza
- Lista Receitas

- Verificar Processo Atual
- Verificar Processo Especifico

APÊNDICE K – Especificações dos Casos de Testes

K.1 Testes Funcionais

K.1.1 UC01 - Autenticação

K.1.1.1 TC01 - Autenticação realizada com sucesso

- Descrição: Este caso de teste verificará se a autenticação via QRcode foi realizada de maneira correta.
- Pré-condições: O usuário deve estar deslogado.
- Pós-condições: O usuário deverá estar autenticado no sistema.
- Dados necessários: Possuir código(QRcode) para comunicação com hardware.

K.1.1.2 TC02 - Autenticação com QRcode inválido

- Descrição: Este caso de teste verificará se a autenticação está correta e a validade do código(QRcode).
- Pré-condições: O usuário deve estar deslogado.
- Pós-condições: O usuário deverá ser informado de que o código(QRcode) é inválido.
- Dados necessários: Possuir um código(QRcode) válido.

K.1.2 UC02 - Gerenciar Produção de Cerveja

K.1.2.1 TC03 - Inicialização do processo iniciada com sucesso

- Descrição: Este caso de teste verificará se o processo de produção da Microcervejaria irá inicializar corretamente.
- Pré-condições: O usuário deve estar Autenticado.
- Pós-condições: O usuário deverá ser informado/notificado de que o processo de produção foi iniciado.
- Dados necessários: Receitas.

K.1.2.2 TC04 - Inicialização do processo de produção inválida

- Descrição: Este caso de teste verificará se o processo de produção de Microcervejaria está correta e possui os dados necessários para inicialização.
- Pré-condições: O usuário deve estar Autenticado.
- Pós-condições: O usuário deverá ser informado/notificado de que o processo de produção falhou.
- Dados necessários: Não se aplica.

K.1.2.3 TC05 - Consulta do processo de produção

- Descrição: Este caso de teste verificará se a consulta mostrará corretamente o tempo e as temperaturas.
- Pré-condições: O usuário deve estar Autenticado.
- Pós-condições: O usuário irá visualizar o tempo e as temperaturas ao longo do processo.
- Dados necessários: Tempo e Temperatura.

K.1.2.4 TC06 - Cancelar processo de produção com sucesso

- Descrição: Este caso de testes verificará se houve sucesso para cancelar o processo de produção de cerveja.
- Pré-condições: O usuário deve estar autenticado e ter um processo de produção iniciado e confirmar a opção de cancelar a produção.
- Pós-condições: O sistema deve cancelar a produção da produção de cerveja.
- Dados necessários: Identificador da receita atual que esta em produção.

K.1.2.5 TC07 - Falha para cancelar processo de Produção

- Descrição: Este caso de testes verificará se houve insucesso para cancelar o processo de produção de cerveja.
- Pré-condições: O usuário deve estar autenticado e ter um processo de produção iniciado e confirmar a opção de cancelar a produção.
- Pós-condições: O sistema deve indicar a ocorrência do erro e enviar notificação para o usuário.

- Dados necessários: Identificador da receita atual que esta em produção.

K.1.3 UC03 - Gerenciar Processo de Limpeza

K.1.3.1 TC08 - Iniciar Processo de Limpeza com sucesso

- Descrição: Este caso de testes verificará se houve sucesso para iniciar o processo de limpeza.
- Pré-condições: O usuário deve estar autenticado e confirmar o inicio do processo de limpeza e não deve ter um processo de produção de cerveja ocorrendo.
- Pós-condições: O sistema deve iniciar o processo de limpeza.
- Dados necessários: Não se aplica

K.1.3.2 TC09 - Falha ao iniciar processo de limpeza

- Descrição: Este caso de testes verificará se houve insucesso para iniciar o processo de limpeza.
- Pré-condições: O usuário deve estar autenticado e confirmar o inicio do processo de limpeza enquanto algum processo de produção de cerveja está ocorrendo.
- Pós-condições: O sistema deve apresentar uma mensagem de erro e não iniciar a produção da limpeza.
- Dados necessários: Não se aplica.

K.1.4 UC04 - Gerenciar Receitas

K.1.4.1 TC10 - Criar Receita com Sucesso

- Descrição: Este caso de testes verificará se houve sucesso para criar uma receita.
- Pré-condições: O usuário deve estar autenticado e solicitar a criação de uma receita.
- Pós-condições: Uma nova receita deve ser criada.
- Dados necessários: Gerais: Nome, descrição, tempo médio, quantidade de litros e ingredientes(nome, quantidade, unidade de medida) Aquecimento: temperatura Brassage: Tempo e temperaturas Fervura: Tempo da fervura, ingredientes(tempo para inserir, nome, quantidade, unidade de medida)

K.1.4.2 TC11 - Falha para criar receita

- Descrição: Este caso de testes verificará se houve insucesso para criação de uma nova receita.
- Pré-condições: Usuário deve fornecer os dados solicitados de maneira inválida ou não informa-los.
- Pós-condições: O sistema deve apresentar a mensagem de erro mostrando os campos cujo o preenchimento foi inválido e aguardará que o usuário preencha-os novamente e submeta a alteração.
- Dados necessários: Gerais: Nome, descrição, tempo médio, quantidade de litros e ingredientes(nome, quantidade, unidade de medida) Aquecimento: temperatura Brassage: Tempo e temperaturas Fervura: Tempo da fervura, ingredientes(tempo para inserir, nome, quantidade, unidade de medida)

K.1.4.3 TC12 - Editar Receita com sucesso

- Descrição: Este caso de testes verificará se houve sucesso para editar uma receita.
- Pré-condições: O usuário deve estar autenticado, preencher todos os campos de maneira válida e submeter a edição.
- Pós-condições: A alteração é feita com sucesso e o usuário é direcionado para a visualização da receita.
- Dados necessários: Gerais: Nome, descrição, tempo médio, quantidade de litros e ingredientes(nome, quantidade, unidade de medida) Aquecimento: temperatura Brassage: Tempo e temperaturas Fervura: Tempo da fervura, ingredientes(tempo para inserir, nome, quantidade, unidade de medida)

K.1.4.4 TC13 - Falha para editar receita

- Descrição: Este caso de testes verificará se houve insucesso para editar uma receita.
- Pré-condições: O usuário deve estar autenticado e preencher os campos de maneira inválida ou não informa-los.
- Pós-condições: O sistema deve apresentar a mensagem de erro mostrando os campos cujo o preenchimento foi inválido e aguardará que o usuário preencha-os novamente e submeta a alteração.

- Dados necessários: Gerais: Nome, descrição, tempo médio, quantidade de litros e ingredientes(nome, quantidade, unidade de medida) Aquecimento: temperatura Brasagem: Tempo e temperaturas Fervura: Tempo da fervura, ingredientes(tempo para inserir, nome, quantidade, unidade de medida)

K.1.4.5 TC14 - Excluir Receita com sucesso

- Descrição: Este caso de testes verificará se houve sucesso para excluir uma receita.
- Pré-condições: O usuário deve estar autenticado e solicitar a exclusão de uma receita.
- Pós-condições: O sistema informa uma mensagem de sucesso e redireciona para a página principal.
- Dados necessários: Identificador da receita que se deseja excluir(nome).

K.1.4.6 TC15 - Falha para excluir receita

- Descrição: Este caso de testes verificará se houve insucesso para excluir a receita.
- Pré-condições: O usuário deve estar autenticado e solicitar a exclusão.
- Pós-condições: O sistema deve tratar o erro e apresentar uma mensagem para o usuário na tela.
- Dados necessários: Identificador da receita que se deseja excluir(nome).

K.1.4.7 TC16 - Visualizar Receita com sucesso

- Descrição: Este caso de testes verificará se houve sucesso para visualizar uma receita específica.
- Pré-condições: O usuário deve estar autenticado e solicitar a receita que deseja visualizar.
- Pós-condições: A receita deve ser apresentada com sucesso para o usuário.
- Dados necessários: Identificador da receita que se deseja visualizar(nome).

K.1.4.8 TC17 - Falha para visualizar receita

- Descrição: Este caso de testes verificará se houve insucesso para visualizar uma receita específica.
- Pré-condições: O usuário deve estar autenticado e solicitar a receita que deseja visualizar.

- Pós-condições: O sistema deve tratar o erro e apresentar para o usuário a mensagem na tela.
- Dados necessários: Identificador da receita que se deseja visualizar(nome).

K.1.4.9 TC18 - Visualizar lista de Receitas com sucesso

- Descrição: Este caso de testes verificará se houve sucesso para visualizar a lista de receitas com sucesso.
- Pré-condições: Usuário deve estar autenticado e entrar na página inicial com a lista de todas as receitas.
- Pós-condições: Deve apresentar a lista de todas as receitas do usuário.
- Dados necessários: Não se aplica.

K.1.4.10 TC19 - Falha para visualizar lista de receitas

- Descrição: Este caso de testes verificará se houve insucesso para visualizar a lista de receitas.
- Pré-condições: Usuário estar autenticado e entrar na página inicial.
- Pós-condições: Sistema deve tratar o erro e apresentar a mensagem para o usuário na tela.
- Dados necessários: Não se aplica.

K.1.5 UC05 - Gerenciar Notificações

K.1.5.1 TC20 - Enviar Notificação com Sucesso

- Descrição: Este caso de testes verificará se houve sucesso para enviar uma notificação.
- Pré-condições: Usuário ter autorizado o recebimento de notificações *push*.
- Pós-condições: Usuário deve receber uma notificação no seu dispositivo.
- Dados necessários: Mensagem da notificação.

K.1.5.2 TC21 - Falha para enviar notificação

- Descrição: Este caso de testes verificará se houve insucesso para o envio de notificação.
- Pré-condições: Usuário não autorizou recebimento de notificações *push*.
- Pós-condições: A notificação não deve ser enviada.
- Dados necessários: Mensagem da notificação

K.2 Testes de Usabilidade

Teste de usabilidade é uma técnica de caixa-preta, com objetivo de observar como usuários reais interagem com sua aplicação e através disto buscar pontos de melhoria.

K.2.1 Testes de Usabilidade da *Skill* da Alexa

- Métricas utilizadas no teste de usabilidade da Alexa:
 - Número de etapas para executar um pedido específico
 - Tempo médio gasto pelo usuário em uma sessão
- Objetivos da aplicação do teste de usabilidade:
 - Identificar se o usuário consegue utilizar a *Skill* sem necessidade do manual
 - Identificar se o manual diminuiu o tempo médio gasto por um usuário
 - Identificar se as falas da Alexa estão claras
 - Identificar bugs durante interação
- Público: Um usuário entre 18 a 30 anos com familiaridade com tecnologias emergentes, e um usuário com mais de 65 anos sem tanta familiaridade.
- Logística de aplicação: O membro da equipe de software acompanhará a interação do participante com o objetivo de anotar as observações resultantes.

As atividades a seguir tem como objetivo analisar quais falas o usuário tende a usar naturalmente para interagir com a aplicação, e se a resposta da Alexa esta de acordo com a intenção do usuário. Segue abaixo a programação das atividades:

- Adicionar sua Microcervejaria na *Skill*;

- Visualizar as receitas;
- Iniciar a produção de Cerveja;
- Acompanhar o processo de produção;
- Iniciar limpeza;

K.2.1.1 Resultado dos Testes sem o uso do Manual

- Adicionar sua Microcervejaria na *Skill*:
 - Passos para realizar: 7
 - Tempo médio de execução: 2 minutos e 59 segundos
 - Problemas na realização: Algumas frases ditas pelo usuário não foram tratadas ou reconhecidas pela Alexa
 - Experiência do Usuário: O usuário que tinha experiência com uso da Alexa tentou dizer algumas frases que tinha costume como pedir para a Alexa programar uma produção e definir alarmes, já o usuário que não tinha experiência com uso da Alexa pediu ajuda mais rapidamente e assim soube o que podia fazer. Ambos os usuários tiveram dificuldade para inserir o Token
- Visualizar as Receitas:
 - Passos para realizar: 1
 - Tempo de execução: 20.48 segundos
 - Problemas na realização: Não
 - Experiência do Usuário: Após o Token ter sido adicionado na atividade anterior ambos usuários haviam pedido ajuda então já sabiam o comando de iniciar a produção. Um dos usuários inclusive já iniciou o processo de produção logo na sequência
- Iniciar a produção de cerveja:
 - Passos para realizar: 1
 - Tempo de execução: 10 segundos
 - Problemas na realização: Não
 - Experiência do Usuário: Ambos acharam estranho o processo de produção ter iniciado sem uma confirmação prévia, e também acharam estranho não ter nenhuma mensagem avisando antes o que era necessário fazerem manualmente para iniciar a produção

- Acompanhar processo de Produção:
 - Passos para realizar: 13
 - Tempo de execução: 2 minutos e 55 segundos
 - Problemas na realização: Durante a execução foi ativado uma intenção de usuário que não está sendo utilizada devido ao uso da palavra "Produção", devido a isso a Alexa acabou fechando.
 - Experiência do Usuário: Ambos usuários tiveram dificuldade para encontrar as frases exatas para realizar a ação desejada, ambos levaram pelo menos 10 passos para passarem pelas funções de acompanhamento.
- Iniciar limpeza:
 - Passos para realizar: 1
 - Tempo de execução: 9 segundos
 - Problemas na realização: Não
 - Experiência do Usuário: Os usuários não tiveram nenhum problema na execução desta atividade, porém ficaram confusos em relação ao processo de limpeza em si, o que ocorre nele e quando é finalizado.

K.2.1.2 Resultado dos Testes com o uso do Manual

- Adicionar sua Microcervejaria na *Skill*:
 - Passos para realizar: 3
 - Tempo médio de execução: 19.43 segundos
 - Problemas na realização: Não
 - Experiência do Usuário: O usuário não apresentou nenhum problema, porém não estava familiarizado com o termo "Token"
- Visualizar as Receitas:
 - Passos para realizar: 5
 - Tempo de execução: 31.86 segundos
 - Problemas na realização: O usuário apresentou dificuldades no momento de detalhar a receita e informar seu nome que estava em inglês, logo necessitou de algumas tentativas a mais para que a pronuncia fosse correta.

- Experiência do Usuário: Apesar do problema com a pronuncia da receita, o usuário pareceu interessado, tanto que esta atividade específica de detalhar a receita não fazia parte da atividade proposta
- Iniciar a produção de cerveja:
 - Passos para realizar: 2
 - Tempo de execução: 9.60 segundos
 - Problemas na realização: O usuário apresentou a mesma dificuldade com a pronuncia do nome da receita e por isso precisou falar duas vezes.
 - Experiência do Usuário: O usuário também estranhou a inicialização ter sido feita sem nenhuma confirmação, e também sem informar quais seriam os próximos passos
- Acompanhar processo de Produção:
 - Passos para realizar: 2
 - Tempo de execução: 10.24 segundos
 - Problemas na realização: O usuário ficou confuso se pedia para detalhar as informações de um processo específico, ou se perguntava a respeito do processo atual, sem saber a diferença de ambos
 - Experiência do Usuário: O usuário achou muita informação em cada uma das perguntas, e preferia que fossem mais diretas e que as perguntas que fizesse filtrassem essas informações aos poucos
- Iniciar limpeza:
 - Passos para realizar: 2
 - Tempo de execução: 18.27 segundos
 - Problemas na realização: Usuário tentou realizar algumas funções que não estavam programadas e a Alexa ficou sem resposta
 - Experiência do Usuário: Usuário após ter iniciado a limpeza tentou perguntar alguns detalhes como tempo para finalizar e outras questões que não vinham sido trabalhadas

Após a realização dos testes foi observado que todas as funcionalidades estão sendo executadas sem problemas, e a maior dúvida dos usuários foi em relação as palavras utilizadas além de alguns pedidos de funcionalidades novas. Com base nisto as *Utterances* da aplicação serão revista e adicionados novos nas funções que geraram o maior número de dúvidas, sendo estas de acompanhar o processo de produção e de adicionar o token.

K.2.2 Testes de Usabilidade do Aplicativo

K.2.3 Testes de Usabilidade do Aplicativo

K.2.3.1 Teste de Usabilidade presencial

- Métricas utilizadas no teste de usabilidade:
 - Número de etapas para executar um pedido específico
 - Tempo médio gasto pelo usuário em uma sessão
- Objetivos da aplicação do teste de usabilidade:
 - Identificar se o caminho que o usuário precisa percorrer está claro
 - Identificar se o usuário está satisfeito durante a utilização da aplicação
 - Identificar se as funcionalidades solicitadas para o administrador estão de acordo
 - Identificar bugs durante interação
- Público: Dois usuários entre 18 a 30 anos com familiaridade com tecnologias emergentes, e dois usuários com mais de 65 anos sem tanta familiaridade. Os usuários foram separados em dois grupos, um grupo realizou a leitura do manual e outro fez o uso do aplicativo sem consultar o manual.
- Logística de aplicação: O membro da equipe de software acompanhará a interação do participante com a aplicação a fim de anotar as observações resultantes.

As atividades a seguir tem como objetivo, verificar se possui alguma melhoria a ser feita em relação a usabilidade do sistema e se o usuário teve uma experiência agradável. Segue abaixo a programação das atividades:

- Se autenticar no aplicativo com o uso do QR Code
- Criar uma receita
- Editar uma receita
- Iniciar um processo
- Iniciar limpeza

K.2.3.2 Resultado dos testes de usabilidade sem o manual

- Se autenticar no aplicativo com o uso do QR Code:
 - Passos para realizar: 4(Abrir a aplicação no celular, clicar no botão do *QR Code*, permitir uso da câmera e mirar câmera para *QR Code* da microcervejaria)
 - Tempo médio de execução: 20 segundos
 - Problemas na realização: Nenhum
 - Experiência do Usuário: O usuário não demonstrou qualquer insatisfação ou dúvida para executar essa tarefa
- Criar uma receita:
 - Passos para realizar: 6(Abrir a aplicação no celular, clicar no botão do *QR Code*, permitir uso da câmera, mirar câmera para *QR Code* da microcervejaria, clicar no botão do canto inferior esquerdo para criar uma receita, preencher formulário e salvar)
 - Tempo médio de execução: 1:12 minutos
 - Problemas na realização: O usuário demorou um pouco para encontrar o botão de criar uma nova receita
 - Experiência do Usuário: Com exceção da demora para encontrar o botão de iniciar receita, o usuário não teve outros problemas e achou o formulário bem intuitivo.
- Editar uma receita:
 - Passos para realizar: 6(Abrir a aplicação no celular, clicar no botão do *QR Code*, permitir uso da câmera, mirar câmera para *QR Code* da microcervejaria, clicar no botão de editar, no canto superior direito, dentro do componente de receitas, editar formulário com novos dados e salvar)
 - Tempo médio de execução: 52 segundos
 - Problemas na realização: Nenhum
 - Experiência do Usuário: O usuário achou intuitivo o botão para editar receitas
- Iniciar um processo:
 - Passos para realizar: 6(Abrir a aplicação no celular, clicar no botão do *QR Code*, permitir uso da câmera, mirar câmera para *QR Code* da microcervejaria e clicar no botão central inferior para iniciar o processo)

- Tempo médio de execução: 31 segundos
 - Problemas na realização: Botão de iniciar receita não ficou muito intuitivo para o usuário
 - Experiência do Usuário: Com exceção do botão para iniciar receita, o usuário gostou bastante da forma em que os dados estavam dispostos, conseguindo entender a informação rapidamente
- Iniciar limpeza:
 - Passos para realizar: 6(Abrir a aplicação no celular, clicar no botão do *QR Code*, permitir uso da câmera, mirar câmera para *QR Code* da microcervejaria e clicar no botão do canto direito inferior para iniciar a limpeza)
 - Tempo médio de execução: 23 segundos
 - Problemas na realização: Nenhum
 - Experiência do Usuário: O usuário encontrou facilmente o botão de limpeza
- #### K.2.3.3 Resultado dos testes de usabilidade com o manual
- Se autenticar no aplicativo com o uso do QR Code:
 - Passos para realizar: 4(Abrir a aplicação no celular, clicar no botão do *QR Code*, permitir uso da câmera e mirar câmera para *QR Code* da microcervejaria)
 - Tempo médio de execução: 15 segundos
 - Problemas na realização: Nenhum
 - Experiência do Usuário: O usuário realizou toda a tarefa rapidamente
 - Criar uma receita:
 - Passos para realizar: 6(Abrir a aplicação no celular, clicar no botão do *QR Code*, permitir uso da câmera, mirar câmera para *QR Code* da microcervejaria, clicar no botão do canto inferior esquerdo para criar uma receita, preencher formulário e salvar)
 - Tempo médio de execução: 55 segundos
 - Problemas na realização: Nenhum
 - Experiência do Usuário: O usuário conseguiu efetuar a criação da receita com facilidade.
 - Editar uma receita:

- Passos para realizar: 6(Abrir a aplicação no celular, clicar no botão do *QR Code*, permitir uso da câmera, mirar câmera para *QR Code* da microcervejaria, clicar no botão de editar, no canto superior direito, dentro do componente de receitas, editar formulário com novos dados e salvar)
 - Tempo médio de execução: 45 segundos
 - Problemas na realização: Nenhum
 - Experiência do Usuário: O usuário acho todas as etapas bem intuitivas
- Iniciar um processo:
 - Passos para realizar: 6(Abrir a aplicação no celular, clicar no botão do *QR Code*, permitir uso da câmera, mirar câmera para *QR Code* da microcervejaria e clicar no botão central inferior para iniciar o processo)
 - Tempo médio de execução: 20 segundos
 - Problemas na realização: Nenhum
 - Experiência do Usuário: O usuário gostou da forma em que os processos são apresentados no sistema
 - Iniciar limpeza:
 - Passos para realizar: 6(Abrir a aplicação no celular, clicar no botão do *QR Code*, permitir uso da câmera, mirar câmera para *QR Code* da microcervejaria e clicar no botão do canto direito inferior para iniciar a limpeza)
 - Tempo médio de execução: 18 segundos
 - Problemas na realização: Nenhum
 - Experiência do Usuário: O usuário iniciou a limpeza com facilidade

APÊNDICE L – Documentação da API

L.1 Visualizar todas as receitas

URL	/receitas
Headers	authorization: [Token]
Método	GET
Payload	None
Resposta de Sucesso	<p>Status: 200 OK Corpo: JSON</p> <pre>{ "nome": "string", "descricao": "string", "tempoMedio": "string", "quantidadeLitros": "number", "ingredientes": [{ "nome": "string", "quantidade": "string", "unidadeMedida": "enum" }], "aquecimento": { "temperatura": "number" }, "brassagem": [{ "tempo": "number", "temperatura": "number" }], "fervura": { "tempoTotal": "number", "ingredientes": [{ "tempo": "number", "nome": "string", "quantidade": "string", "unidadeMedida": "enum" }] } }</pre>
Resposta de Erro	<p>Status: 401 Unauthorized Corpo: { erro: "Token não encontrado." }</p> <p>Status: 500 Internal Server Error Corpo: { erro: "Alguma coisa deu errada." }</p>

Tabela 69 – Swagger para pegar todas as receitas cadastradas no sistema.

L.2 Adicionar receita

URL	/receita
Headers	authorization: [Token] Content-Type: 'application/json'
Método	POST
Payload	<pre> JSON { "nome": "string", "descricao": "string", "tempoMedio": "string", "quantidadeLitros": "number", "ingredientes": [{ "nome": "string", "quantidade": "string", "unidadeMedida": "enum" }], "aquecimento": { "temperatura": "number" }, "brassagem": [{ "tempo": "number", "temperatura": "number" }], "fervura": { "tempoTotal": "number", "ingredientes": [{ "tempo": "number", "nome": "string", "quantidade": "string", "unidadeMedida": "enum" }] } } </pre>
Resposta de Sucesso	Status: 200 OK Corpo: { mensagem: "Receita cadastrada com sucesso." }
Resposta de Erro	Status: 401 Unauthorized Corpo: { erro: "Token não encontrado." }
	Status: 400 Bad Request Corpo: { erro: "Não foi possível adicionar a receita" }
	Status: 500 Internal Server Error Corpo: { erro: "Alguma coisa deu errada." }

Tabela 70 – Swagger para cadastrar uma nova receita no sistema.

L.3 Visualizar receita específica

URL	/receita/:receita.nome
Headers	authorization: [Token]
Método	GET
Payload	None
Resposta de Sucesso	<p>Status: 200 OK Corpo: JSON</p> <pre>{ "nome": "string", "descricao": "string", "tempoMedio": "string", "quantidadeLitros": "number", "ingredientes": [{ "nome": "string", "quantidade": "string", "unidadeMedida": "enum" }], "aquecimento": { "temperatura": "number" }, "brassagem": [{ "tempo": "number", "temperatura": "number" }], "fervura": { "tempoTotal": "number", "ingredientes": [{ "tempo": "number", "nome": "string", "quantidade": "string", "unidadeMedida": "enum" }] } }</pre>
Resposta de Erro	<p>Status: 401 Unauthorized Corpo: { erro: "Token não encontrado." }</p> <p>Status: 400 Bad Request Corpo: { erro: "Receita não encontrada." }</p> <p>Status: 500 Internal Server Error Corpo: { erro: "Alguma coisa deu errada." }</p>

Tabela 71 – Swagger para visualizar uma receita cadastrada no sistema.

L.4 Editar receita

URL	/receita
Headers	authorization: [Token] Content-Type: 'application/json'
Método	PUT
Payload	JSON <pre>{ "nome": "string", "descricao": "string", "tempoMedio": "string", "quantidadeLitros": "number", "ingredientes": [{ "nome": "string", "quantidade": "string", "unidadeMedida": "enum" }, "aquecimento": { "temperatura": "number" }, "brassagem": [{ "tempo": "number", "temperatura": "number" }], "fervura": { "tempoTotal": "number", "ingredientes": [{ "tempo": "number", "nome": "string", "quantidade": "string", "unidadeMedida": "enum" }] } } }</pre>
Resposta de Sucesso	Status: 200 OK Corpo: { mensagem: "Receita atualizada com sucesso." }
Resposta de Erro	Status: 401 Unauthorized Corpo: { erro: "Token não encontrado." }
	Status: 400 Bad Request Corpo: { erro: "Não foi possível editar a receita" }
	Status: 500 Internal Server Error Corpo: { erro: "Alguma coisa deu errada." }

Tabela 72 – Swagger para editar uma receita cadastrada no sistema.

L.5 Visualizar processo atual

URL	/processo
Headers	authorization: [Token]
Método	GET
Payload	None
Resposta de Sucesso	<p>Status: 200 OK</p> <p>Corpo:</p> <pre>{ "processo": "string", "etapas": [{ "tempo": "number", "temperatura": "number", "ingredientes": [{ "tempo": "number", "nome": "string", "quantidade": "string", "unidadeMedida": "enum", "estado": "enum" }], "tempoTotal": "number", "tempoAtual": "number", "tempoRestante": "number", "temperaturaAtual": "number" }] }</pre>
	<p>Exemplo aquecimento:</p> <pre>{ "processo": "aquecimento", "etapas": [{ "temperatura": "number" }, { "tempoAtual": "number", "tempoRestante": "number", "temperaturaAtual": "number" } }</pre>
	<p>Exemplo brassagem:</p> <pre>{ "processo": "brassagem", "etapas": [{ "tempo": "number", "temperatura": "number", "estado": "enum" }, { "tempoAtual": "number", "tempoRestante": "number", "temperaturaAtual": "number" } }</pre>
	<p>Exemplo Fervura:</p> <pre>{ "processo": "fervura", "etapas": [{ "ingredientes": [{ "tempo": "number", "nome": "string", "quantidade": "string", "unidadeMedida": "enum", "estado": "enum" }], "tempoTotal": "number", "tempoAtual": "number", "tempoRestante": "number", "temperaturaAtual": "number" } }</pre>
Resposta de Erro	<p>Status: 401 Unauthorized</p> <p>Corpo: { erro: "Token não encontrado." }</p>
	<p>Status: 400 Bad Request</p> <p>Corpo: { erro: "Não existe processo em andamento" }</p>
	<p>Status: 500 Internal Server Error</p> <p>Corpo: { erro: "Alguma coisa deu errada." }</p>

Tabela 73 – Swagger para visualizar o processo que está em progresso.

L.6 Atualizar processo atual

URL	/processo/
Headers	authorization: [Token]
Método	PUT
Payload	{ "processo": "string", "etapas": [{ "tempo": "number", "temperatura": "number", "ingredientes": [{ "tempo": "number", "nome": "string", "quantidade": "string", "unidadeMedida": "enum", "estado": "enum" }], "tempoTotal": "number", "tempoAtual": "number", "temperaturaAtual": "number", "tempoRestante": "number" }] }
Resposta de Sucesso	Status: 200 OK Corpo: { mensagem: Processo(objeto) }
Resposta de Erro	Status: 401 Unauthorized Corpo: { erro: "Token não encontrado." }
	Status: 400 Bad Request Corpo: { erro: "Processo não encontrado." }
	Status: 500 Internal Server Error Corpo: { erro: "Alguma coisa deu errada." }

Tabela 74 – Swagger para atualizar o processo que está em progresso.

L.7 Visualizar processo específico

URL	/processo/:processo.nome
Headers	authorization: [Token]
Método	GET
Payload	None
Resposta de Sucesso	<p>Status: 200 OK</p> <p>Corpo:</p> <pre>{ "etapas": [{ "tempo": "number", "temperatura": "number", "ingredientes": [{ "tempo": "number", "nome": "string", "quantidade": "string", "unidadeMedida": "enum", "estado": "enum" }], "tempoTotal": "number", "tempoAtual": "number", "tempoRestante": "number" }] }</pre> <p>Exemplo aquecimento:</p> <pre>{ "etapas": [{ "tempo": "number", "temperatura": "number" }, "tempoAtual": "number", "tempoRestante": "number"] }</pre> <p>Exemplo brassagem:</p> <pre>{ "etapas": [{ "tempo": "number", "temperatura": "number", "estado": "enum" }, "tempoAtual": "number", "tempoRestante": "number"] }</pre> <p>Exemplo Fervura:</p> <pre>{ "etapas": [{ "ingredientes": [{ "tempo": "number", "nome": "string", "quantidade": "string", "unidadeMedida": "enum", "estado": "enum" }], "tempoTotal": "number", "tempoAtual": "number", "tempoRestante": "number" }] }</pre>
Resposta de Erro	<p>Status: 401 Unauthorized</p> <p>Corpo: { erro: "Token não encontrado." }</p>
	<p>Status: 400 Bad Request</p> <p>Corpo: { erro: "Processo não encontrado." }</p>
	<p>Status: 500 Internal Server Error</p> <p>Corpo: { erro: "Alguma coisa deu errada." }</p>

Tabela 75 – Swagger para visualizar um processo específico.

L.8 Iniciar processo

URL	/iniciar
Headers	authorization: [Token]
	Content-Type: 'application/json'
Método	POST
Payload	JSON { "nomeReceita": "string" }
Resposta de Sucesso	Status: 200 OK Corpo: { mensagem: "Receita iniciada com sucesso." }
Resposta de Erro	Status: 401 Unauthorized Corpo: { erro: "Token não encontrado." }
	Status: 400 Bad Request Corpo: { erro: "Receita não encontrada." }
	Status: 500 Internal Server Error Corpo: { erro: "Alguma coisa deu errada." }

Tabela 76 – Swagger para iniciar uma receita.

L.9 Iniciar limpeza

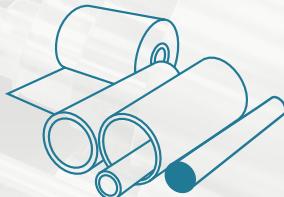
URL	/limpeza
Headers	authorization: [Token]
Método	POST
Payload	None
Resposta de Sucesso	Status: 200 OK Corpo: { mensagem: "Limpeza iniciada." }
Resposta de Erro	Status: 401 Unauthorized Corpo: { erro: "Token não encontrado." }
	Status: 500 Internal Server Error Corpo: { erro: "Alguma coisa deu errada." }

Tabela 77 – Swagger para iniciar a limpeza das panelas.

Anexos

ANEXO A – Catálogo de Tubos Aço Inox

Aços Inoxidáveis



Açotubo GRUPO

Composição Química Inox (% em peso)

ASTM/AISI	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
AUSTENITICOS							
200	0,15	8,00-10,00	1,00	0,060	0,030	14,0 a 16,0	1,00 a 2,00
304	0,07	2,00	0,75	0,045	0,015	17,5 a 19,5	8,0 a 10,5
304L	0,03	2,00	0,75	0,045	0,015	17,5 a 19,5	8,0 a 10,5
3105H	0,035 a 0,08	2,00	1,50	0,045	0,015	24,0 a 26,0	19,0 a 22,0
316	0,07	2,00	0,75	0,045	0,015	16,5 a 18,0	10,0 a 13,0
316L	0,03	2,00	0,75	0,045	0,015	16,5 a 18,0	10,0 a 13,0
FERRITICOS							
409	0,03	1,00	1,00	0,040	0,015	10,5 a 11,7	0,50
410	0,03	1,50	1,00	0,040	0,015	10,5 a 12,5	1,00
430	0,08	1,00	1,00	0,040	0,015	16,0 a 18,0	0,75
439	0,03	1,00	1,00	0,040	0,015	17,0 a 19,0	0,50
441	0,03	1,00	1,00	0,040	0,015	17,5 a 18,5	0,50
444	0,025	1,00	1,00	0,040	0,030	17,5 a 18,5	1,00
MARTENSITICOS							
420	0,15 min.	1,00	1,00	0,040	0,030	12,0 a 14,0	0,75



Aços Inoxidáveis

- 1 Divisão Tubos e Barras de Aço
- 2 Divisão Trefilados e Peças
- 3 Incotep Sistemas de Ancoragem
- 4 Divisão Soluções Integradas
- 5 Divisão Aço Inoxidável
- 6 Divisão Conexões

Fazendo
por você

Fundado em 20 de fevereiro de 1974, o Grupo Açotubo, referência em varejo no mercado, conta com a melhor estrutura técnica operacional do ramo siderúrgico.

Os anos de experiência somam-se com um trabalho contínuo junto a pessoas apaixonadas por atender e com o foco do cliente para a entrega de soluções competitivas.

+ solidez, + confiança, + qualidade, + agilidade e + inovação. São esses alguns dos motivos que comprovam a nossa conexão com o segmento e com cada cliente, por meio das seguintes áreas de atuação: Tubos e Barras de Aço, Conexões, Aços Inoxidáveis, Trefilados e Peças, Soluções Integradas e Sistemas de Ancoragem (Incotep).

Podemos caminhar juntos sabendo que a cada capítulo fazemos sempre + por aquelas parcerias que nos fazem chegar além.

Tubos e Aços

- > Barras de aço trefiladas, laminadas, forjadas e resulfuradas
- > Conexões: curva, redução, tee e capotampão
- > Conexões forjadas
- > Flanges: sobreposto, lap joint, pescoco, cego e encaxe para solda
- > Tubos estruturais
- > Tubos OD
- > Chapas de aço inox
- > Bobinas, fitas, blanks e tiras

Trefilados e Peças

- > Tubos trefilados:
- > Peças curvadas
- > Peças especiais
- > Tubos cilíndricos com costura
- > Trocadores de calor

Conexões

- > Projetos especiais
- > Curva a laser e plasma
- > Dobras CNC
- > Conjuntos soldados
- > Usinagem

Aços Inoxidáveis

- > Barras de aço inox redondo, sextavado, quadrado e chata
- > Cantoneiras de aço inox
- > Tubos de aço inox redondo e quadrado
- > Tubos com e sem costura de aço inox
- > Tubos OD
- > Chapas de aço inox
- > Bobinas, fitas, blanks e tiras

- > Tiraletes Monobarras e Autoinjetáveis
- > Cordaolhas
- > Enfilegarm
- > Estaca Raiz e Helcoidal
- > Ferramentas de Perforação

Abril/2020. As informações contidas neste catálogo poderão sofrer alterações sem aviso prévio. As bitolas/medidas que não são da nossa linha de comercialização poderão ser fornecidas mediante consulta.

Tubos de Aço Inox com e sem Costura - Padrão Schedule Ligas - 304/L - 316/L

Polegada (")	mm	Diâmetro Externo				Espessura de Parede (mm)				Parede			
		5-S	10-S	40-S	80-S	Parede	Peso	Parede	Peso	Parede	Peso	Parede	Peso
1/8"	10,20	-	1,24	0,28	1,73	0,37	2,41	0,46	-	-	-	-	-
1/4"	13,72	-	1,65	0,50	2,24	0,63	3,02	0,81	-	-	-	-	-
3/8"	17,15	-	1,65	0,64	2,31	0,86	3,20	1,12	-	-	-	-	-
1/2"	21,34	1,65	0,81	2,11	1,02	2,77	1,29	3,73	1,64	4,75	1,94	-	-
3/4"	26,67	1,65	1,03	2,11	1,30	2,87	1,71	3,91	2,22	5,54	2,88	-	-
1"	33,40	1,65	1,31	2,77	2,12	3,38	2,54	4,55	3,29	6,35	4,24	-	-
1,1/4"	42,16	1,65	1,67	2,77	2,73	3,56	3,44	4,85	4,54	6,35	5,60	-	-
1,1/2"	48,26	1,65	1,93	2,77	3,16	3,68	4,11	5,08	5,48	7,14	7,24	-	-
2"	60,33	1,65	2,42	2,77	3,98	3,91	5,53	5,54	7,58	8,71	11,08	-	-
2,1/2"	73,03	2,11	3,75	3,05	5,33	5,16	8,75	7,01	11,57	9,53	14,92	-	-
3"	88,90	2,11	4,51	3,05	6,45	5,49	11,45	7,62	15,48	11,13	21,30	-	-
3,1/2"	101,60	2,11	5,17	3,05	7,40	5,74	13,76	8,08	16,90	12,70	27,80	-	-
4"	114,30	2,11	5,83	3,05	8,35	6,02	16,30	8,56	22,62	13,49	33,50	-	-
5"	141,30	2,77	9,45	3,40	11,60	6,55	27,09	9,53	31,38	15,88	49,10	-	-
6"	168,28	2,77	11,30	3,40	13,80	7,11	26,65	10,97	43,16	18,24	67,40	-	-
8"	219,08	2,77	14,80	3,76	19,90	8,18	42,97	12,70	64,57	23,02	111,30	-	-
10"	273,05	3,40	22,60	4,19	27,80	9,27	60,30	12,70	81,50	28,57	171,20	-	-
12"	323,85	3,96	31,40	4,57	36,00	9,53	71,90	12,70	97,40	33,34	238,80	-	-
14"	355,60	3,96	34,40	4,78	41,30	-	-	-	-	-	-	-	-
16"	406,40	4,20	42,40	4,78	47,30	-	-	-	-	-	-	-	-
18"	457,20	4,20	46,80	4,78	53,20	-	-	-	-	-	-	-	-
20"	508,00	4,78	59,30	5,54	68,60	-	-	-	-	-	-	-	-
24"	609,60	5,54	82,50	6,35	94,50	-	-	-	-	-	-	-	-

Tubos Quadrados e Retangulares de Aço Inox

Medidas Externas (mm)	Retangular	Espessura de Parede - mm					
		1,0	1,2	1,5	2,0	2,8	
10 x 10	-	0,29	0,35	0,42	-	-	-
15 x 15	10 x 20	0,5	0,6	0,7	-	-	-
20 x 20	15 x 25	0,6	0,7	0,9	1,2	-	-
25 x 25	15 x 35	0,8	0,9	1,1	1,5	-	-
30 x 30	20 x 30	0,8	1,0	1,2	1,6	2,1	2,4
35 x 35	25 x 35	0,9	1,1	1,4	1,8	2,4	2,6
40 x 40	30 x 40	1,1	1,3	1,6	2,1	2,8	3,1
45x45	35 x 50	1,2	1,4	1,7	2,3	3,0	3,3
50 x 50	40 x 60	1,4	1,7	2,1	2,7	3,7	4,0
50 x 50	30 x 90	-	1,8	2,3	3,0	4,1	4,5
60 x 60	40 x 80	-	2,2	2,8	3,7	5,0	5,4
60 x 60	50 x 70	-	-	-	-	-	-
70 x 70	40 x 100	-	2,6	3,2	4,3	6,0	6,4
70 x 70	50 x 80	-	-	-	-	-	-
80 x 80	60 x 100	-	3,0	3,7	4,9	6,8	7,4
80 x 80	100 x 50	-	-	3,5	4,7	-	7,0
90 x 90	100 x 80	-	-	-	5,6	-	8,4
100 x 100	120 x 80	-	-	-	6,3	-	9,4

Tubos OD Ligas - 201 - 304/L

Polegadas (")	mm	Espessura da parede (mm) e Peso por metro (Kg/m)									
		0,50	0,60	0,70	0,80	1,00	1,20	1,50	2,00	2,77	3,00
1/4"	6,35	0,0735	0,0867	0,0994	0,1116	0,1345	0,1553	0,1828			
3/8"	9,53	0,1135	0,1347	0,1553	0,1755	0,2144	0,2512	0,3027			
1/2"	12,70	0,1533	0,1825	0,2111	0,2393	0,2941	0,3468	0,4222	0,5378		
5/8"	15,87	0,1931	0,2303	0,2669	0,3030	0,3737	0,4424	0,5417	0,6972		
3/4"	19,05	0,2782	0,3228	0,3670	0,4536	0,5383	0,6616	0,8570	1,0399	1,2101	
7/8"	22,22		0,3786	0,3787	0,5333	0,6399	0,7811	1,0164	1,2390	1,4492	
1"	25,40		0,4345	0,4947	0,6132	0,7299	0,9010	1,1762	1,4389	1,6889	
1 1/4"	31,75				0,7728	0,9214	1,1404	1,4954	1,8378	2,1677	
1 1/2"	38,10				0,9324	1,1129	1,3798	1,8146	2,2368	2,6465	
1 3/4"	44,45				1,0920	1,3044	1,6192	2,1338	2,6358	3,1253	
2"	50,80				1,2516	1,4959	1,8586	2,4530	3,0348	3,6040	
2 1/2"	63,50					1,8789	2,3374	3,0913	3,8328	4,5616	
3"	76,20					2,2620	2,8161	3,7297	4,6307	5,5192	
3 1/2"	88,90					2,6457	3,2958	4,3693	5,9979	6,4785	
4"	101,60					3,7737	5,0085	6,2267	7,4343		
5"	127,00						6,2832	7,8226	9,3494		
6"	152,40						7,5599	9,4185	11,2645		
8"	203,20						10,1134	12,6104	15,0948		
10"	254,00						12,6669	15,8022	18,9250		
12"	304,80						15,2204	18,9941	22,7552		

Fornecimento

- > Fornecimento em qualquer quantidade para produtos standard.
- > Amplo estoque à pronta entrega.
- > Único no segmento com grande variedade de bitolas/medidas, diâmetros e serviços.



Certificações

- > Qualidade comprovada por meio da Certificação do Sistema de Gestão da Qualidade (Matriz) NBR ISO 9001:2015 e IATF 16949:2016.

Todos os nossos produtos são certificados e produzidos pelas maiores e melhores usinas.



Logística

- > Entrega de produtos standard em até 24 horas com frota própria e terceirizada em todo o Brasil.



Laboratório da Qualidade

Metrologia | Braço Tridimensional

Braço tridimensional, para medição de tolerâncias geométricas

Ensaios Metalográficos

Estudo das características estruturais dos metais e suas ligas a fim de relacioná-las com suas propriedades físicas e mecânicas

Caracterização da microestrutura e microconstituintes (ferritas, perlita e martensita)

Análise de materiais tratados termicamente (normalização, têmpera, revenimento e cimentação)

Nível de inclusão dos aços

Tamanho de grão

Análise de segregação; porosidades e soldas

Ensaios de Dureza

Ensaio de Dureza Rockwell (HRB, HRC, HRF, 15N, 30N, 45N, 15T, 30T e 45T)

Ensaio de Dureza Brinell (HBW) 3000Kgf

Ensaios Mecânicos Destrutivos

Limite de resistência à tração

Limite de escoamento

Alongamento em %

Ensaio de compressão

Redução de área

Expansão, achatamento e flangeamento

Ensaios Não Destrutivos

Ensaio de rugosidade - Portátil

Eddy current

Partículas magnéticas

Líquido penetrante - LP

Ultrassonografia

Teste hidrostático



Barras de Aço
Tubos de Aço
Conexões
Aços Inoxidáveis
Trefilados e Peças
Soluções Integradas
Sistemas de Ancoragem

Matriz - SP
+55 11 2413-2000

Filial - MG
31 3029-9200

Filial - PR
41 2109-6150

Filial - RJ
21 2197-6000

Filial - RS
51 2126-9400

Filial - Caxias do Sul - RS
54 3204-1309

Filial - Sertãozinho - SP
16 2105-0600

Unidades de Atendimento

Salvador - BA
71 3111-3666
Goiânia - GO
62 4009-4707

Escritório Comercial

Joinville - SC
47 3086-1717

ACOTUBO GRUPO



acotubo.com.br

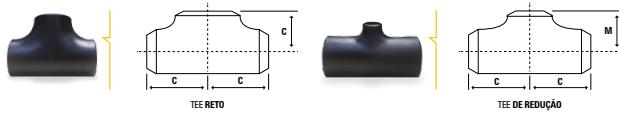
ANEXO B – Catálogo de Conexões

CONEXÕES

TEE, TEE de Redução, Cruzeta e Redução ANSI B 16.9

Diâmetro Nominal pol. (")	Diâmetro Nominal de saída pol. (")	C	M	H
		(mm)	(mm)	(mm)
3/4	3/4	28,58	-	-
	1/2	28,58	28,58	38,10
	1	38,10	-	-
1	3/4	38,10	38,10	50,80
	1/2	38,10	38,10	50,80
	1 1/4	47,62	-	-
1 1/4	1	47,62	47,62	50,80
	3/4	47,62	47,62	50,80
	1/2	47,62	47,62	50,80
1 1/2	1 1/2	57,15	-	-
	1 1/4	57,15	57,15	63,50
	1	57,15	57,15	63,50
1 1/2	3/4	57,15	57,15	63,50
	1/2	57,15	57,15	63,50
	2	63,50	-	-
2	1 1/2	63,50	60,32	76,20
	1 1/4	63,50	57,15	76,20
	1	63,50	50,80	76,20
2 1/2	3/4	63,50	44,45	76,20
	2	76,20	-	-
	2 1/2	76,20	69,85	88,90
2 1/2	1 1/2	76,20	66,68	88,90
	1 1/4	76,20	63,50	88,90
	1	76,20	57,15	88,90

Diâmetro Nominal pol. (")	Diâmetro Nominal de saída pol. (")	C	M	H
		(mm)	(mm)	(mm)
3	3	85,72	-	-
	2 1/2	85,72	82,55	101,60
	2	85,72	76,20	101,60
3 1/2	1 1/2	85,72	73,02	101,60
	1 1/4	85,72	69,85	101,60
	3 1/2	95,25	-	101,60
4	3	95,25	92,08	101,60
	2 1/2	95,25	88,90	101,60
	2	95,25	82,55	101,60
4	1 1/2	95,25	79,38	101,60
	4	104,78	-	101,60
	3 1/2	104,78	101,60	101,60
5	3	104,78	98,42	101,60
	2 1/2	104,78	95,25	101,60
	2	104,78	88,90	101,60
5	1 1/2	104,78	85,72	101,60
	5	123,83	-	-
	4	123,83	117,48	127,00
5	3 1/2	123,83	114,30	127,00
	3	123,83	111,13	127,00
	2 1/2	123,83	107,95	127,00
5	2	123,83	104,78	127,00



CONEXÕES

Conexões - Curva e CAPS | Tampão - Espessura de Parede

Diâmetro Nominal pol. (")	Diâmetro Externo (mm)	Espessura de Parede											
		Schedule 20	Schedule 30	STD	Schedule 40	Schedule 60	XS	Schedule 80	Schedule 100	Schedule 120	Schedule 140	Schedule 160	XXS
1/2	21,30	-	-	2,76	2,77	-	3,73	3,73	-	-	-	4,77	7,46
3/4	26,67	-	-	2,87	2,87	-	3,91	3,91	-	-	-	5,56	7,82
1	33,40	-	-	3,37	3,38	-	4,54	4,55	-	-	-	6,35	9,09
1 1/4	42,16	-	-	3,55	3,56	-	4,85	4,85	-	-	-	6,35	9,70
1 1/2	48,26	-	-	3,68	3,68	-	5,08	5,08	-	-	-	7,13	10,16
2	60,32	-	-	3,91	3,91	-	5,53	5,54	-	-	-	8,73	11,07
2 1/2	73,02	-	-	5,15	5,16	-	7,01	7,01	-	-	-	9,52	14,02
3	88,90	-	-	5,48	5,49	-	7,62	7,62	-	-	-	11,12	15,24
3 1/2	101,60	-	-	5,74	5,74	-	8,07	8,08	-	-	-	-	16,15
4	114,30	-	-	6,02	6,02	-	8,56	8,56	-	11,12	-	13,48	17,12
5	141,30	-	-	6,55	6,55	-	9,52	9,52	-	12,70	-	18,87	19,05
6	168,30	-	-	7,11	7,11	-	10,97	10,97	-	14,27	-	18,26	21,94
8	219,10	6,35	7,03	8,17	8,18	10,31	12,70	12,70	15,08	18,26	20,62	23,01	22,22
10	273,00	6,35	7,79	9,27	9,27	12,70	12,70	15,08	18,26	21,43	25,40	28,57	25,40
12	328,80	6,35	8,38	9,52	10,31	14,27	12,70	17,47	21,43	25,40	28,57	33,32	25,40
14	355,60	7,92	9,52	9,52	11,12	15,08	12,70	19,50	23,82	27,78	31,75	35,71	-
16	406,40	7,92	9,52	9,52	12,70	16,66	12,70	21,43	26,18	30,96	36,52	40,48	-
18	457,20	7,92	11,12	9,52	14,27	19,05	12,70	23,82	29,36	34,92	39,67	45,23	-
20	580,00	9,52	12,70	9,52	15,08	20,62	12,70	26,18	32,53	38,10	44,45	50,01	-
24	609,60	9,52	14,27	9,52	17,47	24,61	12,70	30,96	38,68	46,02	52,37	59,53	-

5

CONEXÕES

TEE, TEE de Redução, Cruzeta e Redução ANSI B 16.9

Diâmetro Nominal pol. (")	Diâmetro Nominal de saída pol. (")	C	M	H
		(mm)	(mm)	(mm)
6	6	142,90	-	-
	5	142,90	136,50	139,70
	4	142,90	130,20	139,70
16	3 1/2	142,90	127,00	139,70
	3	142,90	123,83	139,70
	2 1/2	142,90	120,65	139,70
8	8	177,80	-	-
	6	177,80	168,30	152,40
	5	177,80	161,90	152,40
18	4	177,80	155,60	152,40
	3 1/2	177,80	152,40	152,40
	10	215,90	-	-
20	8	215,90	203,20	177,80
	6	215,90	193,70	177,80
	5	215,90	190,50	177,80
12	4	215,90	184,20	177,80
	10	254,00	-	-
	8	254,00	241,30	203,20
12	12	254,00	241,30	203,20
	10	254,00	238,60	203,20
	8	254,00	219,10	203,20
24	5	254,00	215,90	203,20
	14	279,40	-	-
	12	279,40	269,90	330,20
24	10	279,40	257,20	330,20
	8	279,40	247,60	330,20
	6	279,40	238,10	330,20

6

CONEXÕES

Dimensões

Diâmetro Nominal pol. (")	Dimensões					
	45° Raio Longo	90° Raio Longo	90° Raio Curto	180° Raio Longo	180° Raio Curto	CAPS Tampão E
1/2	15,87	38,10	-	47,62	-	25,40
3/4	11,91	28,60	-	42,90	-	25,40
1	15,90	38,10	25,40	55,60	41,30	38,10
1 1/4	19,84	47,60	31,75	69,80	52,40	38,10
1 1/2	23,83	57,30	38,10	82,60	61,90	38,10
2	31,80	76,20	50,80	106,40	81,00	38,10
2 1/2	39,76	95,20	63,50	131,80	100,00	38,10
3	47,60	114,30	76,20	158,80	120,70	50,80
3 1/2	55,60	133,40	88,90	184,20	139,70	63,50
4	63,50	152,40	101,60	209,60	158,80	63,50
5	79,40	190,50	127,00	261,90	196,80	76,20
6	92,30	228,60	152,40	312,70	236,50	88,90
8	127,00	304,80	203,20	414,30	312,70	101,60
10	158,80	381,00	254,00	517,50	390,50	127,00
12	190,50	457,20	304,80	619,10	466,70	152,40
14	222,22	533,40	355,60	711,20	533,40	165,10
16	254,00	609,60	406,40	812,90	609,60	177,80
18	285,80	685,80	457,20	914,40	685,80	203,20
20	317,50	762,00	508,00	1016,00	762,00	228,60
24	381,00	914,40	609,60	1219,00	914,40	266,70

7

8



ANEXO C – Manual da Bomba



O novo grau de conforto

LEIA O MANUAL DE INSTALAÇÃO E DO USUÁRIO ATENTAMENTE ANTES DE UTILIZAR O PRODUTO

MANUAL DE INSTALAÇÃO E DO USUÁRIO

PRESSURIZADOR PARA
REDE HIDRÁULICA

Certificado de Garantia

MODELOS

RB7BC120BZ1V e RB7BC120BZ2V

Fabricado na China
Distribuído por: Rheem do Brasil Com. e Dist.
de Ar Cond. e Aquecimento Ltda.
CNPJ: 10.755.792/0001-68
Av. Queiroz Filho, nº 1700, Torre A - 7º. And. Conj. 707 | Vila Hambúrguesa | CEP: 05319-000
São Paulo - SP - 05083-010
Tel.+55 11 3025-0707 | www.rheem.com.br



O novo grau de conforto

www.rheem.com.br

Parabens por escolher a Rheem

Em respeito à sua escolha, informamos que a Bomba de Circulação e de Pressurização Rheem são fabricadas na China com tecnologia de ponta, com a mesma qualidade e eficiência que se fabricam nossos produtos da linha de Aquecedores de Passagem a Gás, mantendo assim níveis mundiais de qualidade dos produtos fabricados ou comercializados pela Rheem. Deixamos a seu dispor nossa rede de atendimento e estrutura de pós-venda.

Leia atentamente e conserve este Manual, de modo a facilitar a sua consulta posterior.

Especificações Gerais

RB7BC120BZ1V e RB7BC120BZ2V é uma bomba hidráulica para pressurização de água em residenciais. A bomba fornece uma pressão adicional para chuveiros, torneiras e pontos de saída semelhantes para uso doméstico.

! ATENÇÃO

Esta bomba só deve ser instalada por profissionais capacitados. Sob pena de perda de GARANTIA.
Este aparelho não se destina a utilização por pessoas (inclusive criança) com capacidade físicas, sensoriais ou mentais reduzidas; ou, por pessoas com falta de experiência e conhecimento (a menos que tenham recebido instruções referentes à utilização do aparelho, ou estejam sob a supervisão de uma pessoa responsável pela sua segurança).

CARACTERÍSTICAS

- Estator encapsulado em aço inox;
- Bomba pode ser ajustada em 'Manual', 'Automático' ou 'Off'.
- Fácil instalação e manutenção;
- Funcionamento automático (com uso de fluxostato);
- Baixo nível de ruído;
- Dimensões compactas;
- Motor e mancais refrigerados a água;
- Seletor de modo (funcionamento em modo automático ou manual);
- Dispositivo térmico de segurança no motor.

! ATENÇÃO

O pressurizador não deve receber água diretamente da rede da rua. O excesso de pressão danificará o conjunto.
Assegurar a perfeita vedação da tubulação. A entrada de ar falso poderá causar danos ao conjunto.
Utilizar o mínimo possível de conexões. Evitar o uso de joelhos, preferir as curvas. Evitar a incidência de sujeiras dentro do pressurizador. É exigido a utilização de um filtro de linha "Y" na entrada da bomba, sob pena da perda da garantia.
Ler atentamente o manual de instalação.
Nunca utilize cola líquida para vedação da rosca, use somente fita Teflon.

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

Tensão:	110V	220V
Frequência:	60 Hz	60 Hz
Classe de Proteção:	IP 42	IP 42
Temperatura máxima:	60°C	60°C
Classe de Isolamento:	F	F
Pressão max. int. sucção:	6 bar	6 bar
Capacitância:	8 µF	3 µF
Corrente:	1.04 A	0,52 A
Temperatura máxima (Modo Manual):	100°C	100°C
Potência (w):	120	120

! ATENÇÃO

O pressurizador deve ter um disjuntor exclusivo, todo o equipamento elétrico deve ser aterrado, assim como a rede elétrica do local deve estar protegida com disjuntores e/ou fusíveis, as instalações elétricas devem atender a legislação brasileira - ABNT NBR5410.
Instalação obrigatória no circuito elétrico de alimentação, um dispositivo de corrente diferencial residual (DR) com a corrente diferencial nominal de operação não excedendo 30mA. Consulte o seu eletricista, e realizar a limpeza periódica dos filtros.
Verificar se a tensão (voltagem da rede elétrica) é a mesma do pressurizador.
Utilizar bitolas de cabos compatíveis com as correntes elétricas do pressurizador. Obrigatório a instalação com o fio terra, isolando todas as conexões elétricas. Em caso de falha, não insistir em tentativas seguidas de acionamento, o que poderá danificar o pressurizador.

CONDIÇÕES DE FLUXO

O seletor da bomba pode ser definida como as posições OFF, AUTO e MANUAL. Recomenda-se SEMPRE utilizar a bomba no modo 'AUTO'.

* Quando o seletor estiver na posição MANUAL, pelo menos uma torneira deve ser aberta. Caso contrário, o líquido bombeado pode ter sua temperatura demasiadamente aumentada prejudicando o equipamento podendo ocasionar superaquecimento e queima do motor, além de danos à tubulação.

Posição do Selector	Ação de Bomba
I OFF	Desligada
II AUTO	Inicia automaticamente ao abrir a torneira e desliga ao fechar a torneira
III MANUAL	Funciona continuamente (mesmo se as torneiras forem fechadas).

Corpo da bomba: Latão

Conexões: >1/2" BSP

Voltagem: 110 ou 220V monofásico.

(Verifique a voltagem na etiqueta do aparelho).

Freqüência: 60 Hz

Rosca Bomba: 3/4"

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO

Após a instalação do pressurizador, deverá ser feita a purga (retirada de ar) que fica no interior do pressurizador. Este procedimento deve ser feito antes do pressurizador trabalhar pela primeira vez, como mostram as figuras abaixo:



1. A chave seletora deve estar na posição "AUTO"



2. Inserir o plugue do cabo de força na tomada

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO



3. Abrir o ponto de consumo, liberando a passagem de água e acionando a bomba

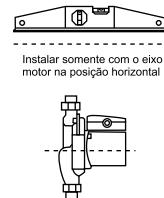
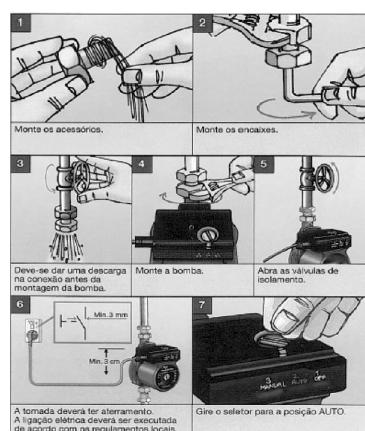


4. Inserir a chave na ranura e girar no sentido anti-horário



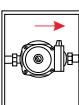
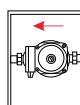
5. Purgar o ar soltando 0 parafuso

POSIÇÃO DE MONTAGEM



Instalar somente com o eixo motor na posição horizontal

Posições corretas para instalação



APLICAÇÃO

Esta bomba não deve ser instalada em um ambiente com elevado índice de umidade. Os cabos e os componentes eléctricos devem permanecer protegidos de algum eventual vazamento no funcionamento e/o montagem.

ATENÇÃO

Nunca instalar a bomba na saída de aquecedores de água, v. Se a bomba for instalada em uma tubulação onde possam ocorrer bolhas de ar é recomendável instalar um respiro automático (purgador). V. A bomba deve ser instalada em locais protegidos do sol, chuva, entre outras condições climáticas adversas. Deve-se providenciar um ponto de drenagem de água em local próximo da bomba para manutenção e eventuais vazamentos.

CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO**1. Líquidos Bombeados**

RB7BC120BZ1V e RB7BC120BZ2V é adequado para bombeamento de:

- Água doce.
- Água potável sem aditivos químicos.
- Água potável clorada.

A bomba não pode ser utilizada para a transferência de líquidos inflamáveis, como óleo diesel, gasolina ou líquidos similares.

2. Temperaturas do ambiente

Bombas Standard	Max °C	Min °C
Temperatura do ambiente	40	2

3. Pressão de operação

Máxima (6 bar).

4. Tensão de operação

O motor deve operar dentro dos limites de +- 6% da voltagem nominal do motor. Caso o motor opere abaixo ou acima desses limites, pode ocorrer superaquecimento e dificuldade na partida.

5. Pressão de entrada

Para evitar ruídos de cavitação e o risco de dano para a bomba, uma pressão mínima de 2,0m ou 0,2 bar é necessária no porto de sucção da bomba durante o funcionamento.

6. Localização da bomba

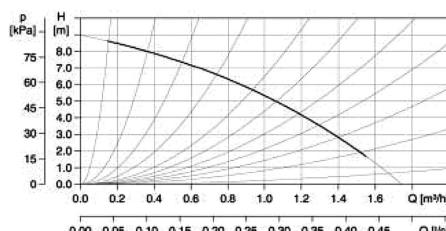
O ambiente deve ser não-agressivo e a atmosfera não explosiva. Umidade relativa do ar máxima de 95%.

7. Capacidade de vazão.

Capacidade Máxima = 26 L/min

TEMPERATURA E DESENHO

A temperatura ambiente deve ser mais baixa que a temperatura média interna do pressurizador.



Segue abaixo uma tabela com os problemas mais comuns e suas respectivas soluções. Lembramos que, caso haja alguma anomalia aqui não registrada ou os problemas persistirem, recomendamos entrar em contato com a Assistência Técnica RHEEM.

PROBLEMAS	CAUSAS	SOLUÇÕES
A bomba não liga.	Seletor na posição OFF	Girar o seletor para a posição AUTO ou MANUAL
Fluxo baixo demais para acionar o fluxostato (o fluxo deve ser maior que 1,8 l/min).		Girar o seletor para a posição MANUAL.
Falha no fornecimento de energia elétrica.	Verificar fusíveis, disjuntores e possíveis conexões elétricas mal conectadas.	
Bomba travada.		Retirar o parafuso de purga e girar o eixo com uma chave de fenda inserida na ranhura do eixo da bomba.
Impurezas no fluxostato.		Remover o cabeçote da bomba, a tampa do fluxostato e limpar as peças.
A bomba funciona, mas não produz pressão.	Válvula principal fechada.	Abrir a válvula principal.
	Ar no sistema.	Deixar a bomba funcionar por alguns minutos com a torneira aberta.
	Impurezas na bomba.	Desmontar e limpar a bomba.
Ruído na bomba.	Ar no sistema.	Deixar a bomba funcionar por alguns minutos com a torneira aberta.
A bomba não para ao fechar a torneira	Seletor na posição MANUAL.	Girar o seletor na posição OFF ou AUTO.
	Impurezas no fluxostato.	Remover o cabeçote da bomba, a tampa do fluxostato e limpar as peças.

CERTIFICADO DE GARANTIA

PROPRIETÁRIO:

Nome: _____
 Endereço: _____
 CEP: _____ Cidade: _____ UF: _____

GARANTIA LEGAL E CONTRATUAL:

1. Rheem do Brasil concede, pelo período 21 (vinte e um) meses, uma garantia contratual, além da garantia legal de 03 (três) meses, totalizando um período de 24 (vinte e quatro) meses (2 anos) de garantia, a contar da data de emissão da Nota Fiscal de compra, para a reparo e/ou substituição do presente equipamento, e respectivos componentes, no caso de defeitos de material ou de fabricação, constatado por Serviço Autorizado e/ou Credenciado da Rheem do Brasil.

1.1. A garantia contratual de 24 (vinte e quatro) meses, prevista na Cláusula 1 supra somente será concedida no caso do equipamento ter sido instalado por um Serviço Autorizado e/ou Credenciado da Rheem do Brasil.

Atenção: Caso o produto seja instalado com empresa não credenciada/autorizada da fabricante, o prazo de garantia do equipamento e respectivas peças se limitará ao prazo legal de 03 (três) meses, conforme o Código de Defesa do Consumidor (Lei nº 8078/1990).

1.2 Quando o equipamento for utilizado em aplicações que fogem da destinação normal do produto, com uso de água a garantia é perdida.

1.3 Durante o período de garantia previsto na Cláusula 1, as peças e componentes avariados serão encaminhados para conserto e/ou substituídos sem qualquer custo ao proprietário, com exceção do previsto na Cláusula 1.4 e Cláusula 9.

1.4 Sendo contratado pelo Serviço Autorizado e/ou Credenciado da Rheem do Brasil (ou departamento técnico da fabricante) que o defeito no pressurizador e/ou no respectivo componente decorre de mau uso e/ou pela inobservância de quaisquer da exigências e recomendações previstas no presente Certificado de Garantia, caberá ao proprietário arcar com os custos das peças componentes avariados.

1.5 O presente equipamento não deve ser instalado e operado caso a etiqueta de características tiveram sido removidas ou estiverem alterados e/ou rasurados, sob pena, inclusive, de perda de garantia.

1.6 Esta garantia é válida apenas no território da República Federativa do Brasil.

2. A Rheem do Brasil concede também uma garantia contatual de mão de obra de e atendimento técnico pelo período de 12 (doze) meses, com inicio a partir da emissão da nota fiscal de compra de aparelho. Ao final do período de garantia da mão de obra, será cobrada do proprietário uma taxa pelo serviço e atendimento técnico autorizado.

3. A Rheem do Brasil tem o prazo de 30 (trinta) dias para realizar o atendimento para o reparo e/ou substituição do equipamento e/ou respectivos componentes que apresentar defeito do material e/ou de fabricação.

4. O proprietário arcará com as despesas com transporte (ida e volta) e respectivo seguro para reparo nos equipamentos.

5. O equipamento e respectivos componentes somente poderão ser remetidos a fábrica, para análise e constatação do defeito após autorização, por escrito, do proprietário.

Causas de cancelamento da garantia contratual:

6. A garantia será automaticamente cancelada dos defeitos causados por culpa exclusiva do proprietário e/ou de terceiro(s), assim como nas seguinte situações:

- a) Instalação e/ou conserto efetuados por pessoas, físicas ou jurídicas, não autorizadas ou credenciadas pela Rheem do Brasil.
- b) Instalação e/ou conserto efetuados fora da especificações indicadas no Manual de Instrução e do Usuário, ou o aparelho apresentar sinais de violação.
- c) Danos em consequência da utilização inadequada e/ou abusiva do equipamento, ou por descuido no manuseio, transporte ou remoção do aparelho.
- d) Desgaste do aparelho pelo uso inadequado de peças e/ou componentes adquiridos de outra marca/fabricante, bem como danos, mau funcionamento ou falhas resultantes do uso de quaisquer acessórios não autorizados pela Rheem do Brasil.
- e) Não apresentação do Certificado de Garantia devidamente preenchido e da respectiva Nota Fiscal de compra.
- f) Quando o equipamento apresentar a etiqueta de características alterada, ou removidas.
- g) Transferência do equipamento do seu local original de instalação, com a sua desmontagem, remoção e/ou reinstalação, sem o registro de autorização de transferência da Rheem do Brasil e realização dos atos de desinstalação, remoção, reinstalação sem um Serviço Autorizado da Rheem do Brasil.
- h) Danos causados ao aparelho decorrentes da não observância das recomendações constantes no Manual de Instalação e do Usuário.
- i) Danos causados pela instalação do aparelho em tensão diferente da especificada na placa de identificação, por variação de tensão e/ou por descarga elétrica.

7. A garantia contratual será CANCELADA na hipótese de manutenção, conserto e/ou reparo equipamento realizado por pessoa física e/ou jurídica não autorizada pela Rheem do Brasil.

CLÁUSULAS GERAIS E RECOMENDAÇÕES:

8. O proprietário sempre deve consultar o Manual de Instalação e do Usuário, que acompanha o equipamento, além das Normas Técnicas previstas para esta espécie de produto para respectiva instalação e/ou sempre que for necessário o esclarecimento de dúvidas referentes a utilização do equipamento.

9. Durante o período de garantia, será cobrada a taxa de visita de deslocamento do técnico autorizado caso o serviço de garantia solicitado se mostre desnecessário.

10. O proprietário deve solicitar a assistência técnica assim que constatar qualquer falha no aparelho, sempre verificando se o aquecedor de água está dentro do Prazo de Garantia aplicável, a partir da data de emissão da Nota Fiscal de compra.

11. A garantia é vinculada ao equipamento e não finda com a eventual transferência de propriedade do produto, se esta ocorrer dentro do prazo de vigência da Garantia e observadas todas as normas e procedimentos constantes no presente certificado, em especial na Cláusula 6, item h, supra, e no Manual de Instalação e do Usuário.

ATENÇÃO:
 A garantia oferecida por este Certificado somente terá validade se o presente documento for devidamente preenchido no ato da venda e instalação do produto, e se respeitadas todas as condições previstas no Certificado e no Manual de Instalação e do Usuário.

O presente certificado deve ser apresentado em sua forma original, quando de cada solicitação de Garantia, acompanhado da nota fiscal de compra, também em via original.

O prazo de Garantia do Produto inicia-se na data constante da Nota Fiscal de compra (data de compra).

Se seu pressurizador estiver dentro do Prazo de Garantia entre em contato com o revendedor autorizado que o instalou para obter assistência no reparo ou substituição de peças conforme necessário.

Para identificar um Serviço Autorizado que faz parte da rede de assistência técnica da Rheem do Brasil, mais próximo de sua região e/ou de sua preferência, entre na página eletrônica na internet da Rheem do Brasil (www.rheem.com.br) ou ligue no telefone (11) 3025-0707.

DADOS DA COMPRA E INSTALAÇÃO:

Nota Fiscal nº: _____ Data: ____ / ____ / ____

Revendedor: _____

Produto/Modelo: _____

Tensão: _____

Nº de Série: _____ Data da instalação: ____ / ____ / ____

Declaro ter instalado o aparelho conforme descrito no Manual de

Instalação: _____

Nome do Instalador: _____

Tel. do instalador(_____) _____

Data da Instalação: ____ / ____ / ____

Carimbo do instalador:

Declaro estar ciente dos termos e condições previstos no presente certificado:

PROPRIETÁRIO: _____

ANEXO D – Especificações Técnicas dos Principais Componentes

D.1 Placa de Peltier

Thermonamic Module

**High Performance and Highly Reliable Solution
for Cooling and Heating Applications**

Specification of Thermoelectric Module

TEC1-07112

Description

The 71 couples, 40mm x 40mm size module is a single stage module which is made of our high performance ingot to achieve superior cooling performance and 70°C or larger delta Tmax, is designed for superior cooling and heating applications. Beyond the standard below, we can design and manufacture the custom made module according to your special requirements.

Features

- No moving parts, no noise, and solid-state
- Compact structure, small in size, light in weight
- Environmental friendly
- RoHS compliant
- Precise temperature control
- Exceptionally reliable in quality, high performance

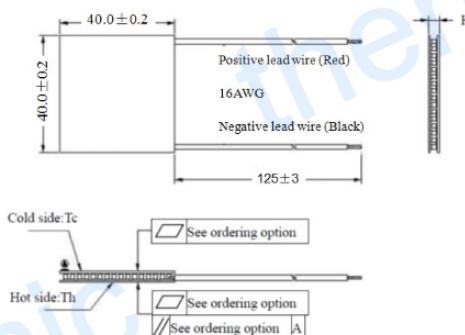
Application

- Food and beverage service refrigerator
- Portable cooler box for cars
- Liquid cooling
- Temperature stabilizer
- CPU cooler and scientific instrument
- Photonic and medical systems

Performance Specification Sheet

Th (°C)	27	50	Hot side temperature at environment: dry air, N ₂
DT _{max} (°C)	70	79	Temperature Difference between cold and hot side of the module when cooling capacity is zero at cold side
U _{max} (Voltage)	8.8	9.5	Voltage applied to the module at DT _{max}
I _{max} (Amps)	12.9	12.9	DC current through the modules at DT _{max}
Q _{Cmax} (Watts)	73.2	78.8	Cooling capacity at cold side of the module under DT=0 °C
AC resistance (Ohms)	0.52	0.54	The module resistance is tested under AC
Tolerance (%)	± 10		For thermal and electricity parameters

Geometric Characteristics Dimensions in millimeters



Manufacturing Options

A. Solder:

1. T100: BiSn (T_{melt}=138°C)
2. T200: CuSn (T_{melt}=227°C)

B. Sealant:

1. NS: No sealing (Standard)
2. SS: Silicone sealant
3. EPS: Epoxy sealant
4. Customer specify sealing

C. Ceramics:

1. Alumina (Al₂O₃, white 96%)
2. Aluminum Nitride (AlN)

D. Ceramics Surface Options:

1. Blank ceramics (not metallized)
2. Metallized

Ordering Option

Suffix	Thickness H (mm)	Flatness/ Parallelism (mm)	Lead wire length(mm) Standard/Optional length
TF	0:3.8± 0.1	0: 0.08/0.08	125±3/Specify
TF	1: 3.8 ± 0.05	1: 0.05/0.05	125±3/Specify
TF	2: 3.8 ± 0.03	2: 0.03/0.03	125±3/Specify

Eg. TF11: Thickness 3.8± 0.05 (mm) and Flatness 0.05/0.05 (mm)

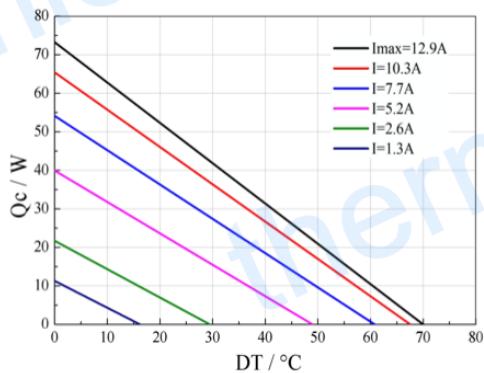
Thermonamic Module

High Performance and Highly Reliable Solution
for Cooling and Heating Applications

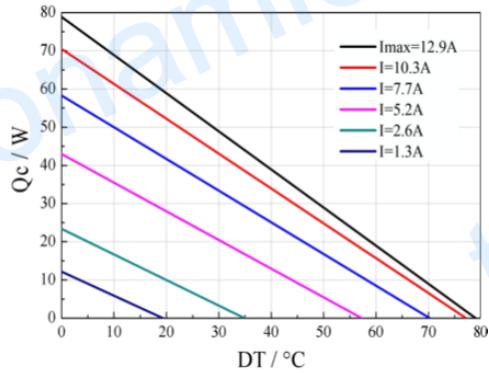
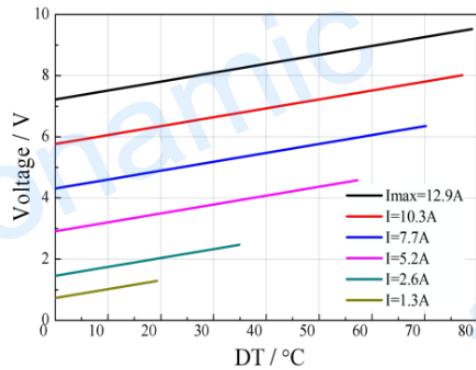
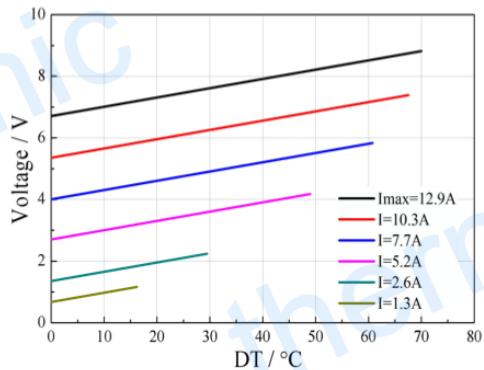
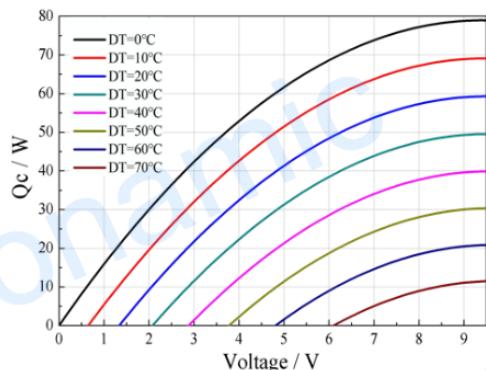
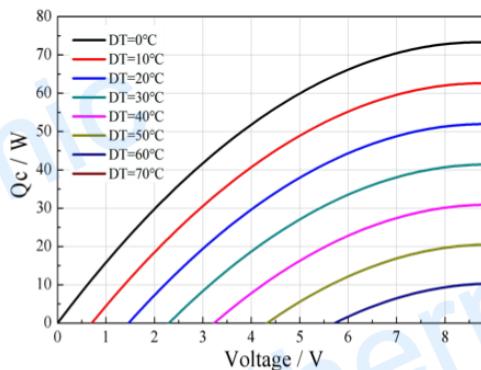
Specification of Thermoelectric Module

TEC1-07112

Performance Curves at Th=27 °C



Performance Curves at Th=50 °C

Standard Performance Graph $Q_c = f(DT)$ Standard Performance Graph $V = f(DT)$ Standard Performance Graph $Q_c = f(V)$

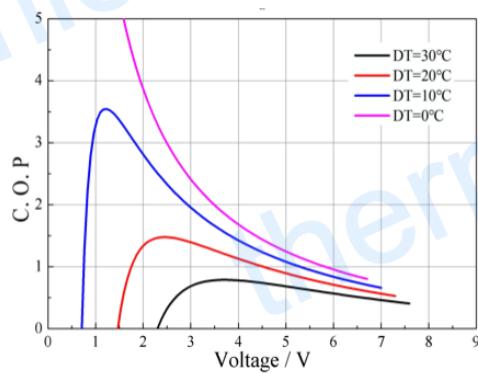
Thermonamic Module

High Performance and Highly Reliable Solution
for Cooling and Heating Applications

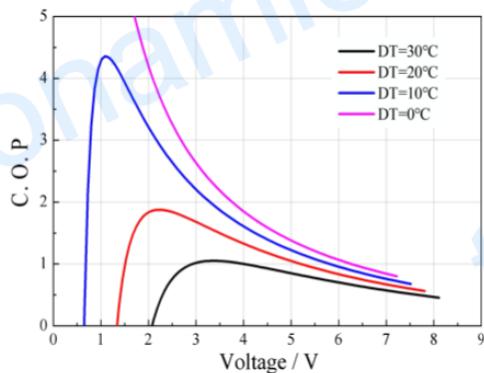
Specification of Thermoelectric Module

TEC1-07112

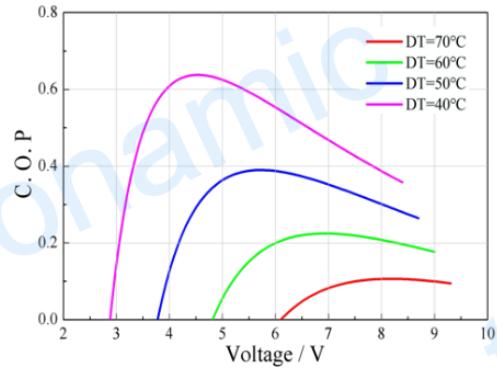
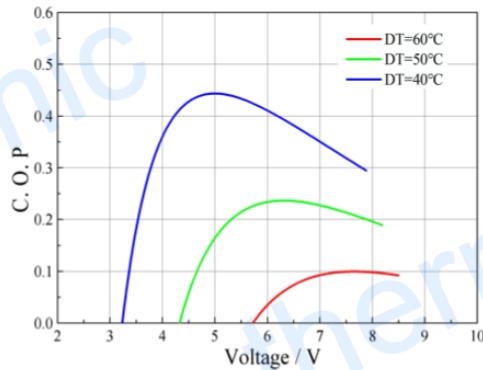
Performance Curves at Th=27 °C



Performance Curves at Th=50 °C



Standard Performance Graph COP = f(V) of DT ranged from 0 to 30 °C



Standard Performance Graph COP = f(V) of DT ranged from 40 to 60/70 °C

Remark: The coefficient of performance (COP) is the cooling power Qc/Input power (V × I).

Operation Caution

- Attach the cold side of module to the object to be cooled
- Attach the hot side of module to a heat radiator for heat dissipating
- Operation below I_{max} or V_{max}
- Work under DC

Note: All specifications subject to change without notice.

D.2 Fonte da Placa de Peltier



Funcionamento

- Entrada 110 / 220 VCA selecionável
- Proteções contra curto-circuito, sobrecarga e sobre tensão
- Resfriamento por convecção do ar
- LED indicador de energização
- Temperatura ambiente de operação de até 60 °C
- Alta eficiência, longa vida e alta confiabilidade

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Modelo	HS-250-12	HS-250-24
Tensão de saída	12 V	24 V
Corrente nominal	20 A	10 A
Ripple máximo	100 mV	100 mV
Ajuste de tensão	10%	10%
Regulação de linha	1,0%	
Regulação de carga	1,0%	
Tensão de entrada selecionável	85 a 132 (110 VCA) / 180 a 264 (220 VCA)	
Frequência de entrada		47 a 63 Hz
Corrente de entrada	3,6 A (110V) 1,8 A (220V)	
Temperatura de operação		-10°C a +60°C
Umidade	20 a 90% (não condensante)	
Dimensões	199 x 110 x 50 mm	

D.3 Sensor de Temperatura



MLX90614 family
Single and Dual Zone
Infra Red Thermometer in TO-39

Features and Benefits

- Small size, low cost
- Easy to integrate
- Factory calibrated in wide temperature range:
-40 to 125 °C for sensor temperature and
-70 to 380 °C for object temperature.
- High accuracy of 0.5°C over wide temperature range (0..+50°C for both Ta and To)
- High (medical) accuracy calibration
- Measurement resolution of 0.02°C
- Single and dual zone versions
- SMBus compatible digital interface
- Customizable PWM output for continuous reading
- Available in 3V and 5V versions
- Simple adaptation for 8 to 16V applications
- Power saving mode
- Different package options for applications and measurements versatility
- Automotive grade

Applications Examples

- High precision non-contact temperature measurements;
- Thermal Comfort sensor for Mobile Air Conditioning control system;
- Temperature sensing element for residential, commercial and industrial building air conditioning;
- Windshield defogging;
- Automotive blind angle detection;
- Industrial temperature control of moving parts;
- Temperature control in printers and copiers;
- Home appliances with temperature control;
- Healthcare;
- Livestock monitoring;
- Movement detection;
- Multiple zone temperature control – up to 100 sensors can be read via common 2 wires
- Thermal relay/alert
- Body temperature measurement

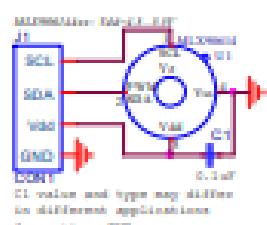
Ordering Information

Part No.	Temperature Code	Package Code	- Option Code
MLX90614	E (-40°C to 85°C) K (-40°C to 125°C)	SF (TO-39)	- X X X (1) (2) (3)
(1) Supply Voltage/ Accuracy	(2) Number of thermopiles:	(3) Package options:	
A - 5V B - 3V C - Reserved D - 3V medical accuracy	A - single zone B - dual zone C - gradient compensated*	A - Standard package B - Reserved C - 35° FOV F - 10° FOV	



Example:
MLX90614ESF-BAA * : See page 2

1 Functional diagram



MLX90614 connection to SMBus

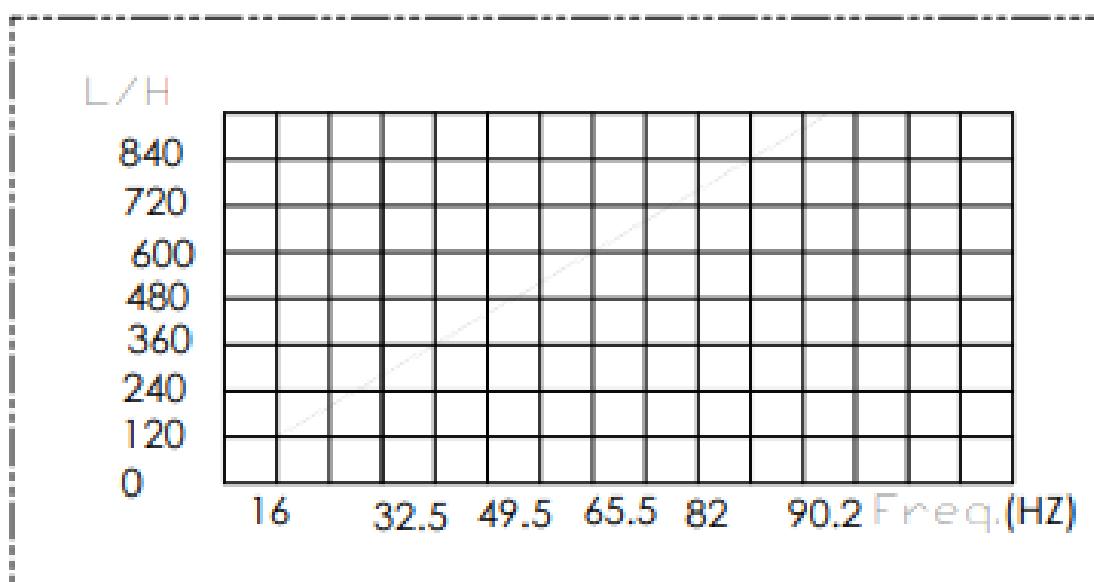
Figure 1 Typical application schematics

2 General Description

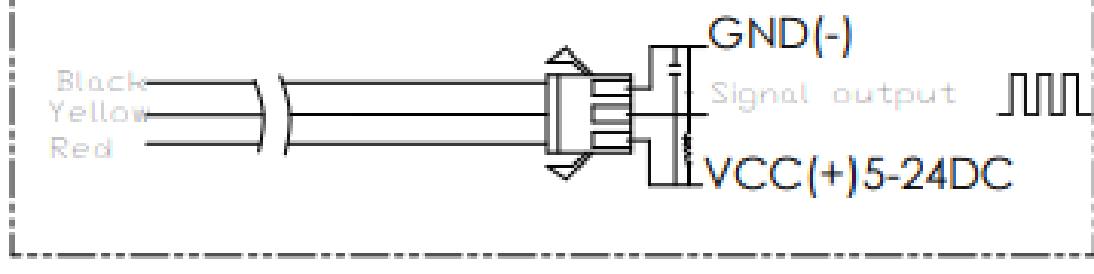
The MLX90614 is an Infra Red thermometer for non contact temperature measurements. Both the IR sensitive thermopile detector chip and the signal conditioning A/DC are integrated in the same TO-39 can. Thanks to its low noise amplifier, 17-bit ADC and powerful DSP unit, a high accuracy and resolution of the thermometer is achieved. The thermometer comes factory calibrated with a digital PWM and SMBus (System Management Bus) output. As a standard, the 10-bit PWM is configured to continuously transmit the measured temperature in range of -20 to 120 °C, with an output resolution of 0.14 °C and the POR default is SMBus.

D.4 Sensor de fluxo

Flow-Pulse	Flow-Curve	Connection method
— Flow Range: 100L/H-1800L/H		
Flow (L/H)	Frezq.(Hz)	Error range
120L/H	16	± 10
240L/H	32.5	
360L/H	49.3	
480L/H	65.5	
600L/H	82	
720L/H	90.2	



Connection method:



YIFA the plastics Ltd Product Introduction

1. Model: YF-21

2. Product Name: Hall sensor

3. Flow Range: 1-30L/MIN

4. (1) Connection Method



(2) Voltage Range 3.5-24VDC, Pulse Characteristic: $f=7Q(L/MIN)$.

(3) Extent of error: $\pm 5\%$.

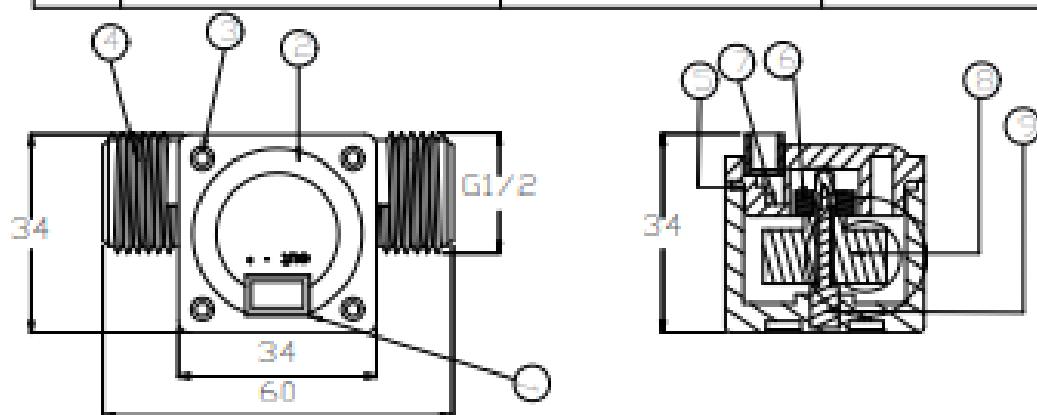
(4) Flow-Pulse

2L/MIN=16HZ 4L/MIN=32.5HZ 6L/MIN=49.3HZ

8L/MIN=65.5HZ 10L/MIN=82HZ

5. Bom

No.	Item	Material	Qty.
1	Connection wire		1
2	Bonnet	PA	1
3	Screw		4
4	Valve body	PA	1
5	Leak press valve		1
6	Magnet		1
7	Hall		1
8	Impeller	POM	1
9	Rustless steel axis	SUS304	1
10			
11			



D.5 Relé

SONGLE RELAY

 松乐继电器 SONGLE RELAY	RELAY ISO9002	SRD
---	---------------	-----



1. MAIN FEATURES

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for high density P.C. board mounting technique.
- UL, CUL, TUV recognized.
- Selection of plastic material for high temperature and better chemical solution performance.
- Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

2. APPLICATIONS

- Domestic appliance, office machine, audio, equipment, automobile, etc.
(Remote control TV receiver, monitor display, audio equipment high rushing current use application.)

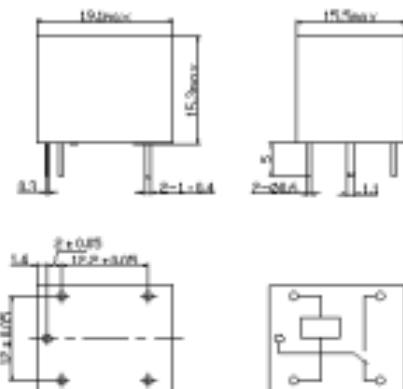
3. ORDERING INFORMATION

SRD	XX VDC	S	L	C
Model of relay	Nominal coil voltage	Structure	Coil sensitivity	Contact form
SRD	03, 05, 06, 09, 12, 24, 48VDC	S:Sealed type F:Flux free type	L:0.36W D:0.45W	A:1 form A B:1 form B C:1 form C

4. RATING

CCC	FILE NUMBER:CH0052885-2000	7A/240VDC
CCC	FILE NUMBER:CH0036746-99	10A/250VDC
UL/CUL	FILE NUMBER: E167996	10A/125VAC 28VDC
TUV	FILE NUMBER: R9933789	10A/240VAC 28VDC

5. DIMENSION (unit:mm) DRILLING (unit:mm) WIRING DIAGRAM



6. COIL DATA CHART (AT20°C)

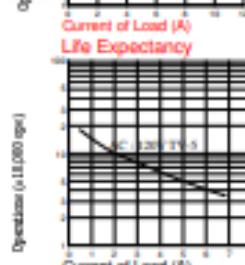
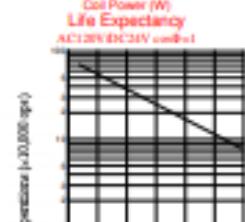
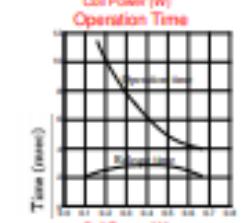
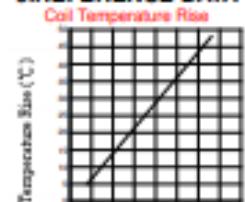
Coil Sensitivity	Coil Voltage Code	Nominal Voltage (VDC)	Nominal Current (mA)	Coil Resistance (Ω) $\pm 10\%$	Power Consumption (W)	Pull-In Voltage (VDC)	Drop-Out Voltage (VDC)	Max-Allowable Voltage (VDC)
SRD (High Sensitivity)	03	03	120	25	abt. 0.36W	75% Max.	10% Min.	120%
	05	05	71.4	70				
	06	06	60	100				
	09	09	40	225				
	12	12	30	400				
	24	24	15	1600				
	48	48	7.5	6400				
SRD (Standard)	03	03	150	20	abt. 0.45W	75% Max.	10% Min.	110%
	05	05	89.3	55				
	06	06	75	80				
	09	09	50	180				
	12	12	37.5	320				
	24	24	18.7	1280				
	48	48	10	4500		abt. 0.51W		

7. CONTACT RATING

Item	Type	SRD	FORM A
Contact Capacity Resistive Load ($\cos\phi=1$)		7A 28VDC 10A 125VAC 7A 240VAC	10A 28VDC 10A 240VAC
Inductive Load ($\cos\phi=0.4$ L/R=7msec)		3A 120VAC 3A 28VDC	5A 120VAC 5A 28VDC
Max. Allowable Voltage		250VAC/110VDC	250VAC/110VDC
Max. Allowable Power Force		800VAC/240W	1200VA/300W
Contact Material		AgCdO	AgCdO

8. PERFORMANCE (at initial value)

Item	Type	SRD
Contact Resistance		100m Ω Max.
Operation Time		10msec Max.
Release Time		5msec Max.
Dielectric Strength		
Between coil & contact		1500VAC 50/60HZ (1 minute)
Between contacts		1000VAC 50/60HZ (1 minute)
Insulation Resistance		100 M Ω Min. (500VDC)
Max. ON/OFF Switching	Mechanically	300 operation/min
	Electrically	30 operation/min
Ambient Temperature		-25°C to +70°C
Operating Humidity		45 to 85% RH
Vibration		
Endurance		10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Error Operation		10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Shock		
Endurance		100G Min.
Error Operation		10G Min.
Life Expectancy	Mechanically	10^7 operations. Min. (no load)
	Electrically	10^6 operations. Min. (at rated coil voltage)
Weight		abt. 10grs.

9. REFERENCE DATA

D.6 Bomba Recirculação

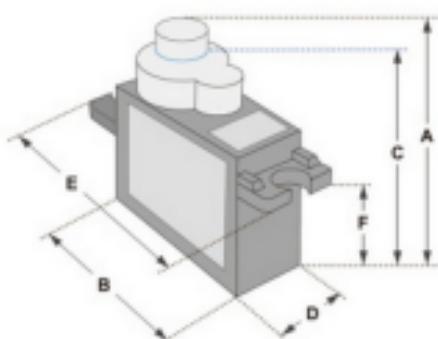
Parâmetros Técnicos	Bomba de Circulação 93W		Bomba de Circulação 120W	
	Modelos	Unidades	Modelos	Unidades
Tensão	RB7BC93BZ1V 127V	RB7BC93BZ2V 220V	RB7BC120BZ1V 127V	RB7BC120BZ2V 220V
Dimensões (A x L x P)	mm 130 x 123 x 122	mm 130 x 123 x 122	mm 240 x 140 x 105	mm 240 x 140 x 105
Peso	kg 2,4	kg 2,4	kg 2,8	kg 2,8
Frequência	Hz 60	Hz 60	Hz 60	Hz 60
Potência Máxima	(W) 93	(W) 93	(W) 120	(W) 120
Classe de Proteção	IP 42	IP 42	IP 42	IP 42
Temperatura Máxima	110°C	110°C	100°C	100°C
Classe de Isolamento	F	F	F	F
Pressão max. Int. Succção	Bar 10	Bar 10	Bar 6	Bar 6
Capacitância	uF 10	uF 3	uF 8	uF 3
Corrente	A 0.85	A 0.42	A 1.04	A 0.52
Vazão Máxima	L/min. 40	L/min. 40	L/min. 26	L/min. 26

D.7 Motor Insumos

SERVO MOTOR SG90 DATA SHEET



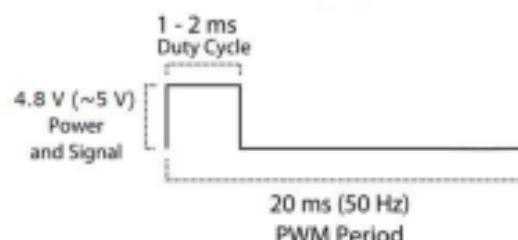
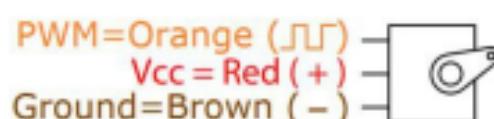
Tiny and lightweight with high output power. Servo can rotate approximately 180 degrees (90 in each direction), and works just like the standard kinds but smaller. You can use any servo code, hardware or library to control these servos. Good for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. It comes with a 3 horns (arms) and hardware.



Dimensions & Specifications

A (mm) :	32
B (mm) :	23
C (mm) :	28.5
D (mm) :	12
E (mm) :	32
F (mm) :	19.5
Speed (sec) :	0.1
Torque (kg-cm) :	2.5
Weight (g) :	14.7
Voltage :	4.8 - 6

Position "0" (1.5 ms pulse) is middle, "90" (~2ms pulse) is middle, is all the way to the right, "-90" (~1ms pulse) is all the way to the left.



D.8 Válvula Solenoide

Válvula Solenoide para Vapor SERIE 4213ITHUS

A Jefferson Engenharia trouxe para o mercado a **Válvula Solenoide de Vapor VS4213ITHUS**, com construção exclusiva para atender fluidos de alta temperatura especialmente em aplicações de vapor em indústria que trabalham com esse fluido como fonte de energia térmica. A Serie 4213ITHUS projetada para aplicações severas e sua concepção de vedação se dá através de um sistema de pistão de inox com vedação em PTFE e PK que se destaca por suportar temperatura de até 250°C a 12 bar de pressão, o corpo da válvula solenoide de vapor é construída em inox, com temperaturas de trabalho de até 100°C, suporta pressões de trabalho de 25 bar. Suas molas passam por um tratamento superficial e o material é de inox 316, garantido a vedação da válvula solenoide de vapor.

A onde é aplicada a Válvula Solenoide de Vapor

A Válvula Solenoide de Vapor da Série 4213ITHUS, pode ser empregada em diversos processos industriais, em linha de vapor, óleos térmicos, água quente, gases térmicos e fluido com temperaturas elevadas até 250°C que não seja corrosivo com o inox.

A Válvula Solenoide de Vapor possui um controle on/off de 2 vias, podendo trabalhar na concepção normal aberta ou normal fechada, com capacidade para um milhão de ciclos, permitindo controlar o fluxo do fluido e em processos mais simples a Serie 4213ITHUS é uma boa opção para controle de temperatura, nível e vazão. Suas bobinas são intercambiáveis podendo substituir uma tensão quando necessário sem a necessidade de trocar a válvula, as tensões disponíveis são 12 VCC / 24VCC / 110 VCA / 220VCA.

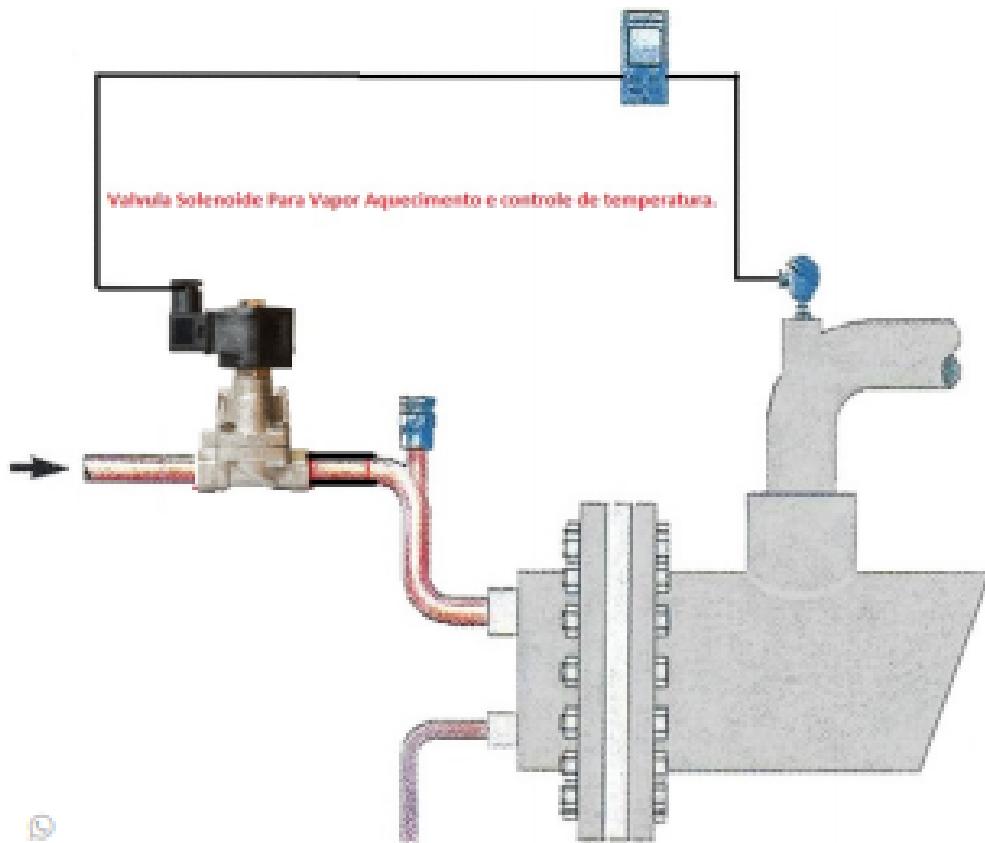
Locais mais utilizados - Válvula Solenoide para Vapor

- Em Lavanderias que usa agua quente como fonte de energia para limpeza dos vestuários, roupa de cama, mesa e banho utiliza o modelo 3513ITHUS para controlar temperatura e o fluxo, muitas lavanderias possui caldeira a vapor.
- Em cervejarias e refrigerantes utiliza a Serie 4213ITHU na lavadora de garrafa que tem o vapor como fonte de aquecimento dos produtos químicos, a válvula solenoide para vapor, nesse caso tem como função controlar a temperatura da agua e da soda.
- Em empresas de alimentos que possui tachos, extrusoras, tanques encamisados para aquecer a mistura que será processada, utiliza válvulas solenoide para vapor, que tem como função principal controlar a temperatura do alimento, ou do líquido; em laticínios de pequeno porte também pode ser empregada essas válvulas solenoide para pasteurizar o leite e seus derivados.
- Em Recauchutadora de pneus utilizamos válvula solenoide para vapor da Série 3513ITHUS para controlar a temperatura do vapor na vulcanização do pneu e remontagem garantido segurança e qualidade na borracha que receberá calor.
- Em Industria de ração animal utilizamos válvula solenoide para vapor no processo de extrusão , processo de corante líquido, na sala de caldeira e na remoagem.
- Em Industria farmacêutica de pequeno porte ou processos assépticos, utilizamos válvula solenoide para vapor em autoclaves, sala de caldeira, e torre de resfriamento.
- Em processo de criogenia, também podemos aplicar a válvula solenoide para vapor da Série 3513ITHUS , porém é substituído a vedação e realizado uma retifica no pistão de vedação para suportar temperatura negativa de -196°C , e a mesma também recebe uma limpeza especial que pode ser ar a em rede de oxigênio.



Característica Técnica da Válvula Solenoide para Vapor

- **Válvula Solenoide de Vapor 2/2 vias piloto operada com vedação tipo Pistão**
- Serie do Modelo VS4213ITHUS
- Normal Fechada e Normal aberta
- Material de construção do corpo e tampa em Aço Inox 304, mola e pistão em Aço Inox 316, com vedação em TEFLON
- Pressão Máxima de trabalho 30 Bar com temperatura até 100°C
- Pressão mínima 0,5 Bar
- Temperatura máxima de 240°C com pressão de até 12 bar
- Temperatura mínima Negativa - 196°C
- Pode trabalhar na Horizontal e vertical, porém recomendamos para uma melhor performance da válvula solenoide para vapor trabalhar na posição horizontal e com filtro Y para proteger a sede de PTFE de possíveis sujeiras na rede.
- **Voltagem: 220VAC/230VAC/240VAC/110VAC/24VAC 50/60HZ 24VDC/12VDC; Voltagem tolerada +10% to - 10 % applicable voltagem**
- **Conexões disponível 1/2", 3/4", 1", 1.1/2", 2" Rosca BSP e (NPT por encomenda.)**

Válvula Solenoide de Vapor - Desenho típico de uma aplicação para controlar temperatura**D.9 CABO FLEX SILNAX 90°C 0,6/1kV**

Certificado de Conformidade

Certificate of Compliance • Certificado de Conformidade
Certificado nº: TÜV 20.0151
Certificate /Certificado nº
Revisão: 01
Review/Revisión
Válido até: 23/01/2022
Valid Until/ Válido Hasta
Emitido em: 23/01/2020
Assued/ Emitido

Lista De Modelos

Marca <i>Brand ♦ Marca</i>	Modelo <i>Model ♦ Modelo</i>	Descrição <i>Description ♦ Descripción</i>	Código de Barras GTIN <i>GTIN Barcode ♦ Código de Barras GTIN</i>
ELÉTRICA DANUBIO	CABO FLEX SILNAX 90°C 0,6/1kV Cobre/HEPR/PVC - Seção: 1x1,5mm² a 1x300mm²	Cabo flexível de potência – cobre HEPR ST-2 – 0,6/1kV classe 4, Seção: 1x1,5mm² a 1x300mm²	Não Existente
ELÉTRICA DANUBIO	CABO FLEX SILNAX 90°C 0,6/1kV Cobre/HEPR/PVC - Seção: 2x1,5mm² a 2x300mm²	Cabo flexível de potência – cobre HEPR ST-2 – 0,6/1kV classe 4, Seção: 2x1,5mm² a 2x300mm²	Não Existente
ELÉTRICA DANUBIO	CABO FLEX SILNAX 90°C 0,6/1kV Cobre/HEPR/PVC - Seção: 3x1,5mm² a 3x300mm²	Cabo flexível de potência – cobre HEPR ST-2 – 0,6/1kV classe 4, Seção: 3x1,5mm² a 3x300mm²	Não Existente
ELÉTRICA DANUBIO	CABO FLEX SILNAX 90°C 0,6/1kV Cobre/HEPR/PVC - Seção: 4x1,5mm² a 4x300mm²	Cabo flexível de potência – cobre HEPR ST-2 – 0,6/1kV classe 4, Seção: 4x1,5mm² a 4x300mm²	Não Existente

Natureza das revisões/Data:

Nature of Reviews/Date
Naturaleza de las revisiones/Fecha
Revisão 00:

21/01/2020 – Recertificação. Este certificado substitui e cancela o certificado de origem nº TÜV 18.0168 Rev 00.

Revisão 01:

17/06/2020 – Revisão para adequação do ano da norma.

