

Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA
Projeto Integrador de Engenharia 2

Track Cooler

Autores: Antonio Lucas Suzuk Aguiar, Bhia Cardoso, Byron Kamal, Bruno Carvalho, Douglas Silva, Gabriela Cristina Cardoso, Gabriel Henrique Chules, Gabriel Rolim, Gabriel Firmino, Igor Guimarães, Jennifer Gladys, João Victor Braz, Lucas Oliveira, Matheus de Andrade, Sannya Arvelos

Brasília, DF

2020



Antonio Lucas Suzuk Aguiar, Bhia Cardoso, Byron Kamal, Bruno Carvalho,
Douglas Silva, Gabriela Cristina Cardoso, Gabriel Henrique Chules, Gabriel
Rolim, Gabriel Firmino, Igor Guimarães, Jennifer Gladys, João Victor Braz,
Lucas Oliveira, Matheus de Andrade, Sannya Arvelos

Track Cooler

Trabalho submetido à disciplina de Projeto Integrador de Engenharia 2 referente ao **Ponto de Controle 3**, na Universidade de Brasília.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Alex Reis, José Felício da Silva, Ricardo M. Chaim, Rhander
Viana e Paolo Gessini

Brasília, DF

2020

Listade abreviaturas e siglas

ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
API	<i>Application Programming Interface</i>
BMS	<i>Battery Management System</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CAM	<i>Computer-Aided Manufacturing</i>
CNC	<i>Computer Numerical Control</i>
CC	Corrente Contínua
DC	Corrente Contínua
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
EAR	Estrutura Analítica de Risco
EMC	<i>Compatibilidade Eletromagnética</i>
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i>
GPIO	<i>General-Purpose Input/Output</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
LCD	<i>Liquid-Crystal Display</i>
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
PIN	<i>Personal Identification Number</i>
PLA	Poliácido Láctico
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PU	Poliuretano
PVC	Policloreto de Vinila
PWM	<i>Pulse-Width Modulation</i>

RPM	Rotações por Minuto
SD	<i>Secure Digital</i>
TPU	Poliuretano Termoplástico
USB	Universal Serial Bus
VCA	Tensão em Corrente Alternada
VDC	Tensão em Corrente Contínua

Listas de ilustrações

Figura 1 – Microcontrolador ESP-WROOM-32.	23
Figura 2 – Válvula solenoide.	24
Figura 3 – Representação do termômetro digital com resolução de 1-fio DS18B20.	24
Figura 4 – <i>Display</i> de cristal líquido 16x2 - LM016L.	25
Figura 5 – Módulo BTS7690	25
Figura 6 – Rele	26
Figura 7 – Módulo HMC5883l e Módulo GPS NEO6MV2	27
Figura 8 – Módulo sensor ultrassônico HCSR04	28
Figura 9 – Mensagem que o <i>display</i> LCD vai apresentar com as informações de temperatura e nível de bateria. Onde Temp é a temperatura em graus celsius, e Charge é a bateria em valor percentual.	31
Figura 10 – Trecho do código referente ao cálculo do <i>Duty cycle</i>	33
Figura 11 – Fluxograma do algorítimo do sistema eletrônico.	35
Figura 12 – Fluxograma das conexões do sistema eletrônico.	36
Figura 13 – CAD da PCB	39
Figura 14 – Layout da PCB	40
Figura 15 – Layout da PCB considerando o Plano Terra	40
Figura 16 – Esquemático do sistema eletrônico completo.	41
Figura 17 – Esquemático para o desenvolvimento da PCB	42
Figura 18 – Vista inferior e frontal do caminho dos fios do Track Cooler	43
Figura 19 – Caminho dos fios do sistema eletrônico do Track Cooler	43
Figura 20 – Organização de cores dos fios do sistema eletrônico	44
Figura 21 – Organização de cores dos fios do sistema eletrônico	45
Figura 22 – Vista superior e lateral do interior do <i>cooler</i> cheio de latas	46
Figura 23 – <i>Cooler</i> cheio de garrafas de 2 litros	47
Figura 24 – Versão final do Track Cooler	48
Figura 25 – Vista frontal da versão final	48
Figura 26 – Duto da válvula com o ralo	49
Figura 27 – Visão dos furos que permitem o ajuste da esteira	51
Figura 28 – Parafuso do ajuste da corrente	51
Figura 29 – Caixa dos componentes eletrônicos com as aberturas para o dissipador	52
Figura 30 – Tampas removíveis para manutenção dos sensores e <i>display</i> LCD	52
Figura 31 – Tampas de acesso para manutenção parafusadas	53
Figura 32 – Bloco de motor Ford em miniatura fatiado	54
Figura 33 – Sapata impressa em PLA	55
Figura 34 – <i>SolidWorks CAM</i>	56

Figura 35 – Pó para cementação utilizado	57
Figura 36 – CAD do molde da tampa aberto	58
Figura 37 – CAD do molde da tampa fechado	59
Figura 38 – CAD da Parte inferior do molde	59
Figura 39 – CAD da parte superior do molde da caixa térmica	60
Figura 40 – CAD do molde da caixa térmica desmontado	60
Figura 41 – CAD do molde da caixa térmica fechado	60
Figura 42 – Diagrama do plano de fabricação	61
Figura 43 – Vista explodida dos sensores, <i>display LCD</i> , e tampas de acesso aos sensores	62
Figura 44 – Visão explodida da válvula e luva com rosca	63
Figura 45 – Visão explodida das baterias e braços de fixação	64
Figura 46 – Visão explodida da caixa de componentes eletrônicos	64
Figura 47 – Vista superior do chassi e eixo de simetria	65
Figura 48 – Disposição dos eixos no chassi	65
Figura 49 – Eixo acoplado à redução	66
Figura 50 – Acoplamento do eixo dos pinhões	67
Figura 51 – Montagem das roldanas e da gangorra	67
Figura 52 – Montagem da esteira ao redor dos pinhões e das roldanas	68
Figura 53 – Bateria de íon-lítio 24V 36Ah	70
Figura 54 – Exemplo de circuito de proteção BMS	71
Figura 55 – Estágios durante o carregamento de baterias de Li-Íon	72
Figura 56 – Circuito bivolt com comutação automática	73
Figura 57 – Circuito retificador de tensão	73
Figura 58 – Circuito de carregamento da bateria	75
Figura 59 – Comportamento da tensão antes e após a ponte retificadora	76
Figura 60 – Corrente de carregamento em função da tensão da bateria	76
Figura 61 – Gate do transistor mosfet em função da tensão da bateria	77
Figura 62 – Diagrama bifilar do projeto	77
Figura 63 – Modelo do conversor DC-DC escolhido	78
Figura 64 – Localização dos componentes do sistema de alimentação	78
Figura 65 – Conector tipo P4 macho/fêmea	79
Figura 66 – Chave tipo gangorra	79
Figura 67 – Simulação de placa PCB para o circuito da fonte de carregamento	80
Figura 68 – Circuito completo da fonte de carregamento com identificação dos componentes para fabricação da placa PCB	81
Figura 69 – CAD com vista explodida da fonte de carregamento	81
Figura 70 – Diagrama de integração Travis CI e Github.	83
Figura 71 – Diagrama de integração React Native e AsyncStorage.	84

Figura 72 – Diagrama de Integração.	85
Figura 73 – Tela Principal do Aplicativo.	86
Figura 74 – Tela de Configurações do Aplicativo.	87
Figura 75 – Tela de Informações do <i>cooler</i>	88
Figura 76 – Tela de Conexão ao <i>cooler</i>	89
Figura 77 – Tela Quem Somos.	90
Figura 78 – Tela Sobre o Projeto.	91
Figura 79 – Diagrama de casos de uso.	93
Figura 80 – Diagrama Arquitetural de Software.	98
Figura 81 – Diagrama de Sequência - Fluxo Inicial.	99
Figura 82 – Diagrama de Sequência - Fluxo de Informação.	100
Figura 83 – Diagrama de Sequência - Fluxo de Acessibilidade.	101
Figura 84 – Diagrama de Sequência - Fluxo de Configuração.	102
Figura 85 – Diagrama de Estado - Cadastro.	103
Figura 86 – Diagrama de Estado - Usuário padrão.	103
Figura 87 – Diagrama de Pacotes.	104
Figura 88 – Diagrama de Comunicação.	104
Figura 89 – Comando de Voz.	106
Figura 90 – Mudar o Tamanho da Letra.	107
Figura 91 – Mudar de Contraste de Cores.	108
Figura 92 – Integração do subsistema de Eletrônica com o subsistema de Software .	109
Figura 93 – <i>Display LCD</i> integrado ao <i>cooler</i>	111
Figura 94 – Visão frontal mostrando o LCD e os sensores ultrassônicos	111
Figura 95 – Vista da parte inferior com a válvula, sensores ultrassônicos, caixa de circuitos e baterias	112
Figura 96 – Sensor de temperatura na parte interna	112
Figura 97 – Visão do interior com o duto para o escoamento da água	113
Figura 98 – Caixa dos componentes eletrônicos com os circuitos presos	113
Figura 99 – Vista explodida circuitos e caixa dos componentes eletrônicos	114
Figura 100 – Parte inferior da caixa com os dissipadores para o lado de fora	114
Figura 101 – Tampas de manutenção	115
Figura 102 – Localização do conector P4	115
Figura 103 – Carregador	116
Figura 104 – Integração de todos os subsistemas do Track Cooler	117
Figura 105 – Exemplo do funcionamento do GitFlow. Fonte: Autor	132
Figura 106 – Material isolante a ser simulado	137
Figura 107 – Track Cooler	138
Figura 108 – Vista explodida caixa térmica	139
Figura 109 – Vista explodida do sistema de escoamento	140

Figura 110 – Vista explodida do sistema de alimentação	141
Figura 111 – Vista explodida Sensores	142
Figura 112 – Vista explodida caixa de controle	143
Figura 113 – Vista explodida Componentes de controle	144
Figura 114 – Vista isométrica do chassi e sistema de locomoção	145
Figura 115 – Vista explodida do sistema de locomoção	146
Figura 116 – Vista explodida do conjunto de sapata, corrente e revestimento	147
Figura 117 – Desenho técnico tensionador	148
Figura 118 – Desenho técnico da caixa térmica	149
Figura 119 – Desenho técnico do pinhão	150
Figura 120 – Desenho técnico da haste da gangorra	151
Figura 121 – Desenho técnico do chassi	152
Figura 122 – Desenho técnico da cantoneira 1	153
Figura 123 – Desenho técnico da cantoneira 2	154
Figura 124 – Desenho técnico da caixa de componentes eletrônicos	155
Figura 125 – Desenho técnico do motor	156
Figura 126 – Desenho técnico do coxim	157
Figura 127 – Desenho técnico do freio	158
Figura 128 – Desenho técnico da redução	159
Figura 129 – Desenho técnico do rolamento	160
Figura 130 – Desenho técnico dos eixos	161
Figura 131 – Desenho técnico da sapata	162
Figura 132 – Desenho técnico do revestimento da sapata	163
Figura 133 – Desenho técnico dos elos da corrente	164
Figura 134 – Desenho técnico da tampa de manutenção	165
Figura 135 – Plano de furos para a caixa externa	166
Figura 136 – Desenho técnico do molde do porta-copos	167
Figura 137 – Visão explodida do molde da caixa térmica	168
Figura 138 – Desenho técnico do molde externo	169
Figura 139 – Desenho técnico do molde interno	170
Figura 140 – Vista isométrica do molde da tampa	171
Figura 141 – Desenho técnico do molde superior da tampa	172
Figura 142 – Desenho técnico do molde inferior da tampa	173
Figura 143 – Desenho técnico dos moldes dos sensores, <i>display LCD</i> eduto de esco- amento	174
Figura 144 – Desenho técnico carcaça do carregador	175
Figura 145 – Dashboard do Aplicativo	184
Figura 146 – Botão Info do Aplicativo	185
Figura 147 – Tela Info do Aplicativo	185

Figura 148 – Botão de Configuração do Aplicativo.	186
Figura 149 – Tela de Configuração do Aplicativo.	186
Figura 150 – Mudança de Constraste do Aplicativo.	187
Figura 151 – Botão de Conexão do Aplicativo.	187
Figura 152 – Tela de Conexão do Aplicativo.	188
Figura 153 – Botão de Escoamento do Aplicativo.	188
Figura 154 – Botão Quem Somos do Aplicativo.	188
Figura 155 – Tela Quem Somos do Aplicativo.	189
Figura 156 – Botão Sobre o Projeto do Aplicativo.	189
Figura 157 – Tela Sobre o Projeto.	190
Figura 158 – Tela de Alerta caso o <i>cooler</i> seja desconectado.	190
Figura 159 – Ativação dos comandos de voz.	191
Figura 160 – Assembly da placa	194
Figura 161 – Plano de furos e localização das trilhas.	194
Figura 162 – Gerber da parte de cima da PCB.	195
Figura 163 – Gerber da parte de baixo PCB.	195
Figura 164 – Tabela de auto avaliação da equipe, para o cálculo final, foram usados os critérios indicados no plano de ensino (1)	197

Lista de tabelas

Tabela 1 – Descrição das características técnicas da válvula do compartimento de vazão de água	23
Tabela 2 – Descrição das características técnicas do <i>driver</i> de alta corrente para aplicações de motores - BTS7690	25
Tabela 3 – Descrição das características técnicas do módulo GPS GY-NEOMV2	26
Tabela 4 – Descrição das características técnicas da bússola digital HMC5883L	27
Tabela 5 – Descrição das características técnicas do módulo sensor ultrassônica HCSR04	27
Tabela 6 – Relação de saída da temperatura	28
Tabela 7 – Informações de engenharia do sistema eletrônico	36
Tabela 8 – Conexão dos terminais dos componentes no controlador do projeto	37
Tabela 9 – Informação da alimentação de todos os componentes do sistema eletrônico	39
Tabela 10 – Parâmetros técnicos da PCB	39
Tabela 11 – Relação dos componentes com o comprimento e quantidade dos seus respectivos fios	45
Tabela 12 – Informações de engenharia	53
Tabela 13 – Peças fabricadas e material utilizado para fabricação	54
Tabela 14 – Quadro de demanda de carga do projeto	69
Tabela 15 – Tabela de manutenção preventiva	176
Tabela 16 – Tabela de manutenção corretiva	177
Tabela 17 – Tabela de custos do projeto	198

Sumário

1	TERMO DE ABERTURA DO PROJETO (TAP)	15
1.1	Objetivos	15
1.1.1	Geral	15
1.1.2	Específico	15
1.2	Premissas	16
2	INTRODUÇÃO	18
3	REQUISITOS	19
3.1	Requisitos Estrutura	19
3.2	Requisitos Eletrônica	20
3.3	Requisitos Software	21
4	SISTEMAS ELETRÔNICO	23
4.1	Solução do projeto e dados de engenharia	23
4.2	Execução do projeto	27
4.2.1	Programação dos componentes eletrônicos	28
4.2.1.1	Sistema de verificação de temperatura e nível de bateria	28
4.2.1.2	Sistema de seguimento	30
4.2.1.3	Sistema de comunicação com o aplicativo	34
4.2.2	Plano de montagem dos componentes eletrônicos	35
4.2.2.1	Fabricação da Placa de circuito impresso	37
4.2.2.2	Fiação do sistema eletrônico	43
5	ESTRUTURA	46
5.1	Solução Estrutural	46
5.2	Atualizações no projeto	49
5.2.1	Válvula solenoide	49
5.2.2	Tratamento termoquímico do pinhão	50
5.2.3	Ajuste da esteira	50
5.2.4	Caixa de componentes eletrônicos	51
5.2.5	Tampas de manutenção	52
5.3	Tabela de Informações de Engenharia	53
5.4	Plano de fabricação	54
5.4.1	Partes Impressas	54
5.4.1.1	Roldanas de Nylon	55

5.4.1.2	Pinhão	56
5.4.1.3	Braço da gangorra e cantoneiras	57
5.4.1.4	Eixos	57
5.4.2	Caixa térmica	58
5.4.2.1	Moldes	58
5.4.3	Diagrama do plano de fabricação	61
5.5	Plano de montagem	62
5.5.1	Caixa Térmica	62
5.5.2	Chassi	65
5.5.3	Sistema de Locomoção	66
6	SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO	69
6.1	Banco de baterias e autonomia	69
6.1.1	BMS - <i>Battery Management System</i>	70
6.2	Fonte de carregamento	71
6.2.1	Circuito bivolt	72
6.2.2	Circuito retificador	73
6.2.3	Circuito de carregamento	74
6.2.4	Simulações	75
6.3	Distribuição elétrica	77
6.3.1	Conversor DC-DC <i>Step Down</i>	77
6.4	Plano de fabricação e montagem	78
6.4.1	Montagem do sistema	78
6.4.2	Circuito em placa PCB	79
7	SOFTWARE	82
7.1	Arquitetura da Informação	82
7.1.1	Tecnologias utilizadas	82
7.1.1.1	React Native	82
7.1.1.2	Android	82
7.1.1.3	Travis CI	82
7.1.1.4	Bluetooth	82
7.1.1.5	Reconhecimento de voz	83
7.1.1.6	AsyncStorage	83
7.1.2	Comunicação das Tecnologias	83
7.1.2.1	Travis CI e Github	83
7.1.2.2	Integração React Native e AsyncStorage	83
7.1.2.3	Integração Bluetooth entre celular e sistema embarcado	84
7.1.3	Manutenção	85
7.1.4	Manual de Uso	85

7.1.5	Protótipo	85
7.1.5.1	Validação do Protótipo - Usuários Daltônicos	91
7.2	Modelagem de Requisitos	92
7.2.1	Visão de Casos de Uso	92
7.2.1.1	UC01 - Cadastrar nome do usuário	93
7.2.1.2	UC02 - Ver informações do <i>cooler</i>	93
7.2.1.3	UC03 - Atualizar as informações do <i>cooler</i>	94
7.2.1.4	UC04 - Conectar com o <i>Bluetooth</i> do <i>Cooler</i>	94
7.2.1.5	UC05 - Ligar/Desligar o <i>Cooler</i>	95
7.2.1.6	UC06 - Abrir configurações GPS e <i>Bluetooth</i>	95
7.2.2	Especificação Suplementar	95
7.2.2.1	Escopo	96
7.2.3	Objetivo	96
7.2.4	Metodologia	96
7.2.5	Módulos	96
7.2.5.1	Usabilidade	96
7.2.5.2	Confiabilidade	96
7.2.5.3	Desempenho	97
7.2.5.4	Suportabilidade	97
7.2.6	Conclusão	97
7.3	Arquitetura do Software	97
7.3.1	Definição Arquitetural	97
7.3.1.1	Descrição do Sistema	98
7.3.2	Modelagem de Dados	98
7.3.2.1	Diagrama de Sequência	99
7.3.2.2	Diagrama de Estado	102
7.3.2.3	Diagrama de Pacotes	103
7.3.2.4	Diagrama de Comunicação	104
7.4	Inovação	105
7.4.1	Comando de Voz	105
7.4.2	Mudar o Tamanho da Letra	106
7.4.3	Mudar de Contraste	107
8	PLANO DE INTEGRAÇÃO	109
8.1	Comunicação	109
8.2	Alocação do sistema eletrônico na estrutura	110
8.3	Alocação do sistema de alimentação na estrutura	115
	REFERÊNCIAS	118

APÊNDICES	122
APÊNDICE A – PRINCIPAIS TOMADAS DE DECISÕES DE SOFTWARE	123
APÊNDICE B – FUNCIONALIDADES IMPLEMENTADAS DE SOFTWARE	125
APÊNDICE C – PLANO DE TESTES - ESPECIFICAÇÃO DAS HISTÓRIAS DE TESTE	126
C.1 US01 - Cadastrar nome do usuário	126
C.2 US02 - Ver informações do <i>cooler</i>	126
C.3 US03 - Atualizar informações do <i>cooler</i>	127
C.4 US04 - Conectar com Bluetooth do <i>cooler</i>	127
C.5 US05 - Poder ligar/desligar o <i>cooler</i>	128
C.6 US06 - Abrir configurações (GPS e Bluetooth)	128
C.7 US07 - Exibir alerta caso o <i>cooler</i> se desconecte	129
C.8 US08 - Exibir alerta caso o <i>cooler</i> não consiga seguir a pessoa	129
C.9 US09 - Mudança de contraste no aplicativo	129
C.10 US10 - Alterar tamanho da fonte da letra	130
APÊNDICE D – PLANO DE GERÊNCIA E CONFIGURAÇÃO DE SOFTWARE	131
D.0.1 Políticas	131
D.0.1.1 Política de Commits	131
D.0.1.2 Política de Branches	131
D.0.1.3 Política de Aprovação do Código	132
D.0.2 Uso de Issues	133
D.0.3 Ferramentas	134
D.0.3.1 Integração das Ferramentas	134
APÊNDICE E – CÁLCULOS DOS FENÔMENOS TÉRMICOS	135
E.1 Condução de calor nas paredes do material isolante	135
E.2 Convecção de calor no ar	135
E.3 Radiação de calor no material isolante	136
E.4 Absorção de calor pelo material isolante	136
E.5 Análise térmica	137
APÊNDICE F – DESENHOS TÉCNICOS	138
APÊNDICE G – PLANO DE MANUTENÇÃO	176
G.1 Manutenção da parte estrutural	176

G.1.1	Manutenção preventiva	176
G.1.2	Manutenção corretiva	177
G.2	Manutenção do Sistema Eletrônico	177
G.2.1	Diagnóstico de erros	177
G.2.2	Possíveis soluções	178
	APÊNDICE H – TESTE MOTOR	180
	APÊNDICE I – TESTES SISTEMA ELETRÔNICO	182
	APÊNDICE J – MANUAL DE USABILIDADE DO APP TRACK COOLER	184
J.1	DASHBOARD	184
J.2	INFO <i>Cooler</i>	185
J.3	CONFIGURAÇÕES	186
J.4	CONECTAR COOLER	187
J.5	ESCOAR ÁGUA	188
J.6	QUEM SOMOS	188
J.7	SOBRE O PROJETO	189
J.8	ALERTAS	190
J.9	COMANDO DE VOZ	191
	APÊNDICE K – PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO	194
K.1	Gerber	195
	APÊNDICE L – AVALIAÇÃO INTERNA DA EQUIPE	196
	APÊNDICE M – CUSTOS	198
M.1	Estimativa de custos	198
	ANEXOS	200
	ANEXO A – REPOSITÓRIOS DO PROJETO	201
	ANEXO B – PARÂMETROS PCB	202
B.1	Requisitos para layout	202
B.2	Parâmetros técnicos	203
B.3	Espessura da trilha	204
	ANEXO C – PARÂMETRO PARA DEFINIÇÃO DAS BITOLAS DOS FIOS	205

1 Termo de Abertura do Projeto (TAP)

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

O objetivo do projeto é desenvolver um *cooler* inteligente de uso recreativo. O Track Cooler contará com um sistema de baterias recarregáveis, sensores de temperatura interna e de detecção de obstáculos e desníveis, circuito para controle de velocidade do motor, sistema de locomoção do tipo esteira para vencimento de obstáculos, estrutura fácil para transporte, módulos de conexão GPS e Bluetooth para conexão ao celular do(a) usuário(a) e um aplicativo com interface que permitirá a conexão do aparelho ao Track Cooler, atualizações, ações por comando de voz e monitoramento do status de consumo das baterias e temperatura do *cooler*.

1.1.2 Específico

- Controle do motor:

O controle do motor tem o objetivo de manter o *cooler* sempre perto do(a) usuário(a) a partir da localização e distância do mesmo, evitar que o *cooler* se distancie além do ideal, buscando inclusive evitar tombamento do *cooler* ao fazer curvas com uma velocidade acima da ideal.

- Sensor ultrassônico:

O propósito do sensor ultrassônico é evitar que o *cooler* caia em algum desnível e impedir a colisão do *cooler* com algum objeto ou até mesmo com alguma pessoa.

- Módulo Bluetooth e GPS:

Os módulos de Bluetooth e GPS têm o intuito de direcionamento do *cooler*, serão a partir deles que os motores saberão para onde deverão conduzir o *cooler*.

- Sensor de temperatura:

O objetivo do sensor de temperatura será sempre informar ao usuário(a) qual a temperatura interior, permitindo o controle dos produtos resfriados.

- Estrutura:

O principal objetivo da estrutura é garantir a integridade física de todos os componentes do *cooler* em casos de vibração excessiva e possíveis acidentes. A estrutura leve e bem projetada suportará todo o peso admissível.

- Motor:

A utilização de motores permitirá que a locomoção do *cooler* vença diferentes obstáculos, inclinações e terrenos existentes em um ambiente urbano. Junto à estrutura dimensionada e circuito de controle, permitirá ao *cooler* transportar cargas em lugares inclinados sem alteração de velocidade.

- Sistema de alimentação:

O objetivo do sistema de alimentação é garantir o fornecimento de energia para motores e circuitos do Track Cooler. Por meio de baterias recarregáveis, o(a) usuário(a) poderá utilizar o *cooler* de forma autônoma e recarregá-lo após o uso.

- Isolamento térmico:

O sistema de isolamento do *cooler* será projetado com o objetivo de garantir a mesma capacidade térmica que soluções disponíveis no mercado, fornecendo segurança ao usuário de que o *cooler* mantenha a temperatura dos produtos semelhante a soluções comerciais.

- Transferência dados:

O Bluetooth do aparelho celular será utilizado para receber e enviar os dados do *cooler*. A manipulação do Bluetooth será feita por meio da biblioteca de react native: ‘react-native-ble-px’.

- Reação ao toque:

O aplicativo será reativo ao toque, onde ao tocar em um determinado local da tela o aplicativo irá identificar por meio de uma resposta sonora. Será utilizado o módulo de acessibilidade do react native que permite o acesso de tecnologias de acessibilidade dos iOS quanto dos Android.

- Controle por voz:

O aplicativo terá a opção de controlar o *cooler* por comando de voz, utilizando uma biblioteca React Native de reconhecimento de voz e permitindo a utilização *off line* da funcionalidade .

- Acessibilidade:

Será criada a funcionalidade de alteração de contraste e fonte, possibilitando que pessoas com daltonismo e problemas de visão possam ter autonomia para escolher as alterações desejadas.

1.2 Premissas

Para o desenvolvimento da proposta de solução, reuniões iniciais do grupo para análise problemas resultaram em sugestões de aspectos técnicos necessários e restritivos

para construção do produto final.

1. Uso de *smartphone* com acesso à internet:

O uso do produto estará associado ao uso do aplicativo, e haverá informações importantes para determinar o status de funcionamento do produto.

2. Ter o aplicativo instalado em seu dispositivo móvel:

Haverá restrição de funcionamento do produto para apenas um usuário, e para o uso, é necessário ter o aplicativo instalado no dispositivo móvel.

3. Projetado para uso em ambientes abertos:

Ambientes fechados podem provocar funcionamento inadequado de alguns dos componentes do sistema eletrônico, como o GPS, devido à possíveis interferências. Logo, recomenda-se uso em locais abertos.

4. O *smartphone* do usuário que terá acesso ao Track Cooler deve estar com as aplicações de Bluetooth e GPS ligados:

Para o uso do *Cooler* com sua aplicação de seguimento, é imprescindível que o *smartphone* esteja com o Bluetooth ligado, e o GPS para ter algumas informações para localização do produto.

5. Capacidade de locomoção:

O Track Cooler deve ter capacidade de acompanhar o(a) usuário(a) desde que esteja andando em uma velocidade normal de caminhada. Além de conseguir se locomover adequadamente em tipos de terrenos e inclinações estabelecidas.

6. Capacidade térmica:

O produto deve ter uma boa capacidade térmica e manter a temperatura por um tempo significativo.

7. Estrutura resistente:

A estrutura do produto será resistente o suficiente para transportar, sem deformações, todos os componentes elétricos e eletrônicos necessários para seu devido funcionamento, além do conteúdo normalmente atribuído ao uso de um *cooler*.

8. Acesso a ponto de recarga:

O(a) usuário(a) deverá ter acesso a um ponto de tomada padrão 220 VCA ou 110 VCA para carregamento das baterias do Track Cooler.

2 Introdução

O projeto "Track Cooler" consiste no desenvolvimento de um *cooler* robô, capaz de verificar a temperatura interna, seguir o usuário de forma autônoma e fornecer informações por celular via aplicativo. Foi projetado todo o sistema de alimentação elétrica, estrutural e o sistema embarcado, tanto software como eletrônica.

A busca pela otimização e personalização da experiência do usuário é a finalidade deste projeto, oferecendo um produto recreativo comum em eventos, porém inteligente, o que busca atender o comportamento de consumo de integração tecnológica, com recursos que vão desde o monitoramento da temperatura interna até a possibilidade de movimentação de forma autônoma, seguindo o usuário.

Por meio de metodologias de gestão de projeto e o levantamento de vários aspectos para o desenvolvimento de um produto que solucione o problema apresentado, foi-se levado em consideração o atendimento da proposta de ação da equipe, assim como questões de recursos financeiros, humanos, tempo de execução, e restrições para o sucesso de execução do projeto.

3 Requisitos

3.1 Requisitos Estrutura

- Permite a recarga das baterias:

O usuário pode recarregar a bateria tendo acesso a um ponto de tomada comum em baixa tensão 220 Vca ou 110 Vca.

- O sistema de alimentação atende à demanda:

O sistema de alimentação é projetado de forma a garantir o correto funcionamento de todo o circuito eletroeletrônico.

- Garante a integridade e segurança do projeto:

Todo o dimensionamento do sistema de alimentação segue as normas técnicas vigentes a fim de garantir a proteção dos usuários e integridade de todos os componentes.

- O *cooler* tem uma boa capacidade de manter a temperatura interna:

É projetado para conseguir manter a temperatura dos itens dentro da caixa por um tempo alto o suficiente comparado aos *coolers* disponíveis no mercado.

- Suporta carga total da caixa térmica cheia:

Suporta e se locomove com facilidade considerando o caso de a caixa térmica estar totalmente cheia, permitindo uma variedade de utilizações, seja cheia de gelo apenas ou gelo e garrafas e/ou latas.

- Possibilidade de movimentação em terrenos planos e de baixa erosão:

Se locomove sem dificuldade, enquanto está carregado e sem carga, em terrenos planos, com baixa erosão e com poucas ou nenhuma inclinação, cobrindo todas as possíveis utilizações do produto em ambiente urbano.

- Resistência a pequenas quedas, tombamentos ou choques mecânicos:

Tem uma resistência mínima para suportar casos que podem ocorrer em situações normais, como uma pequena queda na hora de manusear o produto, ou não tornar-se inutilizável após um tombamento devido ao uso em algum terreno com inclinação não apropriada.

- Velocidade equivalente ao andar de uma pessoa:

Consegue seguir uma pessoa em velocidade de caminhada em terreno plano e em terrenos inclinados, mas não terá velocidade para acompanhar pessoas em velocidade de corrida.

- Movimentação em ambas as direções e giro de até 360 graus para curvas:
Consegue manobrar em torno do próprio eixo em 360 graus a fim de contornar obstáculos evitando colisão do produto, permitindo que continue seguindo o usuário em qualquer ambiente.
- Absorver as vibrações causadas por irregularidade no terreno:
Garante que as vibrações provenientes de irregularidades do solo não causem danos ao conteúdo que esteja no interior do *cooler*.

3.2 Requisitos Eletrônica

- Segue o usuário e localiza o cooler através do módulo GPS:
A função de seguimento do Track Cooler ocorre por meio da comparação entre os posicionamentos entre o *cooler* e o *Smartphone* do usuário, caso o usuário escolha através do aplicativo que o protótipo não o siga.
- Conecta o *cooler* ao aplicativo a partir por módulo Bluetooth:
Os dados dos sensores de temperatura e GPS estarão disponíveis através do aplicativo, para isso é necessário que o usuário mantenha sempre o Bluetooth ligado. Com essa conexão o usuário poderá saber através do aplicativo, se o cooler conseguiu identificar o seu sinal GPS.
- Verificar a temperatura do *cooler*:
Para melhorar a experiência do usuário com o protótipo é possível verificar qual a temperatura interna do *cooler*, esta é mostrada em um *display* e no aplicativo.
- O protótipo deve identificar desníveis:
Com o intuito de evitar que o *cooler* caia em algum buraco ou outro desnível, são usados sensores ultrassônicos para alertar o usuário que há o terreno é irregular para a passagem do protótipo e desviá-lo de lá.
- O protótipo deve funcionar com o aplicativo ligado:
A fim de evitar que qualquer pessoa se conecte ao módulo Bluetooth do *cooler*, foi feito um aplicativo que só permita que o *cooler* ligue quando o mesmo é acionado.
- O Protótipo deve seguir o usuário à partir de uma determinada distância:
Para evitar que o *cooler* fique andando atrás do usuário quando o mesmo estiver perto e o siga apenas quando estiver ocorrendo um determinado afastamento.

3.3 Requisitos Software

- Cadastrar o nome do usuário:

Eu, como usuário, desejo ter meu nome na aplicação para personalizar o meu aplicativo.

- Ver informações do *cooler*:

Eu, como usuário, desejo ver as informações do Track Cooler para que eu possa monitorá-lo.

- Atualizar informações do *cooler*:

Eu, como usuário, desejo atualizar as informações do Track Cooler para ter um maior controle.

- Conectar com Bluetooth do *cooler*:

Eu, como usuário, desejo me conectar ao Track Cooler por Bluetooth para que ele possa me acompanhar.

- Poder ligar/desligar o *cooler*:

Eu, como usuário, desejo poder ligar/desligar o Track Cooler para controlar quando ele pode ou não me seguir.

- Poder travar/destravar o *cooler*:

Eu, como usuário, desejo ligar e desligar o gps e Bluetooth para que o Track Cooler saiba onde eu estou e possa me acompanhar.

- Exibir alerta caso o *cooler* se desconecte:

Eu, como usuário, desejo receber um alerta caso o Track Cooler tenha o Bluetooth desconectado abruptamente para que eu possa tomar as devidas providências.

- Exibir alerta caso o *cooler* não consiga seguir a pessoa:

Eu, como usuário, desejo receber um alerta caso o Track Cooler não consiga me acompanhar para que eu possa tomar as devidas providências.

- Comandos por voz:

Eu, como usuário, desejo poder dar comandos de voz ao aplicativo para melhor integração e acessibilidade com o Track Cooler.

- Mudança de contraste no aplicativo:

Eu, como usuário, desejo alterar o contraste do aplicativo para melhor visualização das informações na tela do aparelho celular.

- Alterar tamanho da fonte da letra:

Eu, como usuário, desejo alterar o tamanho da letra para melhor adequação ao meu tipo de leitura.

- Escoar água da caixa térmica:

Eu, como usuário, desejo poder escoar água da caixa térmica para melhor controle térmico do Track Cooler.

4 Sistema eletrônico

4.1 Solução do projeto e dados de engenharia

Para o sistema embarcado havia sido proposto 2 placas ESP-WROOM-32 (1), mas após sugestão dos avaliadores do projeto houve uma reestruturação para que pudesse ser utilizada apenas uma placa. A ESP32 possui atributos como, pinos GPIO (*General Ports Input/Output*), que são terminais de entrada ou saída de uso geral, com múltiplas funções, em especial para o projeto, todos os canais podem gerar PWM, e quaisquer 2 GPIO podem ser setados como canais de comunicação I2C, além de possuir integrado *Bluetooth v4.2 BR/EDR(Basic Rate/Enhanced Data Rate)* que é o meio de comunicação para troca de dados entre o *cooler* e o aplicativo.



Fonte: (2)

Figura 1 – Microcontrolador ESP-WROOM-32.

Para resfriar os itens internos, o usuário deverá utilizar gelo no interior da caixa. Porém, após o derretimento de gelo se viu a necessidade de criar algum mecanismo responsável por escoar a água. A fim de solucionar este problema adicionou-se o critério de escoamento, que conta com uma válvula solenoide (2) de 24V e meia polegada de diâmetro em seus terminais de entrada e saída, esta é acionada pelo usuário através do aplicativo.

Tabela 1 – Descrição das características técnicas da válvula do compartimento de vazão de água

Características de Alimentação e Operação			
Parâmetro	min.	typ.	max
Tensão de alimentação	-	24V DC	-
Corrente nominal	-	500mAh	-
Vazão	7 l/min	-	40 l/min
Temperatura líquido	-	-	60°C

Fonte: (3)

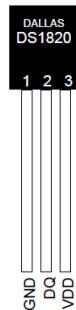
Outra solução para melhorar a usabilidade do usuário foi a medição da temperatura interna do *cooler*. Este critério possibilita ao usuário verificar a temperatura de seu *cooler* de forma precisa e se dará através do auxílio do sensor de temperatura DS18B20 (3).



Fonte: (3)

Figura 2 – Válvula solenoide.

A informação adquirida pelo sensor será mostrada ao usuário por meio de um *display* LCD16x2 (4) e pelo aplicativo.



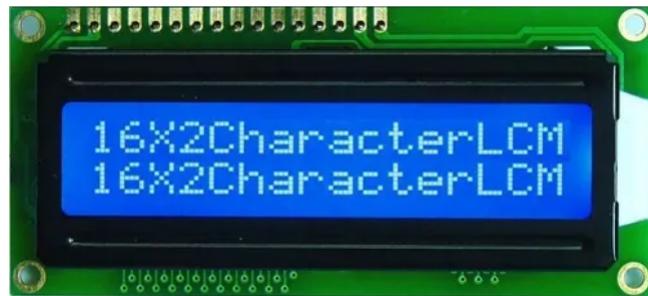
Fonte:(4)

Figura 3 – Representação do termômetro digital com resolução de 1-fio DS18B20.

A apresentação do nível de bateria é feita no LCD (4) e no aplicativo. É um critério que permite que o usuário possa determinar quando o *cooler* precisará parar de atuar para carregamento além de verificação da autonomia do sistema de alimentação.

De todos os critérios de sistemas eletrônicos já apresentado, o sistema de seguimento é o mais importante e contará com o auxílio do módulo GPS NEO6MV2, duas pontes H BTS7960, sensores ultrassônicos HCSR04, o módulo bússola Adafruit HMC5883l e o Bluetooth da ESP32.

Levando em consideração a corrente de pico de 10A do motor, sua tensão de 24V e as especificações da bateria, foram necessárias duas pontes H que suportassem realizar o controle dos 2 motores DC de altas correntes sem risco de serem danificadas. Devido a isso foi escolhido o modelo BTS7960 (5), que além de aguentar altas correntes (até 43



Fonte: (5)

Figura 4 – Display de cristal líquido 16x2 - LM016L.

A) (2), também ocupa pouco espaço físico e possui proteção contra superaquecimento, sobretensão, sobrecorrente e curto-círcuito (6).

As pontes H funcionam juntamente com a ESP32 que é responsável por emitir o sinal PWM através de suas GPIOs, e em conjunto com a ponte H BTS7960 é possível fazer o controle do motor adequadamente, garantindo que ele faça curvas ou ande em linha reta sempre que necessário. (5).



Fonte: (6)

Figura 5 – Módulo BTS7690

Tabela 2 – Descrição das características técnicas do *driver* de alta corrente para aplicações de motores - BTS7690

Características de Alimentação e Operação			
$-40^{\circ}\text{C} < T < 150^{\circ}\text{C}$			
Parâmetro	min.	typ.	max.
Tensão de alimentação	-0.3V	-	45V
Tensão de operação	5.5V	-	27.5V
Tensão de entrada lógica	-0.3	-	5.3V
Corrente de alimentação	-	2mA	3mA
Corrente de operação	-40A	-	40A

Fonte: (6)

Estão sendo utilizados dois reles 24 VDC, sendo um para o acionamento da válvula solenoide quando for solicitado, este suporta uma corrente de até 10 A, e outro, com um

limite de corrente de até 30 A, para acionar o motor e destravar o freio quando os critérios para o seguimento forem atendidos (6).



Fonte: (7)

Figura 6 – Rele

Para que o *cooler* saiba o posicionamento do deslocamento serão utilizados os dados do GPS do celular e do módulo GPS NEO6MV2.

A indicação da localização por meio do GPS (3) informa a latitude e longitude, e apenas estes parâmetros não são suficientes para que ocorra o seguimento, o GPS precisa saber o direcionamento, e para isso é utilizado em conjunto a bússola digital (7) HMC5883L que é um circuito integrado de 3 eixos.

Tabela 3 – Descrição das características técnicas do módulo GPS GY-NEOMV2

Características de Alimentação e Operação			
Parâmetro	min.	typ.	max
Tensão de alimentação	3V	3.3V	5V
Tensão de operação	-	3.3V	-
Faixa de atualização	-	5Hz	-

Fonte: (8)

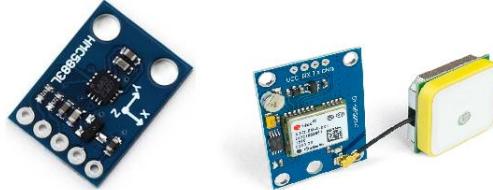
O módulo GPS NEO6MV2 em conjunto com o módulo HMC5883l indica a direção do usuário após o recebimento da sua localização quando este estiver conectado ao aplicativo. Isso é possível devido a capacidade do GPS NEO6MV2 de detecção de mais satélites, podendo chegar a 27. Dentre as informações possíveis de serem obtidas estão: data, hora, velocidade, latitude, longitude. O *cooler* necessita de um sistema de navegação, onde é necessário a orientação do movimento, isso ficou à cargo do módulo HMC5883l, uma bússola com precisão de 2 graus.

Dado que o projeto é um sistema automatizado, é importante levar em consideração também os principais empecilhos que podem ocorrer quando o *cooler* estiver em movimento. Pensando nisso, o projeto utiliza quatro sensores ultrassônicos HCSR04 (8),

Tabela 4 – Descrição das características técnicas da bússola digital HMC5883L

Características de Alimentação e Operação			
Parâmetro	min.	typ.	max
Tensão de alimentação	2.16V	2.5V	3.3V
Corrente de operação	-	100 μ A	-
Alcance	-8G	-	+8G

Fonte: (9)



Fonte: Autor

Figura 7 – Módulo HMC5883l e Módulo GPS NEO6MV2

sendo dois para detectar obstáculos, evitando que o *cooler* sofra colisões, e outros dois para detectar desníveis, garantindo que o *cooler* não seguirá em frente em terrenos que podem levar a uma queda ou que prejudiquem sua estrutura.

O sensor ultrassônico (5) realiza medições de 2cm-400cm com exatidão de 3 mm, utiliza-se da velocidade do som, 340 m/s^2 e de um sinal de 40 kHz que permite detectar quando o sinal de pulso retorna, e assim o cálculo da distância é executado. Como o uso do *cooler* não pressupõe que o usuário esteja a uma velocidade alta, e pressupõe proximidade do usuário, o alcance do módulo é suficiente para operar sobre adversidades no percurso.

Tabela 5 – Descrição das características técnicas do módulo sensor ultrassônica HCSR04

Características de Alimentação e Operação			
Parâmetro	min.	typ.	max
Tensão de alimentação	-	5V	-
Corrente de operação	-	15mA	-
Frequência de operação	-	40kHz	-
Alcance de medida	2cm	-	400cm
Ângulo de medição	0°	-	15°

Fonte: (10)

4.2 Execução do projeto

Para a implementação do projeto foi projetada uma placa de circuito impresso (PCB) para a confecção do hardware, e a programação foi feita pelo software Arduíno IDE, o qual é um programa de código aberto que permite aos usuários escrever e fazer



Fonte: (11)

Figura 8 – Módulo sensor ultrassônico HCSR04

upload de código dentro de um ambiente de trabalho em tempo real. A linguagem C foi utilizada em toda a programação do sistema eletrônico.

A confecção do código foi feita através de diversas funções para que o projeto ficasse de fácil entendimento e organizado caso haja necessidade de manutenção em alguma parte específica.

4.2.1 Programação dos componentes eletrônicos

4.2.1.1 Sistema de verificação de temperatura e nível de bateria

A funcionalidade do núcleo do módulo DS18B20 é o sensor de temperatura de conversão direta para digital, a resolução deste sensor é configurável em (9,10,11 e 12 bits), sendo 12 bits o valor *default*. A conversão da temperatura é armazenada localmente em um registrador de formato complemento de 2 de 16 bits (4), em que o bit MSB (bit mais significativo) contém o sinal que indica se a temperatura é positiva ou negativa como apresentado na tabela (6).

Tabela 6 – Relação de saída da temperatura

Temperatura	Saída Digital (Binário)	Saída Digital (Hexadecimal)
+25.0625°C	0000 0001 1001 0001	0191h
+10.125°C	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5°C	0000 0000 0000 1000	008h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5°C	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.125°C	1111 1111 0101 1110	FF5Eh

Fonte: (4)

A bateria é de +24V, porém para uso da ESP32 a limitação da tensão das portas é de até 3.6V, para isso foi implementado um circuito divisor resistivo de tensão, que permite a leitura sem ocasionar danos ao controlador do sistema eletrônico.

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (4.1)$$

Onde,

V_{out} = Tensão de saída,

V_{in} = Tensão de entrada,

R_1 = Resistência entre o terra e o nó do divisor,

R_2 = Resistência entre a tensão de entrada e o nó do divisor.

Para o divisor, R_1 foi uma resistência em paralelo, cuja resistência equivalente pode ser calculada por meio de:

$$R_{eq} = \frac{R_a \cdot R_b}{R_a + R_b} \quad (4.2)$$

Onde,

R_{eq} = Resistência equivalente,

R_a e R_b = Resistências em paralelo.

Com $R_a = R_b = 8.2k\Omega$:

$$R_1 = R_{eq} = \frac{8.2k\Omega \cdot 8.2k\Omega}{8.2k\Omega + 8.2k\Omega} \quad (4.3)$$

Com $V_{in} = +24V$, $R_2 = 24k\Omega$, e R_1 resultando em $4.1k\Omega$:

$$V_{out} = 24V \cdot \frac{4.1k\Omega}{24k\Omega + 4.1k\Omega} = 3.4V \quad (4.4)$$

V_{out} resulta em uma tensão de saída de 3.4V, que é uma tensão que pode ser entregue a porta da ESP32, e como o valor dos fatores de conversão da tensão são conhecidos, é possível determinar o valor total da bateria.

Os valores mensurados são apresentados na tela do LCD como apresentado na fig.(9) e enviados para serem apresentados no aplicativo. A estrutura interna do *cooler* foi desenvolvida de modo a manter a temperatura devido à baixa perda térmica ao longo do tempo, e dado que a bateria não descarrega em uma taxa de tempo curta, ambas informações não precisam ser atualizadas com tanta frequência como as do GPS ou da Bússola, devido a isso a apresentação das informações ocorre a partir de uma rotina de interrupção. Implementou-se a interrupção por software pelo *timer* (temporizador) da ESP32 por meio da função *timerAttachInterrupt*, como o valor da frequência do *Clock* da ESP32 é conhecido, $f_{clock} = 80MHz$ (12), inicia-se o *timer* escolhendo como parâmetros um fator de divisão, de 80 no caso da solução implementada para que o valor

seja de 1MHz, o canal da ESP que possua *timer*, canal 0, e a indicação de contagem progressiva(*True*), implementados pela seguinte linha de código:

$$\text{timer} = \text{timerBegin}(0, 80, \text{True}); \quad (4.5)$$

$$\text{timer} = \frac{80\text{MHz}}{80} = 1\text{MHz} \quad (4.6)$$

Obtém-se o *timer* em Hz, porém, para esta aplicação queremos expressar o valor em função do tempo, sabendo que frequência e tempo estão relacionados por meio da equação:

$$T(s) = \frac{1}{\text{freq}(\text{Hz})} \quad (4.7)$$

$$T(s) = \frac{1}{1 \cdot 10^6} = 1\mu s \quad (4.8)$$

Conecta à função de interrupção do *timer* por meio da definição do valor dele, para a indicação do endereço da função a ser chamada e o gerador de interrupção, para que essa rotina permaneça continuamente sendo realizada, é necessário configurar um alarme para indicar o tempo de repetição por meio da função *timerAlarmWrite*, e habilitar o alarme por meio da função *timerAlarmEnable*. Foi sugerido um período de tempo de 60 segundos para a repetição do alarme, mas o valor do *timer* foi calculado como $1\mu s$, logo precisamos aplicar um fator de correção de 60000000, resultando nos trechos:

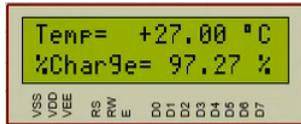
$$\text{timerAttachInterrupt}(\text{timer}, \text{TEMP_CHARGE}, \text{true}); \quad (4.9)$$

$$\text{timerAlarmWrite}(\text{timer}, 60000000, \text{true}); \quad (4.10)$$

$$\text{timerAlarmEnable}(\text{timer}); \quad (4.11)$$

4.2.1.2 Sistema de seguimento

O requisito inicial do sistema de seguimento é o controle da velocidade dos dois motores do *cooler*, o que o permite fazer curvas quando o usuário fizer ou quando realizar



Fonte:Autor

Figura 9 – Mensagem que o *display* LCD vai apresentar com as informações de temperatura e nível de bateria. Onde Temp é a temperatura em graus celsius, e Charge é a bateria em valor percentual.

desvios. Para este controle serão utilizadas duas pontes H conectadas ao motor junto com o microcontrolador ESP32 para exercerem o controle através da modulação por largura de pulso (PWM).

A modulação por largura de pulso (PWM) é uma técnica comum para controle de motor DC, este método permite uma menor perda de potência do que a regulação linear contínua (13). O sinal PWM será fornecido através das GPIOs da ESP32, permitindo juntamente com as pontes H o controle da velocidade dos motores.

O uso de PWM adequadamente projetado minimiza os efeitos das correntes parasitas e melhora a forma como os motores são acionados (14). Ao realizar a implementação do controle do PWM na ESP32 foi necessário definir a resolução do *duty cycle* e a frequência do PWM. Idealmente estes valores são escolhidos a partir da resistência, indutância e testes de bancada do motor, mas dado que não foi possível adquirir nenhum destes dados, pois o fabricante não os fornecem, os valores foram estimados baseando-se nas demandas do protótipo.

Visto que o Track Cooler não andará em alta velocidade, foi escolhida uma frequência intermediária de 5 khz. Esta frequência não é tão alta, ajudando na melhoria do torque (15) que já foi otimizado graças ao acréscimo de uma caixa de redução pelo subgrupo de estrutura, além de amenizar o *ripple* de corrente por não ser uma frequência tão baixa (16).

A resolução do *duty cycle* permite alterar a voltagem média da forma de onda do PWM. Como é um sinal analógico convertido em sinal digital e um conversor ideal de N bits possui um total de 2^{N-1} níveis, foi definida uma resolução de 10 bits, o que significa que é possível ter 1023 velocidades diferentes para o motor, uma faixa mais que suficiente para a aplicação que o protótipo exercerá.

O ideal, em uma implementação desse projeto, seria fazer um teste de bancada do motor utilizado para obter uma maior eficiência e linearidade no controle do PWM e garantir uma vida maior do motor. As instruções para a realização deste teste estão no final deste relatório (H).

O direcionamento do *cooler* é feito com o auxílio do GPS NEO6MV2 em conjunto com a bússola HMC5883l conectados a ESP32 via GPIO (portas programáveis de entrada

e saída de dados utilizadas para conexões de componentes eletrônicos externos). Para a melhor obtenção dos dados dos satélites, foi necessário após a implementação do código e todas as conexões feitas, disponível no repositório, que a cerâmica esteja virada para o céu, ela fará toda a triangulação com os satélites disponíveis na região (17).

O direcionamento da cerâmica para o céu faz-se necessário visto que todo os componentes eletrônicos estarão armazenados em uma caixa na parte inferior da estrutura. Para calibrar o magnetômetro é levada em consideração a declinação, esta é responsável por fazer a diferença entre o norte magnético da Terra e o norte geográfico. A declinação utilizada para o projeto foi considerada de acordo com a localidade de um dos autores através do site “*Find the magnetic declination at your location*”, foi obtido um valor de -23°. Essa medida é necessária, visto que deve-se garantir que o módulo esteja apontando para o norte magnético da Terra, eixo X do magnetômetro (18). Enquanto o GPS faz a busca por satélite, deve-se girar o circuito dando voltas de 360° em todas as direções para que seja feita a calibração do módulo.

Quando se obtém os primeiros dados em ambiente aberto, garante-se uma melhor calibração do sistema, possibilitando que quando forem obtidos os dados pelo aplicativo, e feita a diferença entre os dados do GPS do usuário e do sistema do *cooler*, o mesmo possa se deslocar com melhor precisão.

Os motores do Track Cooler só são acionados quando a distância entre o usuário e o protótipo for maior que 0,5 metro. Essa distância é determinada assim que o usuário conecta-se ao aplicativo, pois os dados de localização do GPS do usuário começam a ser carregados. Obtendo os dados da localização para onde o *cooler* deve seguir, é feita a diferença conforme a posição referente a latitude e longitude, considerando a menor distância entre eles. Também é analisada a representação geográfica de uma linha em sua orientação, essa linha é o trajeto mais curto de uma coordenada para outra, se a diferença for maior de 0,5 metro o *cooler* começa a se locomover.

Para que o *cooler* sempre seja direcionado da forma correta, foram feitas duas funções, uma para quando o ângulo calculado pela bússola e GPS fosse maior que 20° e outra quando fosse menor. Se o usuário tiver virado mais de 20° em relação ao *cooler*, o mesmo deverá realizar a curva, esta condição foi determinada para uma garantia de precisão dos sistemas de localização e direcionamento.

O magnetômetro é o responsável por determinar as direções para onde o *cooler* irá se locomover. Recebidos os dados do GPS, que indicarão a localização, e dado que está lidando com coordenadas geográficas, é feita a diferença em graus considerando os pontos 180° e 360° como base de cálculo para diferença, isso ocorre para que não haja a necessidade de o *cooler* ter que dar uma volta completa em seu eixo até que encontre o ponto correto para onde virar e continuar o seu trajeto. Como os dados são obtidos enquanto houver conexão com o aplicativo, eles passarão a ser atualizados conforme a

locomoção do usuário, portanto constantemente novas verificações serão feitas.

A realização das curvas será feita a partir do controle do PWM dos motores através das pontes H BTS7960 variando os *duty cycles*. Para esta variação, o comprimento do arco que a esteira externa e interna vão percorrer e o tempo necessário para que a esteira externa faça esse deslocamento a uma velocidade de 1 m/s são calculados. O raio utilizado para o cálculo do comprimento do arco externo é de 630 mm, que corresponde a 1,4 vezes o tamanho da bitola. Se a direção encontrada pelo módulo da bússola definir que o *cooler* deve virar para a direita, o PWM do motor da esquerda permanece na velocidade máxima de 1 m/s e o PWM do motor da direita obedece ao *duty cycle* calculado, caso contrário a ação é invertida. Observe o trecho do código que mostra como o valor do *duty cycle* é determinado 10.

```
ce = (alpha*3,14*0,630)/180;
t = ce;
vi = (ci/t);
DC = (vi/ve); //DutyCycle para realizar a curva
int DC_final = int(DC*1023);
```

Fonte: Autor

Figura 10 – Trecho do código referente ao cálculo do *Duty cycle*

Como já foi dito anteriormente, a detecção de obstáculos e desníveis é feita a partir dos sensores ultrassônicos, os quais usam sonares para determinar a distância de um objeto. Este sensor possui um pino transmissor (*trigger*) que é responsável por emitir uma onda sonora de alta frequência, e o pino receptor (*echo*) que recebe o sinal enviado depois que este for refletido.

Quando o sinal é emitido, é iniciado um contador para saber quanto tempo levou para que o sinal fosse refletido. Tendo conhecimento dessa duração basta multiplicar a metade de seu valor pela velocidade do som que resultará na distância que o objeto se encontra.

O limite que o *cooler* deve estar de um objeto é de 80 cm, caso fique mais próximo que isso ele deve virar para a esquerda até que não encontre mais este obstáculo. Pode ser que algum empecilho impeça o *cooler* de virar para a esquerda, para que isso seja evitado, existe um contador que contará até 10 segundos para que o *cooler* termine o desvio, se ele ainda permanecer virando depois desse tempo deve-se mudar a direção da curva para a direita e contado novamente mais 10 segundos, caso ele ainda não consiga virar, seu motor deve ser desligado e o freio acionado emitindo um alerta no aplicativo do usuário.

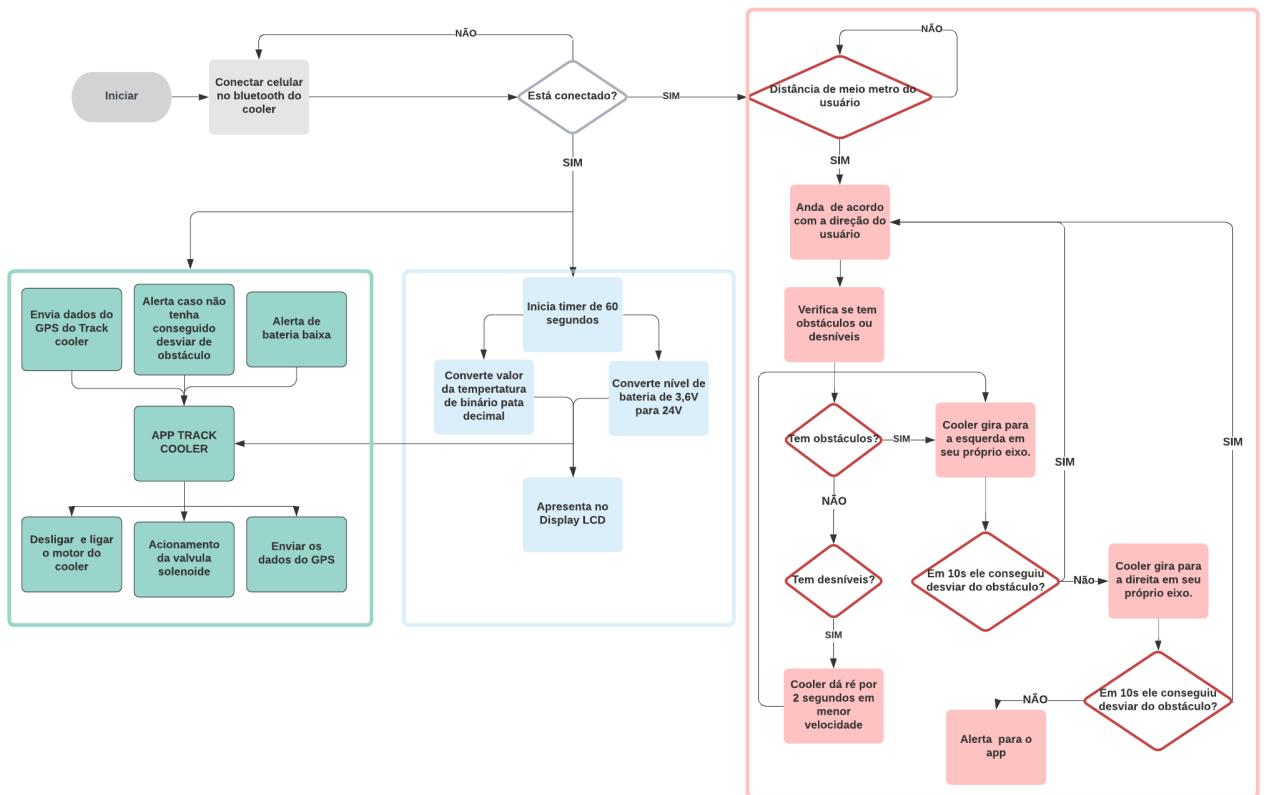
Só serão considerados desníveis quando a distância entre os ultrassônicos inferiores e o chão for maior que 21cm, sendo que o sensor ultrassônico é alocado na estrutura do *cooler* a 11 cm do chão. Quando for identificado um desnível, o *cooler* deverá seguir quase

o mesmo procedimento de quando for desviar de um obstáculo, com a diferença de que antes ele deve frear e dar ré por dois segundos para garantir que o *cooler* consiga desviar do desnível sem cair nele. Quando for desviar de obstáculos ou desníveis o *cooler* girará em seu próprio eixo.

4.2.1.3 Sistema de comunicação com o aplicativo

A comunicação e recebimento dos dados primordiais para que seja possível a locomoção, a leitura do nível da bateria, os envios de sinais de alerta, o acionamento do escoamento do líquido proveniente do degelo e o recebimento dos dados do GPS do usuário, ficará por incumbência do Bluetooth do celular do usuário em conjunto com o Bluetooth presente na ESP32, através do aplicativo, que fará essa comunicação. O Bluetooth clássico presente na ESP32 é o responsável pelo envio de dados, pertinente ao seu alcance máximo de 100 metros de acordo com a classe,(a ESP32 conta com as 3 classes de Bluetooth disponíveis), visto que toda a parte eletrônica do projeto se encontrará em uma caixa fechada na parte inferior do *cooler*, garantindo que mesmo com a demanda de dados enviados e recebidos, o *cooler* consiga se manter conectado ao usuário a distância necessária de 0,5 metro, necessários para que o *cooler* comece a seguir o usuário.

O diagrama (11) mostra de forma resumida como foi feita toda a programação do sistema eletrônico, sendo o bloco verde a parte de comunicação com o aplicativo, o bloco azul referente ao sistema de verificação de temperatura e nível de bateria, e o bloco vermelho a demonstração de como o sistema de seguimento funciona de maneira mais simples.



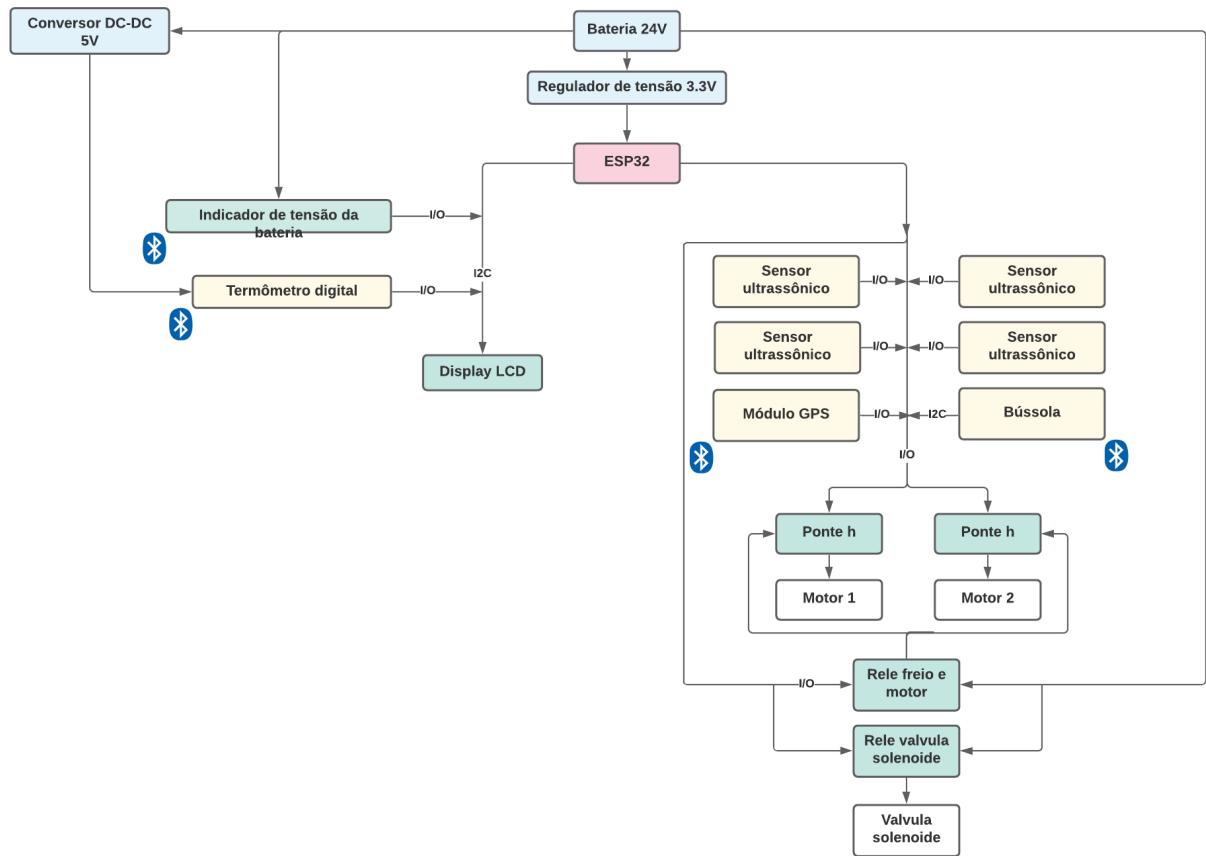
Fonte:Autor

Figura 11 – Fluxograma do algoritmo do sistema eletrônico.

4.2.2 Plano de montagem dos componentes eletrônicos

Com o código implementado, a última etapa do sistema eletrônico é a montagem de seus componentes. Para isso é necessário a especificação a função de cada GPIO do microcontrolador ESP32 que será utilizado, um diagrama do circuito completo do projeto, o esquemático final, a definição dos fios que serão usados em cada conexão, como tamanho e diâmetro, e a fabricação da *Printed Circuit Board* (PCB), ou, em português, Placa de Circuito Impresso (PCI).

O diagrama da figura (12) demonstra como foram feitas as ligações dessa etapa final do projeto, especificando o tipo de conexão que cada componente realiza no sistema eletrônico. Os componentes eletrônicos utilizados e suas funções no projeto são representados na tabela (7).



Fonte: Autor

Figura 12 – Fluxograma das conexões do sistema eletrônico.

Tabela 7 – Informações de engenharia do sistema eletrônico

Itens	Quantidade	Objetivos
ESP32	x1	Embarcação do sistema Eletrônico
MÓDULO ULTRASSÔNICO	x4	Detecção de desníveis/obstáculos
RELÉ SLA-24VDC	x2	Controle alimentação Ponte H /Válvula solenoide
DS18B20	x1	Indicação de temperatura
HMC5883L	x1	Indica a direção de seguimento
GY-NEOMV2	x1	Indica o posicionamento do cooler
PCF8574	x1	Liga o Display
LCD 16X2	x1	Apresenta a temperatura/nível da bateria
RESISTORES	x4	Divisor de tensão/sensor de temperatura
BTS7960	x2	Controle dos motores
PCB 84mm x 84mm	x1	Fixação dos componentes
FERRO DE SOLDA	x1	Soldar os componentes
TUBO DE ESTANHO	x1	Elemento de solda

Fonte: Autor

4.2.2.1 Fabricação da Placa de circuito impresso

O sistema eletrônico do *cooler* é responsável por controlar a velocidade e direcionamento do motor, indicar a temperatura do *cooler* e o nível de bateria. O esquemático (16) representa a conexão entre os componentes da eletrônica do projeto.

Apenas os componentes digitais, por meio dos terminais que fazem a comunicação 8 que estão diretamente conectados a ESP32, e a fim de facilitar a conexão dos componentes e a sua manutenção foi proposta a criação de uma *Printed Circuit Board*(PCB), que é uma placa com trilhas condutoras usadas para soldar os componentes eletrônicos de um circuito.

Tabela 8 – Conexão dos terminais dos componentes no controlador do projeto

COMPONENTES	TERMINAIS		GPIO ESP32
DS18B20	DQ		14
DIVISOR TENSÃO	SAÍDA DO DIVISOR		25
RELÉ SLA-24VDC	5_1	5_2	32/33
HMC5883L	SDA		21
	SCL		22
PCF8574	SDA		13
	SCL		12
GY-NEOMV2	TX		1(TXD0)
	RX		3(RXD0)
BTS7960	R_PWM_1	R_PWM_2	18/27
	L_PWM_1	L_PWM_2	5/26
HCSR04	Trigger_1	Trigger_2	Trigger_3
	Echo_1	Echo_2	Echo_3
			Trigger_4
			Echo_4
			2/4/17/35
			15/0/16/34

Fonte: Autor

A PCB é desenvolvida por um esquemático específico (17) que apresenta a ligação do controlador com os componentes digitais, as fontes de alimentação (9) e o elemento que tem como objetivo a conexão dos módulos que estão na estrutura do *cooler* aos componentes. A alimentação e aterrimento dos mesmos, que será por meio de pinos macho, e o aterrimento de todo o sistema eletrônico, ocorre por meio do plano de Terra. A maximização da área reduz a indutância, logo reduz as emissões eletromagnéticas e minimiza problemas de Compatibilidade Eletromagnética(EMC).

Alguns aspectos técnicos devem ser levados em consideração para a confecção da PCB, como o dimensionamento da espessura das trilhas, que leva em consideração a corrente, a temperatura e a espessura do cobre, e a distância entre as trilhas, a qual deve ser considerada de forma a evitar *crosstalk* interferência na transmissão de dados. Todos esses pontos devem ser levados em consideração baseados na norma IPC-2221 (19) e NBR IEC 62326.

A PCB será dupla face, permitindo o roteamento de traços entre as camadas

superior e inferior. Foi usado o plano de Terra para determinar um aterramento comum para os componentes, para o cálculo dos parâmetros levou-se em consideração a corrente especificada, o cálculo da largura da trilha e a determinação da espessura da trilha. A largura é determinada a partir da seção transversal do condutor, da seguinte forma:

$$A = \frac{I}{k\Delta T^{0.44}}^{\frac{1}{0.725}} \quad (4.12)$$

Onde,

A = Área da seção transversal do condutor em mils quadrado,

k = constante tabelada(19)que depende da posição da trilha,

- $k=0.048$ para camadas externas
- $k=0.024$ para camadas internas

ΔT = Variação da temperatura em °C,

A área seção transversal é em $mils^2$, para converter para mm^2 , sabendo que 1mil = 0.0254mm é necessário fazer a operação,

$$A[mm^2] = A[mils^2] \cdot \frac{1}{0.0254^2} = A[mils^2] \cdot 1550 \quad (4.13)$$

A largura da trilha, em mm, pode ser calculada a partir da espessura E do cobre (B.1), em μm , da seguinte forma:

$$L[mm] = \frac{A[mm^2]}{10^{-3} \cdot E[mm]} \quad (4.14)$$

A partir desta equação, foram determinados a área da seção transversal interna e externa, e a largura da trilha. A corrente arbitrada foi escolhida levando-se em consideração a aplicação do sistema e um fator de segurança para evitar problemas externos, essas informações foram apresentadas na tabela 10

O resultado da alocação dos componentes em relação a ESP32 (17) e do dimensionamento da PCB do sistema eletrônico, pode ser visto na *layout* (14) e o *layout* considerando o plano Terra em (15).

Tabela 9 – Informação da alimentação de todos os componentes do sistema eletrônico

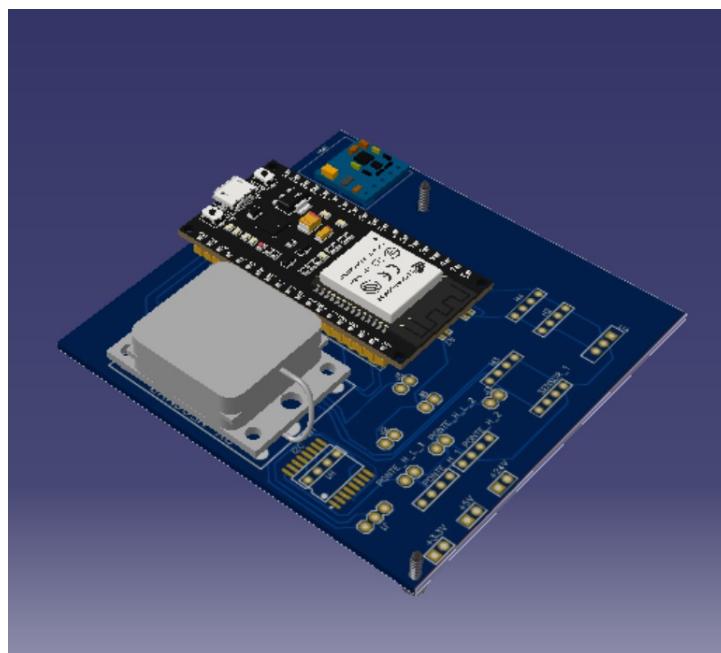
Fonte	Componentes
+3.3V	ESP32
	GY-NEO6MV2
+5V	HCSR04
	DS18B20
	BTS7960
	HMC5883L
	LCD1602
	PCF8574
+24V	RELÉ SLA-24VDC
	DIVISOR TENSÃO

Fonte: Autor

Tabela 10 – Parâmetros técnicos da PCB

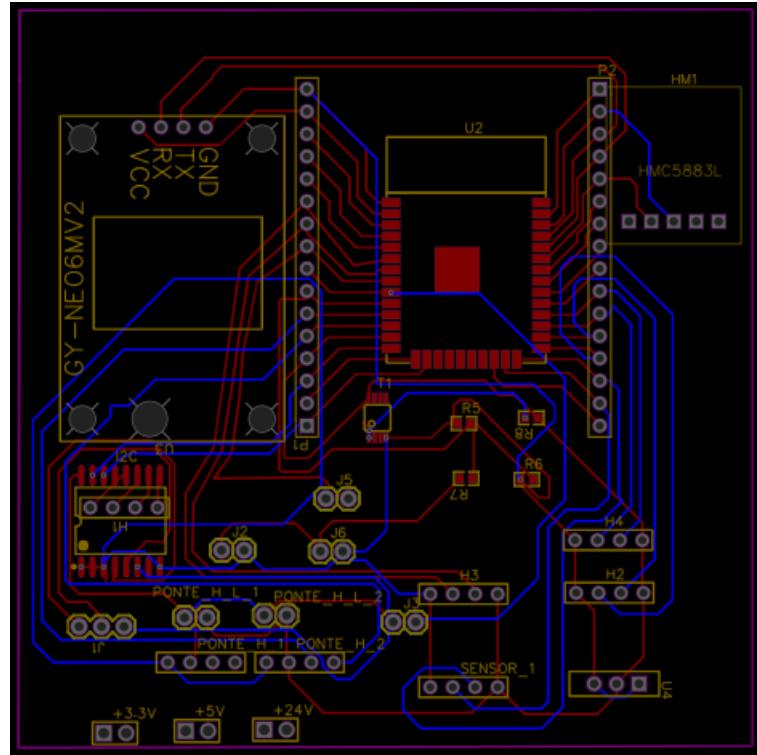
PARÂMETROS TÉCNICOS	DIMENSÕES
CORRENTE	5A
ESPESSURA DO COBRE	70 μ m
LARGURA DA TRILHA (EXT)	1.38mm
SEÇÃO TRANSVERSAL(EXT)	0.10mm ²
LARGURA DA TRILHA (INT)	3.60mm
SEÇÃO TRANSVERSAL(INT)	0.25mm ²
ISOLAÇÃO ENTRE PISTAS	0.2mm
TEMPERATURA AMBIENTE	25°C
VARIAÇÃO DE TEMPERATURA	10°C

Fonte: Autor



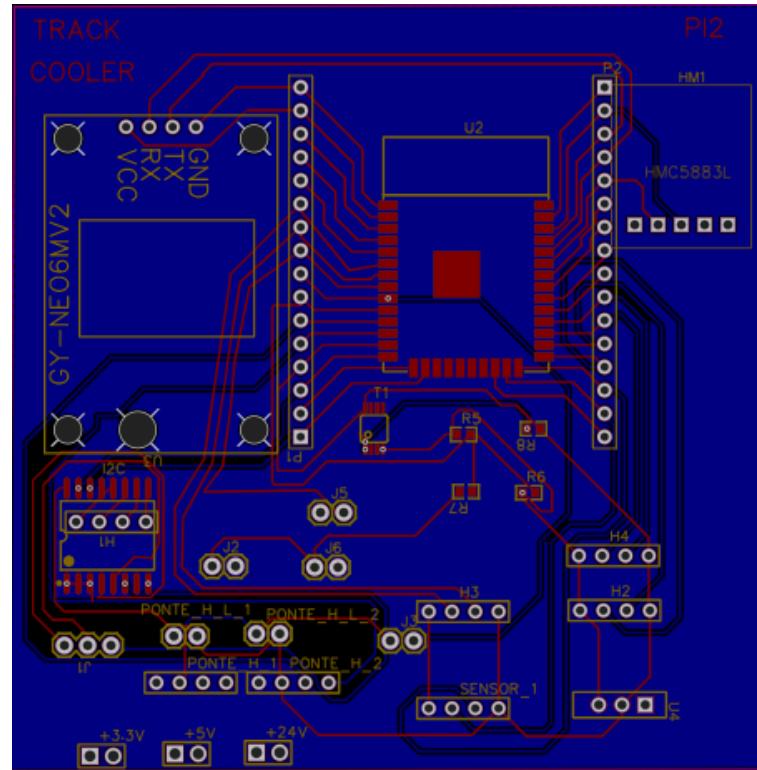
Fonte: Autor

Figura 13 – CAD da PCB



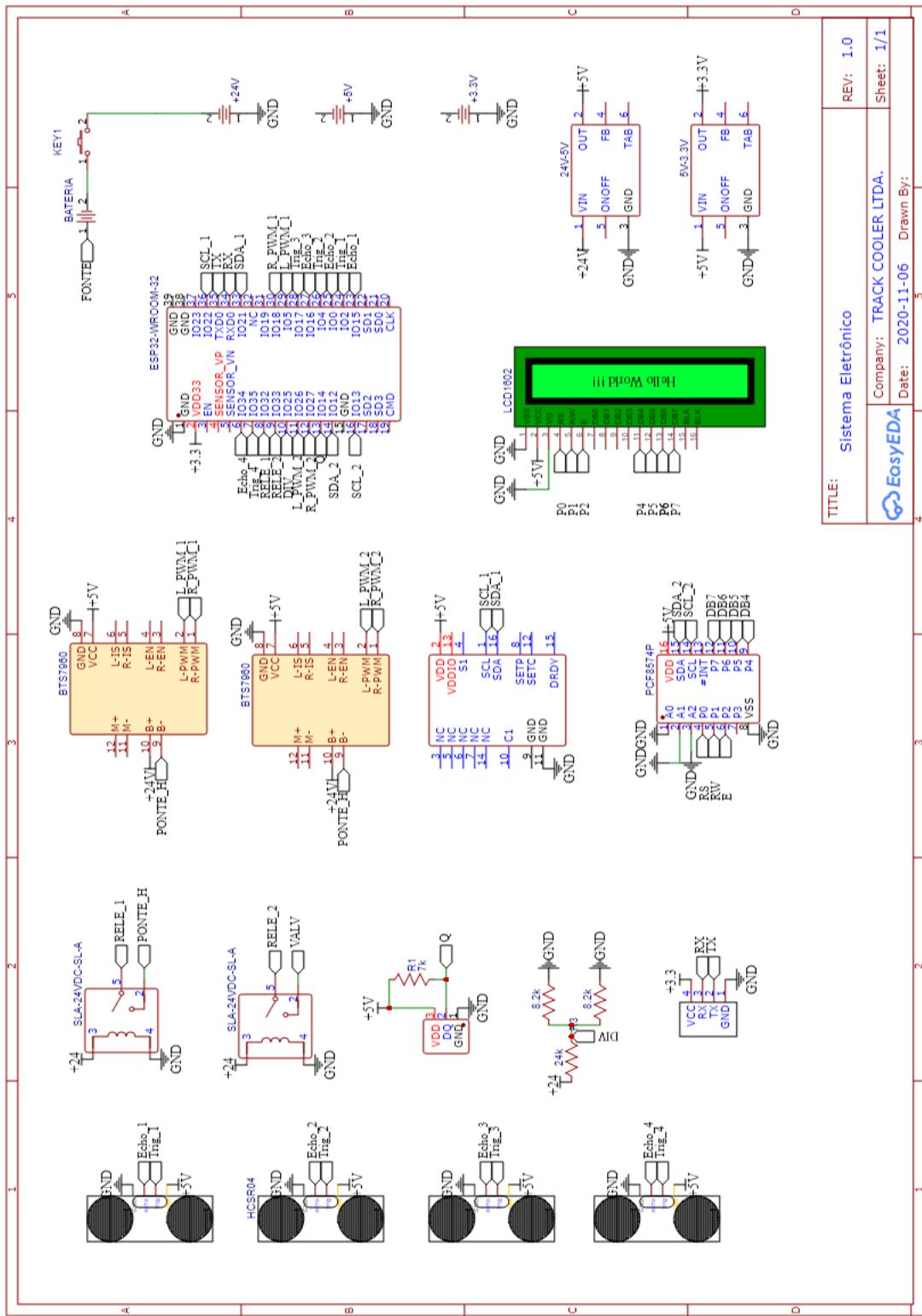
Fonte: Autor

Figura 14 – Layout da PCB



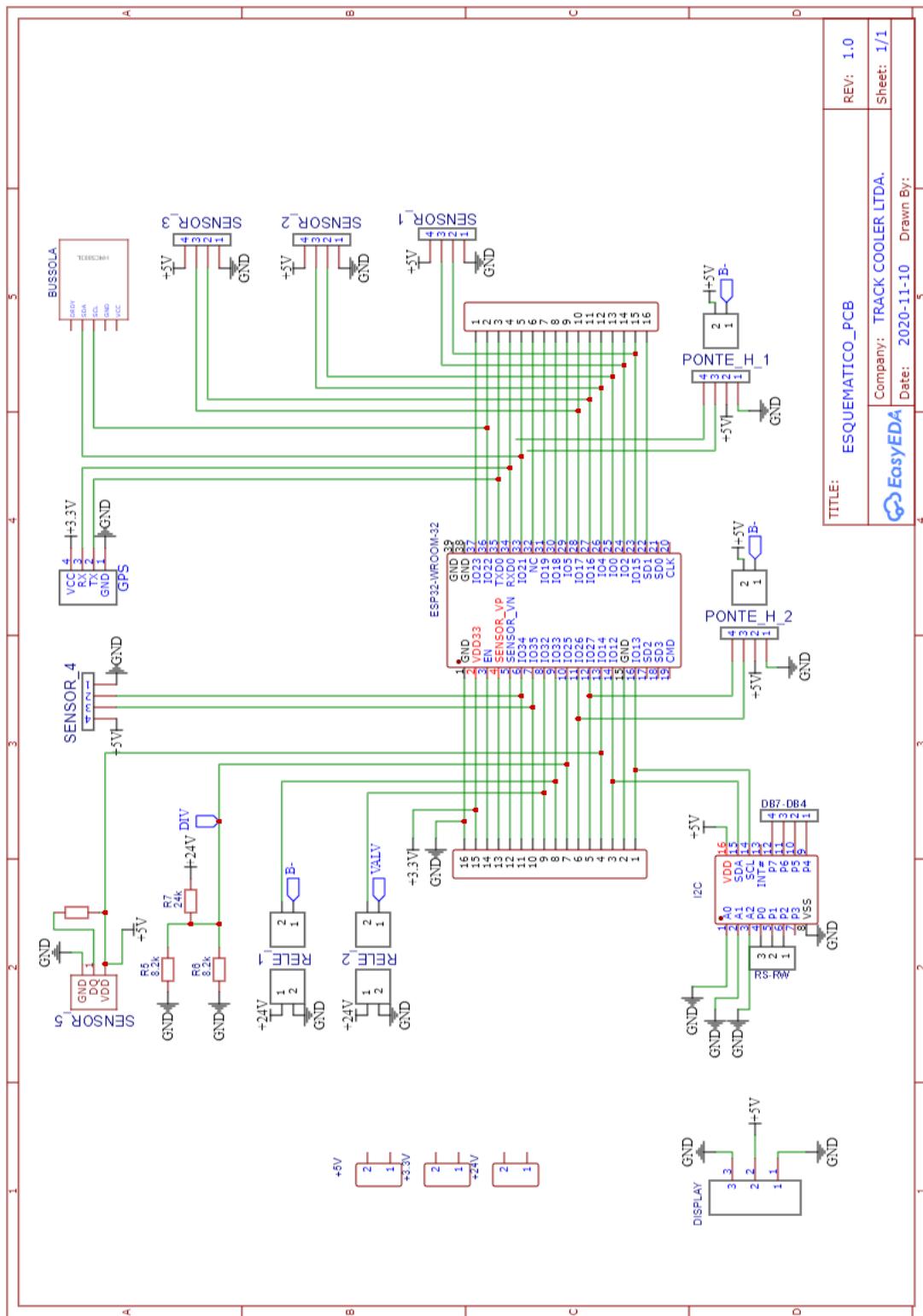
Fonte: Autor

Figura 15 – Layout da PCB considerando o Plano Terra



Fonte: Autor

Figura 16 – Esquemático do sistema eletrônico completo.



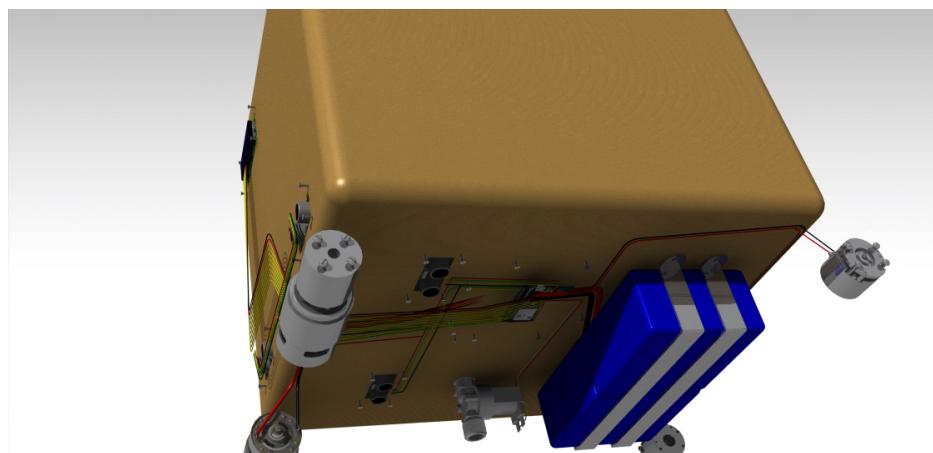
Fonte: Autor

Figura 17 – Esquemático para o desenvolvimento da PCB

4.2.2.2 Fiação do sistema eletrônico

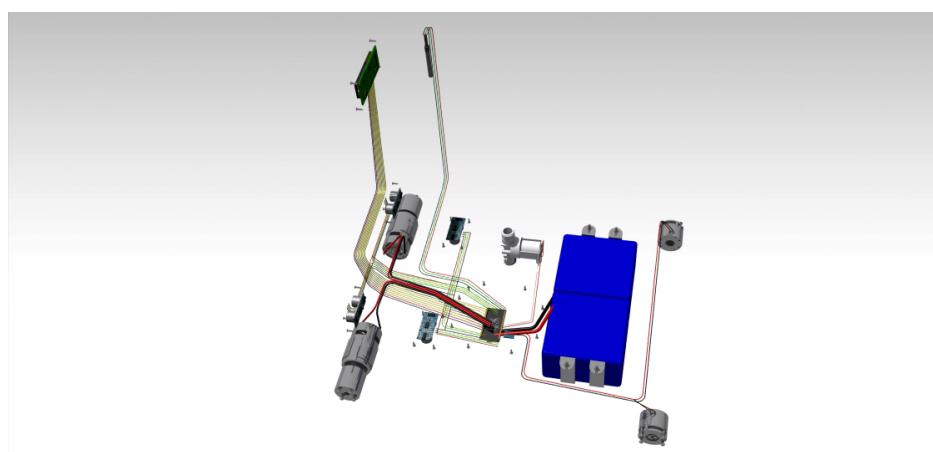
A fiação da parte eletrônica passa por dentro da caixa. Foi estimado um caminho aproximado para cada fio no próprio software CATIA, que foi usado para a realização dos CADs, e a partir deste calculado um tamanho. Para uma margem de erro foram acrescentados 20% de fio em todas as medidas obtidas.

Nas figuras 18 e 19 são mostrados os caminhos que os fios passam pela estrutura do *cooler*. A fim de facilitar a manutenção e fabricação, os fios foram separados por combinações de diferentes cores. Todos os fios de alimentação dos módulos e sensores serão vermelhos, os fios de terra serão pretos e os demais vão variar com combinações de cores. Observe nas figuras 20 e 21 as cores dos fios escolhidas.



Fonte: Autor

Figura 18 – Vista inferior e frontal do caminho dos fios do Track Cooler



Fonte: Autor

Figura 19 – Caminho dos fios do sistema eletrônico do Track Cooler

Bateria	POSITIVO -vermelho/branco NEGATIVO - preto	
Freio	POSITIVO -vermelho/branco NEGATIVO - azul	
Utrassonicos frontais	VCC - vermelho GND - preto TRIG - amarelo/azul ECHO - verde/ azul	
Utrassonicos inferiores	VCC - vermelho GND - preto TRIG - amarelo/ vermelho ECHO - verde/ vermelho	
Valvula solenoide	VCC - vermelho GND - branco	
Rele motores e freios	VCC - vermelho GND - preto ESP32 - branco / azul MOTOR E FREIO - azul	
Rele válvula solenoide	VCC - vermelho GND - preto ESP32 - branco / vermelho Válvula - branco	
Ponte H - motor direito	VCC, L_EN, R_EN - vermelho GND - preto R_pwm - branco/amarelo L_pwm - branco/verde Bateria + vermelho/branco Bateria - azul Motor + azul/branco Motor - verde/branco	

Fonte: Autor

Figura 20 – Organização de cores dos fios do sistema eletrônico

Ponte H - motor esquerdo	VCC, L_EN, R_EN - vermelho	
	GND - preto	
	R_pwm - preto/amarelo	
	L_pwm - preto/verde	
	Bateria+ vermelho/branco	
	Bateria - azul	
	Motor + azul/preto	
Sensor de temperatura	Motor - verde/preto	
	VCC - vermelho	
	GND - preto	
LCD	SINAL - verde	
	VCC - vermelho	
	GND - preto	
I2C	PORTAS I2C - amarelo	
	VCC - vermelho	
	GND - preto	
	PORTAS DO LCD - amarelo	
	SDL - amarelo/preto	
	SDA - amarelo/branco	

Fonte: Autor

Figura 21 – Organização de cores dos fios do sistema eletrônico

A tabela (11) contém todas os comprimentos dos fios necessárias para fazer a ligação dos sensores, módulos, motor e freio, assim como a quantidade de fios que é necessária para cada um desses componentes. A seção nominal de todos os fios dos módulos e sensores é de $0,6 \text{ mm}^2$ (20) pois não passa uma corrente alta por nenhum desses componentes. Já a seção dos fios da bateria, dos motores e dos freios são de 2 mm^2 (20).

Tabela 11 – Relação dos componentes com o comprimento e quantidade dos seus respectivos fios

Componentes	Comprimento do fio (cm)	Quantidade de fios
Motor direito	48	2
Motor esquerdo	22	2
Freio direito	77	2
Freio esquerdo	36	2
Sensor de temperatura	75	3
<i>Display LCD</i>	68	10
Sensor Ultrassônico frontal direito	35	4
Sensor Ultrassônico frontal esquerdo	25	4
Sensor Ultrassônico inferior direito	24	4
Sensor Ultrassônico inferior direito	11	4
Válvula solenoide	24	2

Fonte: Autor

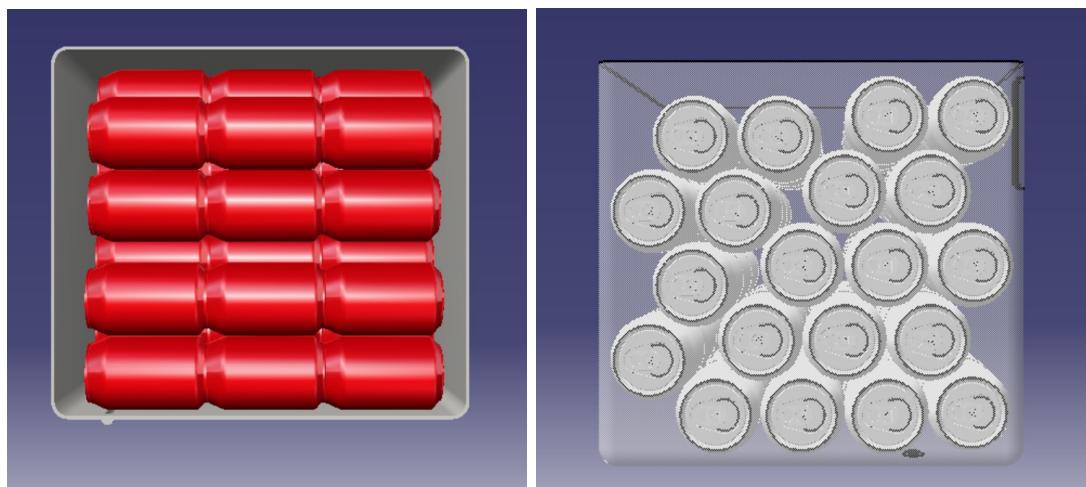
5 Estrutura

Para atender a demanda dos requisitos definidos desde o início do projeto, o subgrupo de estruturas trabalhou nas frentes de desenvolvimento do sistema de locomoção, escolha de motores e freios, desenvolvimento da caixa térmica, do chassi, simulações, dimensionamentos e alimentação. Nos tópicos a seguir será apresentado um resumo da solução estrutural, atualizações realizadas no ponto de controle 3, plano de fabricação e plano de montagem.

5.1 Solução Estrutural

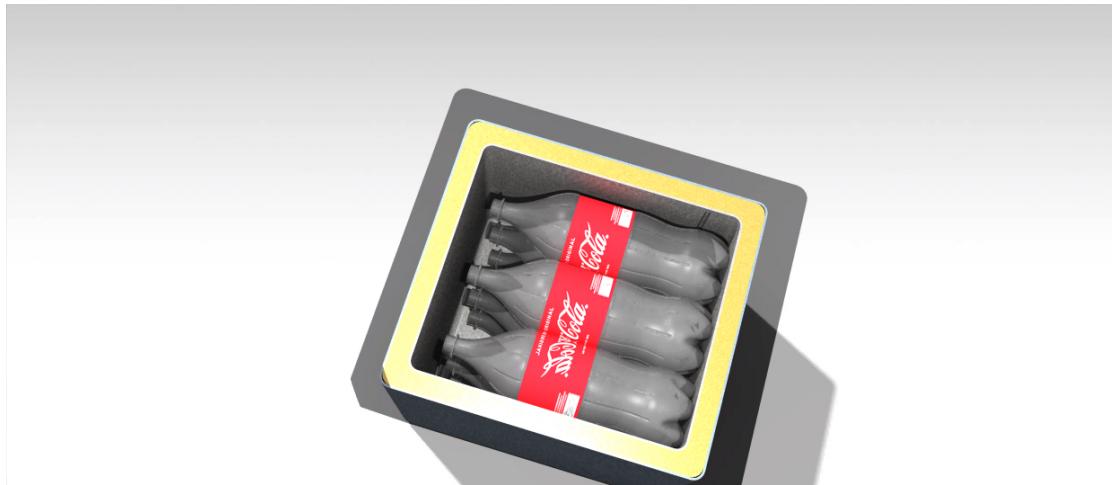
Uma vez definidos os requisitos e objetivos para o grupo de estruturas, foi desenvolvido ao longo do semestre todo o projeto para atender essas demandas. Começando pela caixa térmica, ela foi feita de fibra de vidro tanto na camada interna quanto na externa, tendo como camada intermediária 25mm de espuma de poliuretano, que é um material muito eficiente se comparado ao isopor (material mais utilizado em caixas térmicas comerciais). A caixa térmica também vai abrigar os sensores ultrassônicos, sensores de temperatura, *display LCD*, baterias e demais componentes eletrônicos.

O volume interno da caixa térmica é de aproximadamente 34 litros, onde esse valor é alto o suficiente para ser possível carregar uma quantidade considerável de itens em seu interior. Para se ter uma noção da real efetividade do volume da caixa térmica, foi feito um CAD preenchendo seu interior com garrafas de 2 litros e latas de bebidas, e como é mostrado nas figuras a seguir chegou-se a conclusão de que o *cooler* comporta 9 garrafas de 2 litros e 60 latas de 350 mililitros.



Fonte: Autor

Figura 22 – Vista superior e lateral do interior do *cooler* cheio de latas



Fonte: Autor

Figura 23 – *Cooler* cheio de garrafas de 2 litros

O chassi terá como função sustentar toda a estrutura da caixa térmica além de prender todo o sistema de locomoção. É formado por 4 peças feitas de aço 1020 soldadas entre si e 6 eixos de aço 1045. Além disso, pensando em diminuir as vibrações na parte interna causadas por irregularidades do terreno, decidiu-se utilizar quatro coxins de borracha que estarão entre a caixa e o chassi.

O sistema de locomoção é composto pelos motores, reduções, freios, esteiras, pinhões, e tensionadores, que serão fixados através de eixos de 8mm e 6 mm. Cada esteira possui duas correntes ASA 40-1, interligadas entre si por sapatas de PLA, que estarão presas as correntes pelos pinos dos elos da própria corrente. As sapatas tiveram suas faces externas revestidas por uma camada de TPU, que tem a função de diminuir o desgaste das sapatas e melhorar a aderência.

Para permitir que a esteira se move corretamente, em cada lado foram utilizados dois eixos com dois pinhões em cada eixo, que tem a função de tracionar o Track Cooler ou mantê-lo freado. Além dos pinhões, esse sistema também é composto pelos tensionadores que vão apoiar toda a estrutura no chão e servir como um guia para a esteira, e também é composto pela gangorra, que é um sistema que vai moldar a esteira de acordo com as irregularidades do terreno.

As imagens [24](#) e [25](#), mostram o Track Cooler na sua versão mais atualizada:



Fonte: Autor

Figura 24 – Versão final do Track Cooler



Fonte: Autor

Figura 25 – Vista frontal da versão final

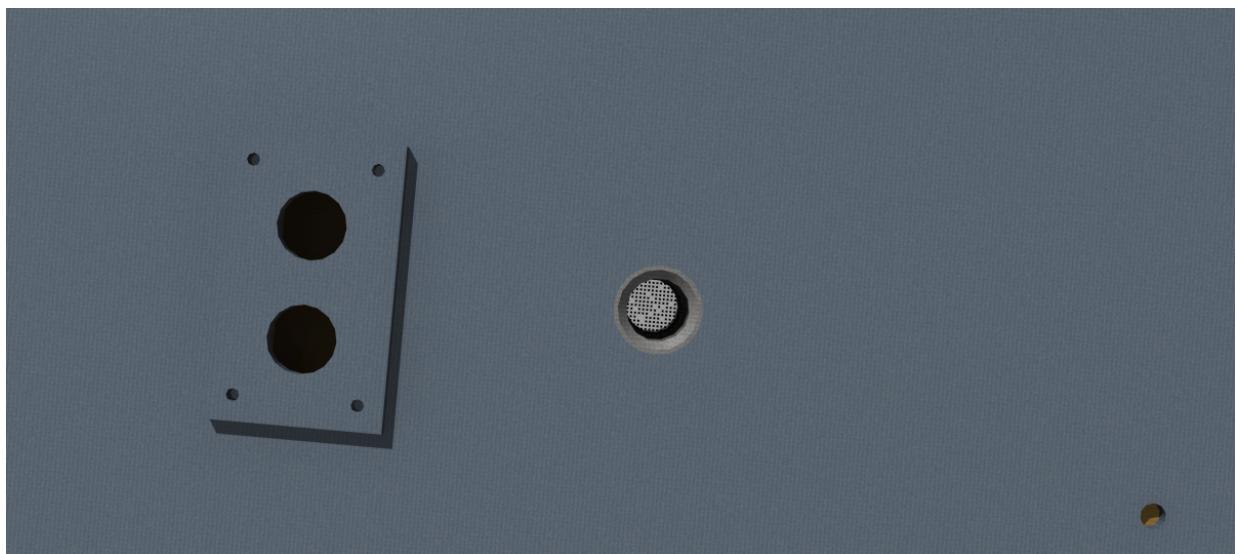
5.2 Atualizações no projeto

Em comparação ao ponto de controle 2, ocorreram algumas atualizações no projeto com o objetivo de solucionar possíveis problemas que possam vir a ocorrer. Essas atualizações foram a adição de uma válvula solenoide, tratamento termoquímico nos pinhões, ajuste da esteira, modificação da caixa de componentes eletrônicos e adição de tampas de manutenção.

5.2.1 Válvula solenoide

Como descrito anteriormente, foi necessário a implementação de uma válvula solenoide. Para isso, foi feito um duto na parte inferior da caixa térmica, onde foi fixada uma luva PVC de 1/2", permitindo a fixação da solenoide.

Na figura 26, pode-se observar o duto na parte inferior, que vai ser o responsável por escoar a água de dentro da caixa térmica. Antes de passar pela válvula a água passa por um pequeno ralo, que vai impedir que alguns objetos pequenos caiam ou travem a válvula.



Fonte: Autor

Figura 26 – Duto da válvula com o ralo

5.2.2 Tratamento termoquímico do pinhão

Os pinhões também passaram por alterações. No ponto de controle 2, tinha-se decidido por fabricar o pinhão com aço 1020 sem nenhum tipo de tratamento, mas devido ao constante atrito com a corrente e com detritos como grãos de areia, o mesmo pode sofrer desgastes prematuros. Para solucionar esse problema, foi decidido fazer um processo de cementação para aumentar a dureza do material, aumentando assim sua vida útil.

Como o aço 1045 temperado e revenido é comumente utilizado na fabricação de pinhões, sua dureza foi utilizada como referência no processo de cementação do aço 1020. Foi adotado o valor de 414 HV de dureza do aço 1045 temperado e revenido, de acordo com Stein et al.(21).

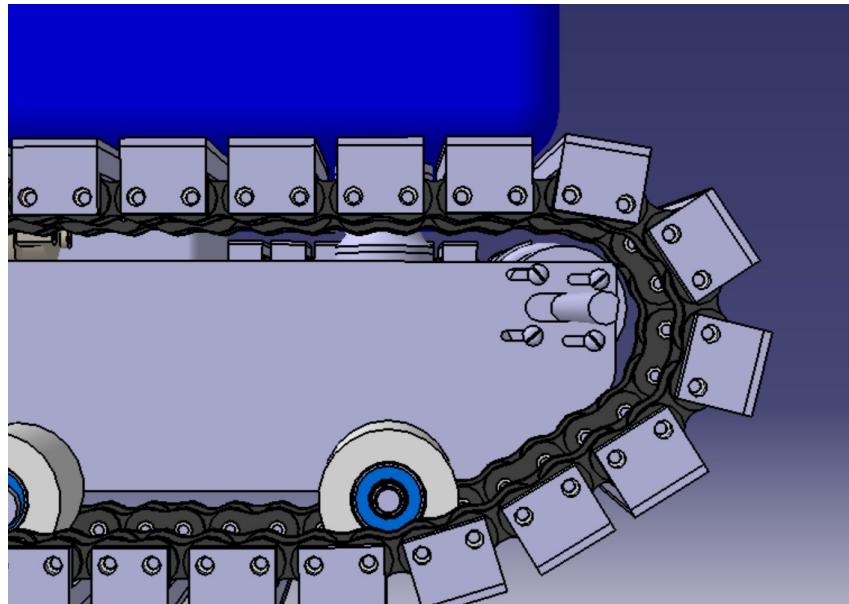
De acordo com Fraga (2017)(22), a dureza do aço 1020 em um processo de cimentação pode variar de acordo com o tempo em que ele passa pelo tratamento. A escolha do tempo de tratamento para o aço 1020 foi feita de forma a se obter uma dureza próxima a apresentada pelo aço 1045 de referência. Tem-se então um tempo de tratamento de cimentação do aço 1020 de 6 horas, obtendo dureza de 471 HV, após também ser submetido à têmpera e revenimento.

Levando em consideração a dureza do aço 1020 sem tratamento como 127 HV (23), foi obtido um acréscimo de 344 HV após o processo de cimentação. Sendo visto um aumento de aproximadamente 370% na dureza do aço 1020.

5.2.3 Ajuste da esteira

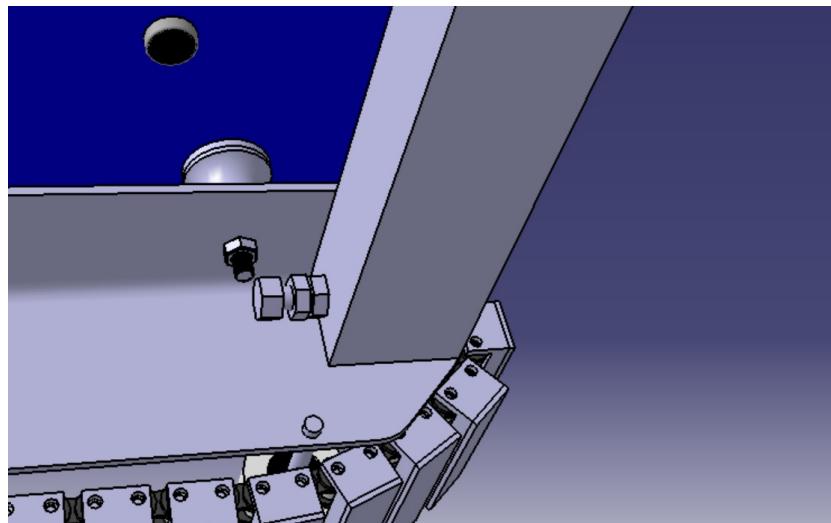
Outra alteração foi no chassi, onde ficam os furos de fixação da redução, passando a ter um formato oblongo como é mostrado na figura 27. Essa modificação foi necessária para permitir o ajuste das esteiras no mecanismo de locomoção.

Na figura 28 é possível ver que também foram adicionados dois parafusos (um para cada redução) na aba interna da cantoneira transversal do chassi. Esse parafuso tem a função de empurrar a redução para o lado, tensionado a corrente após a montagem.



Fonte: Autor

Figura 27 – Visão dos furos que permitem o ajuste da esteira



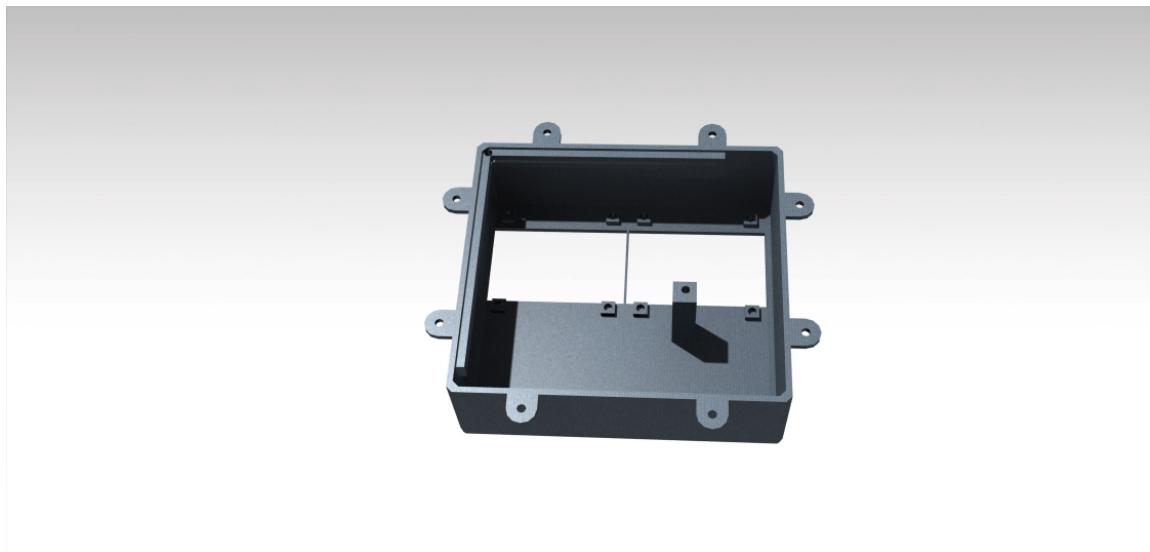
Fonte: Autor

Figura 28 – Parafuso do ajuste da corrente

5.2.4 Caixa de componentes eletrônicos

A caixa que irá comportar os componentes eletrônicos (figura 29), foi feita por impressão 3D de ABS. Ela terá aberturas para permitir que os dissipadores das pontes H troquem calor com o ambiente externo.

Para garantir uma correta vedação e impedir a entrada de água pelos vãos entre a abertura e o dissipador, foi utilizado o silicone CSL-506T da CSL Silicones, selante/adesivo fluido e autonivelante para preenchimento. O silicone também foi utilizado para colar os relés dentro da caixa.

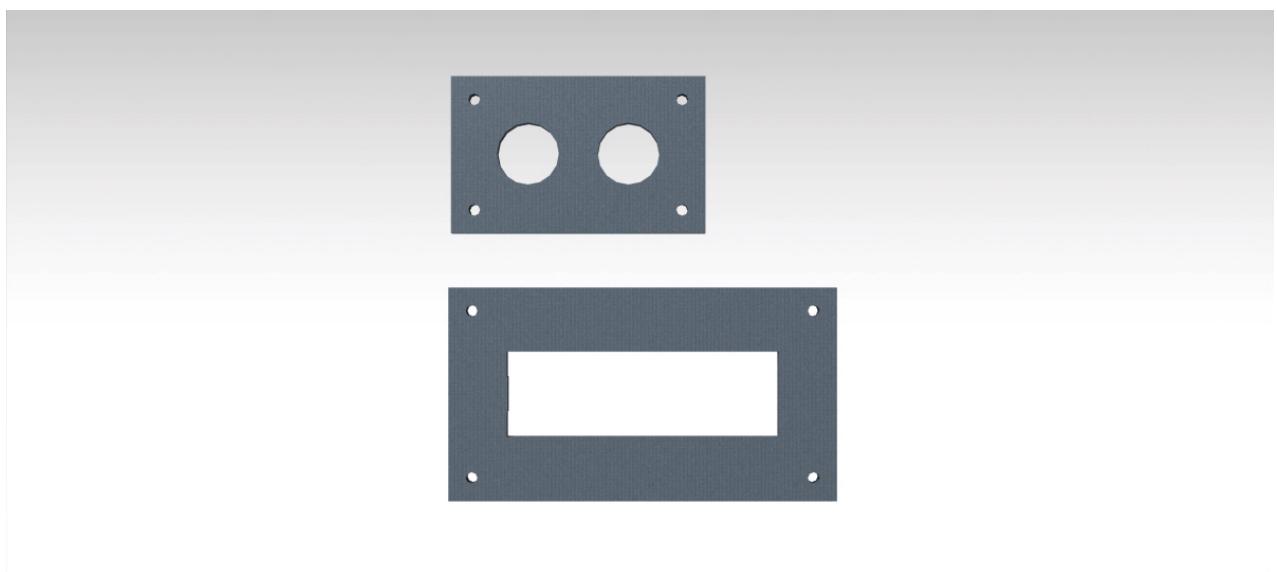


Fonte: Autor

Figura 29 – Caixa dos componentes eletrônicos com as aberturas para o dissipador

5.2.5 Tampas de manutenção

Por fim, foram elaboradas tampas de acesso para a manutenção (figura 30) nas áreas onde ficam os sensores ultrassônicos e o *display LCD*, possibilitando a troca ou a manutenção dos mesmos sem que seja preciso desmontar a caixa térmica por completo. Essas tampas foram feitas de fibra de vidro e foram parafusadas na parede externa da caixa térmica (figura 31), garantindo assim um bom acabamento e um fácil acesso.



Fonte: Autor

Figura 30 – Tampas removíveis para manutenção dos sensores e *display LCD*



Fonte: Autor

Figura 31 – Tampas de acesso para manutenção parafusadas

5.3 Tabela de Informações de Engenharia

A tabela seguinte, vai mostrar as principais informações de engenharia que foram obtidas durante todo o processo de desenvolvimento do Track Cooler. Essa tabela inclui dados que envolvem a parte de estrutura e de alimentação de energia.

Tabela 12 – Informações de engenharia

Itens	Especificações	Objetivos
Material mais utilizado	Poliuretano	Material leve e eficiente em diminuir a transferência de calor entre o meio interno e o meio externo.
Segundo material mais utilizado	Fibra de vidro	Proporciona baixo peso à estrutura e baixa transferência de calor entre o interior do <i>cooler</i> e o ambiente.
Capacidade do <i>cooler</i>	34 litros	Capacidade comum aos <i>cooler</i> oferecidos no mercado permitindo que se leve uma boa quantidade de itens em seu interior.
Dimensões	483,61 x 453,84 x 513,19 mm	Apresentar dimensões que não o tornem excessivamente grande de forma a prejudicar sua praticidade e tornar sua locomoção penosa.
Peso total da estrutura	15,951 kg	Ser o menor possível respeitando as necessidades do projeto, de forma a não prejudicar sua locomoção ou torná-la desconfortável.
Motorização	Motor RS-895 com redução 14:1	Oferecem a potência e torque necessários para locomover o <i>cooler</i> na velocidade proposta.
Amortecimento	4 coxins	Diminui os deslocamentos da estrutura em vibração, garantindo a integridade dos objetos no interior do <i>cooler</i> .
Inclinação máxima em operação normal	12 graus	Essa inclinação garante que o Track Cooler consiga operar normalmente mesmo com alguma inclinação.
Tipo de carregamento	Carregamento bivolt	Permite a recarga das baterias em tomadas padrão NBR 14136 com tensão 110 VCA ou 220 VCA.
Autonomia da bateria	4 horas	Autonomia máxima de aproximadamente 4 horas em uso regular.

Fonte: Autor

5.4 Plano de fabricação

Nesse tópico será abordado sobre os processos de fabricação de cada um dos itens do Track Cooler. Na tabela seguir, são listados todos os materiais utilizados para a produção do produto.

Tabela 13 – Peças fabricadas e material utilizado para fabricação

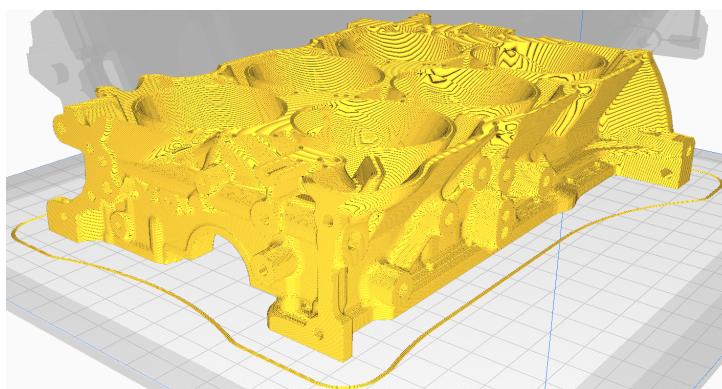
Peça	Material
Revestimento da Sapata	TPU
Sapata	PLA
Caixa de componentes eletrônicos	ABS
Roldana	Nylon
Eixos	Aço 1045
Pinhão	Aço 1020
Gangorra	Aço 1020
Cantoneira	Aço 1020
Parede Externa da Caixa Térmica	Fibra de Vidro
Parede Interna da Caixa Térmica	Fibra de Vidro
Preenchimento da Caixa Térmica	Poliuretano

Fonte: Autor

5.4.1 Partes Impressas

As sapatas, o revestimento, a caixa de eletrônicos e a caixa da bateria foram fabricadas utilizando uma impressora 3D do tipo FDM, que utilizam filamentos de material termoplástico para as impressões.

Para a utilização correta da impressora 3D, foi necessário a utilização de um programa conhecido como *slicer*, que fatia o modelo 3D do objeto a ser impresso em camadas horizontais que são impressas em sequência, formando o objeto final. A escolha do programa dependerá do modelo de impressora 3D que será utilizada na fabricação.



Fonte: Autor

Figura 32 – Bloco de motor Ford em miniatura fatiado

O material utilizado para a fabricação das sapatas foi o PLA com um revestimento em TPU, que foram escolhidos baseados em simulações realizadas no Ponto de Controle anterior. A junção da sapata com o revestimento foi feita utilizando cola epóxi, que garante uma boa fixação dos materiais. Para a impressão da caixa de componentes eletrônicos e da carcaça do carregador, foram utilizados filamentos de ABS por ser um termoplástico resistente a intempéries. As impressões foram feitas com preenchimento de 100%, que foi como as impressões foram simuladas.



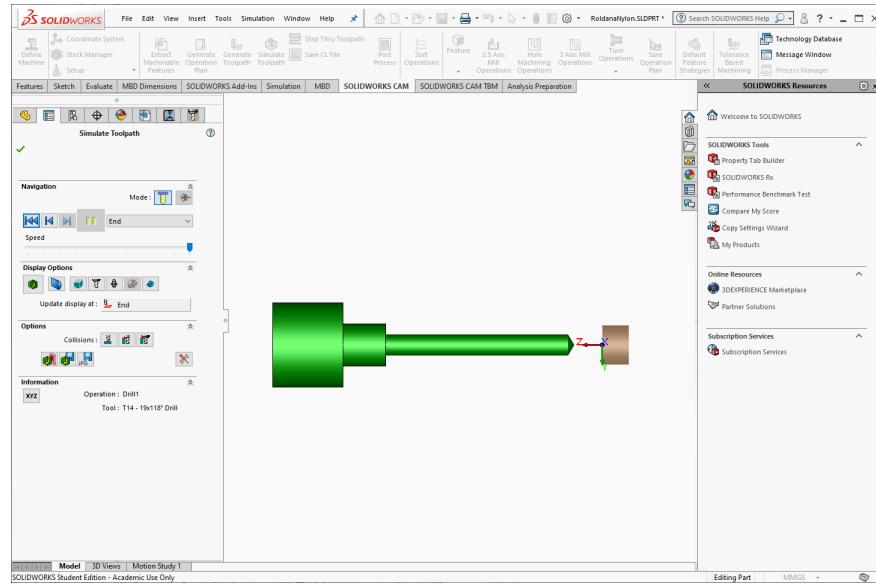
Fonte: Autor

Figura 33 – Sapata impressa em PLA

5.4.1.1 Roldanas de Nylon

As roldanas foram fabricadas utilizando tarugos de Nylon com seção circular de diâmetro de no mínimo 35 mm usinadas em torno mecânico ou CNC. O comprimento das barras utilizadas foram de no mínimo 50 mm, para uma segura fixação a placa do torno sem interferir na usinagem interna, que pode ocorrer pela deformação do material macio durante o aperto das castanhas da placa.

Para a fabricação utilizando CNC, foi necessário a utilização de um programa CAM, para processar o modelo 3D e gerar as instruções a máquina, indicando qual ferramenta e trajeto ela deverá executar. No caso das roldanas de nylon, foi necessário indicar os diâmetros internos e externos e o comprimento da peça.



Fonte: Autor

Figura 34 – *SolidWorks CAM*

5.4.1.2 Pinhão

Para o pinhão o processo de fabricação selecionado foi a usinagem por corte com jato de água em CNC. Este é um processo de corte a frio que faz uso de um jato de água emitido a altíssima velocidade, podendo estar associado a um abrasivo (necessário em corte de materiais de maior dureza, principalmente metálicos). De forma limpa e precisa, o corte acontece quando as partículas de água do jato projetado atingem a superfície do material (24). Esse processo de usinagem permite uma altíssima flexibilidade e precisão (da ordem de um décimo de milímetro), ausência de deformação e corte nítido, além de não alterar as propriedades mecânicas do material. Foi utilizado programa CAM para enviar as instruções à CNC.

Para melhorar a resistência ao desgaste e dureza da superfície dentada do pinhão, ele foi submetido a um processo de cementação. A cementação é um tratamento termoquímico superficial, que introduz átomos de carbono no material, combinado com tratamento térmico de têmpera e revenimento. Dessa forma, ocorre o endurecimento da superfície sem a perda da tenacidade do componente (22). Para esse tratamento, foi utilizado o pó Cimentox para cementação sólida de ligas ferrosas da fabricante Oxigen (figura 35), seguindo as instruções do rótulo do produto. A peça foi aquecida até rubro (em torno de 800°C a 900°C) e imersa em uma caixa contendo o pó para cementação, e novamente retornada ao forno para que ocorresse a fundição do fluxo aderido à superfície (600°C).



Fonte: (25)

Figura 35 – Pó para cimentação utilizado

Para se adequar à dureza requerida para o projeto (próximo a 414 HV), o pinhão foi submetido ao tratamento de cimentação por 6 horas na mufla, seguindo informações de Fraga (2017)(22). A dureza da peça foi medida antes e depois do tratamento, para fins comparativos. Após o resfriamento, a peça é limpa e passar por um tratamento de têmpera e revenimento.

5.4.1.3 Braço da gangorra e cantoneiras

As gangorras e as cantoneiras, assim como seus furos, também foram fabricadas em CNC com corte por jato d’água, e também fez-se uso de programas CAM. Após o corte, as chapas que formam as cantoneiras foram dobradas, conforme mostram os desenhos técnicos. A dobra de chapas de aço é a mudança de geometria da peça devida a deformação ao longo de um eixo. O equipamento utilizado foi uma dobradeira de chapas.

5.4.1.4 Eixos

Os quatro modelos diferentes de eixo que compõem a estrutura do Track Cooler passaram por um processo de usinagem por torneamento a partir de peças de aço 1045, para atender a interferência necessária em relação as peças já cortadas.

O chanfro presente no eixo que acopla ao pinhão foi feito por fresamento. O fresamento é um processo de usinagem que apresenta ferramenta de corte rotativa, denominada fresa. A fresa possui múltiplas arestas cortantes, que remove material da peça em forma de cavaco, a medida que a ferramenta avança sobre a peça (26). No fresamento, é a ferramenta de corte que está em movimento rotacional, enquanto no torneamento, a peça se encontra em rotação e a ferramenta de corte incide linearmente sobre ela, o movimento responsável pelo avanço pode ocorrer tanto pela ferramenta quanto pela própria peça.

Este fato faz com que haja maior versatilidade nas orientações em que se pode obter superfícies fresadas.

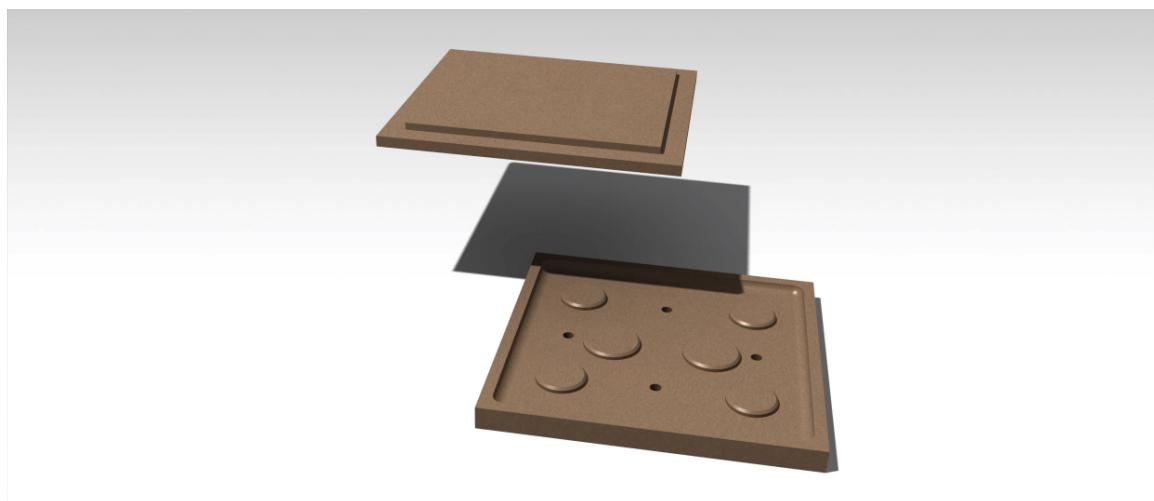
5.4.2 Caixa térmica

Para confecção da caixa térmica, foi usado fibra de vidro e espuma de poliuretano. Foram fabricados inicialmente moldes para dar formato a espuma, esses moldes foram confeccionados com chapas de MDF de 10 e 15mm de espessura cortadas a laser. Após a montagem da caixa de MDF os cantos foram arredondados com massa plástica. Para facilitar a retirada do PU do molde, foi utilizado um desmoldante para espuma de poliuretano da marca Ariston Polímeros. Para o caso do molde de MDF, deve-se passar várias aplicações de desmoldante até que se tenha uma película necessária para o processo de desmoldagem.

Com a espuma de PU pronta, a mesma foi revestida com a fibra de vidro pelo processo de laminação manual com manta e resina. Nesta etapa, também foram adicionadas as porcas que prendem os coxins e a luva do duto de escoamento de água. Os itens descritos anteriormente devem ser adicionados juntamente a fibra de vidro.

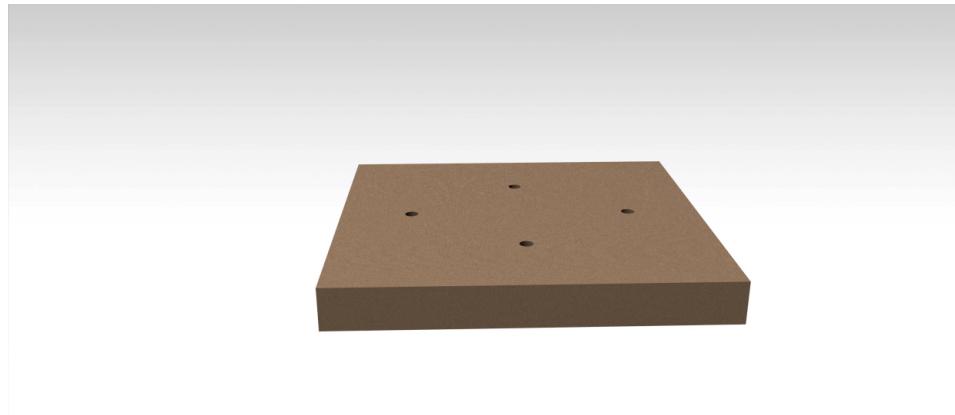
5.4.2.1 Moldes

Para confecção da tampa do *cooler*, o molde foi bipartido e feito 4 furos para inserir o poliuretano. Na figura 36, é possível observar o molde aberto mostrando os furos por onde espuma de PU foi injetada, além dos detalhes que vão moldar o formato dos porta-copos. Já a figura 37, mostra o molde completamente fechado.



Fonte: Autor

Figura 36 – CAD do molde da tampa aberto

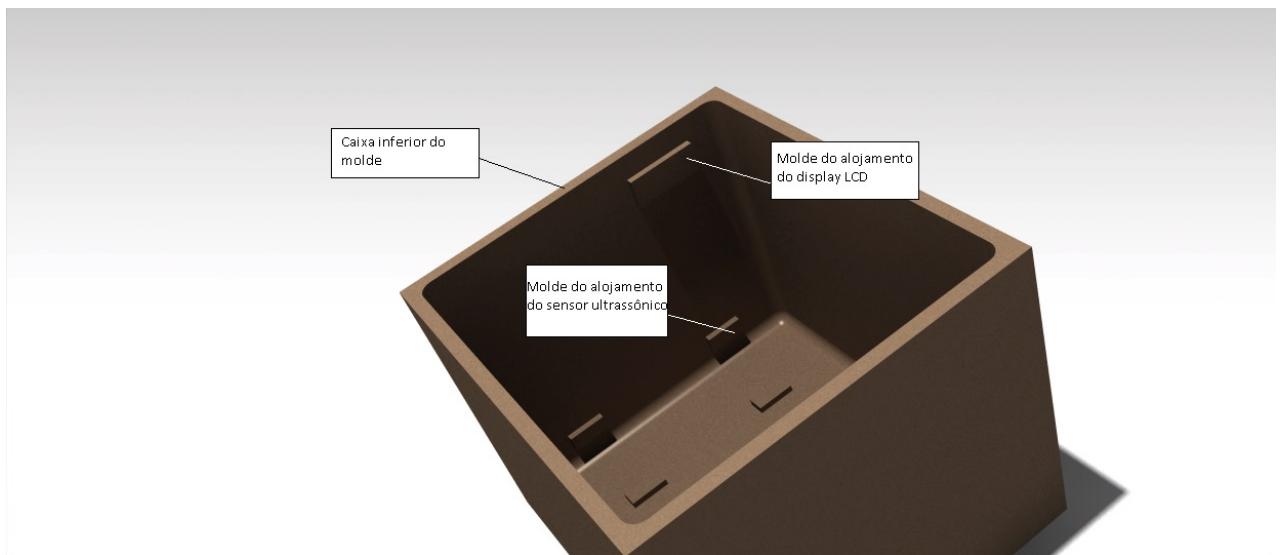


Fonte: Autor

Figura 37 – CAD do molde da tampa fechado

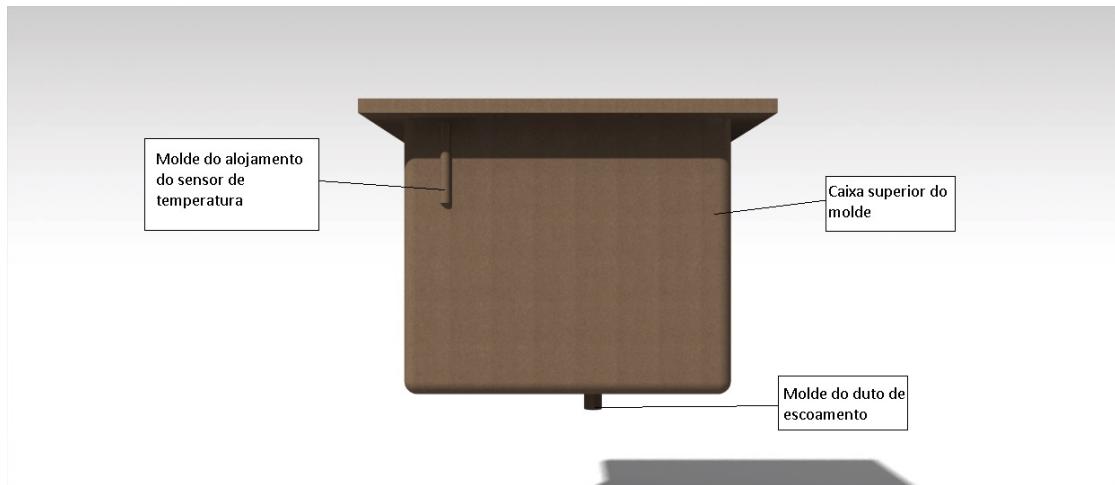
Já para confecção da caixa do *cooler*, o molde também foi dividido e teve 6 furos para a injeção do poliuretano. Para facilitar a fabricação, o alojamento dos sensores foi feito em MDF, mas foram parafusados de fora para dentro, o que permitiu que o mesmo fosse desparafusado e saísse junto com a espuma de poliuretano, evitando assim o retrabalho de cortar estas regiões futuramente.

A figura 38, mostra a parte inferior que vai moldar a parte externa da espuma de poliuretano. Nessa parte do molde, observa-se os detalhes que vão dar o formato para o alojamento dos sensores e *display LCD*. Na figura 39 é possível ver a parte superior do molde que vai dar o formato interno para a espuma. Já a figura 40 mostra as duas partes alinhadas e desmontadas, para indicar a forma em que o molde deve ser montado. E por fim, na figura 41, pode-se observar o molde completamente fechado com os seis furos para a adição da mistura que vai formar o PU.



Fonte: Autor

Figura 38 – CAD da Parte inferior do molde



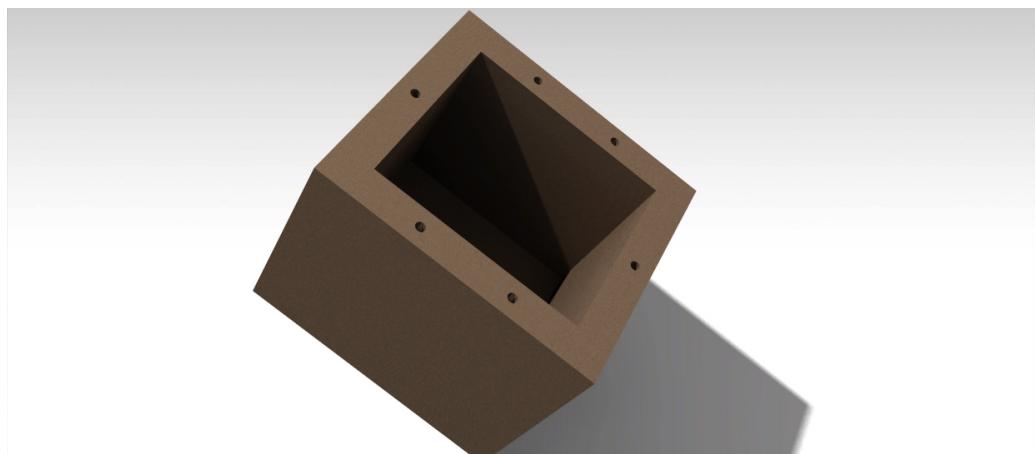
Fonte: Autor

Figura 39 – CAD da parte superior do molde da caixa térmica



Fonte: Autor

Figura 40 – CAD do molde da caixa térmica desmontado

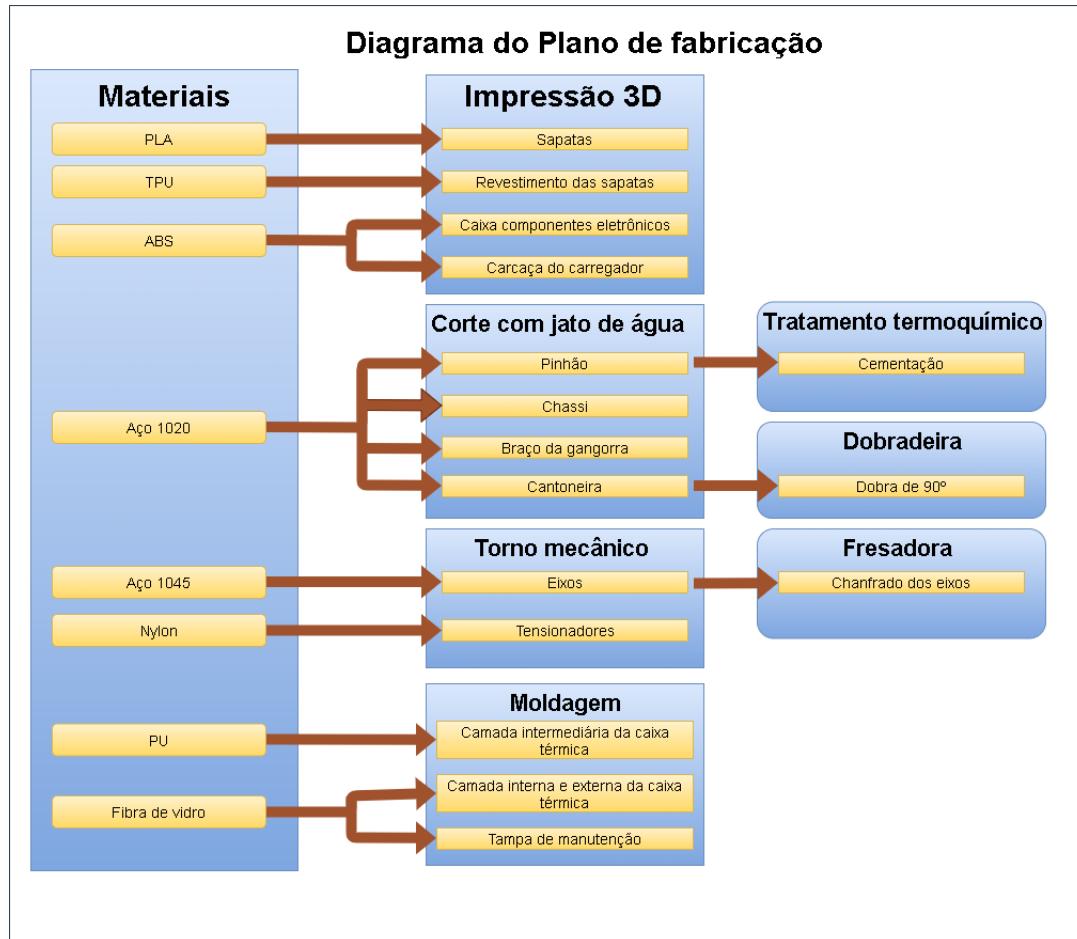


Fonte: Autor

Figura 41 – CAD do molde da caixa térmica fechado

5.4.3 Diagrama do plano de fabricação

Com o desenvolvimento do plano de fabricação descrito no tópico anterior, foi feito um diagrama para melhor visualização de todo o processo:



Fonte: Autor

Figura 42 – Diagrama do plano de fabricação

5.5 Plano de montagem

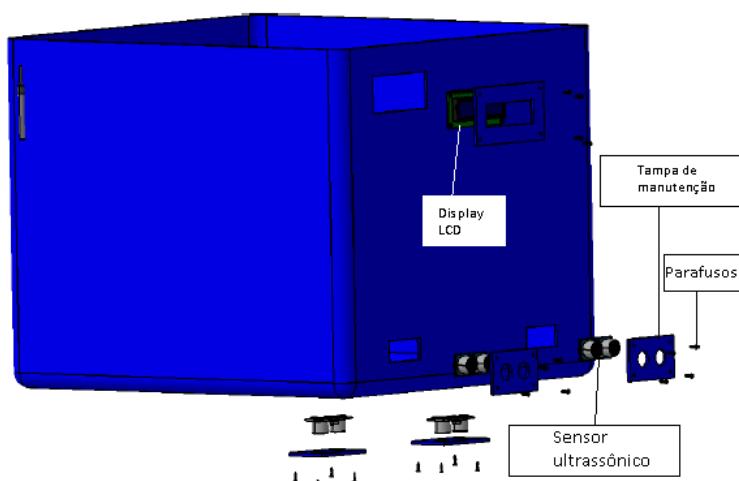
5.5.1 Caixa Térmica

Como foi descrito no tópico de fabricação, primeiramente a camada de espuma de poliuretano foi fabricada com auxílio dos moldes de MDF. Com o PU no formato desejado, foi iniciado o preparo para a espuma começar a receber as camadas de fibra de vidro pelo processo de laminação.

No caso da caixa, antes de iniciar a produção da camada de fibra de vidro, foi necessário passar toda a fiação dos sensores, *display LCD*, baterias, motores e freios, de acordo com o que é mostrado na figura 18. O sensor de temperatura ficou alocado na parte interna da caixa térmica, nesse caso foi preciso fazer um pequeno furo no PU na região onde o sensor de temperatura está localizado, para permitir a passagem dos fios.

Com os cabos posicionados corretamente, foi possível iniciar o processo de laminação da fibra de vidro tanto na parte interna quanto na parte externa. Após a finalização, foram feitos os furos para os parafusos 3x16 que prendem a tampa de manutenção na caixa térmica. Durante o processo de laminação, também foram presas quatro porcas M8 e uma luva PVC de 1/2" na fibra de vidro para permitir a fixação da caixa térmica nos coxins e a válvula solenoide no duto de escoamento.

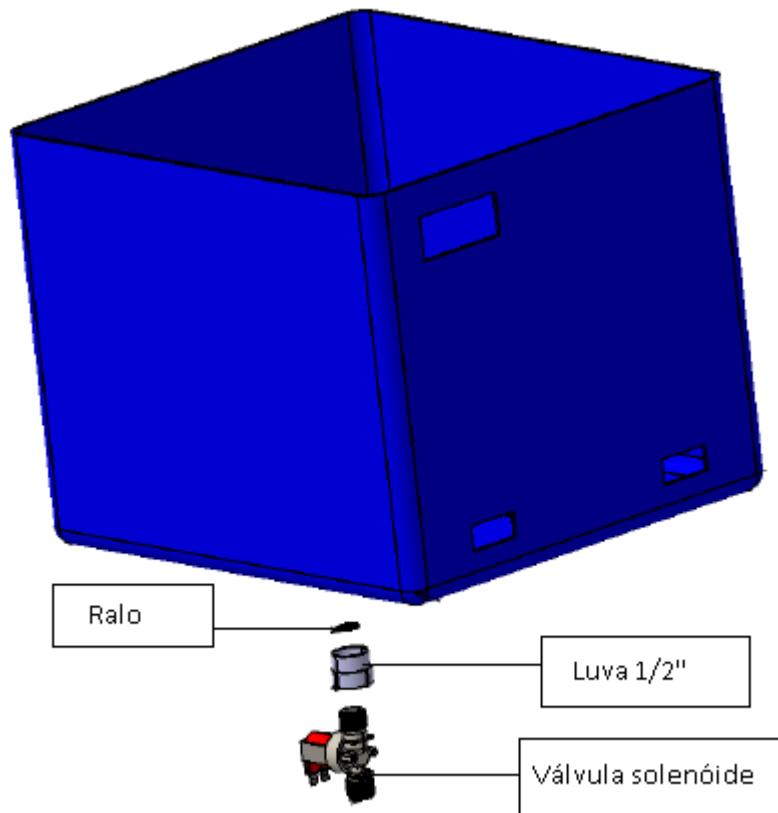
Ao terminar esse procedimento, foi preciso posicionar e conectar os sensores ultrassônicos, *display* e sensor de temperatura nas áreas destinadas a eles. Com os sensores ultrassônicos e o LCD nas suas localizações corretas, foi posicionada a tampa de manutenção e em seguida, apertados todos os parafusos corretamente. A imagem 43 mostra a vista explodida dos sensores, LCD e tampas na sequência correta de montagem.



Fonte: Autor

Figura 43 – Vista explodida dos sensores, *display LCD*, e tampas de acesso aos sensores

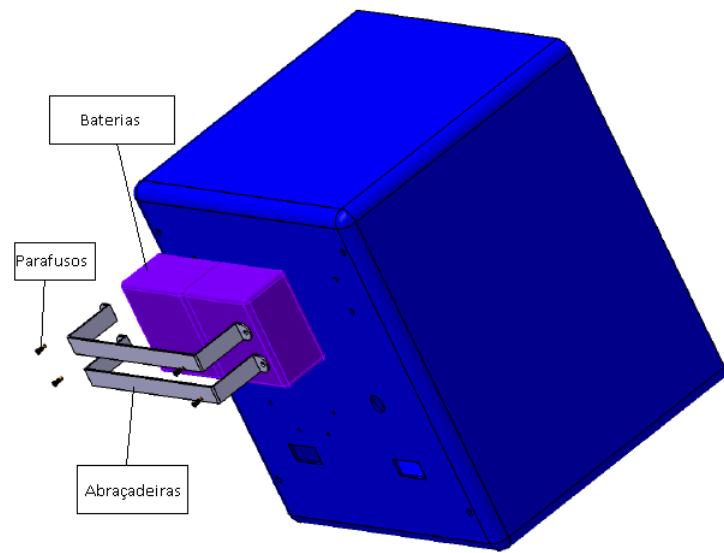
Os quatro coxins foram rosqueados em seus respectivos lugares, com o devido cuidado para que não fosse aplicado um torque muito elevado. Com os coxins presos, se iniciou a montagem da válvula solenoide na estrutura, onde primeiramente foi passado fita veda rosca em torno da rosca da válvula, e em seguida enroscada na luva colocada na caixa térmica. A figura 44 mostra a correta sequência de montagem do sistema de escoamento.



Fonte: Autor

Figura 44 – Visão explodida da válvula e luva com rosca

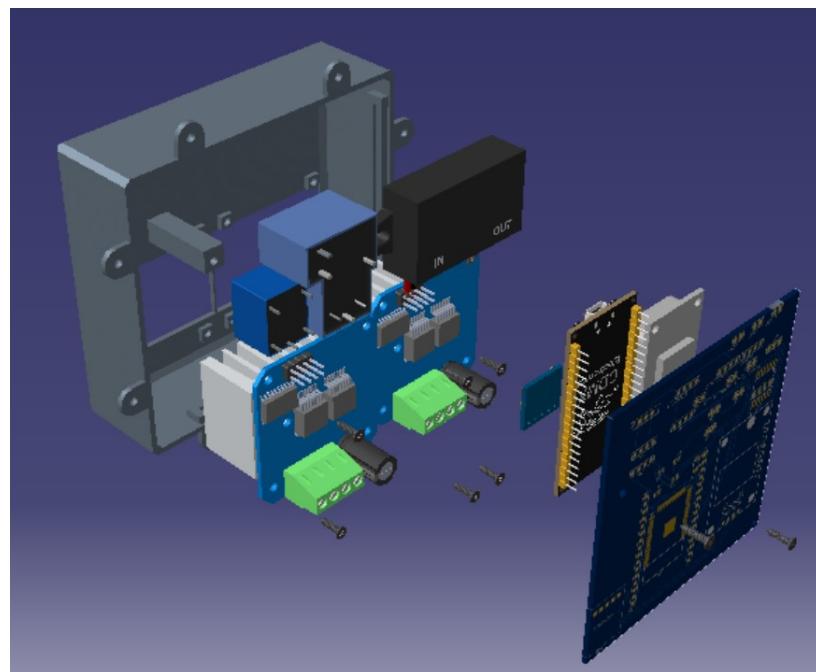
Após os processos descritos nos parágrafos anteriores, é o momento de prender as baterias e a caixa com os componentes eletrônicos na posição correta. Antes, foram feitos os furos seguindo o plano de furos da figura 135 (presente no apêndice de desenhos técnicos), que serão os responsáveis por prender as baterias e a caixa de componentes eletrônicos respectivamente. Após esse processo, as baterias foram posicionadas na região destinadas a elas e parafusadas as abraçadeiras (figura 45).



Fonte: Autor

Figura 45 – Visão explodida das baterias e braços de fixação

Por fim, chegou o momento de montar a caixa com os componentes eletrônicos. Para isso, posicionou-se cada placa em seu respectivo lugar e foram utilizados parafusos 2,2x6 para prendê-las na caixa de componentes eletrônicos (figura 46). Foi preciso dar uma atenção especial aos dissipadores das pontes H, para se evitar a entrada água, onde foi utilizado o silicone para a vedação. Após isso, foi aplicada uma camada de silicone na face superior da caixa de componentes eletrônicos e parafusada na região destinada a ela.



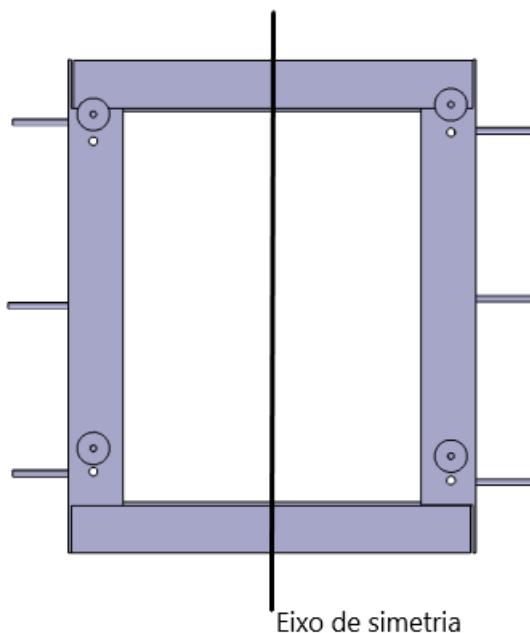
Fonte: Autor

Figura 46 – Visão explodida da caixa de componentes eletrônicos

5.5.2 Chassi

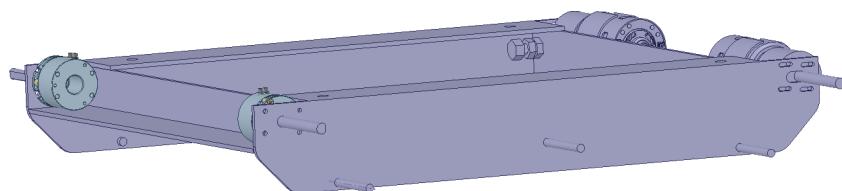
O chassi do Track Cooler é composto por quatro cantoneiras de aço 1020, 6 eixos de aço 1045 e quatro coxins, dispostos de forma simétrica no eixo vertical do plano do chassi.

Primeiramente as quatro cantoneiras foram soldadas entre si formando um retângulo, como pode ser visto na figura 47. As cantoneiras foram dispostas de forma a acomodar e dar o suporte necessário aos componentes de locomoção e à caixa térmica. Perpendicular às faces externas das cantoneiras, foram soldados seis eixos de 6mm, sendo três eixos em cada face. A disposição dos eixos é mostrada na figura 48.



Fonte: Autor

Figura 47 – Vista superior do chassi e eixo de simetria



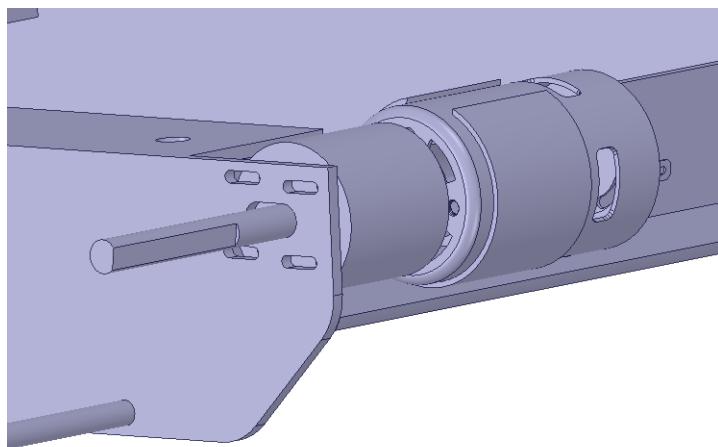
Fonte: Autor

Figura 48 – Disposição dos eixos no chassi

Após o procedimento de solda, o chassi, as hastas das gangorras e os pinhões passaram por um processo de pintura para evitar a oxidação. A pintura industrial é um método de proteção anticorrosiva extremamente recorrente, devido à sua simplicidade. Parte do sucesso da utilização de aços na indústria se dá pelo emprego de revestimentos eficazes, como as tintas, protegendo a superfície da corrosão (27).

As peças foram pintadas de cinza, mantendo a tonalidade próxima a coloração do aço, como apresentado desde o inicio do projeto. Durante a preparação para pintura, foram isolados os eixos soldados, para garantir a perfeita montagem dos componentes por interferência. As peças foram limpas, removendo poeiras e oleosidades, para aplicar fundo preparador e tinta de acordo com a especificação do fabricante.

Em uma das extremidades dessa face, há a furação para que as reduções, acopladas aos motores, sejam parafusadas (figura 49). Na outra extremidade, os freios serão parafusados em suas respectivas furações. Quatro eixos de 8mm serão acoplados às reduções e aos freios com a região chanfrada voltada para o lado externo do chassi.



Fonte: Autor

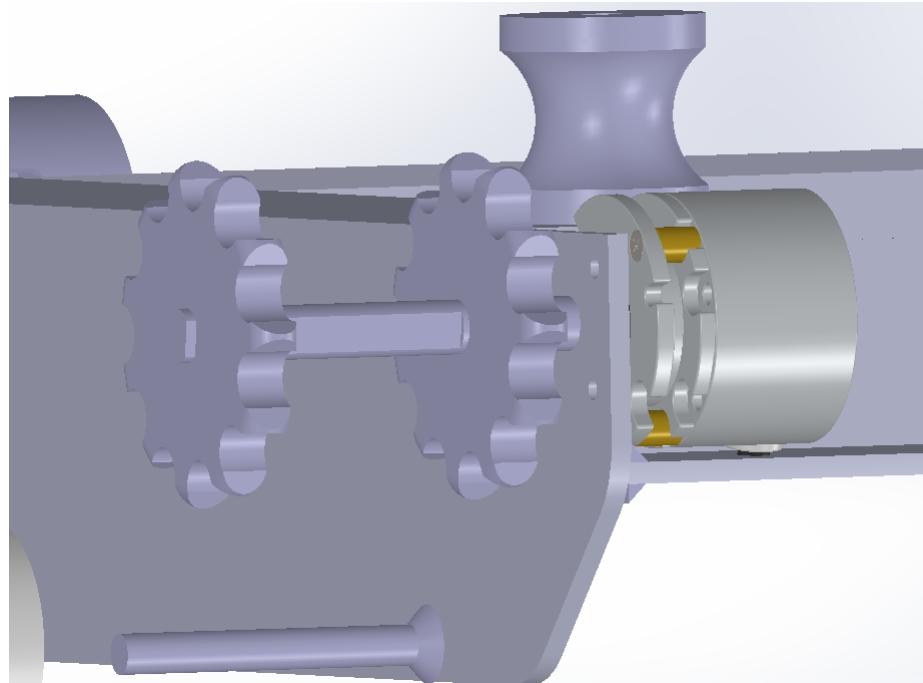
Figura 49 – Eixo acoplado à redução

Para montar a caixa térmica no chassi, utilizou-se dos coxins que foram previamente montados na estrutura da caixa térmica. Os quatro coxins foram parafusados, nas extremidades da parte superior do chassi, onde há a furação apropriada.

5.5.3 Sistema de Locomoção

Com todas as partes que compõem o sistema de locomoção fabricados, a próxima parte da montagem foi a instalação deles no chassi. Para isso o chassi dever ter sido montado previamente, facilitando a montagem do sistema de locomoção.

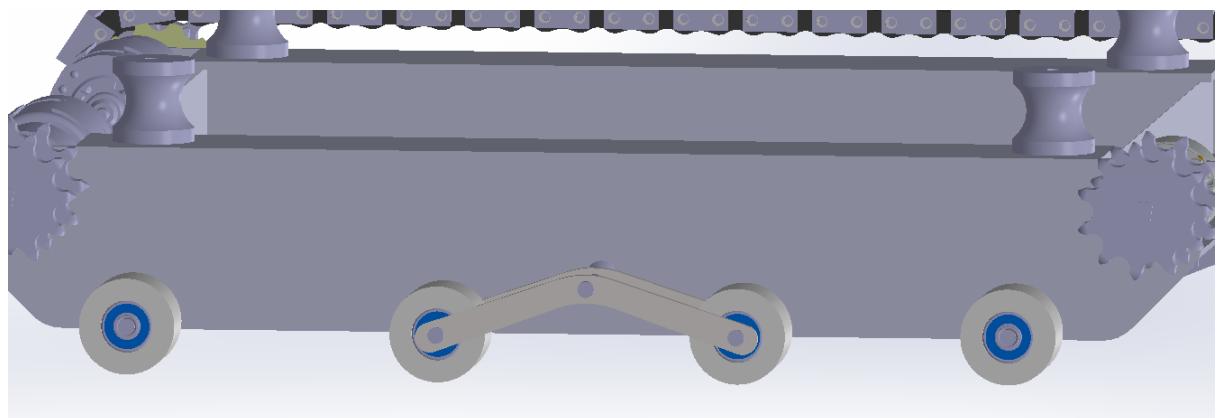
Os pinhões foram montados por interferência nos eixos, e os eixos foram presos nos furos centrais dos redutores e dos freios (figura 50), utilizando parafusos já existentes nas peças para a fixação de eixos.



Fonte: Autor

Figura 50 – Acoplamento do eixo dos pinhões

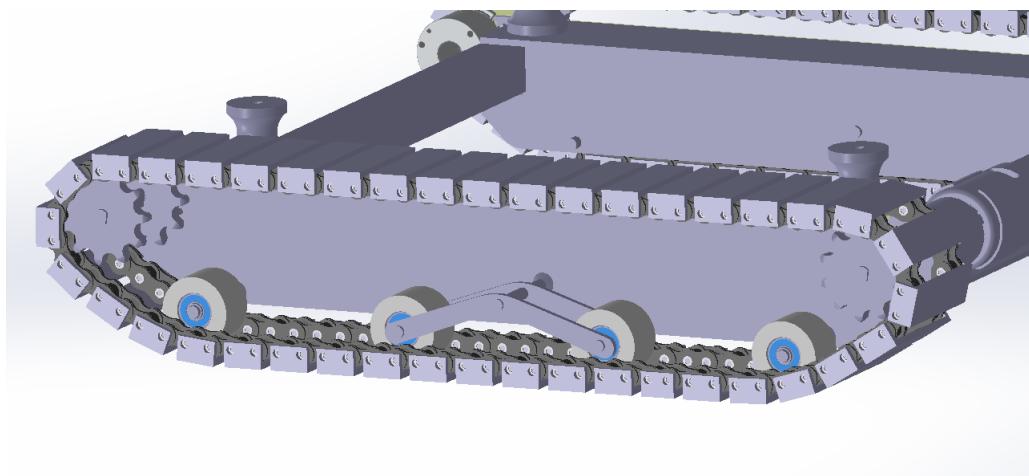
Os tensionadores são compostos por dois rolamentos inseridos por interferência a roldana de nylon. O conjunto é composto por quatro tensionadores fixos e quatro tensionadores móveis. Como é mostrado na figura 51, os tensionadores fixos foram montados por interferência nos eixos soldados às extremidades do chassi, enquanto os tensionadores móveis foram montados por interferência nos eixos das extremidades das gangorras, as quais foram montadas aos eixos centrais soldados ao chassi.



Fonte: Autor

Figura 51 – Montagem das roldanas e da gangorra

As sapatas foram fixadas a duas correntes pelos pinos dos elos, formando uma esteira. Com a esteira feita e com o resto do sistema de locomoção montado, chegou o momento de montar a esteira junto aos pinhões e tensionadores. Primeiramente, foi necessário utilizar o mecanismo de ajuste para mover o conjunto do motor para uma posição que permita encaixar os dentes dos pinhões nas correntes, e os tensionadores na parte interna da esteira. Com a esteira posicionada, o conjunto do motor foi deslocado novamente com o auxílio do mecanismo de ajuste, para uma posição em que a esteira esteja esticada, como é mostrado na figura 52.



Fonte: Autor

Figura 52 – Montagem da esteira ao redor dos pinhões e das roldanas

6 Sistema de alimentação

A solução de energia tem o objetivo de garantir a alimentação elétrica para todos os componentes eletroeletrônicos do *Track Cooler* de forma segura e confiável, permitindo o funcionamento autônomo do projeto.

Foi dimensionado um banco de baterias para alimentação do sistema a partir do levantamento de demanda de carga dos componentes necessários para o funcionamento do *cooler*; e projetada uma fonte de carregamento completa, dividida entre os circuitos: bivolt, retificador e de carga da bateria.

6.1 Banco de baterias e autonomia

A tabela 6.1 abaixo mostra os componentes do projeto e a demanda de potência:

Componente	Alimentação (V)	Corrente (A)	Potência (W)
ESP32	3,6	80m	288m
Termômetro Digital	5	1,5m	7,5m
Módulo <i>Display LCD</i>	5	1m	5m
Módulo <i>Driver ponte H</i>	5	3m	15m
4 Sensores Ultrassônicos	5	60m	300m
Bússola HMC5883L	3,6	100 μ	0,36m
GPS GY-NEOMV2	3,6	100m	0,36
2 Freios	24	0,96	23
2 Motores	24	16,66	400

Fonte: Autor

Tabela 14 – Quadro de demanda de carga do projeto

Para garantir o correto funcionamento e autonomia do *Track Cooler* foi escolhido o uso de baterias do tipo Lítio-Íon (Li-Ion) devido à sua alta densidade de energia e baixo peso; ausência de efeito memória; baixa manutenção e grande vida útil, podendo ser até três vezes maior que baterias do tipo chumbo-ácido, por exemplo. A equação 6.1 permite determinar a capacidade necessária do sistema em Ah, considerando uma profundidade de descarga de 50%.

$$Capacidade[Ah] = \left(\frac{Consumo[Wh] * Autonomia[h]}{\text{Tensão}_{\text{bateria}} * Profundidade_{\text{descarga}}} \right) \quad (6.1)$$

$$Capacidade[Ah] = \left(\frac{424[Wh] * 1[h]}{24 * 0,5} \right) = 35,3Ah \quad (6.2)$$

As baterias de Li-Ion são compostas de células de íon-lítio dispostas em invólucros metálicos ligadas em arranjos série (S) ou paralelo (P) a fim de formar os conhecidos *packs*, criando os módulos de bateria com corrente e tensão nominais proporcionados pelos arranjos dimensionados. Assim, foram escolhidas duas baterias com tensão nominal de 24Vdc e corrente de 36000mAh (Figura 53), formadas por células Li-Íon NCR18650B dispostas no arranjo 6S6P. A ligação escolhida foi em paralelo, fornecendo 24Vdc e 72Ah ao sistema.



Fonte: (28)

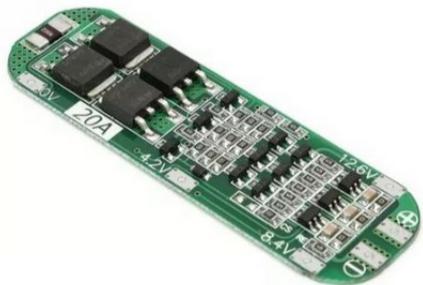
Figura 53 – Bateria de íon-lítio 24V 36Ah

Supondo o funcionamento do *cooler* em esforço máximo (com o acionamento do sistema de freios, movimentação em plano inclinado de 12° e velocidade de 1m/s a autonomia é de 2h2min. Porém, em funcionamento normal considerando paradas do *cooler*, piso nivelado e acionamento esporádico do sistema de freios a autonomia pode chegar a 4 horas.

6.1.1 BMS - *Battery Management System*

Apesar das diversas vantagens das baterias de lítio, suas células demandam padrões rígidos de operação, seja na recarga ou na descarga. As baterias de Li-Íon são frágeis e requerem um circuito de proteção contra curto-círcuito, sobretensão, descarga profunda e temperatura de operação, conhecido como BMS - *Battery Management System*. A Figura 54 mostra um circuito BMS que geralmente apresenta duas chaves ligadas em série, onde uma é responsável pelo corte alto e outra pelo corte baixo.

A norma IEC 62133 traz diversos requisitos de segurança que devem ser garantidos pelo circuito. As células de Li-Ion são extremamente sensíveis à temperatura, gerando riscos se operadas a menos de 0 °C e mais de 90 °C. Essas condições extremas podem romper o revestimento e liberar gases com risco de explosão e incêndio. Para o caso de recarga acima da tensão limite ou descarga profunda há uma deterioração dos eletrodos, promovendo uma diminuição da vida útil.



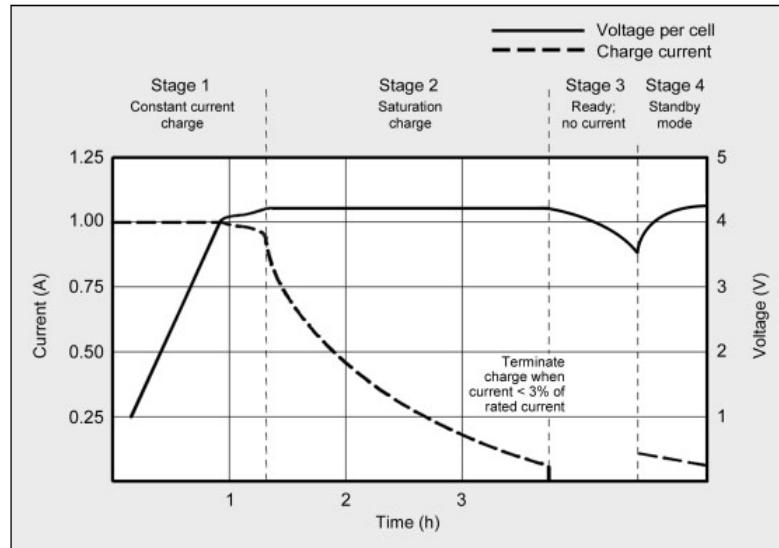
Fonte:([29](#))

Figura 54 – Exemplo de circuito de proteção BMS

6.2 Fonte de carregamento

O processo de recarga das baterias é de essencial importância para garantir a vida útil determinada pelo fabricante e a segurança dos usuários. Toda bateria possui um parâmetro de carga e descarga conhecido como “Razão C” ou “Taxa C”, em que 1C representa a amperagem nominal da bateria. Baterias comumente utilizadas de chumbo-ácido não podem ser carregadas com correntes altas, diferente de baterias de lítio que teoricamente suportam recargas com corrente nominal (1C).

A tensão nominal das células de Li-Po e Li-Íon variam de acordo com alguns fabricantes, mas em geral são de 3,7 e 3,6V respectivamente. Contudo, a tensão pode variar de 4,2 à 3V conforme a descarga da célula. Para um carregamento eficaz e seguro de uma célula Li-Íon é necessário um circuito que garanta a recarga em dois estágios principais, onde inicialmente a corrente é constante enquanto a tensão cresce gradualmente. Ao atingir a tensão nominal das células, a tensão se mantém enquanto a corrente diminui. A Figura 55 ilustra este procedimento de carregamento ideal para uma célula de Lítio-Íon de 3,7V, dividido em quatro estágios, onde a tensão máxima da célula atinge valor próximo a 4,2V. O carregamento termina quando a corrente atinge menos de 3% da capacidade da bateria.



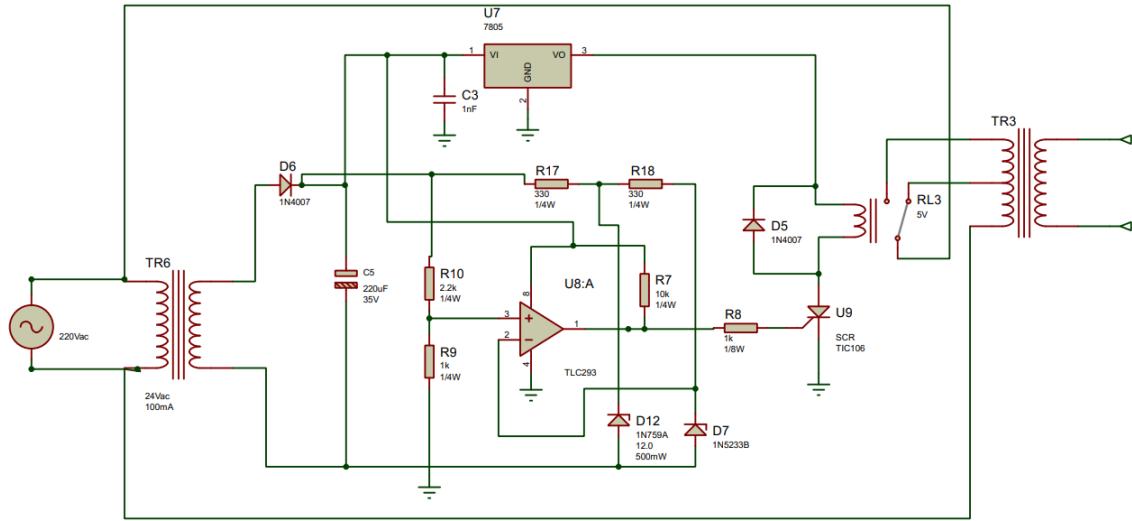
Fonte:(30)

Figura 55 – Estágios durante o carregamento de baterias de Li-Íon

Pensando na mobilidade do *cooler* e utilização em diferentes regiões, foi projetado uma fonte de carregamento bivolt, compatível com sistemas em 110Vca ou 220Vca. A fonte possui três circuitos, o primeiro permite a comutação automática bivolt; o segundo permite a retificação da onda em tensão em corrente alternada para tensão em corrente contínua e o terceiro garante o carregamento seguro do banco de baterias.

6.2.1 Circuito bivolt

No circuito bivolt (Figura 56) foi utilizado um relé para comutação entre as alimentações de um transformador center TAP 110-220 Vac/30Vac e um trafo 220/24Vac que desempenha a função de comparador. Caso a tensão de entrada seja 220Vac o trafo entrega 24Vac, caso seja 110Vac o valor medido no secundário será de 12Vac. Se a tensão no secundário for 24Vac o divisor de tensão entre os resistores R10 e R9 será maior que 6,2V, garantindo um nível alto de saída no comparador analógico TLC393 gerando um pulso de disparo simples e permitindo a condução pelo transistor SCR TIC106 até o disparo do relé, que comutará alterando o TAP do transformador para 220V. Já no caso da tensão obtida no divisor de tensão ser menor que 6,2V, não haverá saída no comparador e o relé permanece no TAP 110Vac. Assim, o circuito permite a ligação bivolt de forma automática para carregamento das baterias.

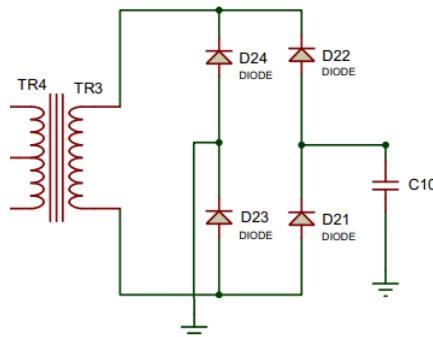


Fonte: Autor

Figura 56 – Circuito bivolt com comutação automática

6.2.2 Circuito retificador

O circuito retificador tem o propósito de converter a tensão alternada para tensão contínua por meio da associação de diodos que permitem a passagem de corrente em apenas um sentido, garantindo o correto funcionamento do circuito eletrônico da fonte. Para o transformador TR3 com 30V no secundário e 10A, optou-se pela ponte retificadora modelo RS1505M. A Figura 57 mostra a topologia do circuito com um capacitor C10 na saída da ponte funcionando como filtro capacitivo, filtrando e amortecendo a corrente contínua pulsante na saída do retificador.



Fonte: Autor

Figura 57 – Circuito retificador de tensão

Para o dimensionamento do capacitor foi considerado uma ondulação residual (*ripple*) de 10%. Considerando queda de tensão de 0,7 V em cada diodo, corrente de 10 A e frequência de entrada de 60Hz, a capacidade é dada por:

$$C = \left(\frac{I}{(V_{pico} - V_{queda}) * Ripple\% * F} \right) \quad (6.3)$$

onde:

C = Capacitância [F];

V_{pico} = Tensão de pico [V];

V_{queda} = Queda de tensão nos diodos [V];

$Ripple\%$ = Ripple em porcentagem [V];

F = Frequência [Hz].

$$C = \left(\frac{10}{(30\sqrt{2} - 1,4) * 0,1 * 120} \right) \quad (6.4)$$

$$C = 20.300\mu F.$$

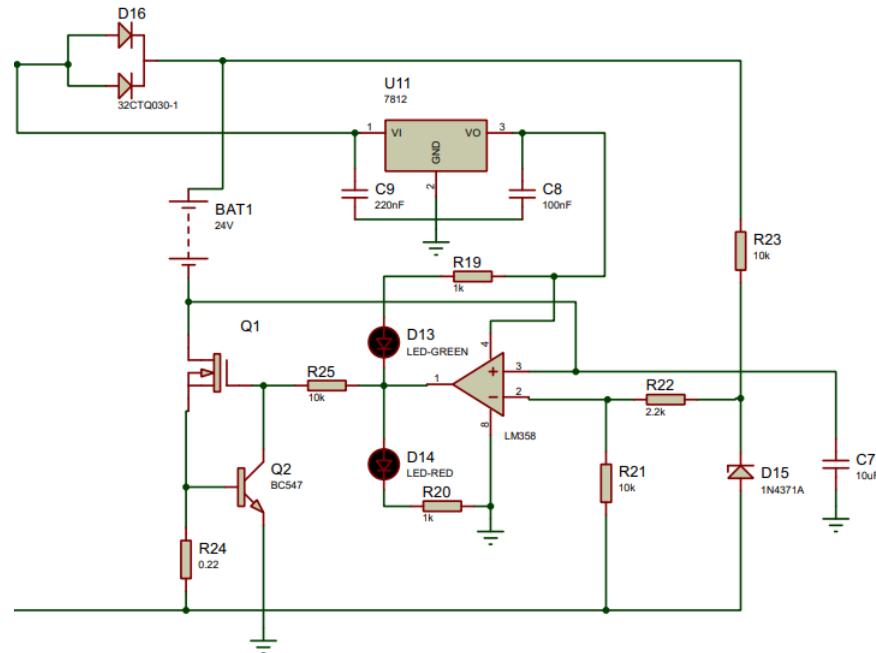
Assim, foi escolhido um capacitor eletrolítico de $20.000\mu F$.

6.2.3 Circuito de carregamento

O circuito de carregamento (Figura 58) tem a função de fornecer a tensão correta para o banco de baterias e garantir o carregamento com corrente constante até a bateria atingir sua capacidade total. O circuito projetado foi adaptado de um circuito para carregamento de bateria de lítio de 3,7V (31). Após ser retificada, a corrente é submetida a dois diodos, que servem como circuito de proteção, garantindo que o banco de baterias não alimente o circuito retificador. Esses diodos impõem uma queda de tensão de aproximadamente 1V, fornecendo cerca de 26V ao resto do circuito, tensão de carregamento necessária segundo o fabricante da bateria.

O amplificador operacional LM358N funciona como comparador para o carregamento da bateria. A medida em que a bateria é carregada e a tensão se aproxima de 25,2V, a tensão medida no comparador diminui. Enquanto a tensão de referência for menor, a saída do comparador é positiva e maior que a tensão de disparo do transistor mosfet IRFZ44N, fazendo com que ele passe a conduzir, permitindo o carregamento da bateria. Já quando a tensão de referência for maior que a tensão medida, o comparador terá sinal 0, interrompendo a conexão entre a bateria e o circuito carregador, suspendendo o carregamento.

O transistor BC547 trabalha como limitador de corrente, regulando a corrente de dreno do mosfet. Essa regulação é feita através de um resistor sensor, que polariza a junção base-emissor do transistor BC547 e deixa conduzir corrente entre o coletor e emissor, regulando a tensão de gate do mosfet para limitar a sua corrente. O diodo zenner funciona como uma fonte de tensão, garantindo 2,7V e estabilizando a entrada de referência do comparador.



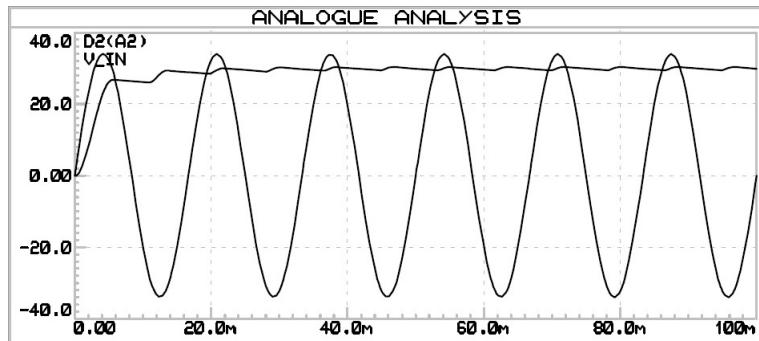
Fonte: Autor

Figura 58 – Circuito de carregamento da bateria

Foram inseridos no circuito alguns capacitores como filtros, a afim de filtrar componentes de alta frequência. O circuito possui ainda dois leds vermelho e verde para informar ao usuário o status do carregamento. Enquanto a bateria é carregada o led vermelho permanece aceso, já quando o carregamento chega ao fim apenas o led verde liga, indicando para a desconexão do carregador à bateria do *Track Cooler*.

6.2.4 Simulações

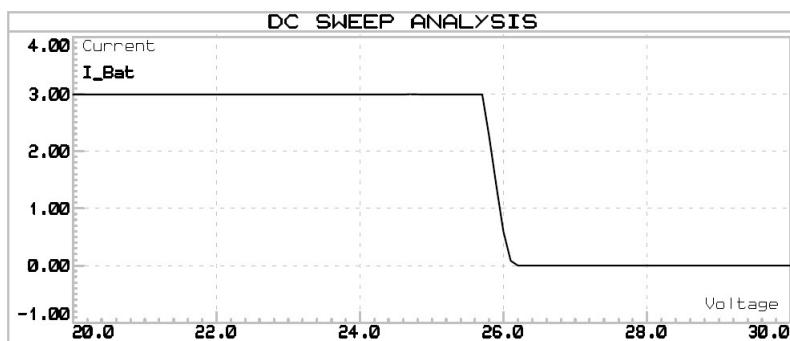
Para a compreensão e validação dos circuitos da fonte de carregamento foi utilizado o software Proteus para a realização de simulações do comportamento dos circuitos. A Figura 59 mostra o gráfico com a forma de onda da tensão em corrente alternada e da tensão em corrente contínua, na saída da ponte retificadora.



Fonte: Autor

Figura 59 – Comportamento da tensão antes e após a ponte retificadora

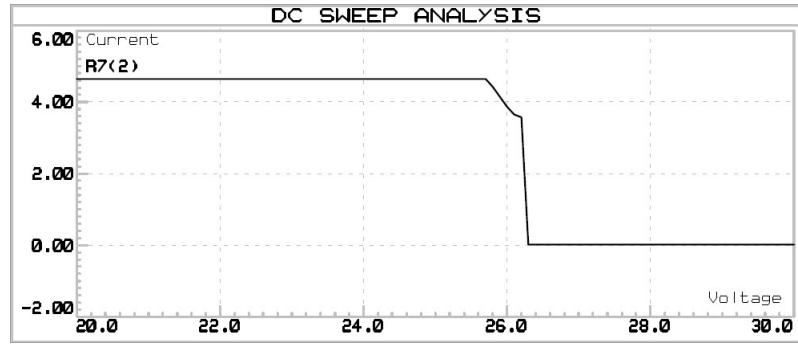
No circuito de carregamento de baterias de lítio-íon, o fornecimento de corrente constante é essencial durante o processo de recarga das baterias para garantir a segurança e integridade do banco de baterias. A Figura 60 mostra o gráfico de corrente em função da tensão da bateria, onde a corrente permanece constante até atingir o valor nominal da tensão da bateria, suspendendo a recarga.



Fonte: Autor

Figura 60 – Corrente de carregamento em função da tensão da bateria

Para validação final do circuito de carregamento foi realizado uma simulação para compreender o comportamento do transistor mosfet e sua eficiência no processo de suspensão de recarga, ao atingir-se a tensão nominal da bateria. A Figura 61 mostra o disparo no gate do transistor mosfet em função da tensão da bateria.

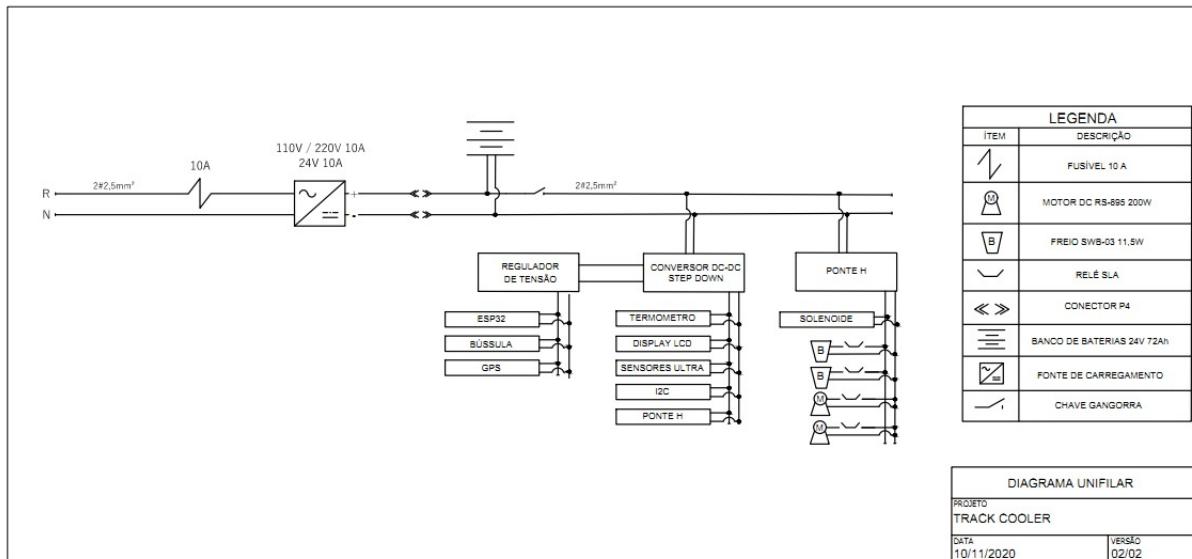


Fonte: Autor

Figura 61 – Gate do transistor mosfet em função da tensão da bateria

6.3 Distribuição elétrica

O diagrama bifilar da Figura 62 ilustra o esquema geral de alimentação elétrica do sistema. Foi escolhido um fusível de vidro 250V 10A como proteção para entrada da fonte de carregamento, quando conectada à rede 110/220Vca. A escolha de uma fonte de carregamento externa que se conecta ao *cooler* apenas no momento de carregamento das baterias tem como objetivo garantir a segurança do projeto, evitando a circulação de tensões altas dentro do *Track Cooler*.



Fonte: Autor

Figura 62 – Diagrama bifilar do projeto

6.3.1 Conversor DC-DC Step Down

Um regulador de tensão é um dispositivo formado por diodos ou circuitos integrados com o objetivo de regular a saída de tensão em um circuito elétrico. Para alimentação dos circuitos eletrônicos do projeto será utilizado um conversor DC-DC Step Down a fim

de abaixar a tensão 24Vdc para 5Vdc. O modelo escolhido foi o K240503 com corrente nominal de 3A. O conversor é alimentado diretamente pelo banco de baterias através de uma entrada e alimenta o circuito eletrônico pelo outro terminal.



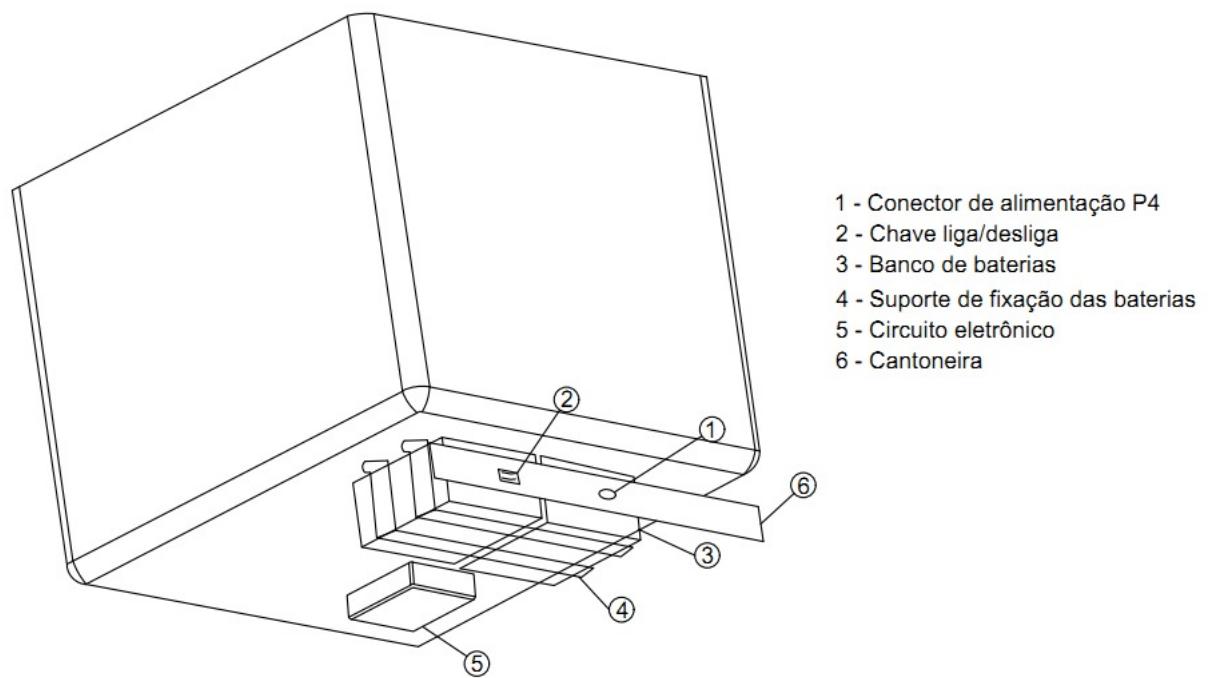
Fonte: (32)

Figura 63 – Modelo do conversor DC-DC escolhido

6.4 Plano de fabricação e montagem

6.4.1 Montagem do sistema

A Figura 64 mostra um esquemático dos componentes do sistema de alimentação. A bitola do cabo de força foi definida em 2,5mm² e para os circuitos eletrônicos em 0,75mm² de acordo com a norma ABNT NBR5410 (33).



Fonte: Autor

Figura 64 – Localização dos componentes do sistema de alimentação

Para a conexão da fonte ao *Track Cooler* no momento de recarga das baterias, foi escolhido um conector macho/fêmea do tipo P4 (figura 65).



Fonte: (34)

Figura 65 – Conector tipo P4 macho/fêmea

Após a recarga completa das baterias, o usuário poderá ligar/desligar o *cooler* através de uma chave do tipo gangorra. Após acionada na posição 'liga' todo o sistema é alimentado e o *Track Cooler* entra em funcionamento.



Fonte: (35)

Figura 66 – Chave tipo gangorra

6.4.2 Circuito em placa PCB

Para execução do projeto faz-se necessário o dimensionamento do circuito da fonte de carregamento em placa de circuito impresso PCB. Trilhas ou caminhos de cobre são equivalentes a fios para condução de corrente elétrica entre os componentes. A norma IPC-2221 traz requisitos para *design* em placas PCB. A área da trilha é dada pela equação 6.5:

$$\text{Área}[mils^2] = \left(\frac{I}{k * t_p^b} \right)^{\frac{1}{c}} \quad (6.5)$$

onde:

I = Corrente elétrica [A];

t_p = Temperatura[°C];

$k = 0,048$

$b = 0,44$

$c = 0,725$

Considerando a temperatura como 35°C e corrente elétrica de 10A, tem-se:

$$\text{Área}[mils^2] = \left(\frac{10}{0,048 * 35^{0,44}} \right)^{\frac{1}{0,725}} \quad (6.6)$$

Área = 182,47 mils² ou 0,117 mm²

Já a largura da trilha é dada por:

$$W[mils^2] = \left(\frac{A}{E * 1,378[mils/oz]} \right) \quad (6.7)$$

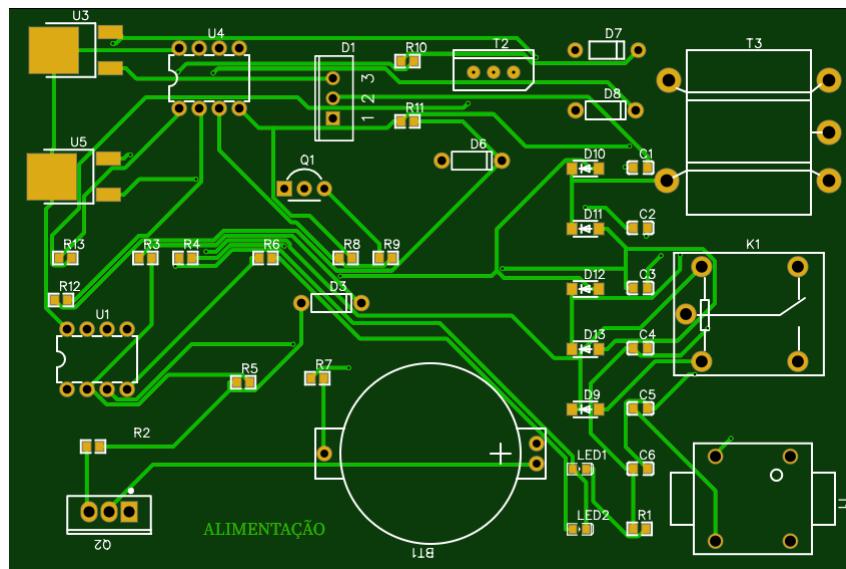
Onde: $E = 1$ [oz]

Assim:

$$W[mils^2] = \left(\frac{182,47}{1 * 1,378[mils/oz]} \right) \quad (6.8)$$

$W = 3,36\text{mm}$.

A Figura 67 mostra a simulação da placa de circuito impresso com todas as trilhas e componentes, conforme a identificação da Figura 68.



Fonte: Autor

Figura 67 – Simulação de placa PCB para o circuito da fonte de carregamento

A confecção do circuito de carregamento em placa PCB permite a fabricação de uma fonte otimizada para o cliente com conexão para o cabo de força. A figura 69 mostra um CAD do modelo proposto.

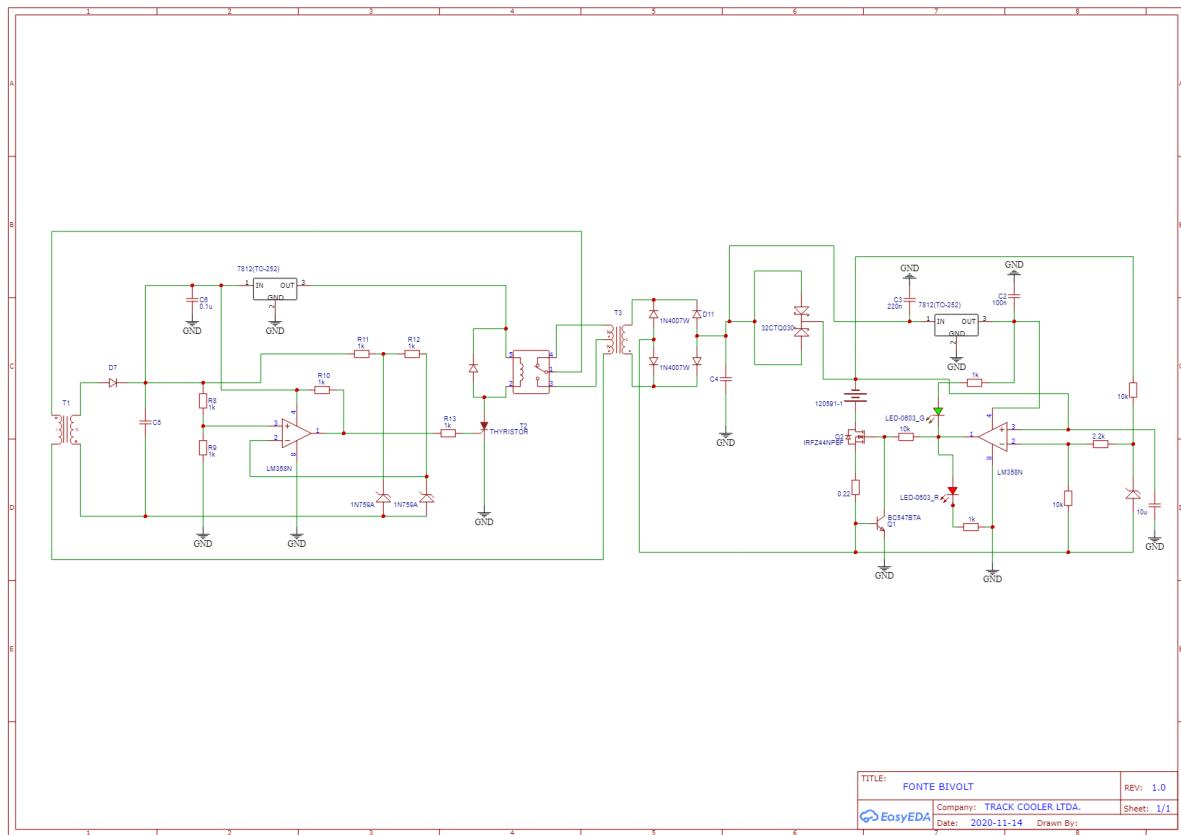
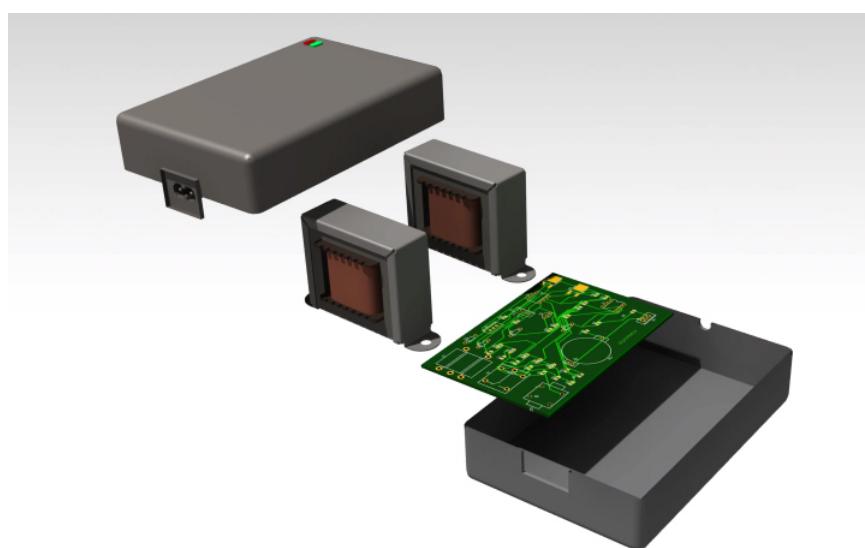


Figura 68 – Circuito completo da fonte de carregamento com identificação dos componentes para fabricação da placa PCB



Fonte: Autor

Figura 69 – CAD com vista explodida da fonte de carregamento

7 Software

7.1 Arquitetura da Informação

Este tópico visa à definição de informações, de modo que, especifica decisões relevantes na produção e implementação do projeto Track Cooler em relação ao assunto discorrido explicitando como acontecerá a comunicação das diversas tecnologias contidas no software como um todo.

7.1.1 Tecnologias utilizadas

As tecnologias utilizadas neste projeto estão listadas abaixo.

7.1.1.1 React Native

React Native é um *framework* javascript para o desenvolvimento de aplicativos em múltiplas plataformas, como Android e IOS. Ele combina componentes do React - outro *framework* javascript, mas para desenvolvimento web - com os componentes nativos de cada plataforma para o qual está sendo desenvolvido. Esse *framework* foi escolhido, pois alguns membros já têm familiaridade com a tecnologia, além de ser fácil de aprender e ser amplamente usado, inclusive por grandes empresas, como o Facebook.

7.1.1.2 Android

Android é um dos sistemas operacionais móveis mais usados e por isso foi escolhido como plataforma para o aplicativo, além de ser mais fácil e barato de desenvolver, já que não tem tantos requisitos, como o IOS, por exemplo. Mais especificamente, serão usados as API 23 (Android Marshmallow) à 28 (Android Pie) que, de acordo com o site oficial do Android, são as mais utilizadas.

7.1.1.3 Travis CI

Travis CI é uma ferramenta de teste e *deploy* integrada com o Github que executa os testes desenvolvidos a cada *commit* feito. Foi utilizado para garantir que novas *features* ou correções feitas não gera novos *bugs* e comportamentos inesperados.

7.1.1.4 Bluetooth

Bluetooth é uma tecnologia que permite a conexão e comunicação entre dois dispositivos através de rádio frequência. Nos últimos anos o Bluetooth se tornou uma das

principais formas de conectar e trocar informações entre dispositivos sem fio. Fones de ouvido, mouse, teclado, celular, relógios inteligentes são alguns exemplos de dispositivos que usam essa tecnologia e, por esse amplo uso e crescimento, foi escolhida essa tecnologia para fazer a comunicação entre o aplicativo e o Track Cooler.

7.1.1.5 Reconhecimento de voz

O aplicativo permite que o usuário o utilize por meio de comandos de voz e para isso foi usado o pacote `@react-native-community/voice` do React Native, que utiliza os motores de reconhecimento de fala presentes no dispositivo.

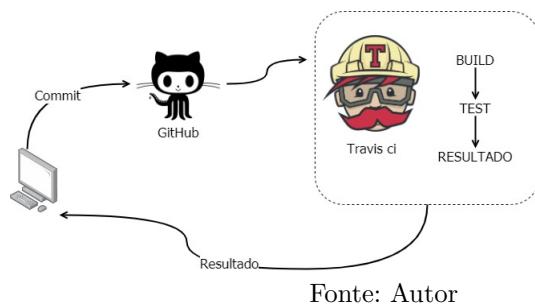
7.1.1.6 AsyncStorage

Por não haver necessidade de guardar muitos dados, uma estrutura de banco de dados não foi utilizada. Ao invés, foi utilizado o AsyncStorage, um sistema chave-valor que armazena diferentes tipos de dados de forma simples e fácil.

7.1.2 Comunicação das Tecnologias

7.1.2.1 Travis CI e Github

Ao commitar uma nova modificação do código no repositório do Github foi feita uma verificação através de uma *build* que possui os testes que irão validar o código, é possível fazer diversas alterações na *build* para que os testes sejam mais eficientes.



Fonte: Autor

Figura 70 – Diagrama de integração Travis CI e Github.

7.1.2.2 Integração React Native e AsyncStorage

O AsyncStorage é um banco que utiliza o esquema de chave-valor para armazenar e persistir dados em dispositivos Android. O armazenamento é feito apenas com dados no formato *string* necessitando da conversão dos objetos que compõem nome e senha de cada usuário em tipo *string* por meio da função `JSON.stringify()` durante o armazenamento e `JSON.parse()` durante a leitura.

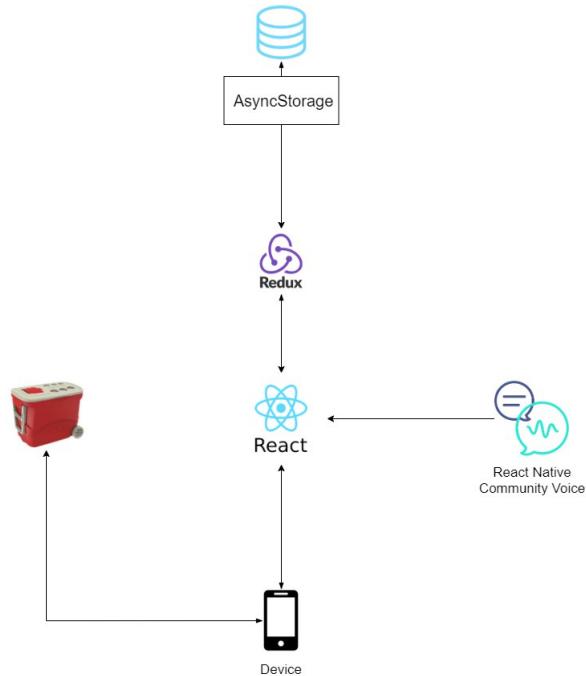
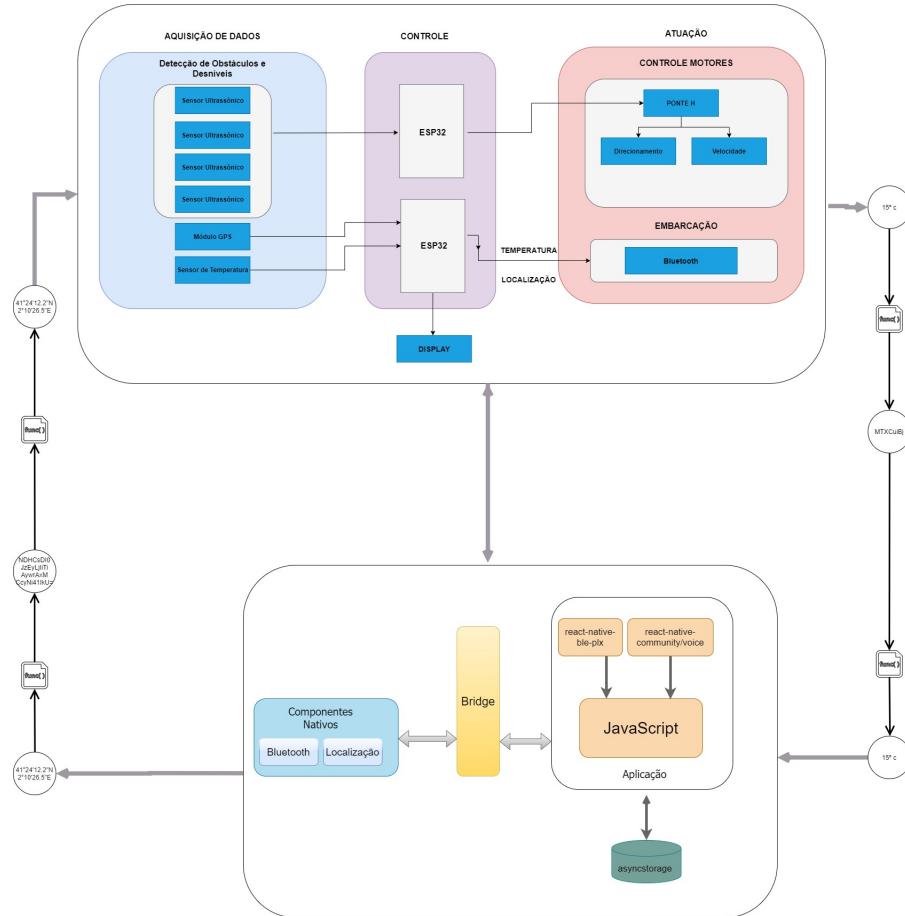


Figura 71 – Diagrama de integração React Native e AsyncStorage.

7.1.2.3 Integração Bluetooth entre celular e sistema embarcado

Para fazer a comunicação foi utilizada a biblioteca ‘react-native-ble-plx’ que faz toda a manipulação de escrita e leitura dos dados transmitidos. A transmissão dos dados é feita através do método Base64 para codificação de dados, sendo necessário a codificação e decodificação das informações transmitidas. Nesta biblioteca é utilizado o conceito de *streams* que consiste em uma geração de objetos dinâmicos, em outras palavras, objetos pelos quais contêm um conjunto de informações, aparecem e desaparecem de acordo com as operações que ocorrem durante um determinado processo, que foi gerenciado pelo React.



Fonte: Autor

Figura 72 – Diagrama de Integração.

7.1.3 Manutenção

O software contém arquitetura documentada e uma folha de estilo padronizando o código, além disso ferramentas de análise de código e testes irão garantir um código manutenível e evolutivo.

7.1.4 Manual de Uso

Além do software estar nas normas ISO 9241 e ISO 9126, que são normativos de usabilidade e qualidade, o sistema também conta com um manual de uso para auxiliar os usuários. Pode ser encontrado no apêndice deste relatório.

7.1.5 Protótipo

Protótipo é uma ferramenta usada para se obter respostas iniciais sobre os requisitos, através de um modelo funcional do produto esperado antes de efetivamente construí-lo. Já que um protótipo é tangível, ele permite que as partes interessadas fa-

çam experiências com um modelo do seu produto final, ao invés de somente discutirem representações abstratas dos seus requisitos.

Foi utilizado o *framework* Figma para a modelagem do protótipo. O Figma é uma ferramenta de design de interface na qual todo o trabalho é feito através do navegador, é uma ferramenta multitarefa, ou seja, equipes multidisciplinares podem explorar o mesmo projeto juntas vendo as alterações em tempo real.

Após o usuário abrir o aplicativo como vemos na Figura 73, ele tem acesso a tela principal, onde pode escolher entre ver informações do *cooler*, configurações gerais, conectar dispositivo celular a um *cooler*, atualizar *cooler* e também pode saber sobre o time de desenvolvimento e o projeto.



Fonte: Autor

Figura 73 – Tela Principal do Aplicativo.

Ao escolher a tela de configurações como vemos na Figura 74, o usuário tem acesso a diversas configurações de sistema, podendo definir um nome que foi usado no aplicativo, ligar/desligar o Bluetooth, ligar/desligar a localização e ligar/desligar o modo seguir.



Fonte: Autor

Figura 74 – Tela de Configurações do Aplicativo.

Ao escolher a tela de Informações do *Cooler* como mostrado na Figura 75, o usuário tem acesso às diversas informações referentes ao *cooler*, sendo essas o status de conexão mostrando qual *cooler* está conectado, temperatura interna do *cooler*, nível de bateria do *cooler* e o histórico de *coolers*.



Fonte: Autor

Figura 75 – Tela de Informações do *cooler*.

Na tela de conexão do *cooler* mostrada na Figura 76, o usuário tem acesso à dispositivos móveis pelo Bluetooth, podendo assim escolher o *cooler* para fazer a conexão.



Fonte: Autor

Figura 76 – Tela de Conexão ao *cooler*.

As telas de "quem somos" e "sobre o projeto" mostradas nas Figura 77 e 78, terão informações sobre a equipe de desenvolvimento e sobre o projeto desenvolvido.



Fonte: Autor

Figura 77 – Tela Quem Somos.



Fonte: Autor

Figura 78 – Tela Sobre o Projeto.

7.1.5.1 Validação do Protótipo - Usuários Daltônicos

Para auxiliar na compreensão e validação do escopo utilizamos a prototipagem antes de iniciar o desenvolvimento da funcionalidade e o validamos com usuário daltônicos.

Pedro Henrique:

“Achei o protótipo bem tranquilo, o contraste das cores está bom e deu pra ver tudo muito bem.”

Rafael Feijó:

“As cores estavam bem confortáveis de se olhar. Tudo está bem harmonioso.”

Marcos Rodrigues:

“Não vi dificuldade alguma no padrão das cores e contornos dos ícones. Porém, as cores do ícone de temperatura podia mudar. Usar um degradê de cores vermelhas não é muito interessante.”

Lucas Chaves:

“Vi tudo em escalas de cinza, mas não tive dificuldades de entender o fluxo da aplicação e nem os seus componentes. Não tem nada de chamativo, nada que me desGRADE,

achei bem tranquilo.”

Lee Marvin:

“Ao ver a interface do aplicativo, não senti nenhuma dificuldade em identificar suas funções, todos os desenhos e textos estavam bem nítidos organizados, assim, permitindo uma boa utilização até para os indivíduos daltônicos.”

Rafael Correia:

“Vi tudo em escalas de cinza, com os botões em cor azul. Conseguir ver tudo, porém, na parte de configurações, o ícone de ligar e desligar poderia mudar de cor, para que possamos ter um *feedback* instantâneo de auxílio visual.”

Pedro Sales:

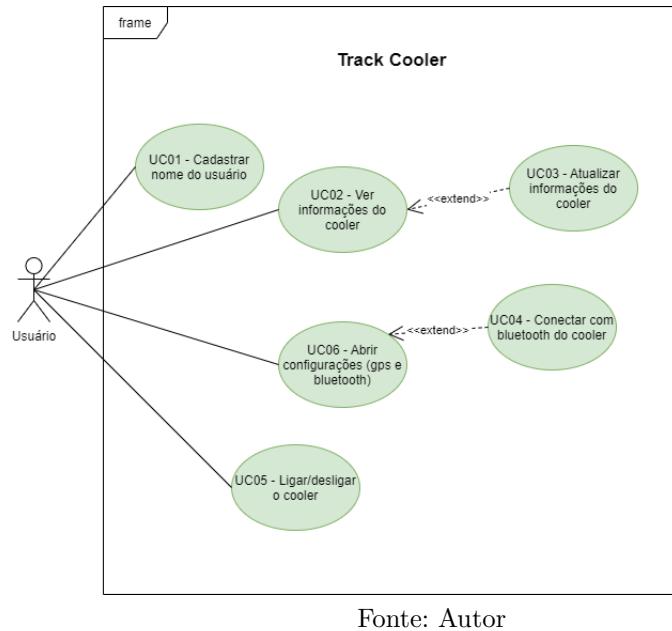
“Achei tranquilo, o contraste de cores me agradou, porém, a parte da medição da temperatura poderia mudar, por exemplo, apresentar a temperatura através de um número mesmo, ficaria melhor do que o termômetro”

7.2 Modelagem de Requisitos

Este tópico apresenta o levantamento de requisitos funcionais e não funcionais do aplicativo Track Cooler, especificando com serão desenvolvidas buscamos através de técnicas tradicionais, entender o contexto e as necessidades a serem supridas.

7.2.1 Visão de Casos de Uso

Caso de uso é a representação de uma unidade funcional que descreve um conjunto de ações que devem ser exercidas pela aplicação, dada determinada ação de um ou mais atores do sistema, que por sua vez recebem o retorno destas ações. É muito utilizado na representação de requisitos funcionais de aplicações. Diagramas de caso de uso são representações gráficas dos casos de uso e dos atores com os quais interagem.



Fonte: Autor

Figura 79 – Diagrama de casos de uso.

7.2.1.1 UC01 - Cadastrar nome do usuário

- **Descrição:** Permitir o cadastro do nome do usuário para ter uma aplicação mais personalizada.
- **Atores:** Usuário.
- **Pré-condições:** Aplicação instalada.
- **Fluxo Principal:**
 - 1. O Usuário toca no ícone “configurações” na tela inicial.
 - 2. O Usuário preenche o campo de texto "Seu nome".
- **Fluxo Alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Não se aplica.

7.2.1.2 UC02 - Ver informações do cooler

- **Descrição:** Permitir a visualização das informações do *cooler* para monitorá-lo.
- **Atores:** Usuário
- **Pré-condições:** Estar conectado ao *cooler*.
- **Fluxo Principal:**
 - 1. O usuário toca no ícone de “Informações do *Cooler*”.

- **Fluxo Alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Não se aplica.

7.2.1.3 UC03 - Atualizar as informações do *cooler*

- **Descrição:** Permitir a visualização das informações mais atuais do *cooler*.
- **Atores:** Usuário
- **Pré-condições:** A aplicação deve estar conectada ao *cooler*.
- **Fluxo Principal:**
 - 1. Tocar no ícone Atualizar *Cooler* na tela inicial.
 - 2. Tocar no botão Informações *Cooler*.
- **Fluxo Alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se o sistema não conseguir atualizar as informações do *cooler*.
 - 1. Retorna um erro de comunicação.

7.2.1.4 UC04 - Conectar com o *Bluetooth* do *Cooler*

- **Descrição:** Permitir a conexão entre a aplicação e o *cooler* para a troca de informações.
- **Atores:** Usuário.
- **Pré-condições:** Ambos *Bluetooth* do celular e do *cooler* devem estar ativados e eles devem estar dentro da distância mínima de pareamento.
- **Fluxo Principal:**
 - 1. O usuário toca no ícone “Conectar *Cooler*”.
 - 2. O ator seleciona o *cooler* desejado.
- **Fluxo Alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se o sistema não conseguir se conectar ao *Bluetooth* do *cooler*.
 - 1. Retorna uma mensagem de alerta ao usuário.

7.2.1.5 UC05 - Ligar/Desligar o *Cooler*

- **Descrição:** Permitir que o usuário decida quando o *cooler* deve segui-lo.
- **Atores:** Usuário.
- **Pré-condições:** O aplicativo deve estar conectado ao *cooler*.
- **Fluxo Principal:**
 - 1. Tocar no ícone de Configurações.
 - 2. Ativar/Desativar a opção Modo Seguir.
- **Fluxo Alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Não se aplica.

7.2.1.6 UC06 - Abrir configurações GPS e *Bluetooth*

- **Descrição:** Ativar/Desativar GPS e *Bluetooth*.
- **Atores:** Usuário.
- **Pré-condições:** Estar conectado a aplicação.
- **Fluxo Principal:**
 - 1. Tocar no ícone de Configurações.
 - 2. Ativar/Desativar as opções de *Bluetooth* e GPS.
- **Fluxo Alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se o sistema não conseguir se conectar ao *Bluetooth* do celular e/ou GPS.
 - 1. Retorna uma mensagem de alerta ao usuário.

7.2.2 Especificação Suplementar

Este tópico procura identificar principalmente os requisitos não funcionais, estes não tratados na especificação de caso de uso, entre outros requisitos dentro do domínio de atuação do projeto Track Cooler. Com isso busca-se uma ampliação da visão para que não seja focada simplesmente em funcionalidades (requisitos funcionais), mas também pelo que ocorre colaborativamente para sucesso da aplicação.

7.2.2.1 Escopo

O Track Cooler é um projeto que visa a criação de um *cooler* que segue o usuário de forma automática. O projeto é composto por dois componentes, o *cooler* com os sensores e mecanismos necessários, e um aplicativo que se conecta ao *cooler* por meio de *Bluetooth*.

7.2.3 Objetivo

O objetivo deste tópico é levantar os requisitos não funcionais do aplicativo, o componente do *cooler* não foi tratado aqui. Serão elicitados requisitos de usabilidade, confiabilidade, desempenho e suportabilidade, pois dizem respeito à qualidade e experiência de usuário.

7.2.4 Metodologia

O grupo se reuniu a fim de definir quais as áreas nas quais esses requisitos poderiam estar inseridos, dentro do domínio do aplicativo Track Cooler.

7.2.5 Módulos

7.2.5.1 Usabilidade

A aplicação deve se importar com sua usabilidade, que é a facilidade com a qual pessoa consegue realizar e se familiarizar cada tarefa e fluxo no aplicativo.

- **Requisito de Usabilidade 1:**

A aplicação possibilita que as pessoas com deficiência visual tenham um recurso de áudio, que as auxiliem na utilização de recursos da aplicação.

- **Requisito de Usabilidade 2:**

A aplicação permite que o usuário mude a cor da aplicação (máximo de 3 padrões pré-definidos), para que adequação haja ao tipo de leitura dele.

- **Requisito de Usabilidade 3:**

A aplicação permiti que o usuário ajuste o tamanho da fonte, adequando-a para a opção que mais o agrade.

7.2.5.2 Confiabilidade

- **Requisito de Confiabilidade 1:**

O sistema deve deixar o usuário mais confortável ao utilizá-lo, evitando preocupações como a segurança da comunicação entre o celular e o *cooler*, e evitar que mais de

uma pessoa consiga se conectar. Para isso, a aplicação utiliza o PIN do *Bluetooth* a fim de garantir que apenas o usuário tenha o controle do Track Cooler.

7.2.5.3 Desempenho

O sistema deve ser o mais otimizado possível, para rodar de forma mais veloz em qualquer dispositivo.

- **Requisito de Desempenho 1:**

O sistema deve comunicar ao usuário que ele foi desconectado do *cooler* ou que o *cooler* encontrou um impedimento e não pode segui-lo. Para isso, a aplicação envia uma notificação e tenta se reconectar ao *cooler* a cada 10 segundos.

7.2.5.4 Suportabilidade

- **Requisito de Suportabilidade 1:**

A aplicação deve ter suporte na plataforma Android (a partir da versão 6.0 Marshmallow), para que a grande maioria de usuários de *smartphones* possam utilizar o aplicativo.

7.2.6 Conclusão

Podemos perceber que os requisitos não funcionais, apesar de muitas vezes não serem citados, são muito importantes. Contemplam contextos específicos e na verdade possuem grande impacto no sucesso e funcionamento de uma aplicação. Aqui, com a especificação suplementar, pudemos ver como o projeto Track Cooler é impactado por eles e sua relevância.

7.3 Arquitetura do Software

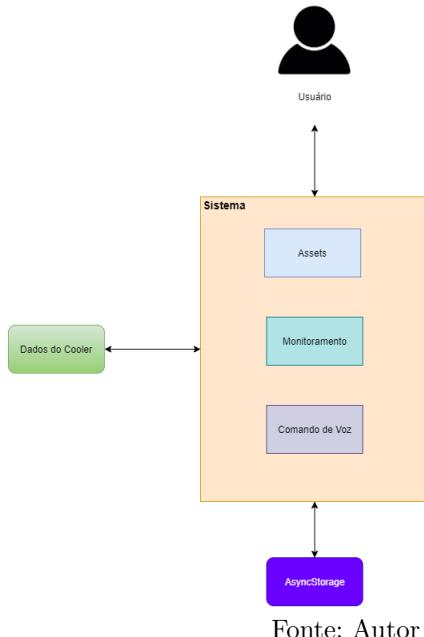
Este tópico aborda uma visão geral arquitetural abrangente do aplicativo.

7.3.1 Definição Arquitetural

Uma arquitetura monolítica é o modelo unificado tradicional para o *design* de um programa de software. A escolha se deu visto que o escopo do projeto está bem acoplado e que vamos utilizar bibliotecas externas e pacotes do próprio React Native para as funcionalidades da aplicação.

O software monolítico é projetado para ser independente, os componentes do programa são interconectados e interdependentes, em vez de fracamente acoplados, como é o caso dos programas de software modulares. Em uma arquitetura bem acoplada, cada

componente e seus componentes associados devem estar presentes para que o código seja executado ou compilado.



Fonte: Autor

Figura 80 – Diagrama Arquitetural de Software.

7.3.1.1 Descrição do Sistema

Esses são os componentes que correspondem às necessidades de negócio identificadas para o projeto Track Cooler, mostrados na Figura 80. Esse modelo é a forma de desenvolver um sistema a fim de que todas as funções estejam em um único processo.

- **Assets:** Componente do sistema, que exibe nossos recursos de folhas de estilo, *scripts*, fontes e imagens, ou seja, de interface gráfica do sistema.
- **Monitoramento:** Os dados enviados pelo *Bluetooth* como temperatura, tempo de bateria e conexão, provendo as interfaces para controle, observação e notificação das mesmas. Foi utilizado o pacote *react-native-ble-plx* para fazer a comunicação e manipulação de escrita e leitura dos dados transmitidos.
- **Comando de voz:** Pacote interno do React Native, que utiliza os motores de reconhecimento de fala presentes no dispositivo.

7.3.2 Modelagem de Dados

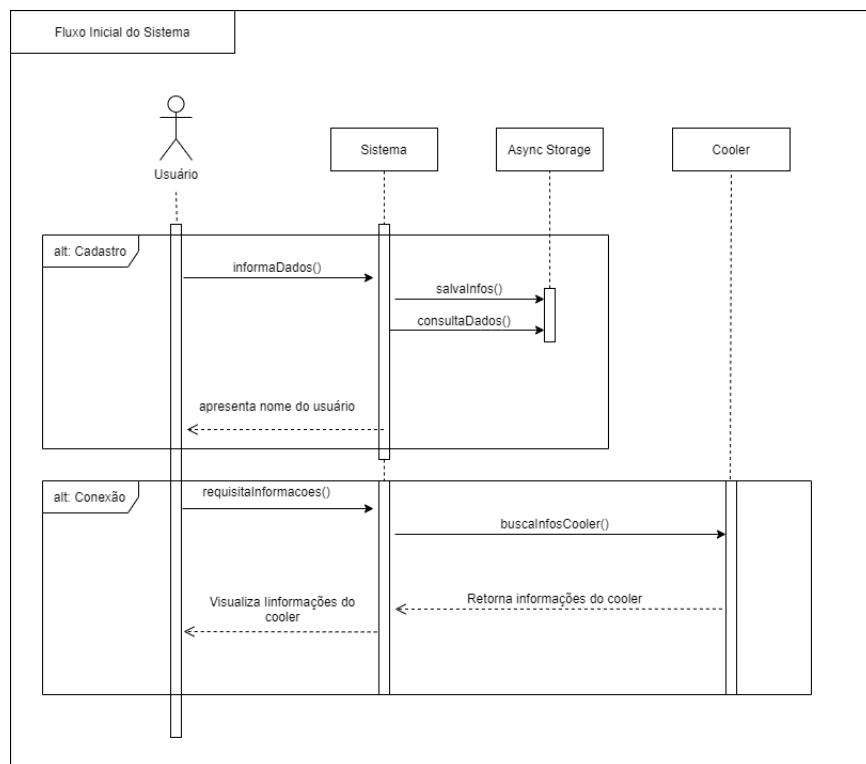
Segundo 36 a modelagem de sistemas, tanto a nível funcional quanto de dados, é um requisito fundamental para a obtenção de produtos de software de maior qualidade e confiabilidade.

Nessa seção, foi especificada a modelagem dos dados que serão utilizados no desenvolvimento do aplicativo Track Cooler.

7.3.2.1 Diagrama de Sequência

O diagrama de sequência é uma solução de modelagem UML dinâmica, que incide na representação das interações entre os objetos em várias linhas de vida. Descreve como objetos e componentes interagem uns com os outros para concluir um processo, função ou operação.

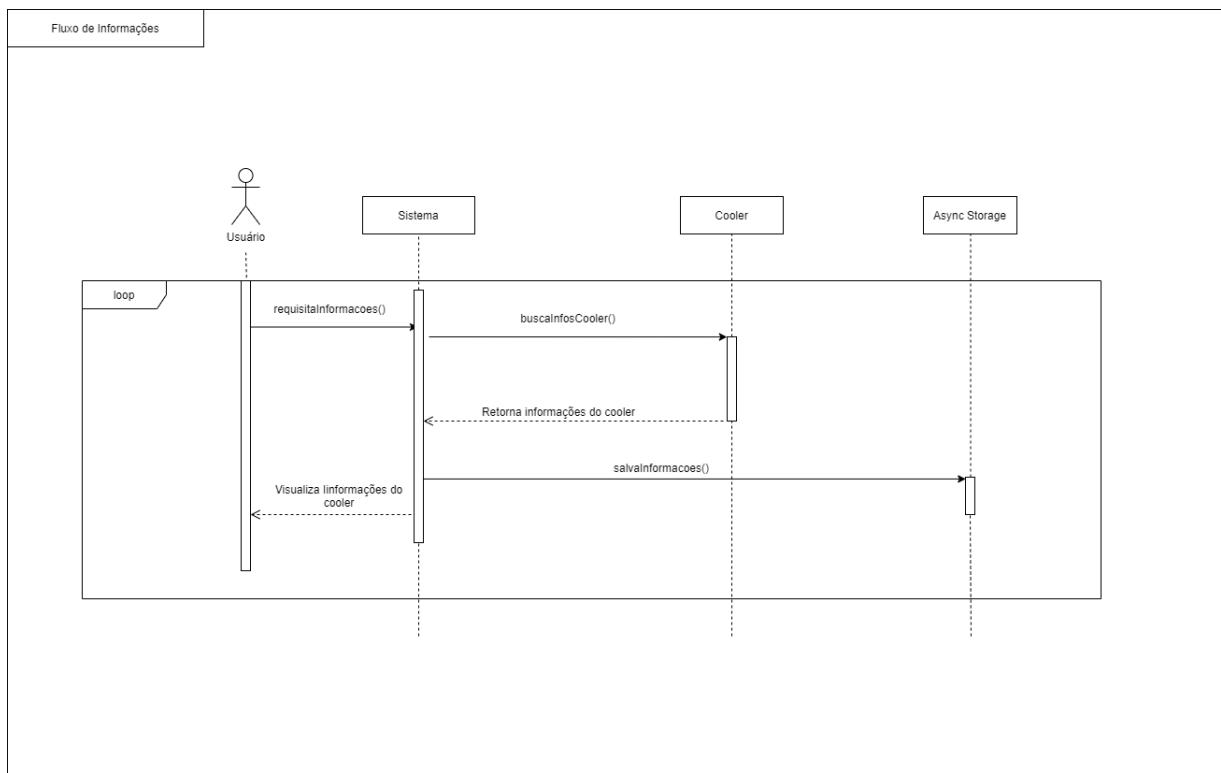
O diagrama do fluxo inicial como vemos na Figura 81, mostra a interação de dados entre os módulos do sistema, ao usuário acessar a aplicação pela primeira vez, mostrando o fluxo de cadastro do nome do usuário e a transmissão de dados com o *cooler*.



Fonte: Autor

Figura 81 – Diagrama de Sequência - Fluxo Inicial.

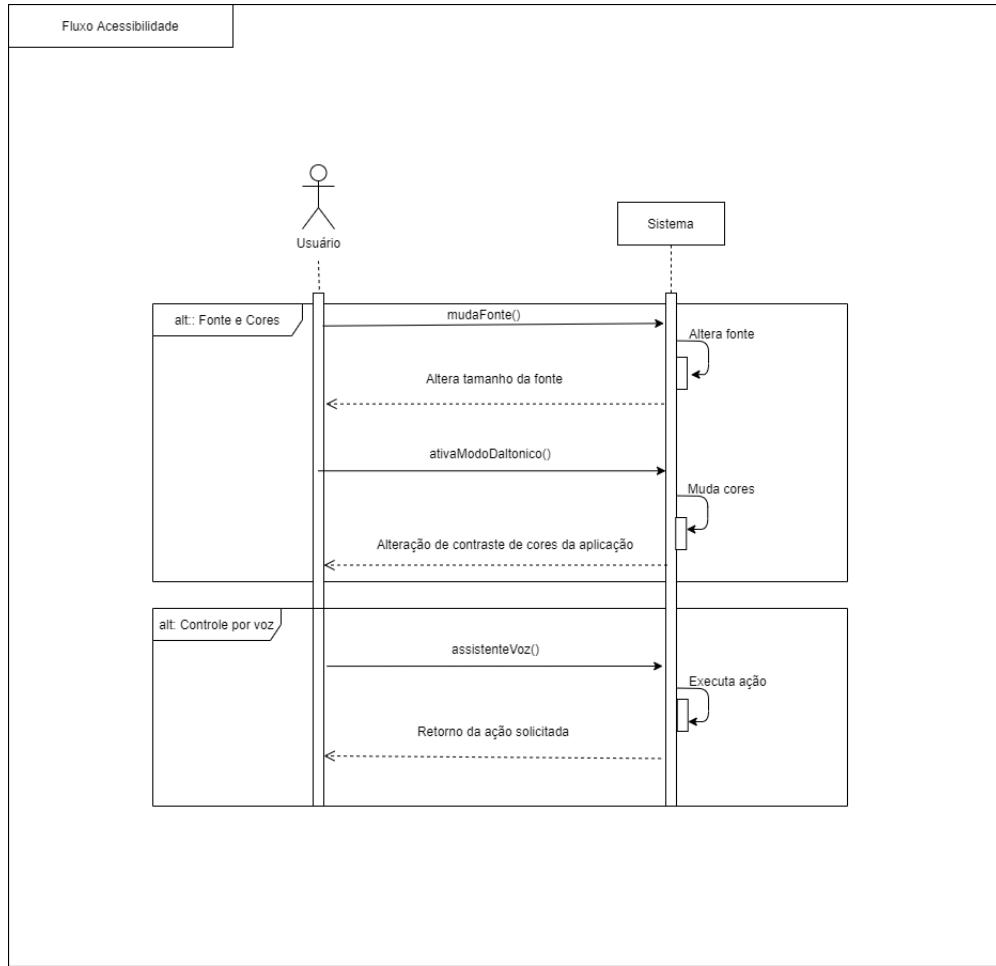
O diagrama do fluxo de informação como vemos na Figura 82, mostra a interação de requisição, troca e visualização de dados entre o celular e o *cooler*, bem como a gravação das informações na memória do celular.



Fonte: Autor

Figura 82 – Diagrama de Sequência - Fluxo de Informação.

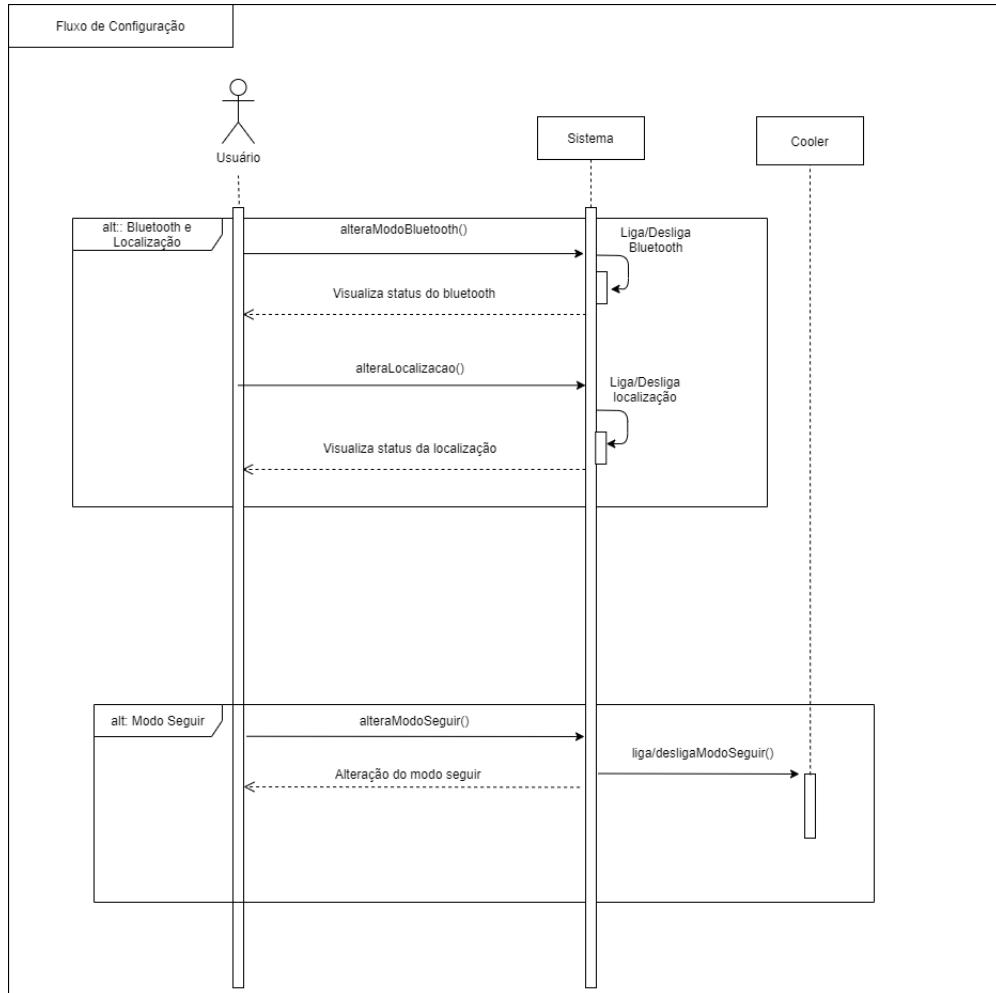
O diagrama do fluxo de acessibilidade como vemos na Figura 83, mostra como serão feitas as modificações de acessibilidade, indicando a sequência para realizar a alteração da fonte das letras, a alteração do contrastes de cores e a execução dos comandos de voz.



Fonte: Autor

Figura 83 – Diagrama de Sequência - Fluxo de Acessibilidade.

O diagrama do fluxo de configuração como vemos na Figura 84, mostra a interação do sistema e o *cooler* depois de feitas as configurações gerais do aplicativo, ilustrando as configurações de *Bluetooth* e localização referente ao dispositivo celular e o modo seguir do *cooler*.

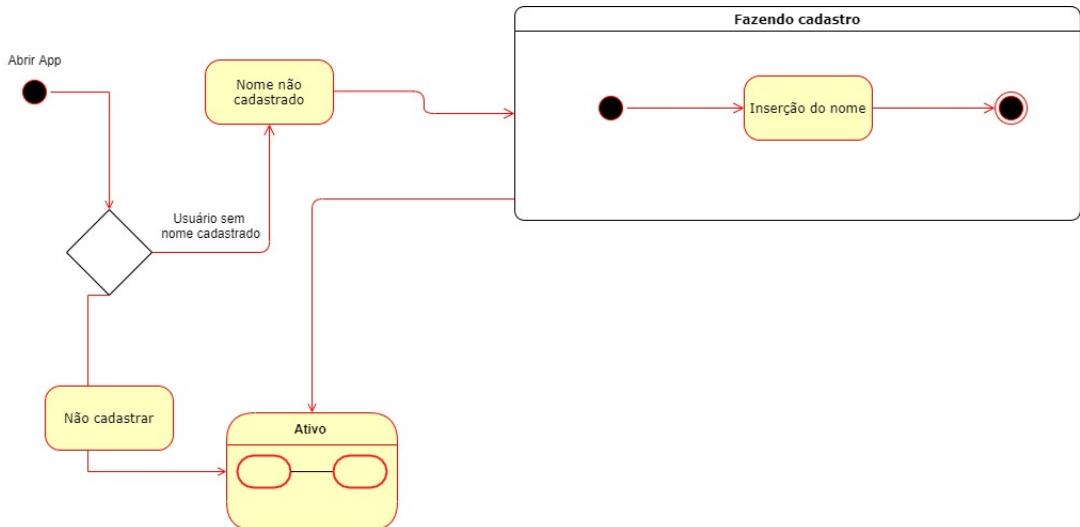


Fonte: Autor

Figura 84 – Diagrama de Sequência - Fluxo de Configuração.

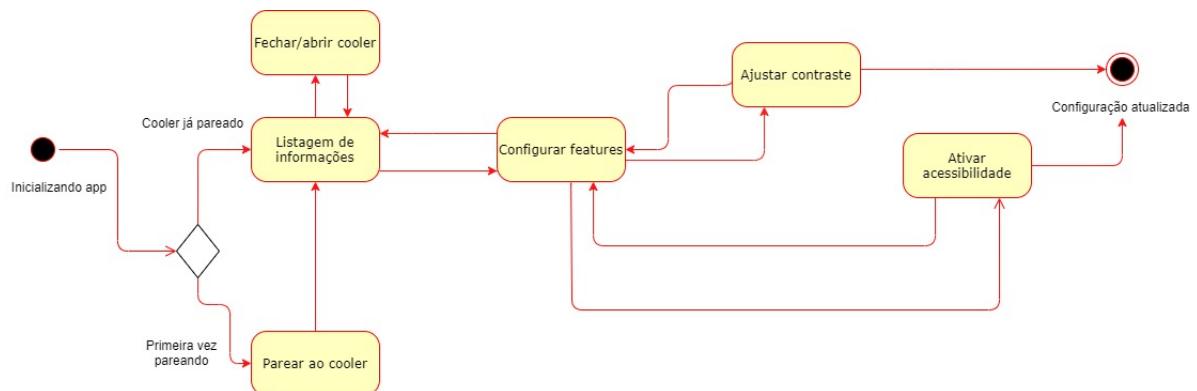
7.3.2.2 Diagrama de Estado

Usado durante a etapa de projeto do sistema, o diagrama de estados permite a modelagem de diversos estados de um objeto durante o seu ciclo de vida. Os diagramas de estados mostrados nas Figuras 85 e 86 apresentam uma especificidade em relação ao objeto que está sendo modelado, expondo os estados de cadastro de nome e os estados comportamentais das funcionalidades do sistema.



Fonte: Autor

Figura 85 – Diagrama de Estado - Cadastro.

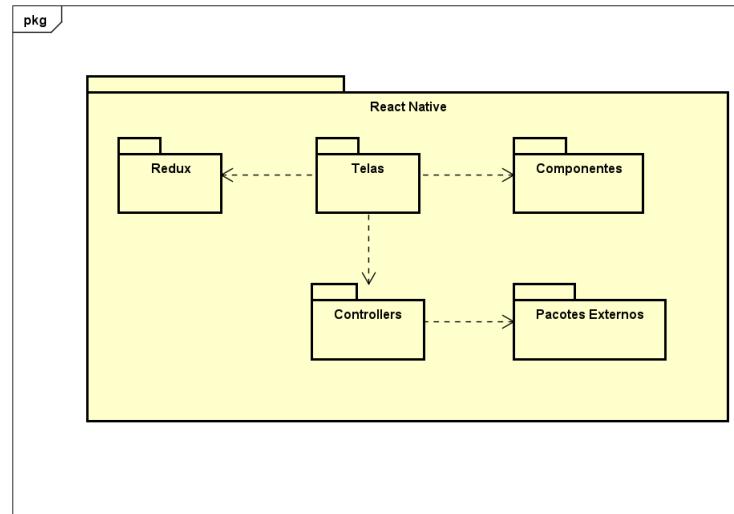


Fonte: Autor

Figura 86 – Diagrama de Estado - Usuário padrão.

7.3.2.3 Diagrama de Pacotes

O diagrama de pacotes como vemos na Figura 87, é usado para simplificar módulos, através do agrupamento dos módulos em pacotes. Um pacote é uma coleção de elementos UML logicamente relacionados que ao ser criado permite uma visualização geral do software modelado.

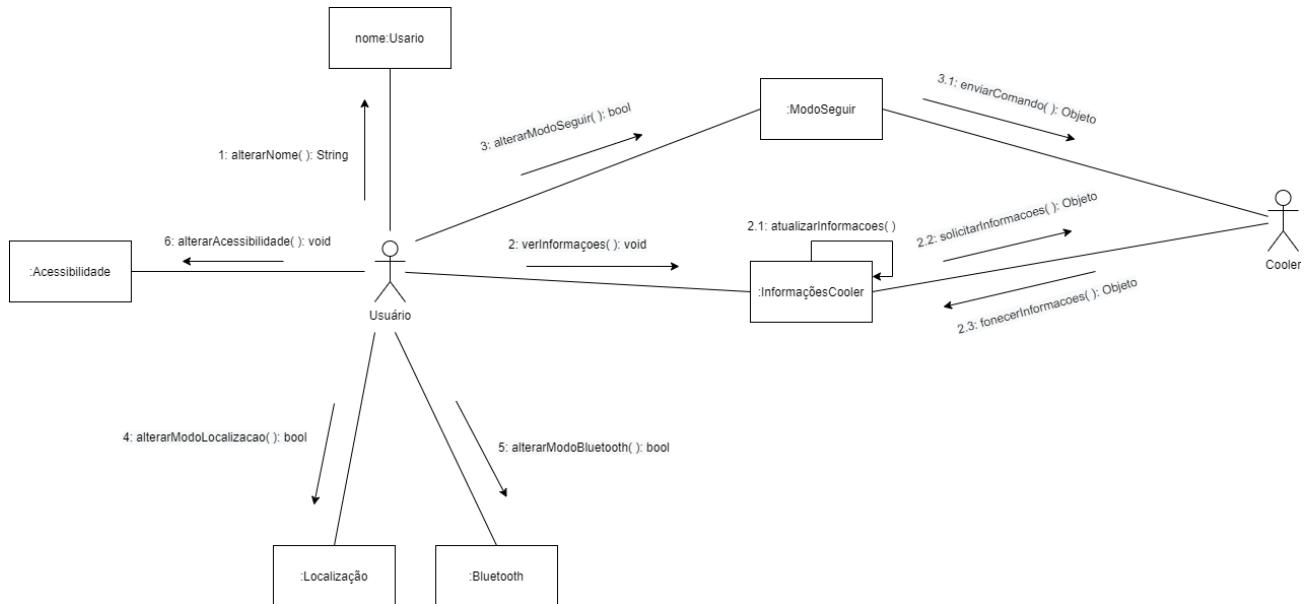


Fonte: Autor

Figura 87 – Diagrama de Pacotes.

7.3.2.4 Diagrama de Comunicação

O diagrama de comunicação como vemos na Figura 88, mostra como os objetos interagem, mostrando como as mensagens são transmitidas de um objeto para o outro, é utilizado na etapa arquitetural do projeto.



Fonte: Autor

Figura 88 – Diagrama de Comunicação.

7.4 Inovação

O aplicativo para o Track Cooler visa facilitar a locomoção do usuário e ter uma maior comodidade nos momentos de lazer.

A inovação do sistema se dará através da acessibilidade para usuário com deficiência visual, no que diz respeito à deficiência visual, a Organização Mundial de Saúde estima que em países como o Brasil, 1 a 1,5% apresenta tal necessidade (37). Assim, no Brasil haveria cerca de 1,6 milhão de pessoas com algum tipo de deficiência visual, sendo a maioria delas com baixa visão (38). Além do daltonismo que é uma discromatopsia (deficiência na visão que dificulta a percepção das cores), segundo o Conselho Federal de Medicina 39 o daltonismo acomete cerca de 5% da população mundial.

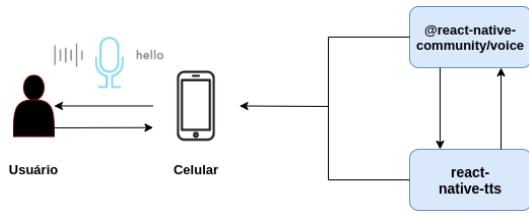
Portanto, a solução foi pensada e contempla o recurso de acessibilidade para ajudar pessoas com deficiência visual a selecionarem as opções presentes em menus do aplicativo. O sistema conta com o comando de voz, para ajudar na navegação e auxiliar o usuário na interação com o aplicativo. Foi possível que o usuário mude a cor da aplicação, assim como ajustar o tamanho da fonte da letra, para melhor visualização das informações.

7.4.1 Comando de Voz

Com o propósito de minimizar a carência à acessibilidade para o usuário com problema de visão, o APP Track Cooler proporciona um ambiente de integrativo com o usuário, que dá ao deficiente visual a praticidade na comunicação e condução total de sua navegação pelo aplicativo sem a necessidade de qualquer outro tipo de auxílio. O usuário com deficiente visual é capaz de acionar os recursos, interagir e comunica-se no ambiente pelo modo tradicional ou apenas por comandos vocais realizados pelo microfone do seu *smartphone*(40).

Para o reconhecimento de voz no React Native ou também podemos dizer que para a conversão de voz em texto vamos usar o "*Voicecomponent*" fornecido pela biblioteca "react-native-voice" que possui uma série de eventos que podem ser usados para iniciar ou parar o reconhecimento de voz e para obter o status de reconhecimento de voz. Quando inicializamos a tela, definimos alguns retornos de chamada de evento no construtor, que serão chamados automaticamente quando o evento acontecer.

Para a conversão de texto em fala com vozes naturais no React Native, usamos a biblioteca react-native-tts pela facilidade de integração com os componentes podemos ver na Figura 89. O componente Tts fornece suporte para diferentes vozes e tem ouvintes para cada estado de evento que o usuário precise como iniciar e parar.



Fonte: Autor

Figura 89 – Comando de Voz.

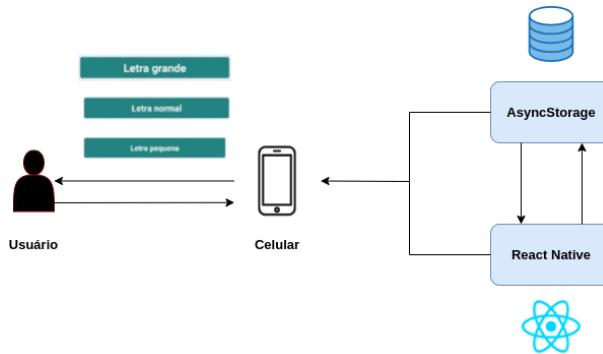
7.4.2 Mudar o Tamanho da Letra

Segundo (41), Para pessoas com baixa visão, as principais dificuldades são com o tamanho da fonte e a cor do texto. Elas podem usar softwares e programas de ampliação de texto, que facilitam em muito a leitura de conteúdo. Um comando muito utilizado para auxiliar a leitura é SHIFT+ALT+PRINT SCREEN que coloca a tela do computador em auto contraste.

Para pessoas com uma deficiência visual mais severa, uma medida importante a ser feita é deixar o conteúdo em formato de texto. Por mais que as tecnologias extraia o texto de uma imagem, isso não garante que haja uma boa identificação do que está escrito, porque isso depende da resolução da foto. Ao fazer a extração do texto, é preciso ter uma resolução mínima de 300 dpi – que são “pontos por polegada”. Entretanto, quanto maior ‘dpi’ de uma digitalização, maior o volume do arquivo. Geralmente, quem faz a digitalização de um documento para PDF ou imagem não se preocupa com este tipo de coisa, por isso é comum o uso de uma resolução de 150 dpi por ser mais leve. Só que isso diminui a qualidade do documento e consequentemente dificulta a leitura dos softwares. Às vezes a qualidade é tão ruim que até quem enxerga bem tem dificuldade. Também é importante uma legenda descritiva das imagens, como “foto de uma homem, sentado em uma cadeira, à beira mar, no fim de tarde”. É uma descrição básica e objetiva, sem necessidade de detalhes, mas que permite uma boa visualização da imagem (41).

A AsyncStorage é uma API nativa do React Native, utilizada para armazenar dados persistentes no dispositivo. É uma forma de salvar dados no formato chave e valor. A AsyncStorage se torna indispensável quando precisamos armazenar dados em nosso dispositivo de forma definitiva e não temporária, um exemplo disso, quando temos uma página de login e gostaríamos de guardar o login ou id do usuário para que o mesmo seja exibido sem a necessidade do usuário informar esse login ao retornar para o app. (42)

O tamanho da letra é padronizada e guardada na AsyncStorage, quando o usuário altera o tamanho da letra na página de configurações é emitido um evento para a AsyncStorage fazer a troca da letra e assim atualizando o estado do sistema como mostra a Figura 90.



Fonte: Autor

Figura 90 – Mudar o Tamanho da Letra.

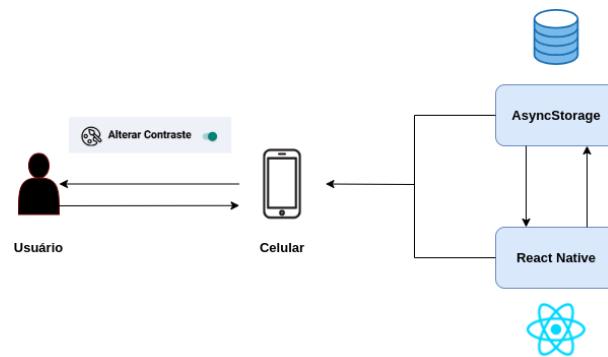
7.4.3 Mudar de Contraste

Daltonismo consiste em um distúrbio de visão que afeta a percepção das cores. Mas como, exatamente, essas pessoas enxergam? Dentre muitas variações, existem três que são mais comuns: a protanomalia, a deuteranomalia, e a tritanomalia. Esses distúrbios consistem na ausência de percepção do vermelho, do verde e do azul, respectivamente (43).

A nossa retina possui bastonetes, que captam luminosidade, e cones, que reconhecem as cores. 3 tipos de cones — especializados em reconhecer azul, verde e vermelho — são responsáveis por formar todo o espectro de cores visíveis (44).

Daltonismo não é o único motivo para levar a sério a escolha das cores em uma interface: existem outras deficiências visuais, como a catarata e baixa visão, comuns na terceira idade, que é uma fatia cada vez maior de usuários; e, mesmo com uma visão normal, o contexto afeta como alguém percebe e enxerga as cores: brilho e contraste do monitor, a iluminação do ambiente e a hora do dia (44).

Para sanar esse problema e deixar o nosso aplicativo mais acessível, foi implementado a mudança de contraste de cores. O processo é muito parecido com a de alteração do tamanho da letra. O contraste é padronizado e guardado na AsyncStorage, quando o usuário altera o contraste de cores na página de configurações é emitido um evento para a AsyncStorage fazer essa troca de contraste e assim atualizando o estado do sistema como mostra a Figura 91.



Fonte: Autor

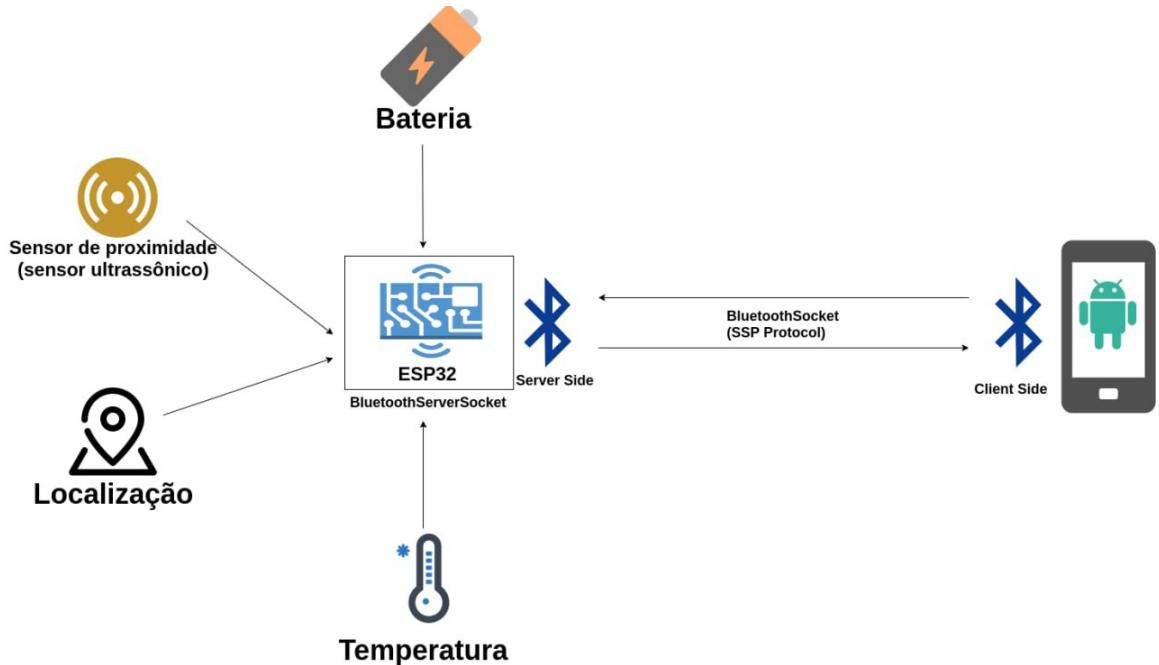
Figura 91 – Mudar de Contraste de Cores.

8 Plano de integração

O projeto Track Cooler é composto pelos subsistemas de sistema eletrônico, estrutura, alimentação, e aplicativo. A visão geral da integração dos módulos do projeto são apresentados na fig (104).

8.1 Comunicação

A comunicação entre o aplicativo e o Track Cooler é feita via Bluetooth. Esta comunicação permite que o usuário veja a temperatura interna do *cooler* e o nível de bateria, além de possibilitar a ESP32 de enviar alertas ao usuário e receber sua localização para que seja feita a comparação das distâncias e assim dar início seguimento (92). Para que seja possível a conexão da ESP32 com o usuário, habilita-se a biblioteca "BluetoothSerial.h", ela é responsável por inicializar a pilha que tornará possível que a ESP32 emparelhe com o celular do usuário, assim sendo possível além da conexão com outro aparelho, o envio e recebimento de dados.



Fonte: Autor

Figura 92 – Integração do subsistema de Eletrônica com o subsistema de Software

Para que o aplicativo troque informações com o *cooler* foi necessário desenvolver um código em Java usando a biblioteca nativa do Android. Assim, o primeiro passo para realizar a conexão é verificar se o dispositivo possui um adaptador *Bluetooth* usando a função `BluetoothAdapter.getDefaultAdapter()`, se o retorno for diferente de nulo significa

que o celular é apto a fazer conexões. Em seguida é verificado se o *Bluetooth* do *smartphone* está ativado através da chamada *BluetoothAdapter.isEnabled()* e, se verdadeiro, invocar a função *startDiscovery()* para encontrar outros dispositivos disponíveis e próximos. Para conectar a um dispositivo é preciso antes fazer o pareamento que consiste na troca de informações, como nome e endereço MAC, além disso o app recebe um objeto do tipo *BluetoothDevice*.

Com o *BluetoothDevice* em mãos é possível iniciar uma conexão entre os aparelhos que permita a troca de dados. Para isso, o *cooler* implementou os mecanismos do servidor, isso significa que ele irá aguardar por uma tentativa de conexão e, o aplicativo implementou os do cliente, ou seja, irá realizar um pedido de conexão com o servidor. O aplicativo irá iniciar uma conexão chamando a função *createRfcommSocketToServiceRecord(UUID)*, em que o parâmetro passado é o UUID definido pelo servidor, usando o *BluetoothDevice*. Essa função deve retornar um *BluetoothSocket*, com o qual é possível abrir um *socket* para comunicação através do método *connect()*. Com o *socket* aberto é possível enviar dados para o *Bluetooth* com o método *write(byte[])* e receber com *read(byte[])*.

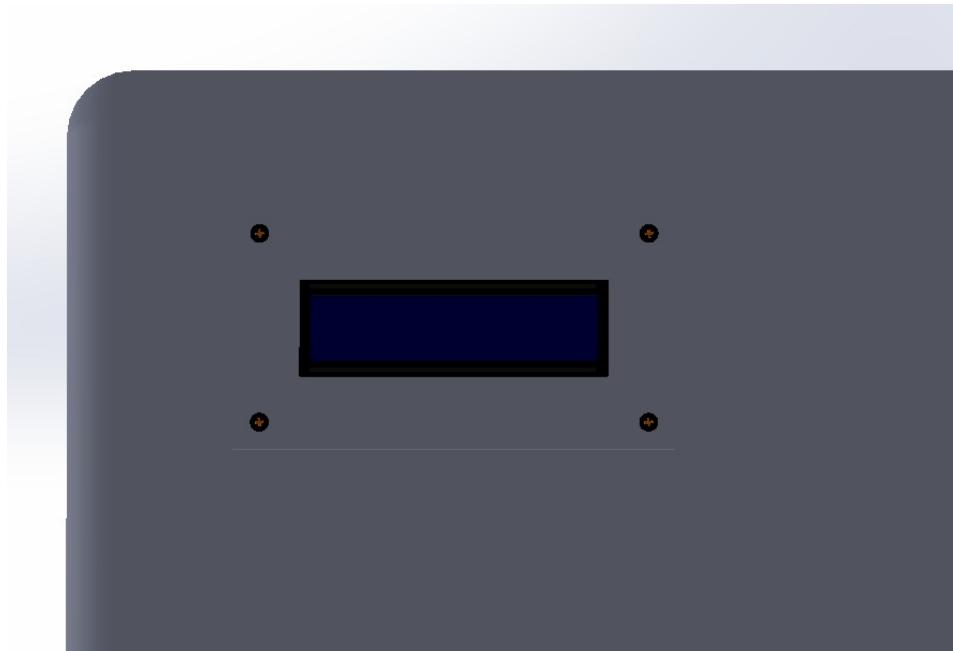
8.2 Alocação do sistema eletrônico na estrutura

Para a integração de sistemas eletrônicos com a parte estrutural, primeiramente foi definido os requisitos que a estrutura deveria seguir para acomodar sensores, *display LCD* e circuitos eletrônicos. Esses requisitos são:

- Compartimento para abrigar os sensores ultrassônicos em uma localização que permite seu correto funcionamento;
- Compartimento para abrigar o *display LCD*;
- Compartimento para abrigar o sensor de temperatura em uma localização que permite seu correto funcionamento;
- Possibilidade de fixação da válvula solenoide para permitir o escoamento de água da parte interna do Track Cooler;
- Abrigo para os circuitos eletrônicos;
- Fácil acesso aos sensores e aos circuitos.

Para a acomodação dos sensores ultrassônicos foram feitos quatro alojamentos na estrutura da caixa térmica, sendo todos com 20,4 mm de largura, 45,5 mm de comprimento e 10 mm de profundidade. Dois dos sensores estão localizados na parte frontal para a detecção de obstáculos (figura 94), e os outros dois na parte inferior da camada externa da caixa térmica para detecção de desníveis (figura 95).

O compartimento que vai abrigar o *display LCD*, está localizado na parte frontal da caixa térmica (figura 93), tendo 35 mm de largura, 80 mm de comprimento e 10 mm de profundidade.



Fonte: Autor

Figura 93 – *Display LCD* integrado ao *cooler*



Fonte: Autor

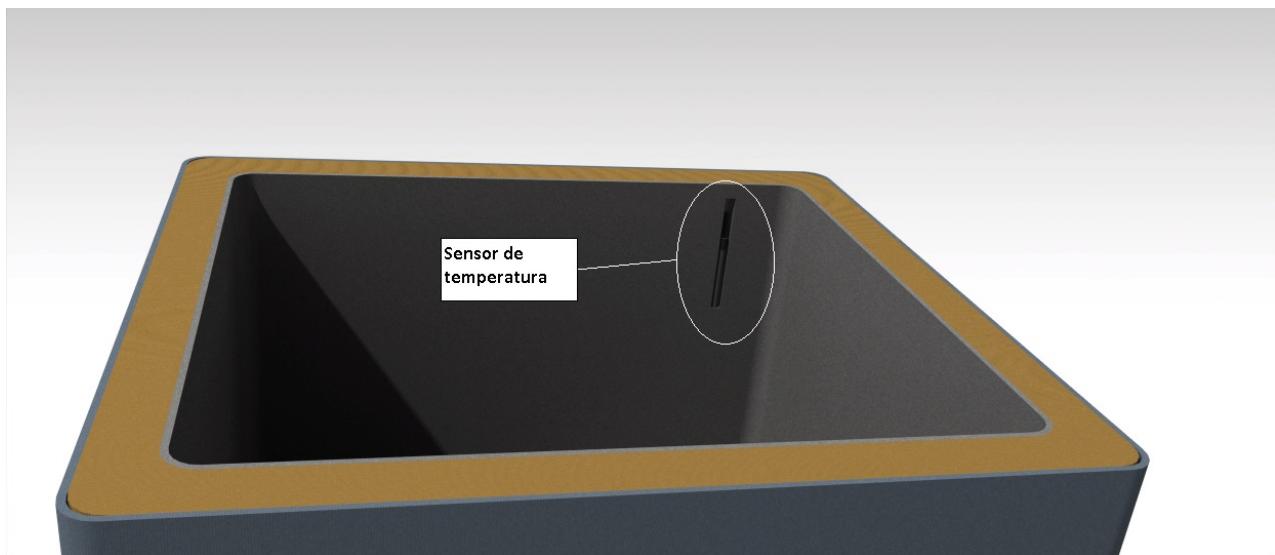
Figura 94 – Visão frontal mostrando o LCD e os sensores ultrassônicos



Fonte: Autor

Figura 95 – Vista da parte inferior com a válvula, sensores ultrassônicos, caixa de circuitos e baterias

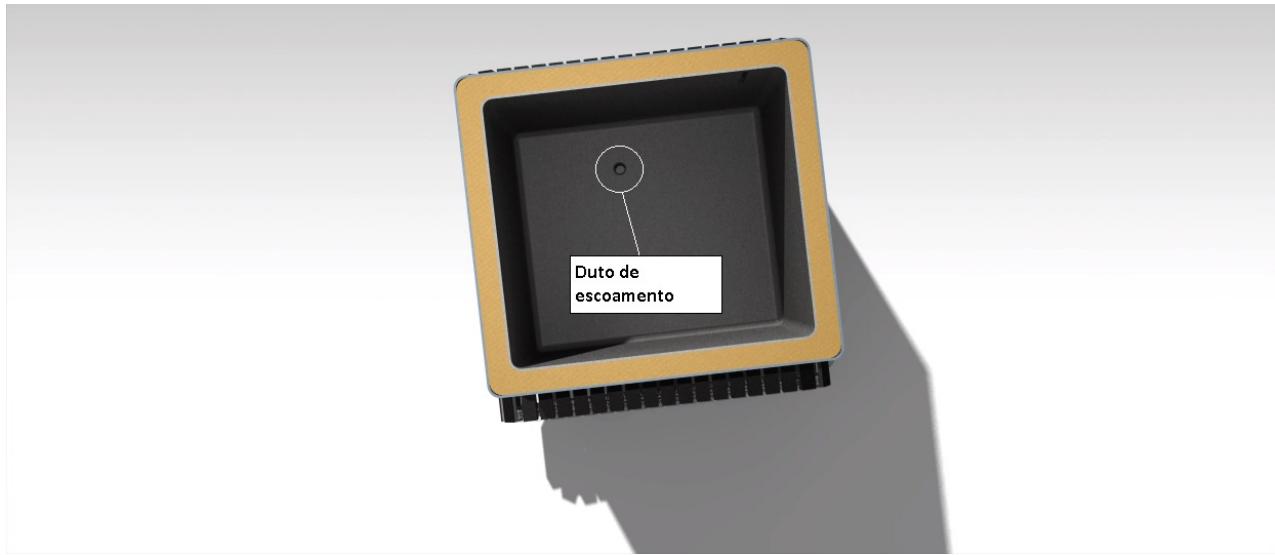
Diferentemente do sensor ultrassônico e *display* LCD, o sensor de temperatura deve ficar na parte interna caixa térmica, e para permitir sua correta acomodação foi feito um abrigo (figura 96) semicircular com 12 mm de raio e 86 mm de altura.



Fonte: Autor

Figura 96 – Sensor de temperatura na parte interna

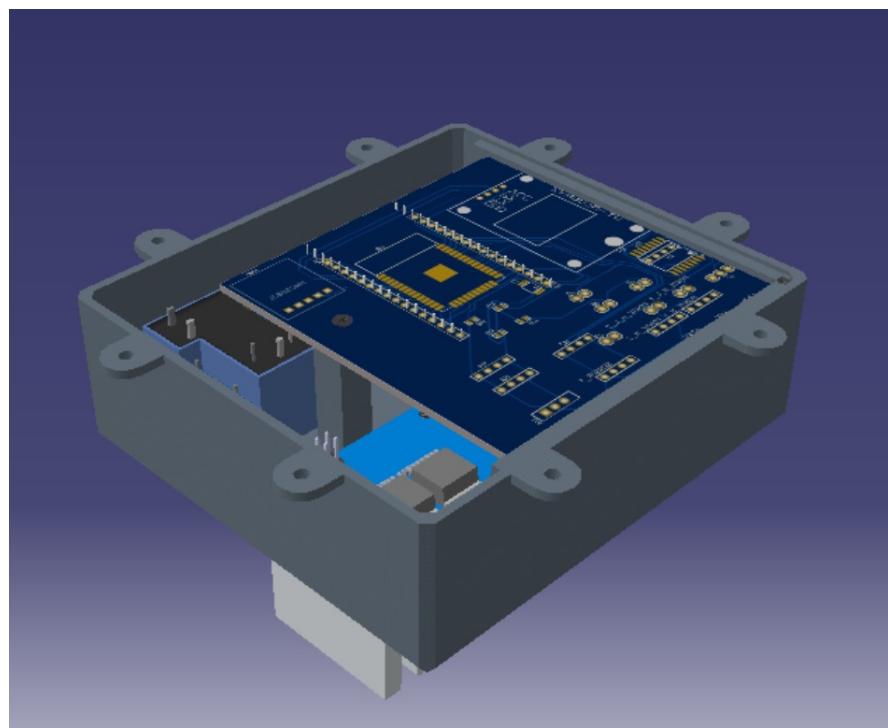
Como já foi discutido em tópicos anteriores, será necessário a utilização de uma válvula solenoide para permitir o escoamento da água proveniente do gelo que vai derreter no interior do *cooler*. Para permitir a integração dessa válvula na estrutura do Track Cooler foi feito um duto na parte inferior da caixa, que terá uma luva de PVC de 1/2" com rosca, que vai facilitar a união da válvula solenoide a estrutura. As figuras 95 e 97 mostram a localização da válvula na parte inferior, e o local do duto de escoamento na parte interna.



Fonte: Autor

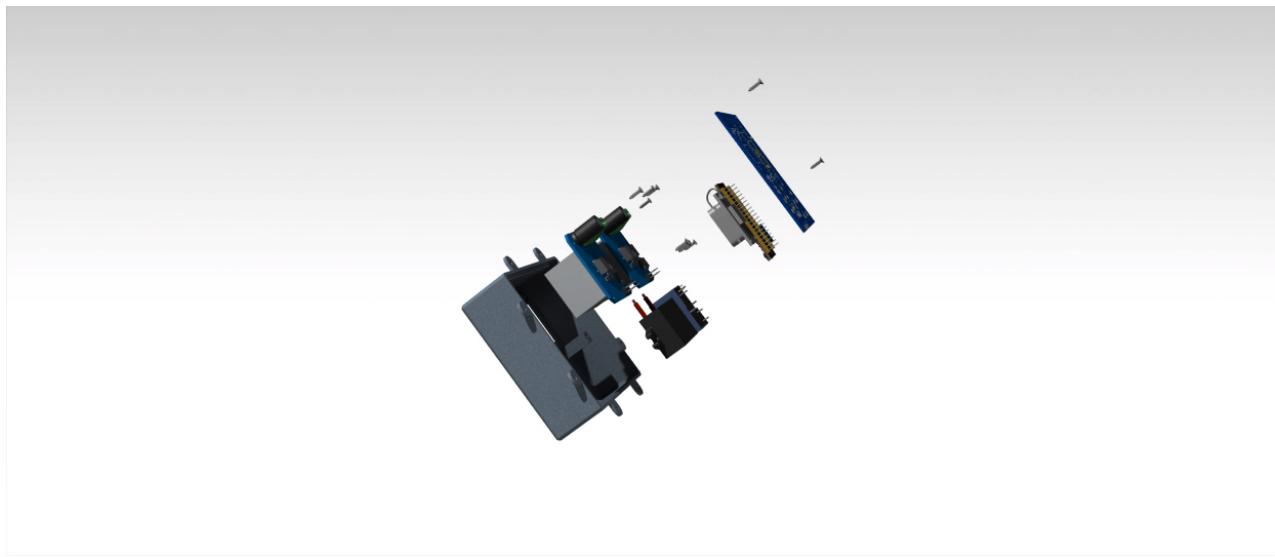
Figura 97 – Visão do interior com o duto para o escoamento da água

A alocação da PCB, das duas pontes H, dos dois reles, do módulo GPS e da bússola foi feita em uma caixa plástica de material ABS (figura 98) com 100 mm de largura, 110 mm de comprimento e 35 mm de altura. A caixa tem duas aberturas para permitir a passagem dos dissipadores de calor das pontes H e pontos de fixação dos parafusos para fixar as placas em suas devidas posições.



Fonte: Autor

Figura 98 – Caixa dos componentes eletrônicos com os circuitos presos



Fonte: Autor

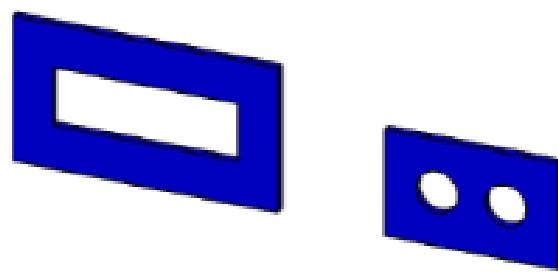
Figura 99 – Vista explodida circuitos e caixa dos componentes eletrônicos



Fonte: Autor

Figura 100 – Parte inferior da caixa com os dissipadores para o lado de fora

Para facilitar o acesso aos sensores ultrassônicos e ao *display LCD*, foram feitas tampas de manutenção (figura 101). Essas tampas são parafusadas em frente aos sensores, de modo que para realizar sua substituição, basta desparafusar essa tampa e efetuar a troca. Elas são feitas de fibra de vidro, possuindo 65,5 mm de comprimento e 40,4 mm de largura (para a tampa do sensor ultrassônico), e 100 mm de comprimento e 55 mm de largura (tampa do *display LCD*).



Fonte: Autor

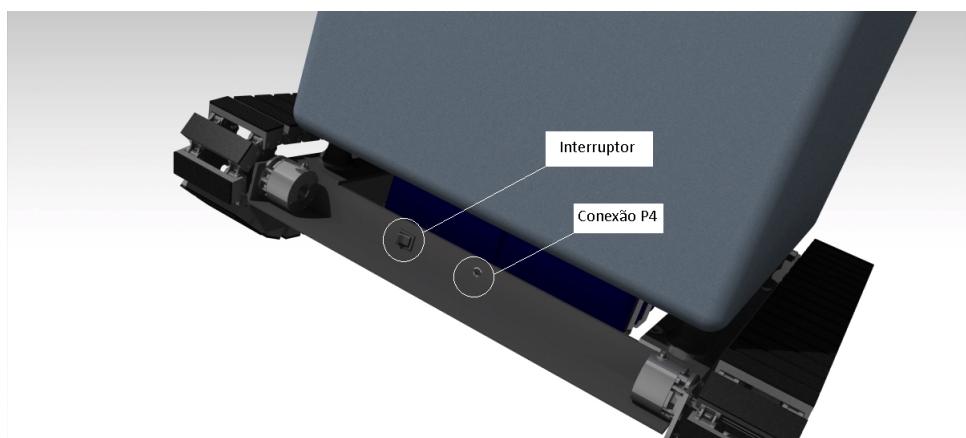
Figura 101 – Tampas de manutenção

8.3 Alocação do sistema de alimentação na estrutura

Para a integração do sistema de alimentação na estrutura, foi necessário encontrar a localização ideal para as baterias, conversor DC-DC *Step Down* e o pino de conexão do carregador, além de criar o design da carcaça do carregador.

A bateria ficou localizada na parte inferior da caixa térmica, próxima a região traseira. Ela foi colocada nessa parte para contribuir em manter o CG (centro de gravidade) o mais próximo possível do solo, o que aumenta a estabilidade do Track Cooler. Na figura 95 é possível observar as duas baterias presas com duas abraçadeiras. Já o conversor DC-DC *Step Down*, ficou localizado no interior da caixa de circuitos eletrônicos como é observado na figura 99, ou na figura 113 do apêndice de desenhos técnicos.

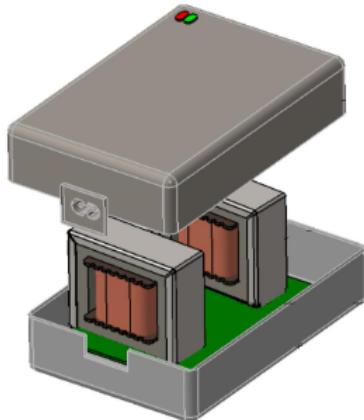
O pino de conexão do carregador escolhido foi um conector P4 fêmea, que está localizado em um furo feito na cantoneira transversal traseira do chassi. Essa localização foi escolhida por estar próximo das baterias e em um local de fácil acesso.



Fonte: Autor

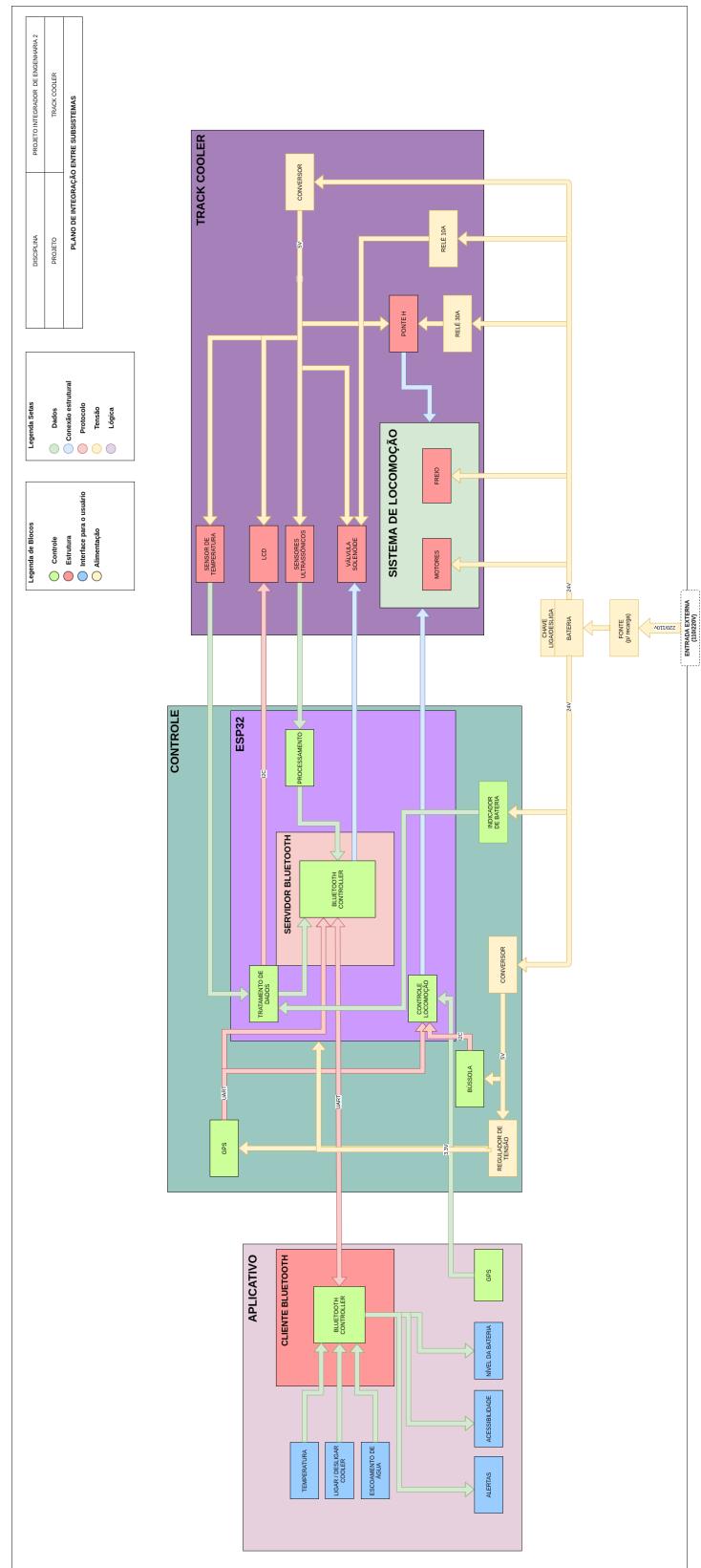
Figura 102 – Localização do conector P4

A carcaça do carregador, foi feita em impressora 3D com material ABS. Suas dimensões são 154 mm de comprimento, 103 mm de largura e 64 mm de altura. A figura 103 mostra o carregador aberto com a PCB e os transformadores em seu interior.



Fonte: Autor

Figura 103 – Carregador



Fonte: Autor

Figura 104 – Integração de todos os subsistemas do Track Cooler

Referências

1 TECNOLOGIA, F. D. E.; FLORIAN, S.; EDUCA, C. D. E. Plano de ensino. 2012. Citado 2 vezes nas páginas [8](#) e [197](#).

2 RANDOM NERD TUTORIALS. *ESP32 Pinout Reference: Which GPIO pins should you use?* 2020. Acessado em 2020-12-10. Disponível em: <<https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/>>. Citado na página [23](#).

3 BAU DA ELETROONICA. *Válvula Solenoide para Água 24V DC 180° (1/2 x 1/2) VA 03.* Acessado em 2020-11-11. Disponível em: <<https://www.baudaelectronica.com.br/valvula-solenoide-para-agua-24v-dc-180-x-va-03.html?gclid=CjwKCAiAtK79BRAIEiwA4OskBtq5hpIBChpNt55Bq7vwt2Q3Dx0CzYljEanoxv4ZwkOQOKu0CxDBwE>>. Citado 2 vezes nas páginas [23](#) e [24](#).

4 Maxim Integrated. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer. *System*, v. 92, p. 1–22, 2008. Citado 2 vezes nas páginas [24](#) e [28](#).

5 HITACHI [HITACHI SEMICONDUCTOR]. Citado na página [25](#).

6 HANDSON TECHNOLOGY. *BTS7960 High Current 43A H-Bridge Motor Driver.* Citado na página [25](#).

7 ALIEXPRESS. *Sla-24vdc-sl-a relé 24 V 30a 250vac t90 24 V.* Acessado em 2020-12-11. Disponível em: <<https://pt.aliexpress.com/item/32347627861.html>>. Citado na página [26](#).

8 GY-NEOMV2. *Datasheet*, p. 4–5, 2017. Citado na página [26](#).

9 HONEYW. HMC5883L 3-Axis Digital Compass IC datasheet. p. 1–18, 2011. Citado na página [27](#).

10 FREAKS elec. Ultrasonic Ranging Module HC - SR04. *Datasheet*, p. 1–4, 2013. Disponível em: <<http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>>. Citado na página [27](#).

11 FILIPEFLOP. *Sensor de Distância Ultrassônico HC-SR04.* 2020. Acessado em 2020-11-11. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04/>>. Citado na página [28](#).

12 SYSTEMS, E. ESP-WROOM-32 Datasheet. 2017. Citado na página [29](#).

13 MICRODRIVES, P. *PWM Frequency For Linear Motion Control.* Citado na página [31](#).

14 KEDIA, S. *Controlling Brushed DC Motors Using PWM.* Citado na página [31](#).

15 ABB DRIVES. *Dimensioning of a drive system.* Citado na página [31](#).

16 WAGENBACH, J. *PWM power stage: Current ripple Motor chokes.* Citado na página [31](#).

- 17 BLOX u. *NEO-6 u-blox 6 GPS Modules*. https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6DataSheet_011.pdf. Citado na página 32.
- 18 HONEYWELL. *Axis Digital Compass IC HMC5883L*. <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/HMC5883L3-AxisDigitalCompassI.pdf>, 2013. Citado na página 32.
- 19 IPC - Association Connecting Electronics Industries. Generic Standard on Printed Board Design. p. 164, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 38.
- 20 DENTON, T. Automobile electrical and electronic systems, fourth edition. *Automobile Electrical and Electronic Systems, Fourth Edition*, p. 740, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 45 e 205.
- 21 Citado na página 50.
- 22 FRAGA FRANCISCO EDSON NOGUEIRA; SAMANTHA YÁGARA VALADARES LIMA, S. Y. V. S. S. C. G. e. F. E. N. InfluÊncia do tempo de tratamento sobre a dureza da camada cementada em amostras de aÇo sae 1020 tratadas por cimentaÇÃo sÓlida seguido de tÊmpora. p. 5, 2017. Citado 3 vezes nas páginas 50, 56 e 57.
- 23 Citado na página 50.
- 24 ALMACAM. *Corte de Metal ao Jato de água*. Citado na página 56.
- 25 MERCADO LIVRE. *Cimentox 1 Kg Pó Para Cementação Oxigen*. Acessado em 2020-11-11. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1163146400-cimentox-1-kg-po-para-cementaco-oxigen-_JM?matt_tool=82322591&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=6542458279&matt_ad_group_id=84209230451&matt_match_type=&matt_network=u&matt_device=c&matt_creative=385096448526&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=&matt_merchant_id=120971793&matt_product_id=MLB1163146400&matt_product_partition_id=361908274048&matt_target_id=pla-361908274048&gclid=Cj0KCQiAnb79BRDgARIsAOVbhRqdXySpmoKQTWcUzv6Y6ymaALXRCPebhrxq5AaqmfMi2Mtaij6ENQaArobEALw_wcB>. Citado na página 57.
- 26 SERVICIOS COHEGO, S.A. DE C.V. *Fresado*. Citado na página 57.
- 27 MAGNAN, M. d. C. Pintura na proteção anticorrosiva. p. 37, 2011. Citado na página 66.
- 28 ALI EXPRESS. *24v 36ah 6s6p bateria de lítio 25.2v 36000mah li-ion*. 2020. Acessado em 2020-15-11. Disponível em: <https://pt.aliexpress.com/item/4001323261510.html?s=p&ad_pvid=202008180714005107206884540800000324658_1&algo_pvid=76598e6e-0dac-4d14-8a9c-9a17e03843f3&algo_expid=76598e6e-0dac-4d14-8a9c-9a17e03843f3-4&btsid=0ab6fa8115977600402316537e3a4a&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_>. Citado na página 70.

- 29 BATTERY UNIVERSITY. *Placa de Proteção Bateria 18650 Li-ion 3s 20a Bms.* 2020. Acessado em 2020-17-10. Disponível em: <<https://www.eletronicaelementar.com.br/placa-de-protecao-bateria-18650-li-ion-3s-20a-bms>>. Citado na página 71.
- 30 BATTERY UNIVERSITY. *Charging Lithium-ion.* 2020. Acessado em 2020-15-10. Disponível em: <https://batteryuniversity.com/learn/article/charging_lithium_ion_batteries>. Citado na página 72.
- 31 HOMEMADE CIRCUITS. *USB 3.7V Li-Ion Battery Charger Circuit.* 2019. Acessado em 2020-12-10. Disponível em: <<https://www.homemade-circuits.com/usb-automatic-li-ion-battery-charger/>>. Citado na página 74.
- 32 ALI EXPRESS. *Conversor 12 v/24 v da c.c. de 15 w a 5 v 3a DC-DC conversor 8 v-40 v a 5 v re gulador de tensão.* 2020. Acessado em 2020-15-11. Disponível em: <<https://pt.aliexpress.com/>>. Citado na página 78.
- 33 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5.410 : Instalações elétricas de baixa tensão.* 2005. Rio de Janeiro. Citado na página 78.
- 34 MEKANUS. *Kit Conector Plug P4 Macho Femea Borne 2 Vias p/ Cftv Arduino.* 2020. Acessado em 2020-15-11. Disponível em: <<http://www.lojamekanus.com.br/produto/407716/kit-conector-plug-p4-macho-femea-borne-2-vias-p-cftv-arduino>>. Citado na página 79.
- 35 ELETROGATE. *Mini Chave Gangorra - 2 Terminais.* 2020. Acessado em 2020-15-11. Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/mini-chave-gangorra-2-terminais>>. Citado na página 79.
- 36 ARAÚJO, M. A. P. Modelagem de dados – teoria e prática. 2008. Acessado em 2020-10-11. Disponível em: <<https://www.cin.ufpe.br/~rrbs/pronatec/Introdu%e7%e3o%20a%20Modelagem%20de%20Dados.pdf>>. Citado na página 98.
- 37 SONZA A. E SANTAROSA, L. M. C. Ambientes digitais virtuais: Acessibilidade aos deficientes visuais. 2003. Acessado em 2020-10-14. Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/eventos/cicloartigosfev2003/andrea.pdf>>. Citado na página 105.
- 38 GIL, M. Eficiência visual. ministério da educação. secretaria de educação à distância, nº 1/2000. 2000. Acessado em 2020-10-14. Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/eventos/cicloartigosfev2003/andrea.pdf>>. Citado na página 105.
- 39 CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA. *Daltonismo : distúrbio atinge 5% da população mundial.* 2004. Acessado em 2020-10-14. Disponível em: <https://portal.cfm.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1519:&catid=3>. Citado na página 105.
- 40 LIMA J. R., e. a. Reconhecimento de voz para inclusão de deficientes visuais em ambientes virtuais de aprendizagem. 2015. Acessado em 2020-12-11. Disponível em: <<http://www.tise.cl/volumen11/TISE2015/23-29.pdf>>. Citado na página 105.
- 41 PASSOS, A. Acessibilidade em periódicos para pessoas com deficiência visual. 2018. Acessado em 2020-12-11. Disponível em: <<https://www.periodicosdeminas.ufmg.br/acessibilidade-em-periodicos-para-pessoas-com-deficiencia-visual/>>. Citado na página 106.

- 42 GARCIA, E. O que é asyncstorage no react native. 2019. Acessado em 2020-12-11. Disponível em: <<https://medium.com/@eduardo.diogo/o-que-%C3%A9-asyncstorage-6771ad252754>>. Citado na página 106.
- 43 SAMPAIO, M. Como tornar o seu site acessível para daltônicos. Acessado em 2020-12-11. Disponível em: <<http://blog.handtalk.me/acessibilidade-daltonicos/>>. Citado na página 107.
- 44 BRAGA, C. Acessibilidade: o impacto das cores. 2015. Acessado em 2020-12-11. Disponível em: <<https://brasil.uxdesign.cc/acessibilidade-o-impacto-das-cores-bfc0d60420db>>. Citado na página 107.
- 45 INCROPERA, F.; DEWITT, D. *Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa*. seventh. [S.l.]: LTC, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 135 e 136.
- 46 HOLMAN, J. P. *Transferência de Calor*. [S.l.]: McGraw-Hill, 1983. Citado na página 136.
- 47 TESTE de Motor DC. Acessado em 2020-11-11. Disponível em: <http://www.industrial-electronics.com/guide-small-electric-motors_9-3.html>. Citado na página 180.
- 48 GRODT, S. *How to Measure Motor Inductance and Impedance using an AC Source*. 2016. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/how-measuring-motor-inductance-impedance-using-ac-source-steve-grodt/>>. Citado 2 vezes nas páginas 180 e 181.
- 49 PCI, E. D.; BASE, E. D. E. C. - Data de publicação. p. 2019, 2019. Citado na página 202.
- 50 IPEA. Para O Desenvolvimento. p. 1 – 324, 2016. Citado na página 203.
- 51 BLACK BOX. *Dimensionamento de espessura de trilha por corrente aplicada*. 42-43 p. Acessado em 2020-12-10. Disponível em: <<https://blackboxlab.wixsite.com/home/single-post/2016/04/18/Dimensionamento-de-espessura-de-trilha-por-corrente-aplicada>>. Citado na página 204.

Apêndices

APÊNDICE A – Principais Tomadas de Decisões de Software

Decisão	Data	Justificativa
Escolha do React Native.	17/08/2020	Escolhemos o React Native por ser um <i>framework</i> javascript para o desenvolvimento de aplicativos em múltiplas plataformas, como Android. E por alguns membros da equipe já ter familiaridade com a tecnologia.
Arquitetura monolítica.	04/09/2020	A escolha se deu visto que o escopo do projeto está bem acoplado e que vamos utilizar bibliotecas externas para as funcionalidades da aplicação.
Não utilizar banco de dados.	09/10/2020	Fizemos a escolha de usar o AsyncStorage, não haver necessidade de guardar muitos dados. Só vamos cadastrar o nome do usuário.
Não utilizar diagrama de classe.	09/10/2020	Não teremos persistências dos dados.
Antecipar o plano de testes para o PC2.	14/10/2020	Adiantamos a parte documental para esse PC2, para termos mais tempo na parte de programação do sistema.
Mudar a <i>sprint</i> para segunda.	16/10/2020	Os integrantes do grupo acharam por bem mudar a data de entregas das <i>sprints</i> , visto que a falta de tempo durante a semana estava dificultando as entregas das atividades.
Fazer a migração dos artefatos para o <i>git pages</i> .	16/10/2020	Para enriquecer mais o trabalho vamos criar um <i>git pages</i> para hospedarmos os artefatos gerados durante o projeto. Que só será configurado após a entrega do PC2 (por questão de tempo).
Mudar as cores do degradê do ícone de temperatura do protótipo.	16/10/2020	Segundo uma pesquisa que fizemos com pessoas daltônicas, o nosso ícone de temperatura que tem um degradê de cores vermelhas não está compatível com a percepção das cores para pessoas com daltonismos.

Decisão	Data	Justificativa
Fazer API para emular os dados.	26/11/2020	Vimos a necessidade de uma API para emular os dados, já que não teríamos a integração dos sistema. Foi conversado e alinhado com o professor Chaim, que aderiu a ideia.
Documentar a integração.	05/11/2020	Fazer a documentação de como ocorreria a integração com o hardware. Para emular os dados vamos usar a API.
Acabar com <i>Sprint</i> 6 dois dias antes do habitual.	09/11/2020	A <i>sprint</i> 6 será entrega no sábado já a entrega final será no domingo. Habitualmente a <i>sprint</i> acaba na segunda.

APÊNDICE B – Funcionalidades Implementadas de Software

- Estrutura inicial do projeto: [Link](#)
- Tela principal: [Link](#)
- Salvar nome do usuário: [Link](#)
- Rotas e *header*: [Link](#)
- Alterar fonte: [Link](#)
- Ativar/desativar *bluetooth* e gps: [Link](#)
- Ver informação: [Link](#)
- Ligar e desligar *cooler*: [Link](#)
- Comando de voz: [Link](#)
- Sobre o projeto e quem somos: [Link](#)
- Mudar contraste: [Link](#)
- Integrar info: [Link](#)
- Integrações menores: [Link](#)
- Escoamento de água e alertas: [Link](#)
- API informações do *cooler*: [Link](#)
- API funcionalidade menores: [Link](#)
- API recebimento JSON: [Link](#)
- API funcionalidade menores: [Link](#)

APÊNDICE C – Plano de Testes – Especificação das Histórias de Teste

C.1 US01 - Cadastrar nome do usuário

- TS01 - Nome cadastrado com sucesso
 - **Descrição:** Este requisito de teste verificará se o nome do usuário foi cadastrado de maneira correta.
 - **Pré-condições:** O usuário deve estar na tela inicial.
 - **Pós-condições:** Mostrar o nome do usuário na tela principal.
 - **Dados necessários:** O nome do usuário.
- TS02 - Nome cadastrado com erro
 - **Descrição:** Este requisito de teste verificará se o nome do usuário foi cadastrado de maneira correta. Sem caracteres especiais.
 - **Pré-condições:** O usuário deve estar na tela inicial.
 - **Pós-condições:** O usuário deverá ser informado de que o nome é inválido.
 - **Dados necessários:** Possuir o nome válido.

C.2 US02 - Ver informações do *cooler*

- TS03 - Consultar as informações do *cooler*
 - **Descrição:** Este requisito de teste verificará se as informações do *cooler* estão sendo apresentadas de maneira correta.
 - **Pré-condições:** Está conectado com o *cooler*.
 - **Pós-condições:** Visualizar a temperatura, a quantidade de bateria e o histórico de conexão com o *cooler* apresentando a data e hora de conexão.
 - **Dados necessários:** Temperatura, quantidade de bateria e histórico de conexão com o *cooler*.
- TS04 - Falha na consulta das informações do *cooler*

- **Descrição:** Este requisito de teste verificará se as informações do *cooler* não estão sendo apresentadas de maneira correta.
- **Pré-condições:** Usuário deve entrar na tela de informações do *cooler*.
- **Pós-condições:** Usuário não conseguir verificar as informações do *cooler*.
- **Dados necessários:** Não se aplica.

C.3 US03 - Atualizar informações do *cooler*

- TS05 - Falha ao receber os dados via bluetooth
 - **Descrição:** Este requisito de teste verificará se as informações do *cooler* não estão sendo recebidas pelo dispositivo.
 - **Pré-condições:** Usuário deve entrar na tela de informações do *cooler*.
 - **Pós-condições:** Usuário não conseguir atualizar as informações do *cooler*.
 - **Dados necessários:** Não se aplica.
- TS06 - Falha ao atualizar os dados via Bluetooth
 - **Descrição:** Este requisito de teste verificará se as informações do *cooler* não atualizadas com sucesso.
 - **Pré-condições:** Usuário deve entrar na tela de informações do *cooler*.
 - **Pós-condições:** Visualizar a temperatura, a quantidade de bateria e o histórico de conexão mais recentes possível.
 - **Dados necessários:** Temperatura, quantidade de bateria e histórico de conexão com o *cooler*.

C.4 US04 - Conectar com Bluetooth do *cooler*

- TS07 - Sucesso ao conectar com o Bluetooth
 - **Descrição:** Este caso de teste verificará se a conexão Bluetooth entre o celular e o *cooler* foi estabelecida com sucesso.
 - **Pré-condições:** Usuário deve abrir o aplicativo em um dispositivo android, selecionar a opção de conectar via Bluetooth com o *cooler* próximo do mesmo.
 - **Pós-condições:** Usuário conseguir realizar operação de comando do *cooler* ao segui-lo.
 - **Dados necessários:** Não se aplica.

C.5 US05 - Poder ligar/desligar o *cooler*

- TS08 - Falha ao enviar os dados de controle via Bluetooth
 - **Descrição:** Este requisito de teste verificará se os dados de ligar/desligar foram enviados para o *cooler* com sucesso.
 - **Pré-condições:** Usuário deve entrar na tela de controle do *cooler*.
 - **Pós-condições:** Usuário não conseguir controlar o *cooler*.
 - **Dados necessários:** Não se aplica.

C.6 US06 - Abrir configurações (GPS e Bluetooth)

- TS09 - Sucesso ao ligar o GPS
 - **Descrição:** Este caso de teste verificará se o GPS foi ativado com sucesso.
 - **Pré-condições:** Usuário deve abrir o aplicativo em um dispositivo android, abrir as configurações e ativar o GPS.
 - **Pós-condições:** O GPS está ativado.
 - **Dados necessários:** Não se aplica.
- TS10 - Falha ao ligar o GPS
 - **Descrição:** Este caso de teste verificará se ocorreu alguma falha ao ativar o GPS.
 - **Pré-condições:** Usuário deve abrir o aplicativo em um dispositivo android, abrir as configurações e ativar o GPS.
 - **Pós-condições:** O GPS não está ativado e uma mensagem de falha é apresentada ao usuário.
 - **Dados necessários:** Não se aplica.
- TS11 - Sucesso ao ligar o Bluetooth
 - **Descrição:** Este caso de teste verificará se o Bluetooth foi ativado com sucesso.
 - **Pré-condições:** Usuário deve abrir o aplicativo em um dispositivo android, abrir as configurações e ativar o Bluetooth.
 - **Pós-condições:** O Bluetooth está ativado.
 - **Dados necessários:** Não se aplica.
- TS12 - Falha ao ligar o Bluetooth

- **Descrição:** Este caso de teste verificará se ocorreu alguma falha ao ativar o Bluetooth.
- **Pré-condições:** Usuário deve abrir o aplicativo em um dispositivo android, abrir as configurações e ativar o Bluetooth.
- **Pós-condições:** O Bluetooth não está ativado e uma mensagem de falha é apresentada ao usuário.
- **Dados necessários:** Não se aplica.

C.7 US07 - Exibir alerta caso o *cooler* se desconecte

- TS13 - Exibir alerta ao desconectar do *cooler* abruptamente
 - **Descrição:** Este caso de teste verificará se o alerta foi exibido ao desconectar o dispositivo do *cooler* sem que o usuário tenha selecionado essa opção.
 - **Pré-condições:** Dispositivo deve estar conectado ao *cooler* e a conexão deve ser desfeita.
 - **Pós-condições:** Alerta informando que o *cooler* foi desconectado.
 - **Dados necessários:** Não se aplica.

C.8 US08 - Exibir alerta caso o *cooler* não consiga seguir a pessoa

- TS14 - Exibir alerta ao após *cooler* informar que não é possível acompanhar o usuário
 - **Descrição:** Este caso de teste verificará se o alerta foi exibido após o *cooler* informar que encontrou um obstáculo e não é possível contorná-lo.
 - **Pré-condições:** Dispositivo deve estar conectado ao *cooler* e este informar que não é possível prosseguir.
 - **Pós-condições:** Alerta informando que o *cooler* não está seguindo o usuário.
 - **Dados necessários:** Informação do *cooler* de que não é possível continuar.

C.9 US09 - Mudança de contraste no aplicativo

- TS15 - Modo Daltônico
 - **Descrição:** Este caso de teste verificará se a mudança de contraste de cores da aplicação ocorreu de maneira correta.

- **Pré-condições:** Usuário deve abrir o aplicativo em um dispositivo android, abrir as configurações e escolher a opção de mudar o contraste da aplicação.
- **Pós-condições:** As cores e contraste da aplicação mudam, e uma mensagem é exibida ao usuário para mostrar que as mudanças foram feitas.
- **Dados necessários:** Não se aplica.

C.10 US10 - Alterar tamanho da fonte da letra

- TS16 - Alterar tamanho da fonte da letra
 - **Descrição:** Este caso de teste verificará se o tamanho da fonte do aplicativo foi alterada após escolha de mudança do tamanho da fonte.
 - **Pré-condições:** Usuário deve abrir o aplicativo em um dispositivo android e escolher nas configurações a opção de alterar tamanho da fonte.
 - **Pós-condições:** O tamanho da fonte no aplicativo deve ter sido alterada.
 - **Dados necessários:** Não se aplica.

APÊNDICE D – Plano de Gerência e Configuração de Software

O Plano de Gerência e Configuração de Software tem por objetivo apresentar padrões, políticas, ferramentas, instruindo sobre o ambiente de desenvolvimento de software e qualquer atividade de configuração necessária.

D.0.1 Políticas

D.0.1.1 Política de Commits

Os commits devem ser atômicos e seu comentário deve descrevê-lo de forma sucinta. O texto deve descrever o que foi produzido, de forma resumida e em português. Caso o commits não seja destinado para a conclusão da funcionalidade ou documento, deve-se iniciar com o verbo no gerúndio, no entanto, se o commits é destinado a conclusão da funcionalidade ou documento, deve-se iniciar com o verbo no particípio. Além disso, deve conter o número de sua issue correspondente, no seguinte formato:

Repositórios

[Tag da issue] Texto começando com letra maiúscula, verbo no gerúndio ou particípio

Exemplo: ***commit* destinado à conclusão**

[US00] Criada estrutura de usuário.

***commit* não destinado à conclusão**

[US00] Criando estrutura de usuário.

D.0.1.2 Política de Branches

Serão utilizados os princípios do **Gitflow** que ajudarão no controle do que está sendo produzido pela a equipe, onde, ao mesmo tempo falhas serão corrigidas, novas funcionalidades serão implementadas, garantindo o funcionamento do código de produção. O Gitflow foi criado em 2010, é considerado um ótimo modelo de *branching*. É um modelo fortemente baseado em branches, mas focados em entregas de projetos, ele define os papéis de cada branch e como elas devem interagir. Apesar dele ser um pouco mais complexo que outros workflows, ele disponibiliza um framework robusto para gerenciar projetos mais complexos.

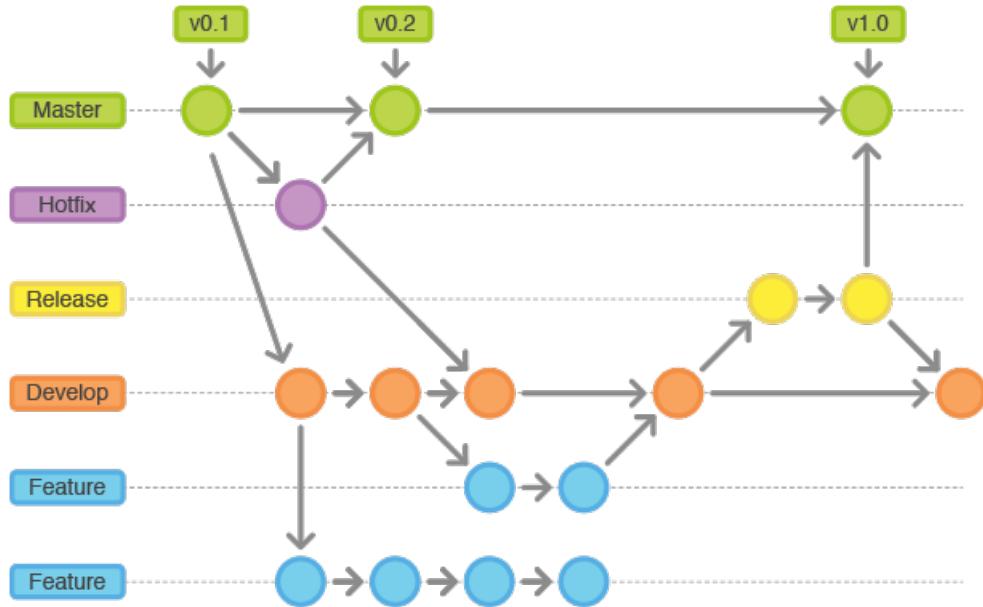


Figura 105 – Exemplo do funcionamento do GitFlow. Fonte: Autor

A *master* será a *branch* estável do projeto, sendo ela proveniente da *devel* por meio de aprovação de *pull request* ao fim de cada *release*. Nenhum membro será autorizado a fazer *commits* diretamente na *master* ou na *develop*.

As branches auxiliares são destinadas a implementação de funcionalidades, reabilitação de histórias técnicas e conserto de bugs. Cada uma dessas atividades terá sua própria branch, criada a partir da *develop*, as *hotfix* são as *branches* criadas a partir da master e servem para resolver de forma rápida os bugs em produção. Terão como padrão de nomenclatura:

[Identificador da atividade]-[Nome issue associada a atividade]

Exemplos:

feature/TS03-Configurar-Ambientes

hotfix/BUG-Duplicação-no-Banco

feature/US01-Implementar-Login

Após o fim do desenvolvimento nas branches auxiliares elas devem ser incorporadas a develop por meio de pull request.

D.0.1.3 Política de Aprovação do Código

Para a aprovação do código, o *pull request* deve ser revisado por ao menos 1 membro da equipe, a nomenclatura da *branch* e dos *commits* devem estar de acordo com

as definições deste documento, o código deve estar escrito seguindo a folha de estilo, a build não pode apresentar erros e o *pull request* deve seguir o template do *community*.

D.0.2 Uso de Issues

As *issues* serão criadas com o objetivo de mapear e descrever todo o trabalho a ser desenvolvido durante o projeto, possibilitando controle e transparência do que está sendo feito. Com isso, conseguiremos manter o rastro de tudo que foi planejado e efetuado.

As issues vão conter identificadores e *labels*, para que se possa indicar sua natureza. Os identificadores definidos para o projeto serão:

[**EPIC**] - Utilizado para as issues que representam épicos.

[**US**] - Utilizado para as issues que representam histórias de usuário.

[**TS**] - Utilizado para as issues que representam histórias técnicas.

O formato padrão de nomenclatura para essas issues é:

[Identificador Número-da-issue] nome-definido-pela-equipe-para-issue

Exemplo:

[US01] Prototipação

[**REFACTOR**] - Utilizado para issues que representam refatoração.

[**BUG**] - Utilizado para issues que representam correção de bugs.

[**DOC**] - Utilizado para as issues que representam tarefas de documentação.

[**TRAINNING**] - Utilizado para issues que representam atividades de estudo e treinamento.

[**QUESTION**] - Utilizado para issues que representam perguntas que a comunidade deseja fazer aos mantenedores.

[**SUGGESTION**] - Utilizado para issues que representam sugestões que a comunidade deseja fazer aos mantenedores.

O formato padrão de nomenclatura para essas issues é:

[Identificador] Nome definido para a issue pela equipe

Exemplo:

[BUG] Duplicação no Banco

D.0.3 Ferramentas

Ferramenta	Descrição
Git	Ferramenta de versionamento
GitHub	Ferramenta de hospedagem de repositórios
ZenHub	Ferramenta de gerenciamento de equipe
React Native	Framework para a criação de aplicativos mobile
Travis CI	Ferramenta de integração contínua
VS Code	Ferramenta de construção e edição de código fonte
Android Studio	Ferramenta para emulação do aplicativo

D.0.3.1 Integração das Ferramentas

Considerando o processo de desenvolvimento do software, o código fonte em Javascript (React Native) é editado através da IDE VS Code e sua emulação é realizada através do Android Studio. Já seu versionamento é feito utilizando-se o GitHub e, sempre que possível, é sincronizado o trabalho realizado localmente com o repositório remoto hospedado no GitHub. A partir deste ponto entra em cena o Travis CI, pois após cada alteração no repositório remoto o Travis gera uma nova build do projeto. Além de realizar a build, o Travis também possui outras funções que em alguns casos fazem parte da build e em outros casos são eventos pós build ou pré build, e comunica qualquer problema que ocorra nesse processo, impedindo que código quebrado se junte as versões estáveis do projeto.

APÊNDICE E – Cálculos dos Fenômenos Térmicos

E.1 Condução de calor nas paredes do material isolante

A condução foi considerada através das paredes sólidas, transientes, com condições de contorno convectivas em todas as paredes para o ambiente. A transferência de calor pode ser calculada através da Lei de Fourier para obter a quantidade de energia transferida por unidade de tempo (45).

$$\dot{Q} = \frac{k * A * \Delta T}{L} \quad (\text{E.1})$$

onde

k = Condutividade térmica $\left[\frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{C}} \right]$

A = Área superficial $[\text{m}^2]$;

ΔT = Variação de temperatura $[\text{°C}]$;

O calor total transferido por condução através das 6 paredes do *cooler* será de 14,5W

E.2 Convecção de calor no ar

O processo de transferência de calor por convecção envolve a energia associada a um fluido (45). A transferência de calor ocorre quando um fluido e uma superfície estão em diferentes temperaturas, e pode ser quantificada da seguinte forma:

$$\dot{Q} = h * A * (T_s - T_{\infty}) \quad (\text{E.2})$$

onde:

h = Coeficiente convectivo $\left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$

A = Área superficial $[\text{m}^2]$;

T_s = Temperatura da superfície $[\text{°C}]$

T_{∞} = Temperatura do fluido $[\text{°C}]$

A partir da expressão simplificada para o cálculo do coeficiente de transferência de calor h para o ar em convecção natural (46).

$$h = 1,32 * \left(\frac{\Delta T}{L} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (\text{E.3})$$

$$h_{ar} = 1,37 \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ C} \right]$$

Sendo então o ar capaz de dissipar uma potência equivalente a 25W entre as paredes do *cooler*.

E.3 Radiação de calor no material isolante

O processo de radiação térmica se deve a capacidade dos corpos de emitir calor. Um corpo perde calor para o ambiente na existência de gradiente de temperatura. A capacidade de emitir calor dos corpos está intimamente relacionada ao seu material e suas características (45). O calor emitido por um corpo pode ser dado por:

$$\dot{Q} = \epsilon * \sigma * A * (T_{max}^4 - T_{amb}^4) \quad (\text{E.4})$$

onde:

ϵ = emissividade do poliuretano de 0,29;

σ = constante de Stefan-Boltzmann de valor $5,67 \cdot 10^{-8} [W/m^2 \cdot K^4]$;

∂T = gradiente de temperatura máxima [K];

∂t = variação do tempo, no caso serão 3600s;

A potência total irradiada será de 0,0084W.

E.4 Absorção de calor pelo material isolante

A absorção de calor pelo poliuretano pode ser obtida através da equação de calor sensível do poliuretano apresentada abaixo:

$$\dot{Q} = m * c_p * \Delta T \quad (\text{E.5})$$

A potência absorvida pelo calor será:

$$\dot{Q} = m * c_p * \frac{\partial T}{\partial t} \quad (\text{E.6})$$

onde:

m = massa da espuma de poliuretano [kg];

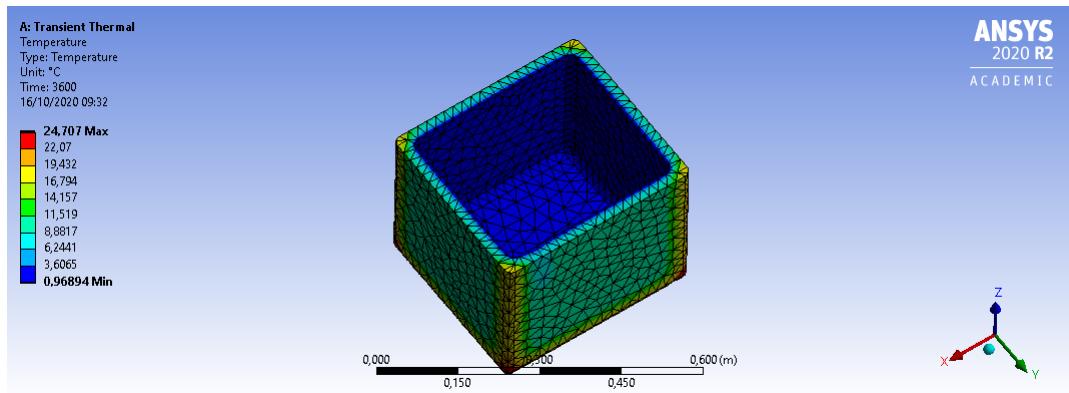
c_p = calor específico do Poliuretano $\left[\frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right]$

∂T = gradiente de temperatura máxima [°C];
 ∂t = variação do tempo, no caso serão 3600s;

A quantidade de calor absorvida pelo poliuretano em 1 hora será de 0,0176W.

E.5 Análise térmica

A análise foi feita no *Ansys Transient Thermal*. A figura abaixo representam a distribuição de temperatura no material isolante durante 1 hora, com temperatura interna inicial de 1°C e temperatura externa inicial de 30°C.

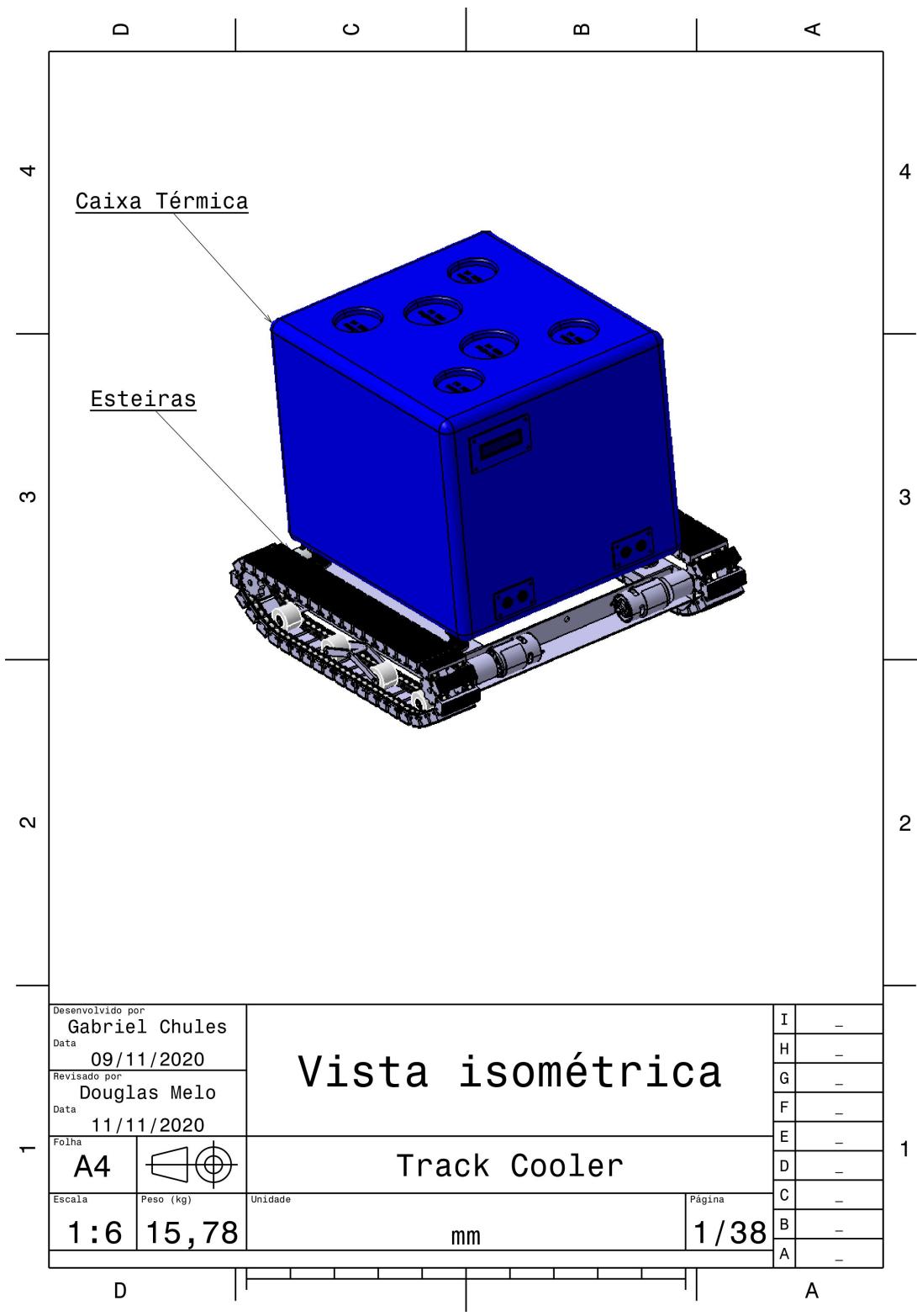


Fonte: Autor

Figura 106 – Material isolante a ser simulado

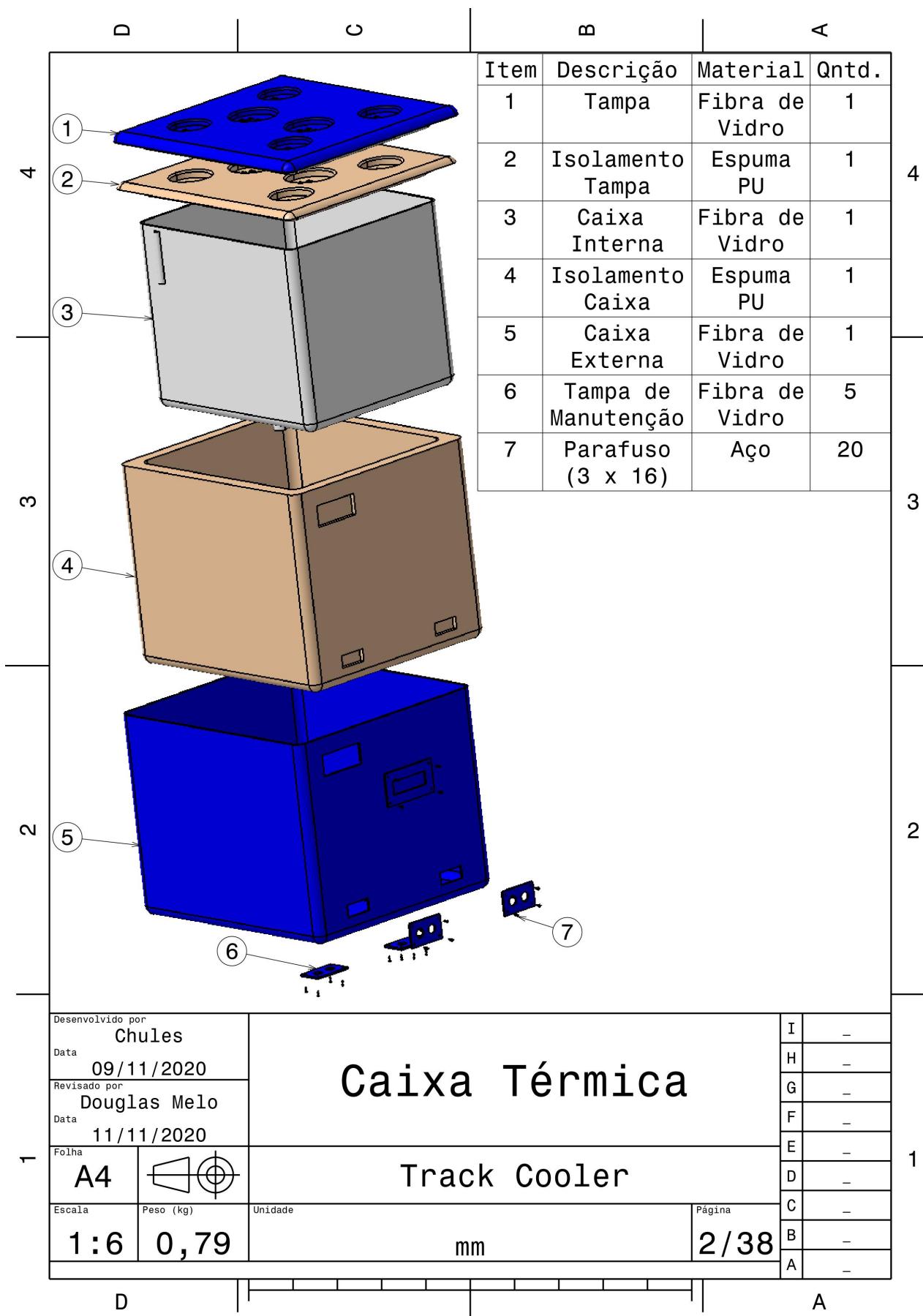
Esse resultado mostra que, nas condições simuladas, a espuma de poliuretano foi um bom material isolante, capaz de garantir baixas temperaturas internas em longas exposições de calor externo.

APÊNDICE F – Desenhos técnicos



Fonte: Autor

Figura 107 – Track Cooler



Fonte: Autor

Figura 108 – Vista explodida caixa térmica

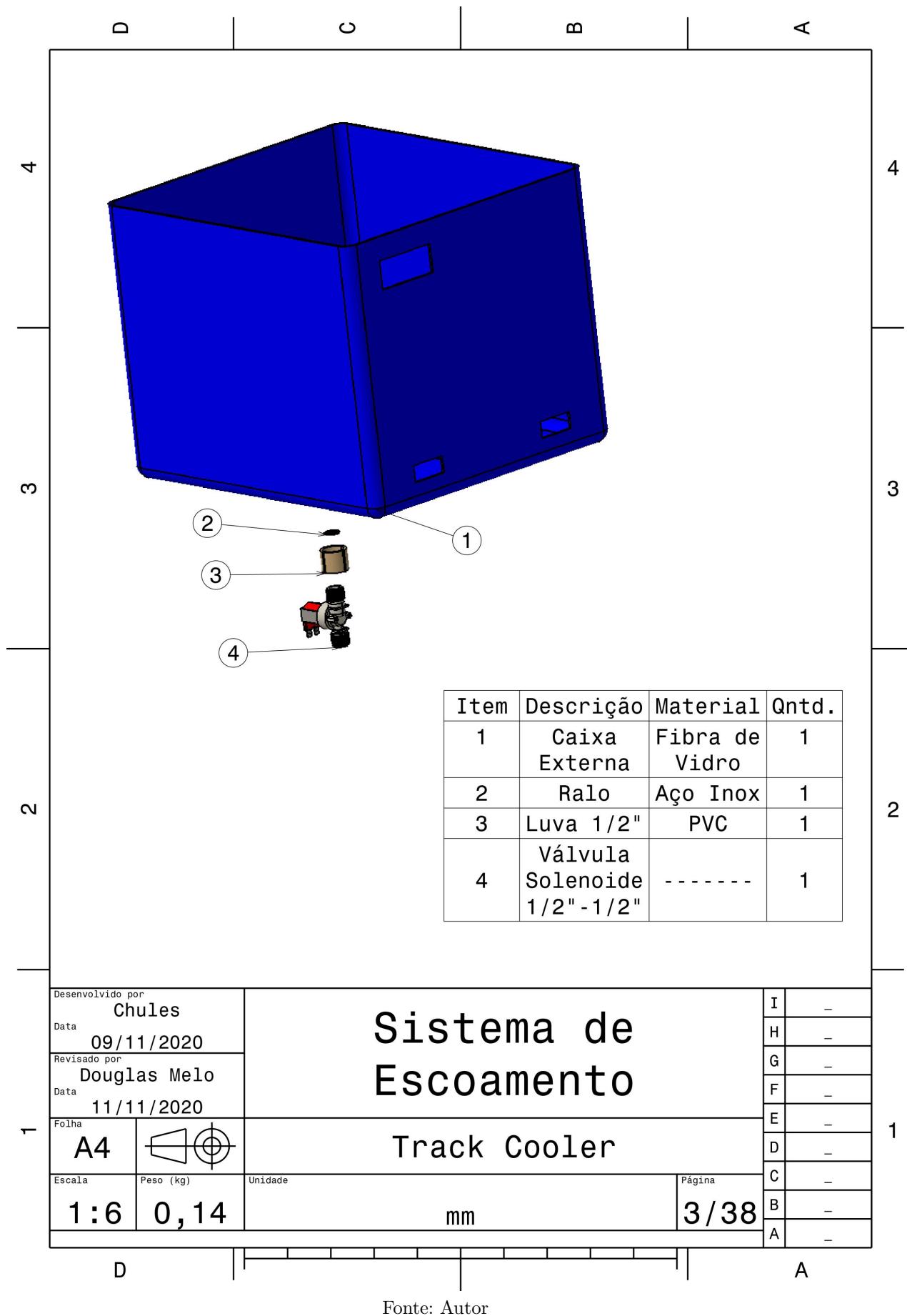


Figura 109 – Vista explodida do sistema de escoamento

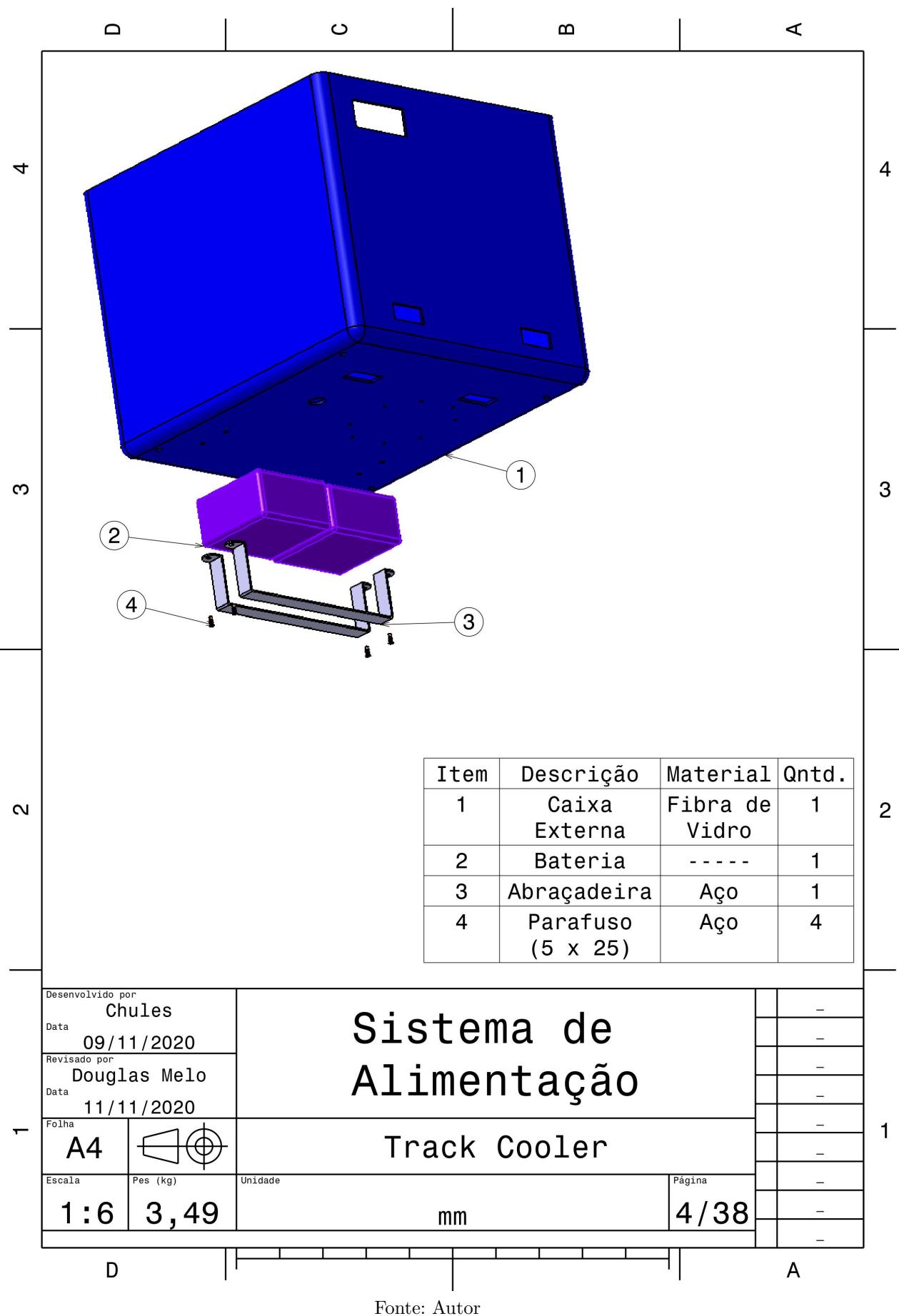
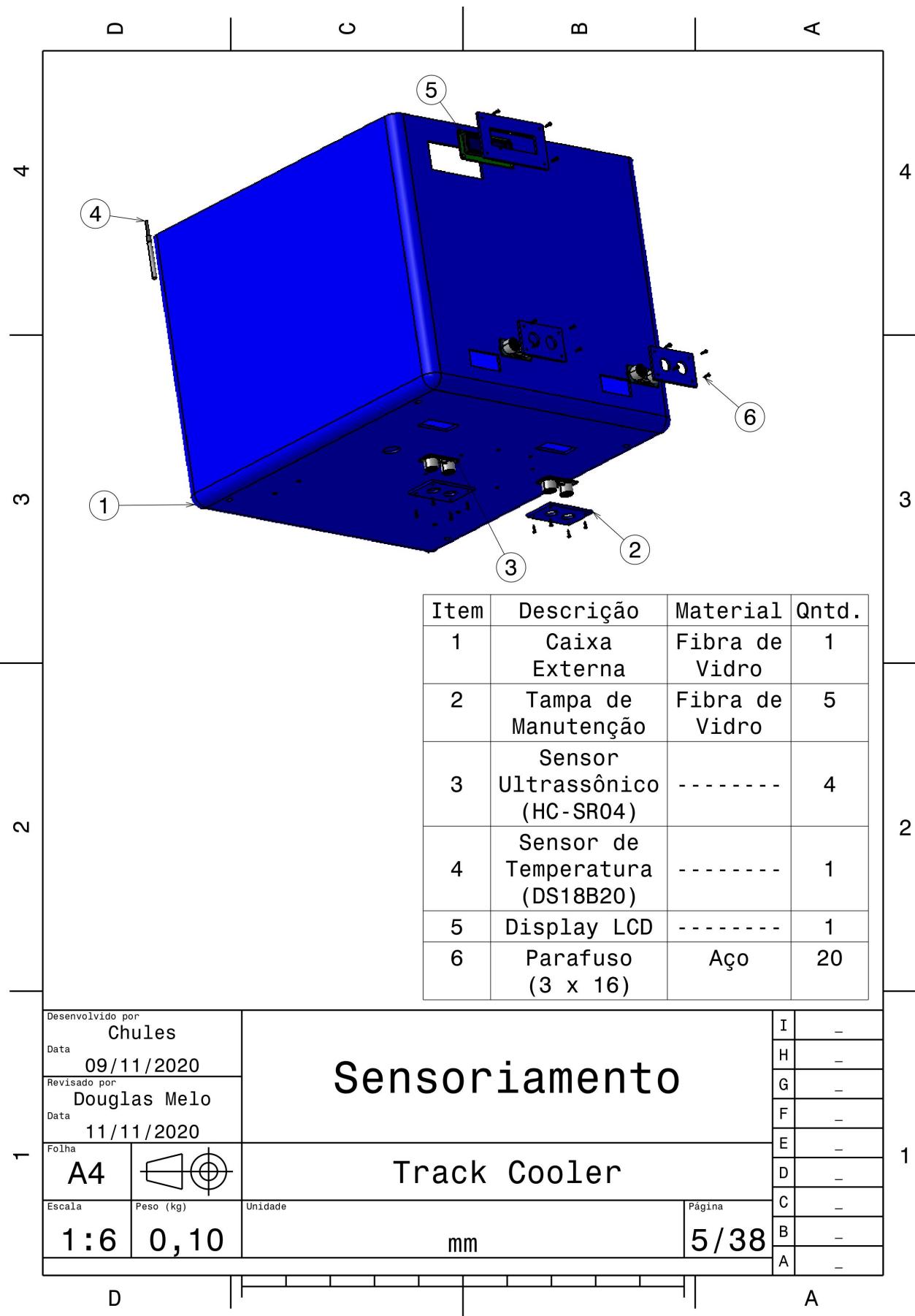
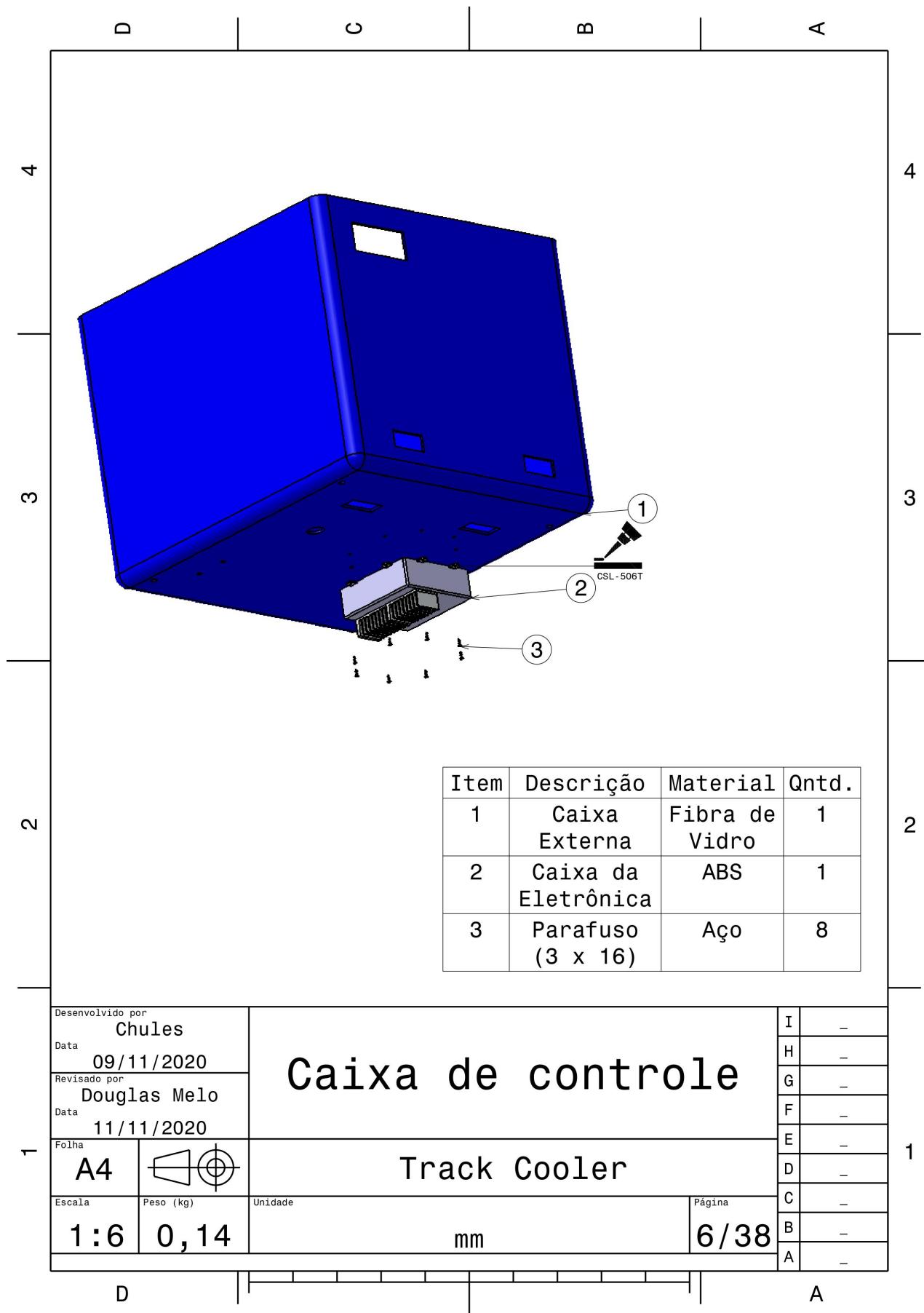


Figura 110 – Vista explodida do sistema de alimentação



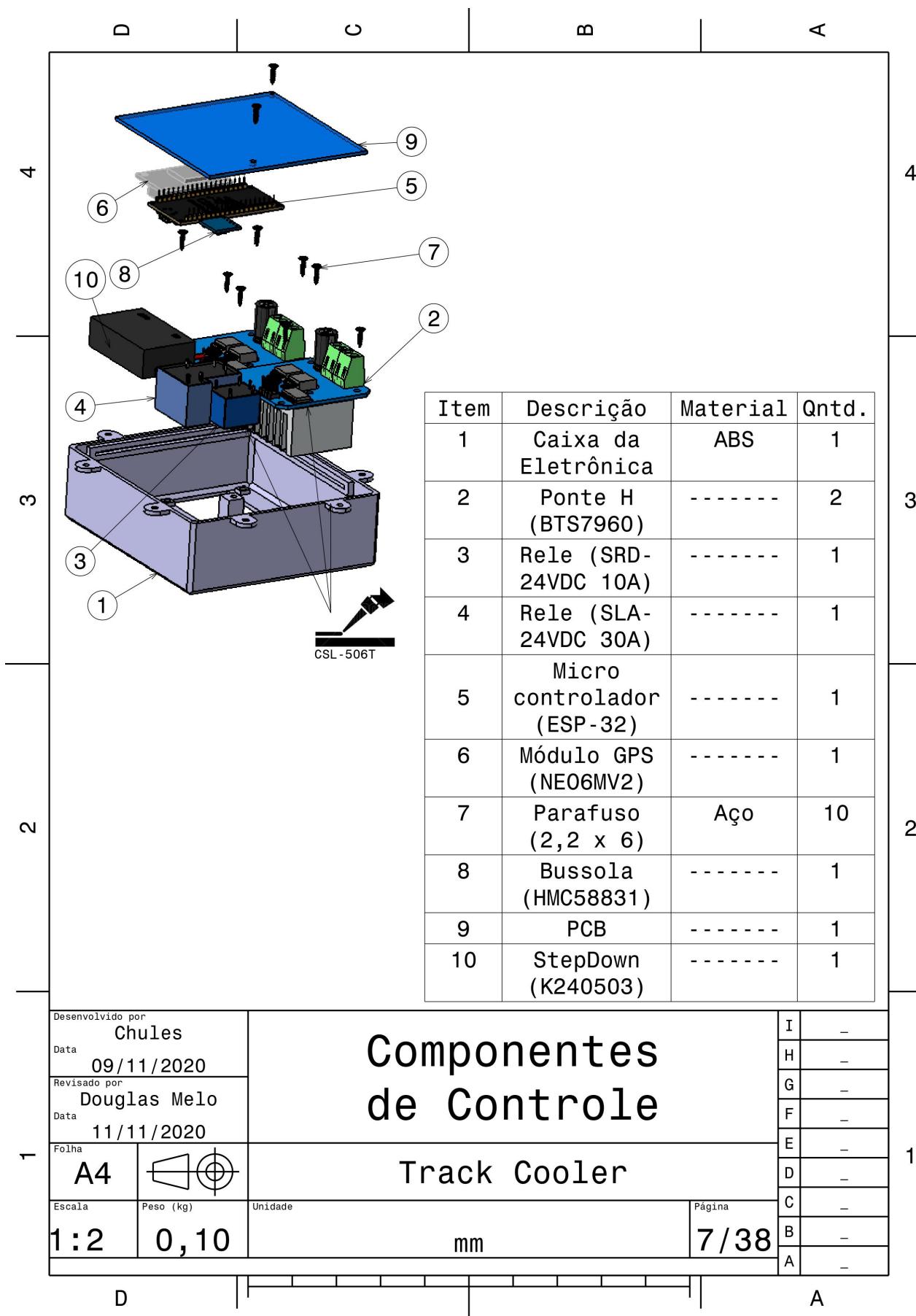
Fonte: Autor

Figura 111 – Vista explodida Sensores



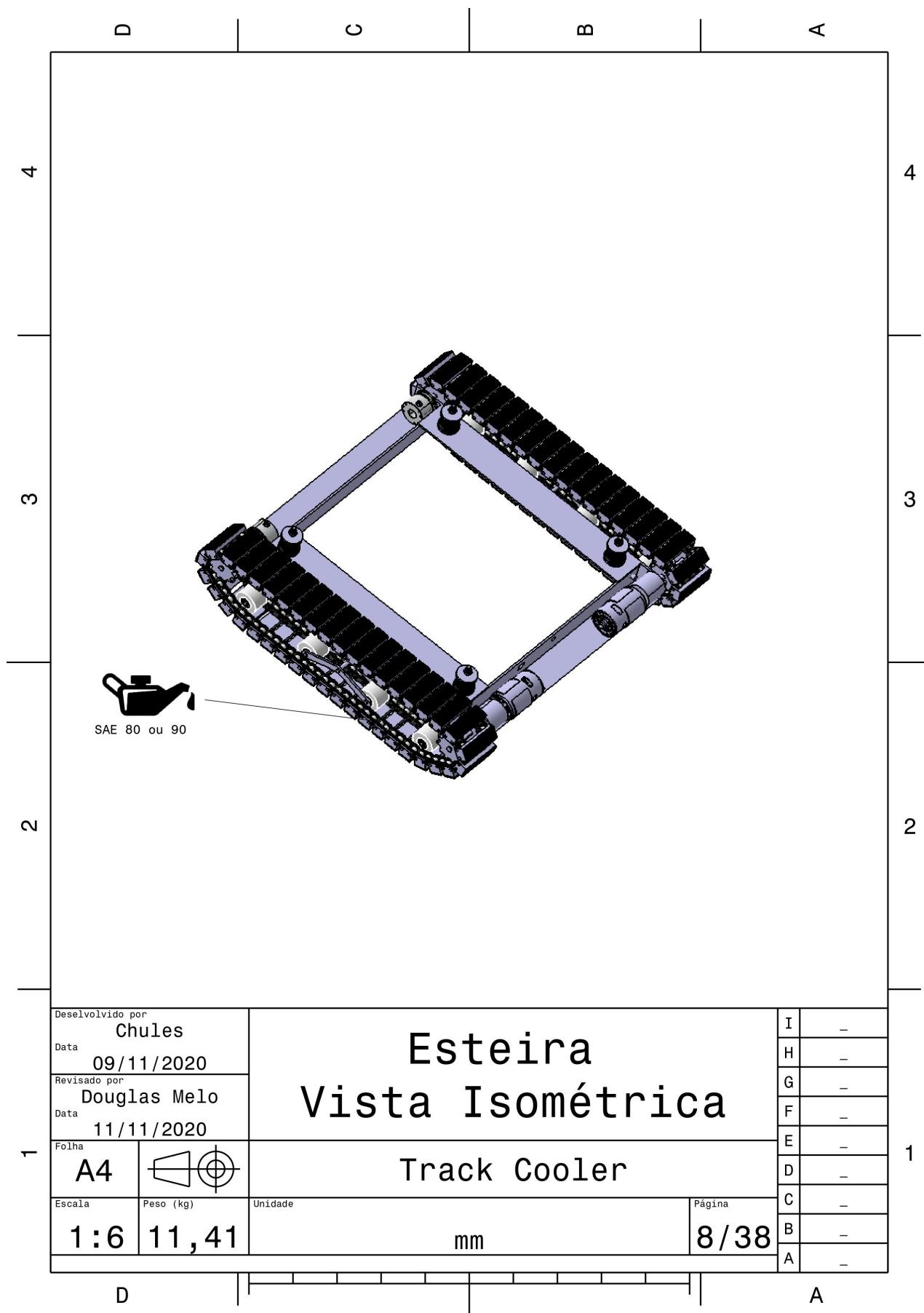
Fonte: Autor

Figura 112 – Vista explodida caixa de controle



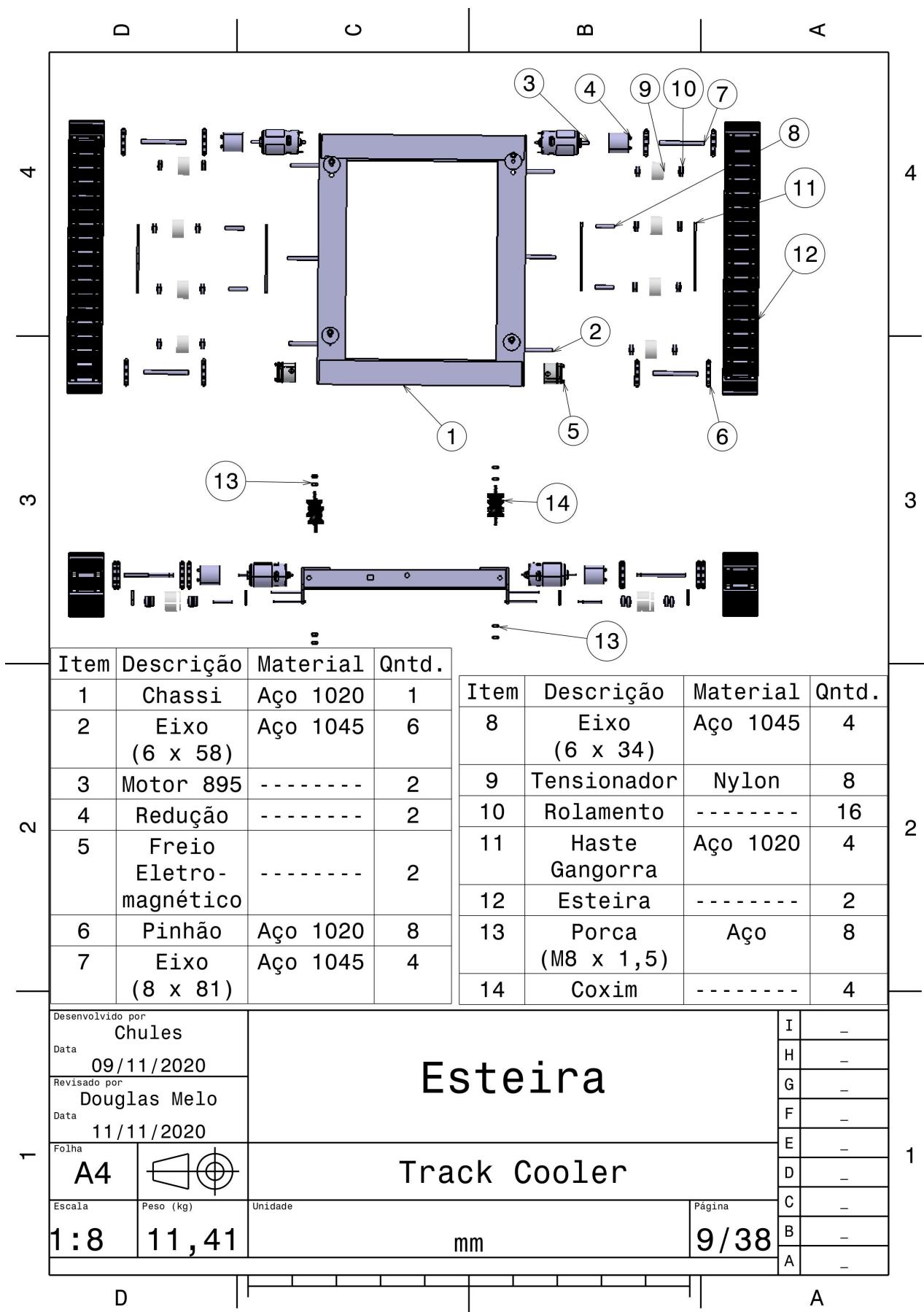
Fonte: Autor

Figura 113 – Vista explodida Componentes de controle



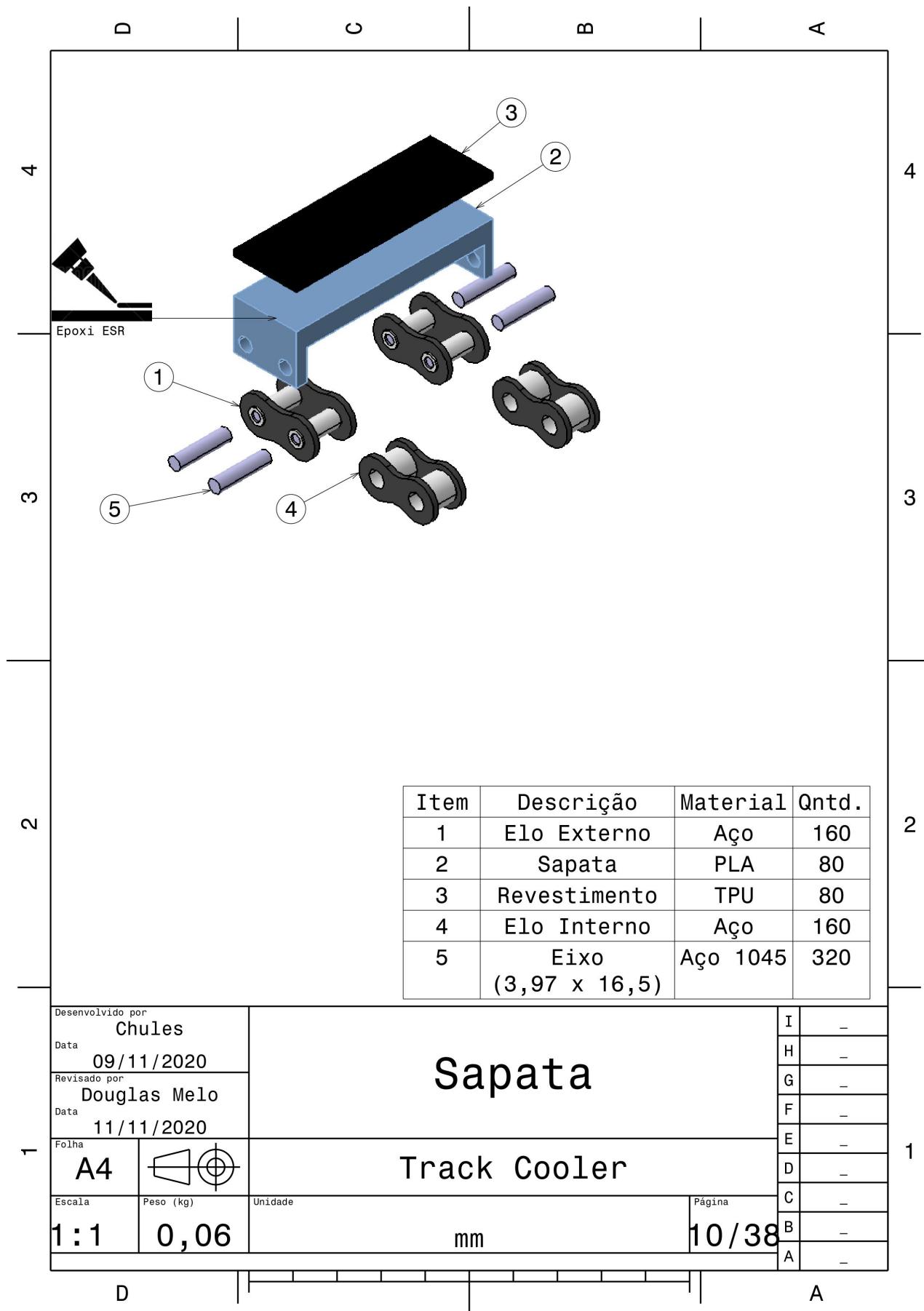
Fonte: Autor

Figura 114 – Vista isométrica do chassi e sistema de locomoção



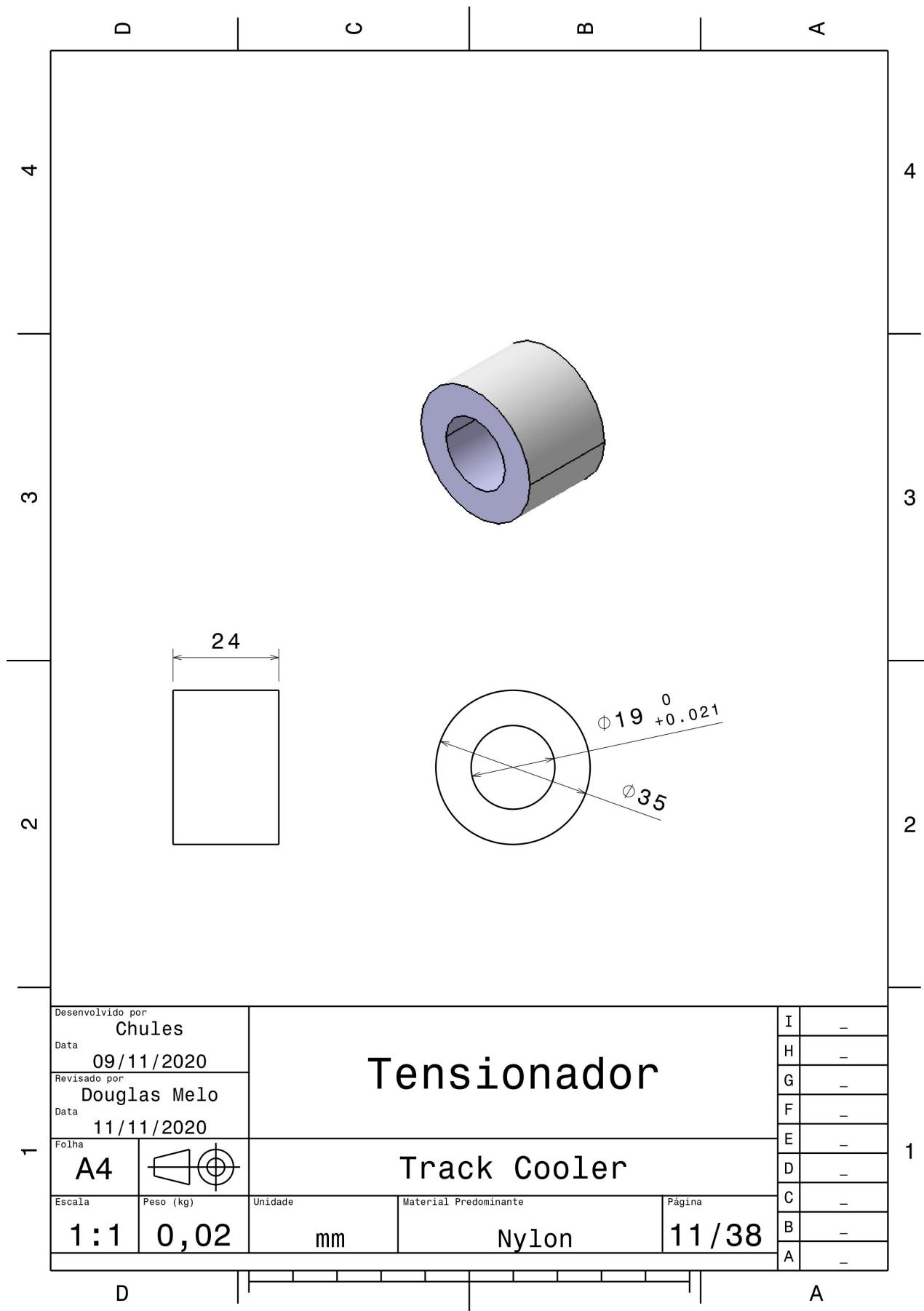
Fonte: Autor

Figura 115 – Vista explodida do sistema de locomoção



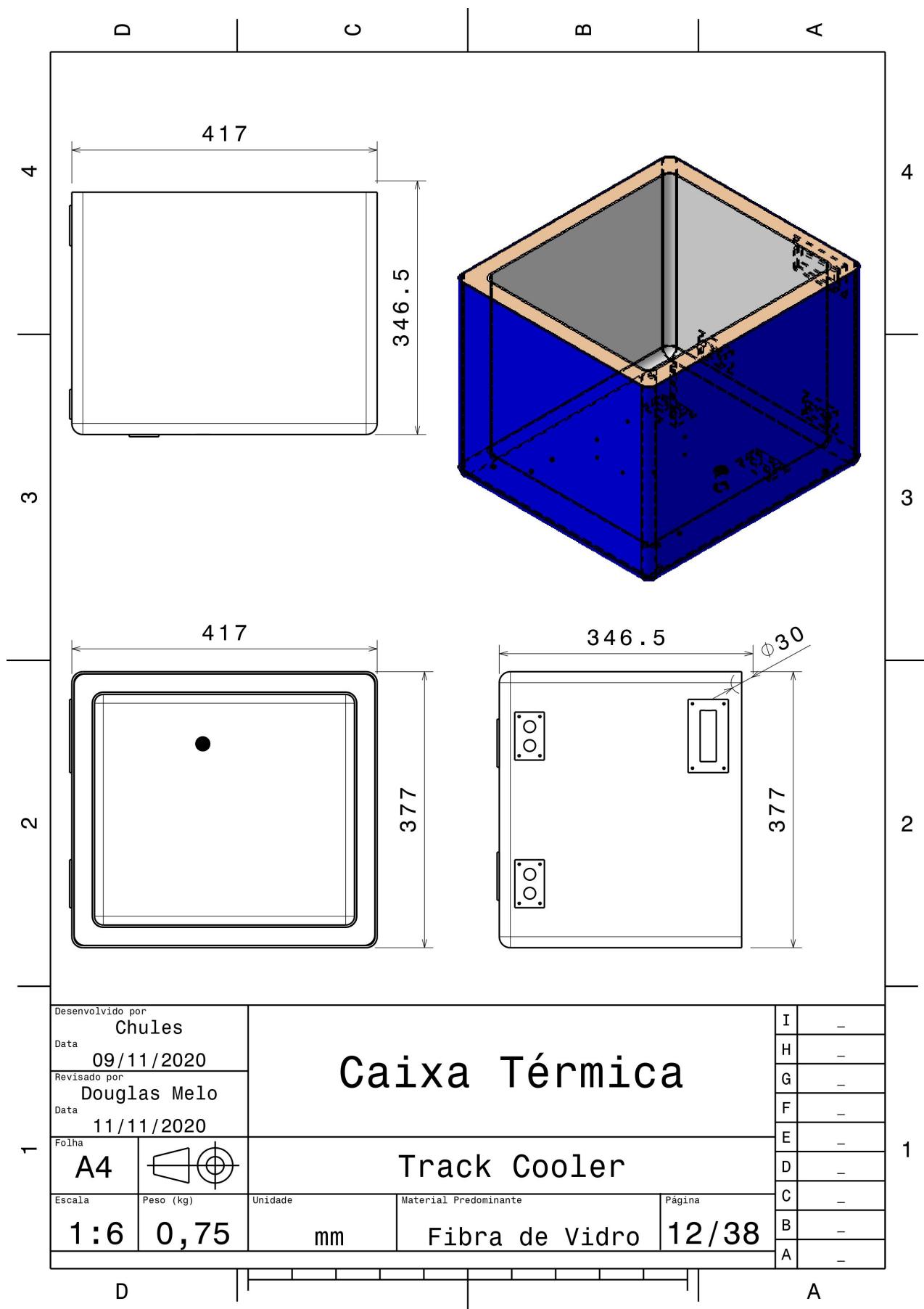
Fonte: Autor

Figura 116 – Vista explodida do conjunto de sapata, corrente e revestimento



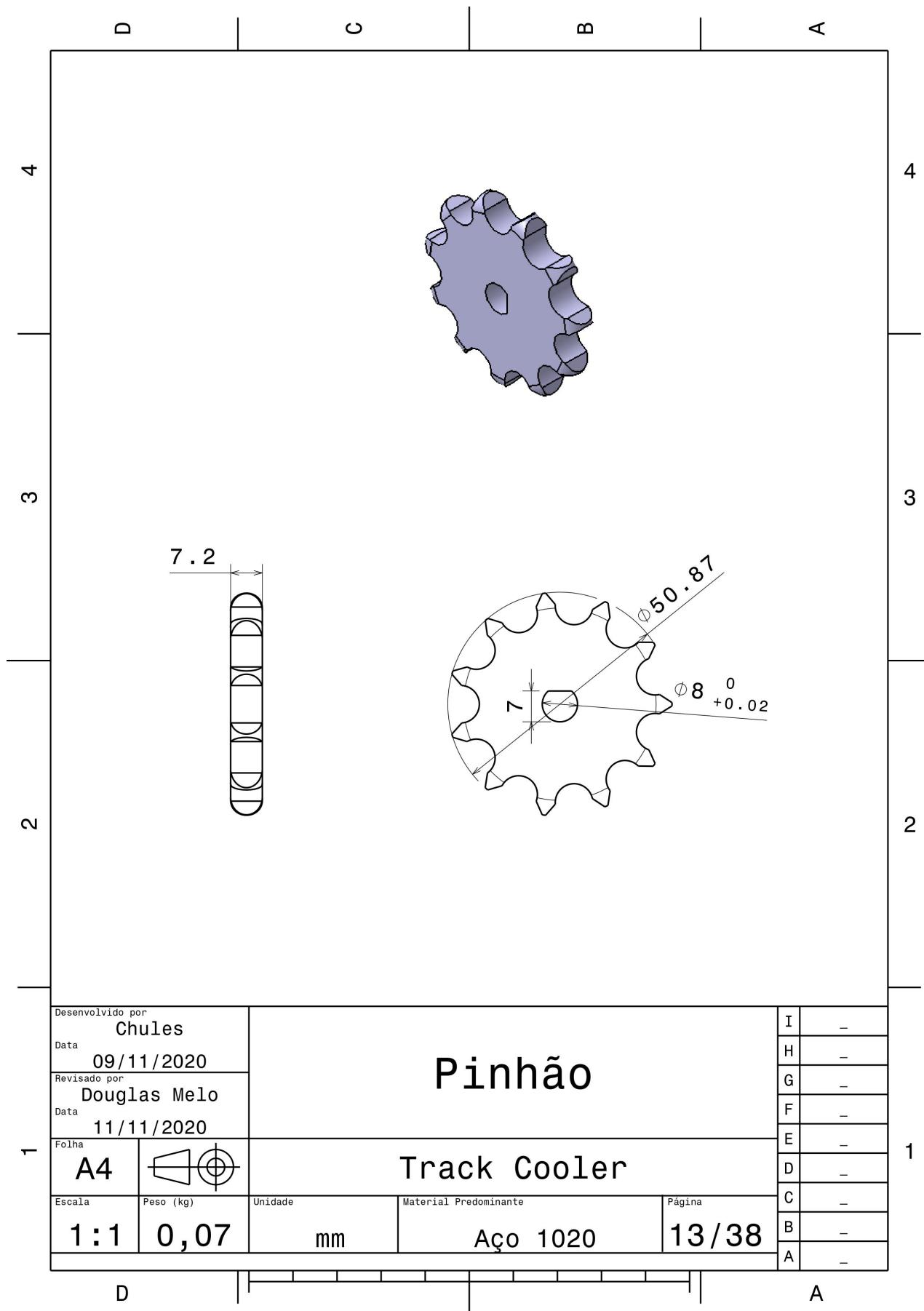
Fonte: Autor

Figura 117 – Desenho técnico tensionador



Fonte: Autor

Figura 118 – Desenho técnico da caixa térmica



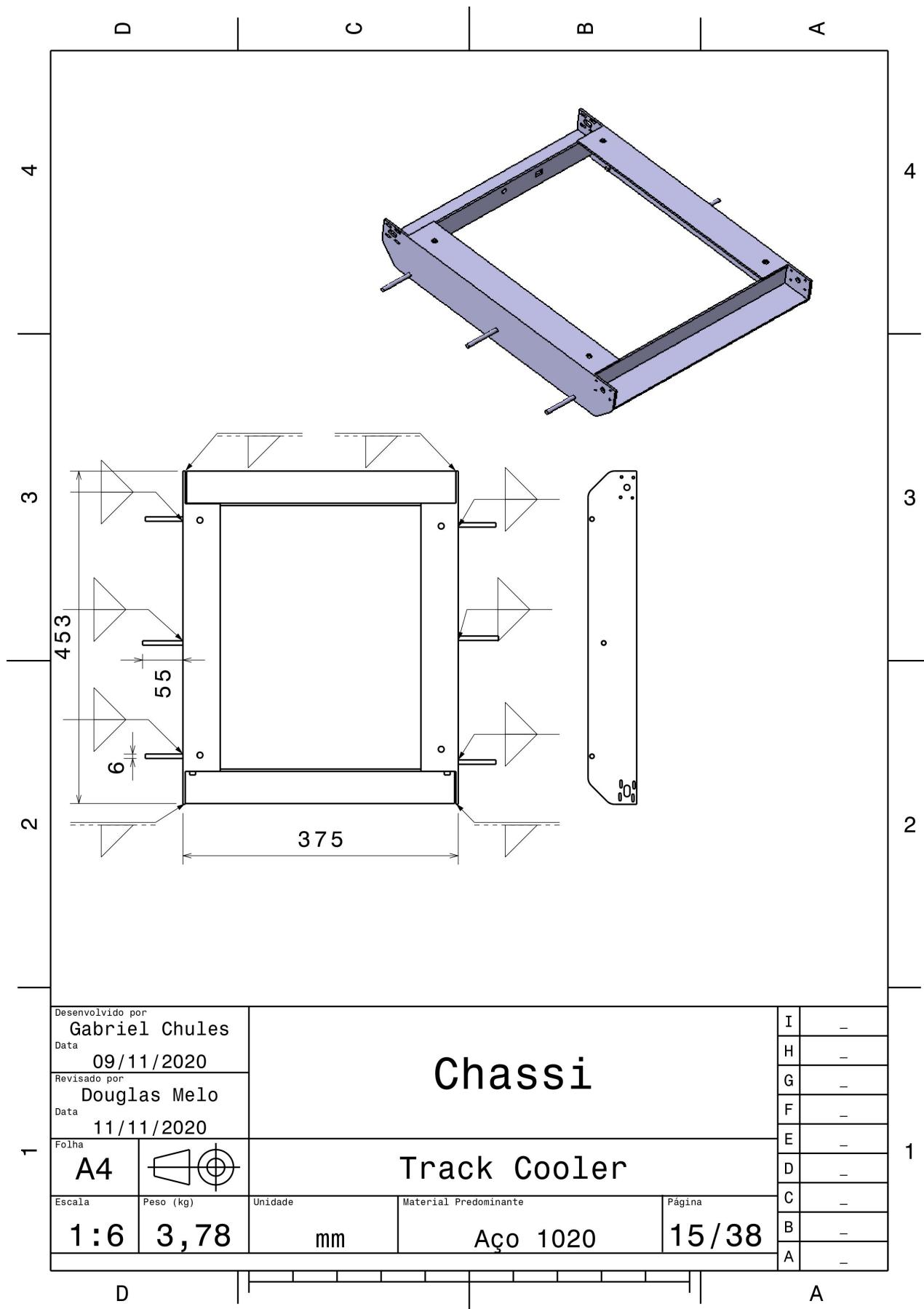
Fonte: Autor

Figura 119 – Desenho técnico do pinhão



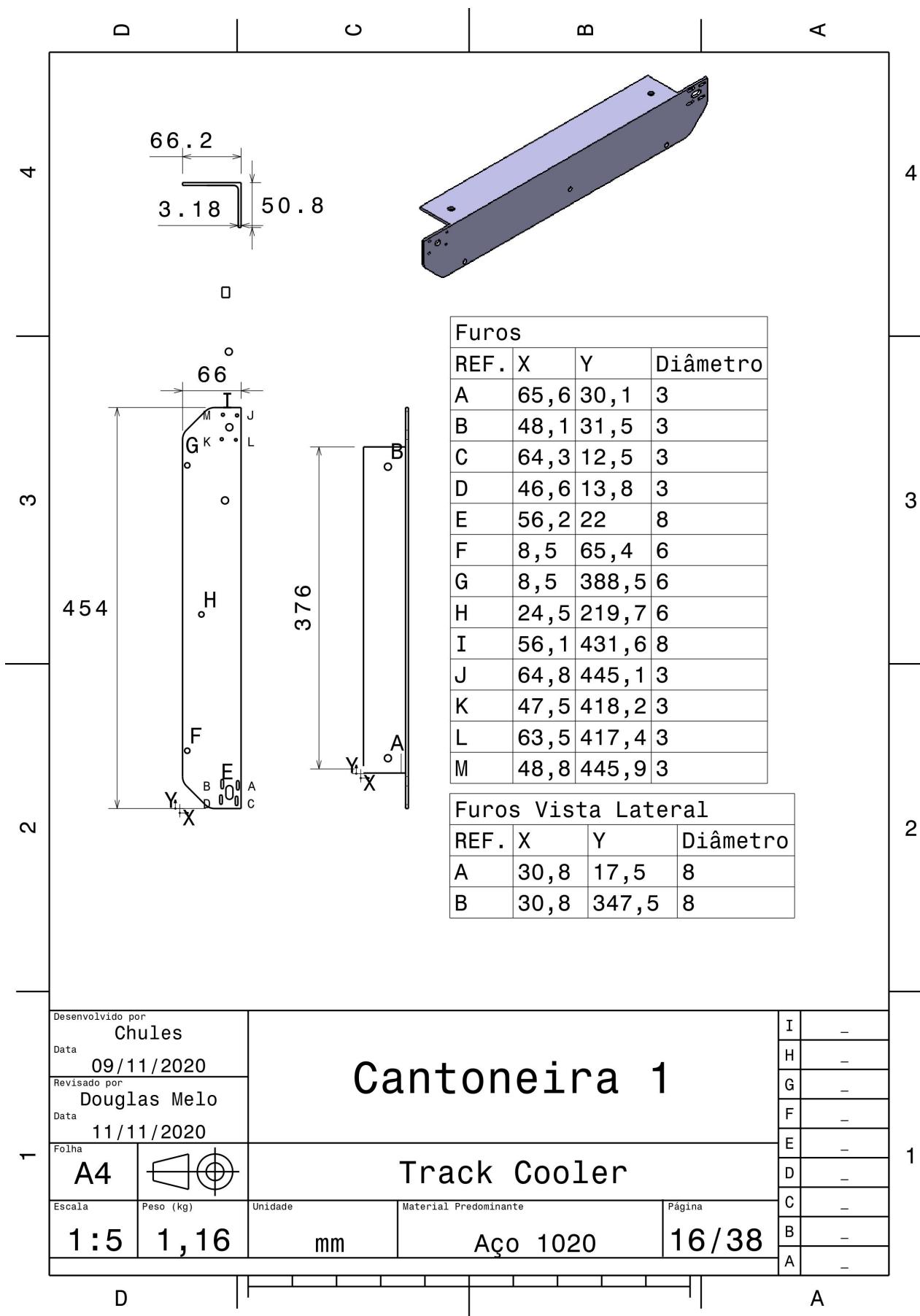
Fonte: Autor

Figura 120 – Desenho técnico da haste da gangorra



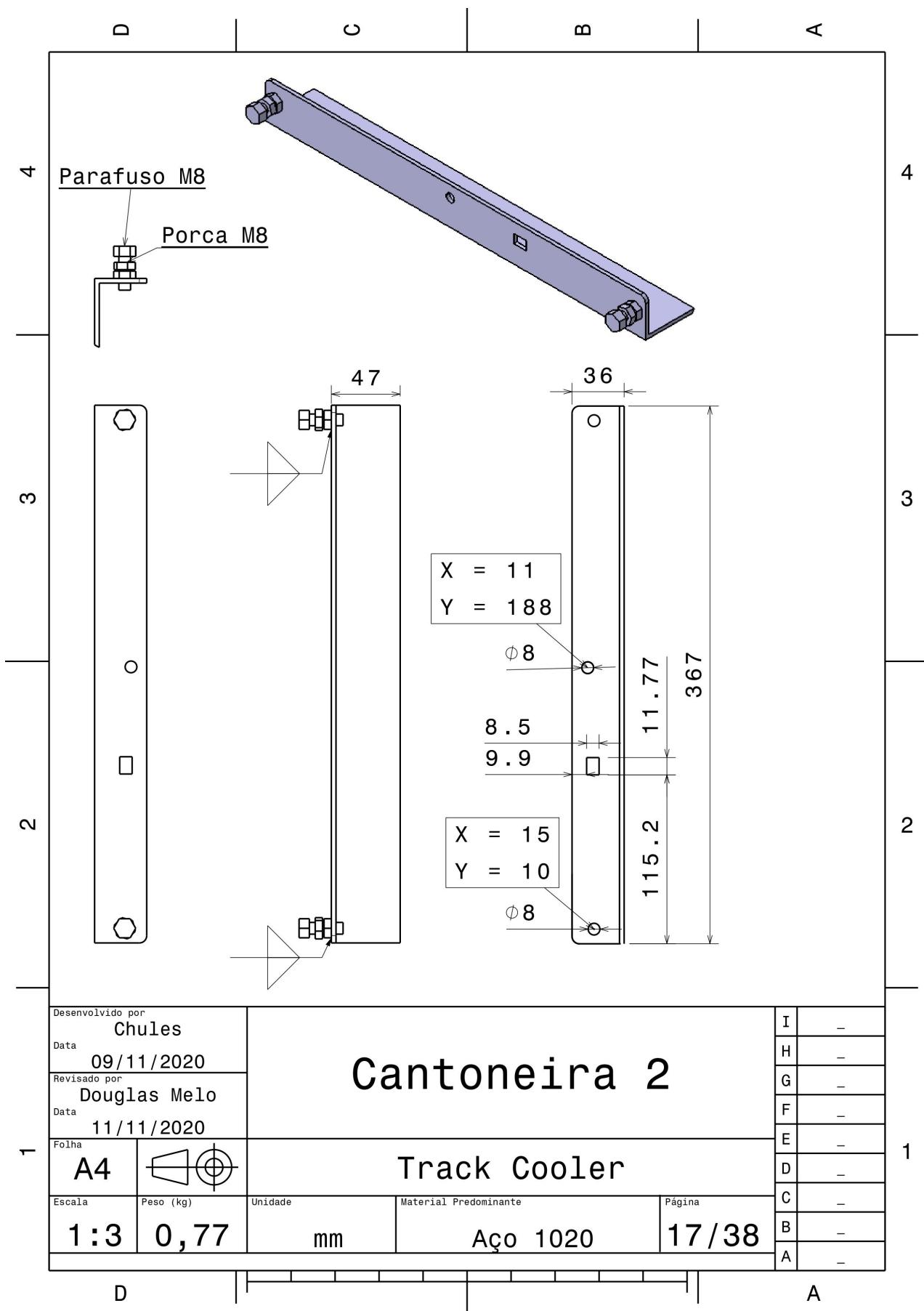
Fonte: Autor

Figura 121 – Desenho técnico do chassi



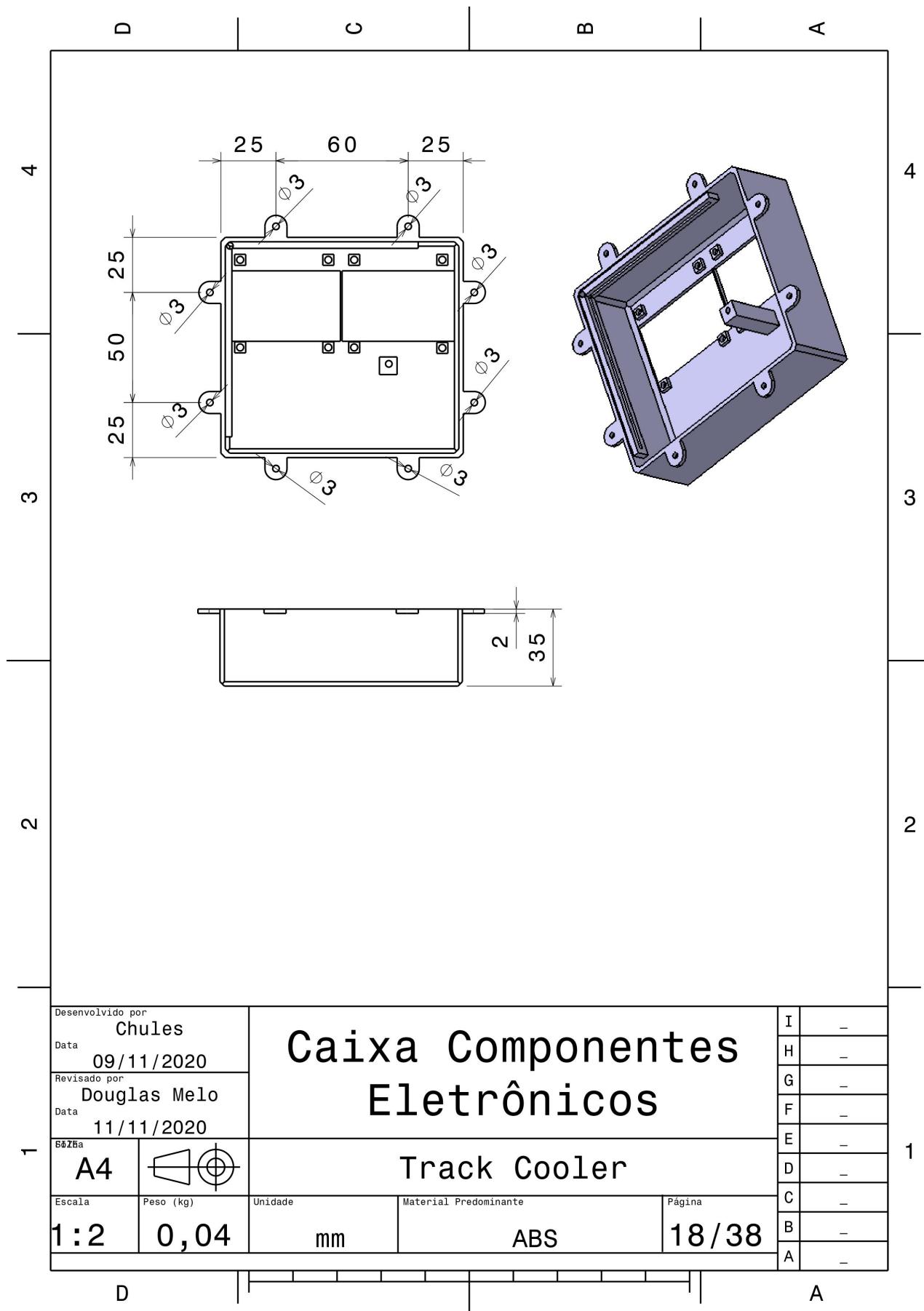
Fonte: Autor

Figura 122 – Desenho técnico da cantoneira 1



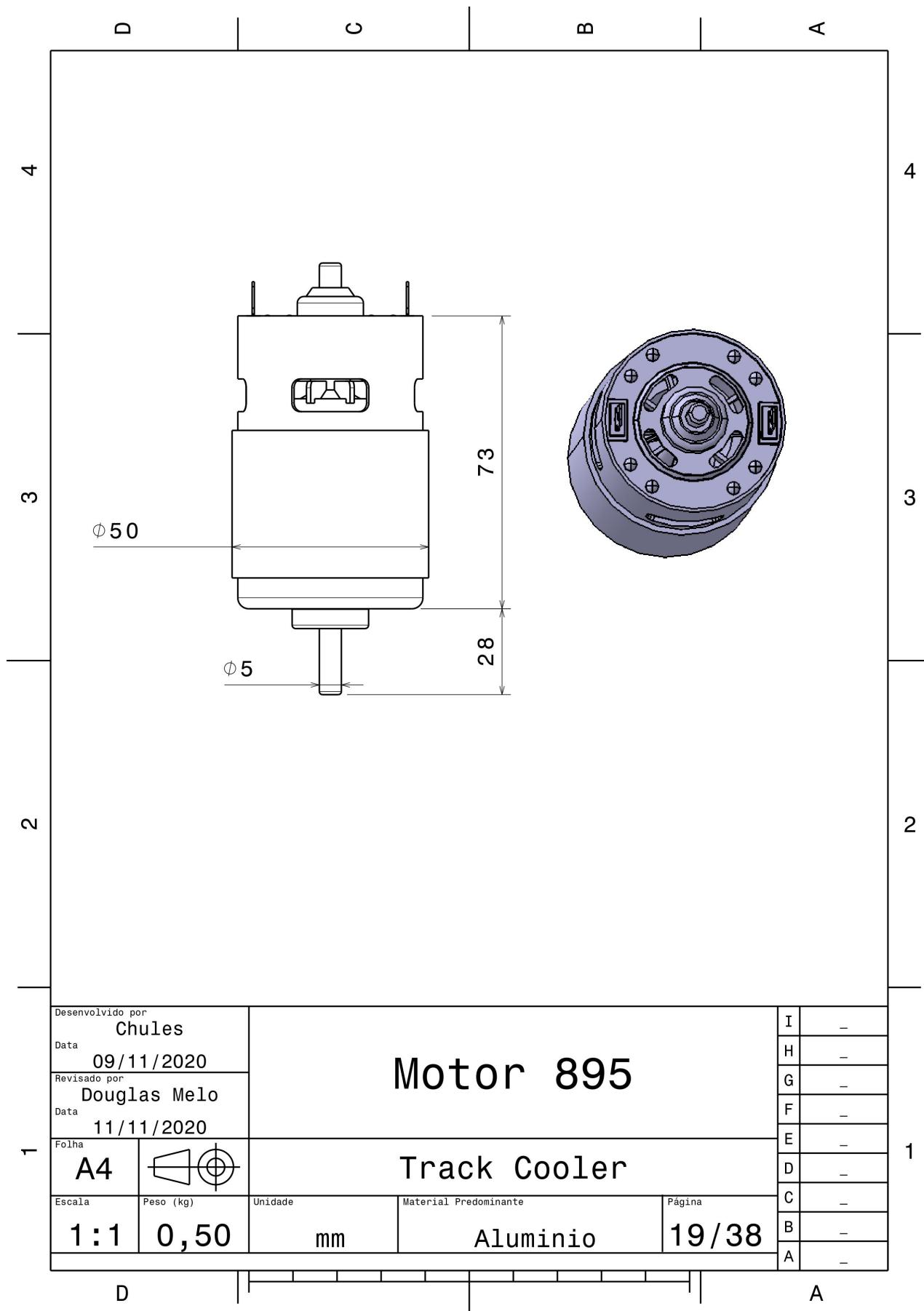
Fonte: Autor

Figura 123 – Desenho técnico da cantoneira 2



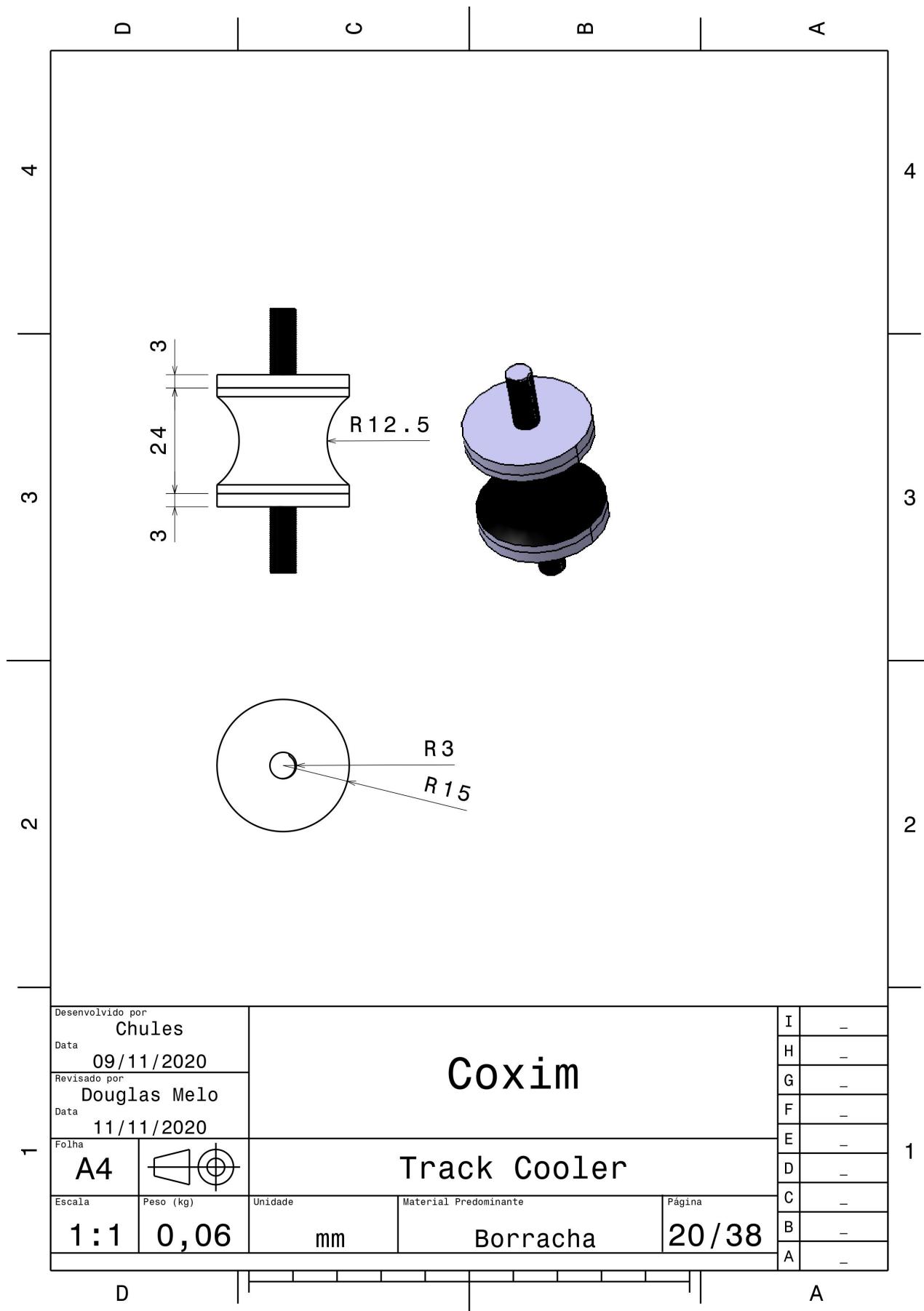
Fonte: Autor

Figura 124 – Desenho técnico da caixa de componentes eletrônicos



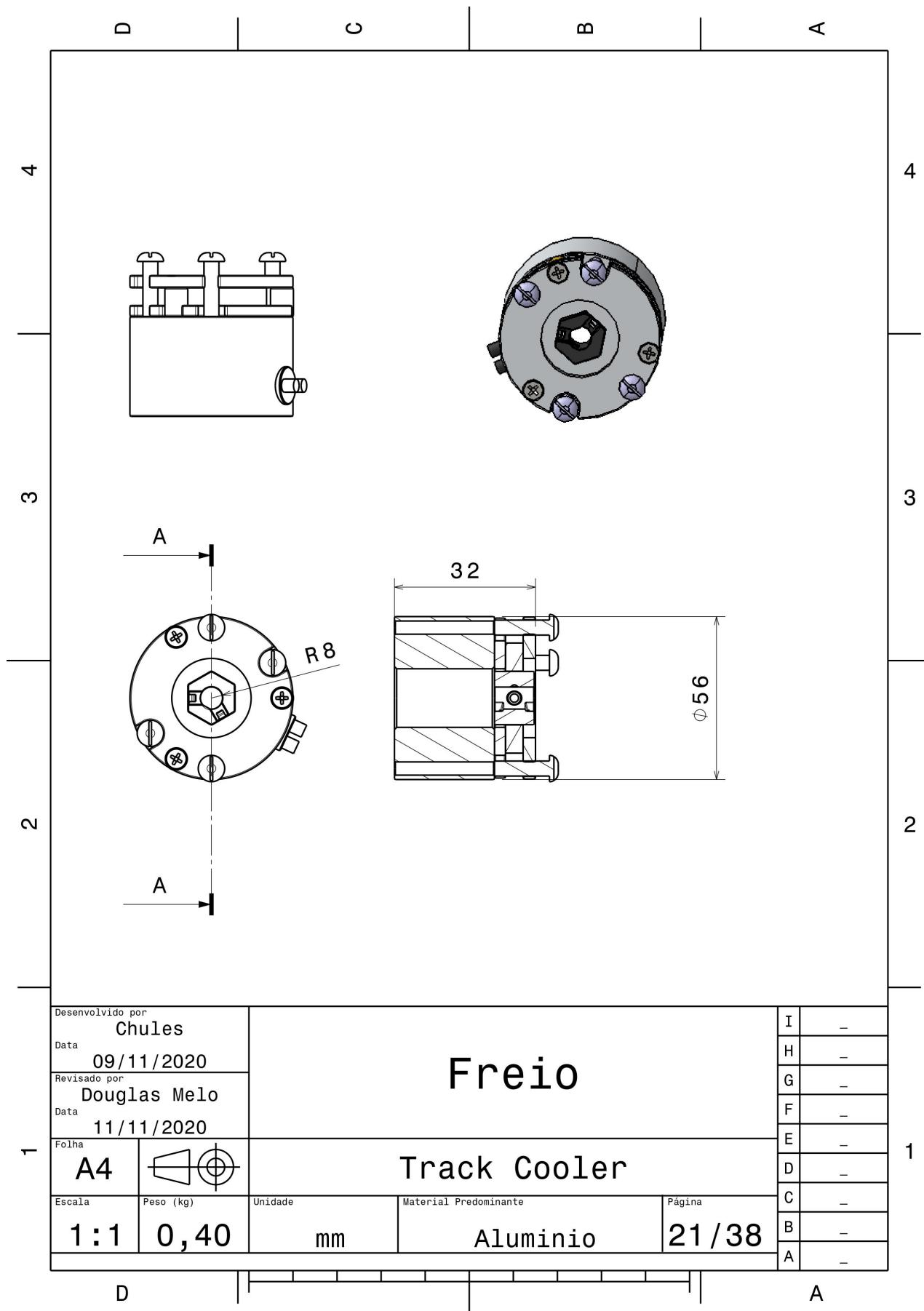
Fonte: Autor

Figura 125 – Desenho técnico do motor



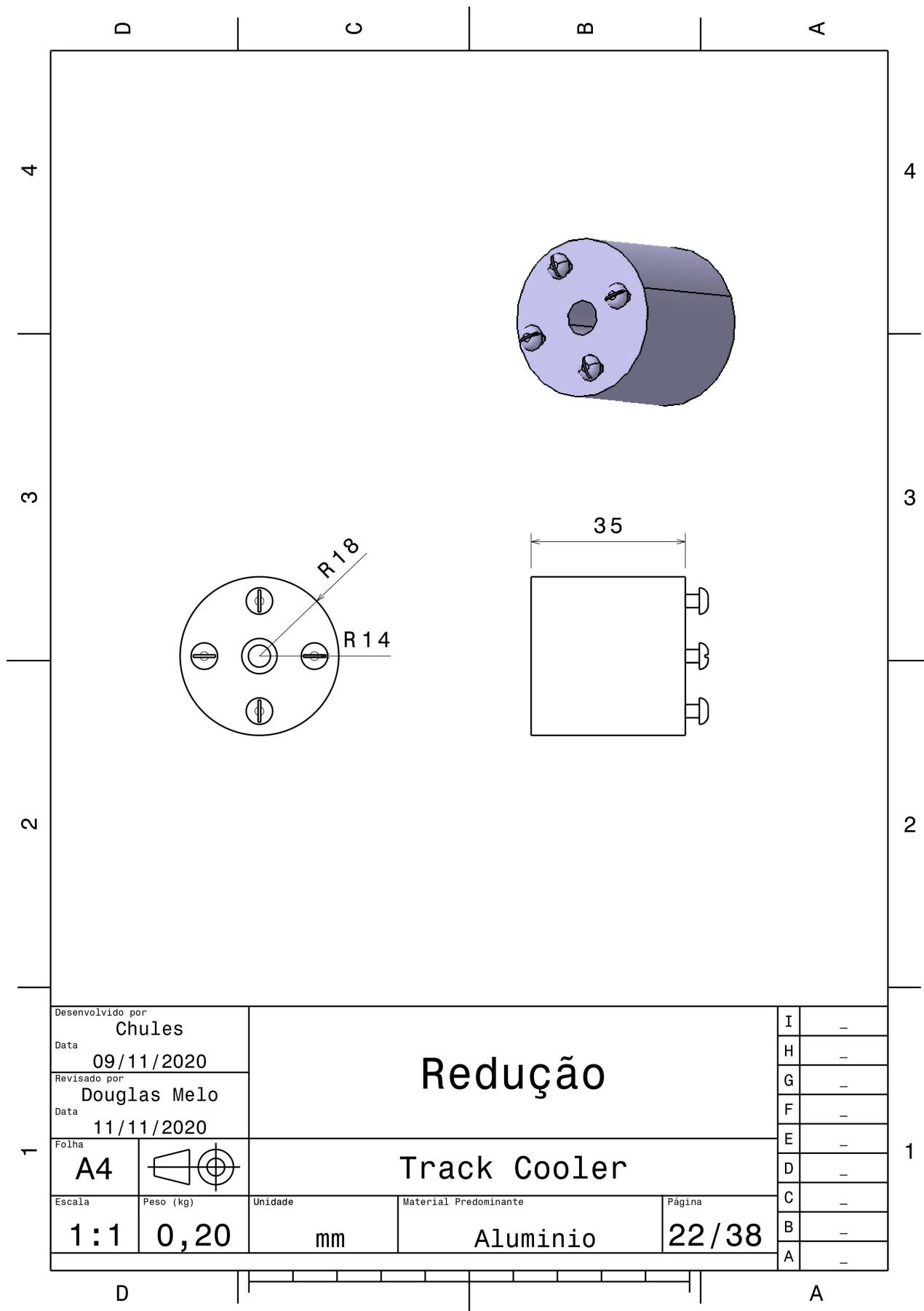
Fonte: Autor

Figura 126 – Desenho técnico do coxim



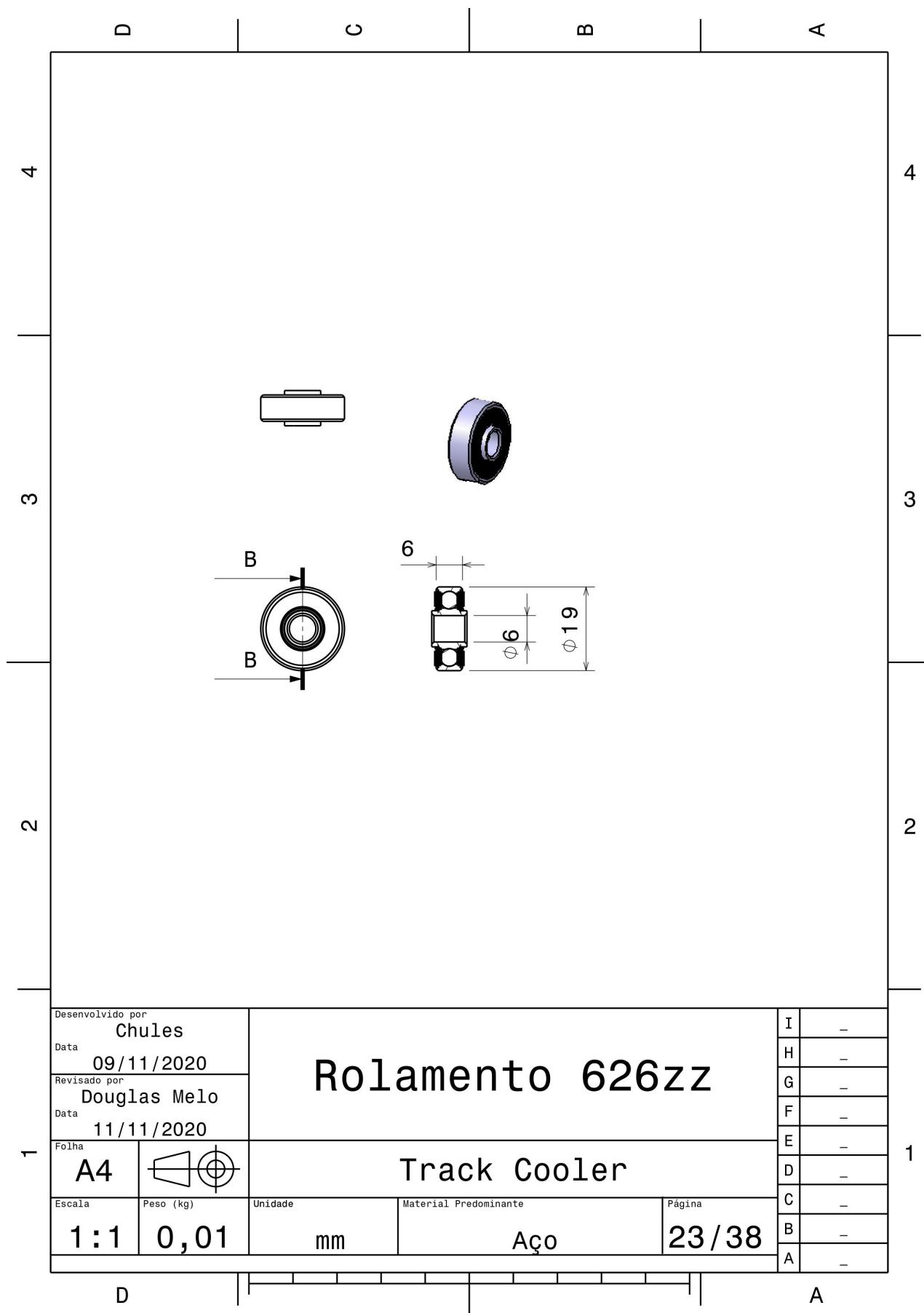
Fonte: Autor

Figura 127 – Desenho técnico do freio



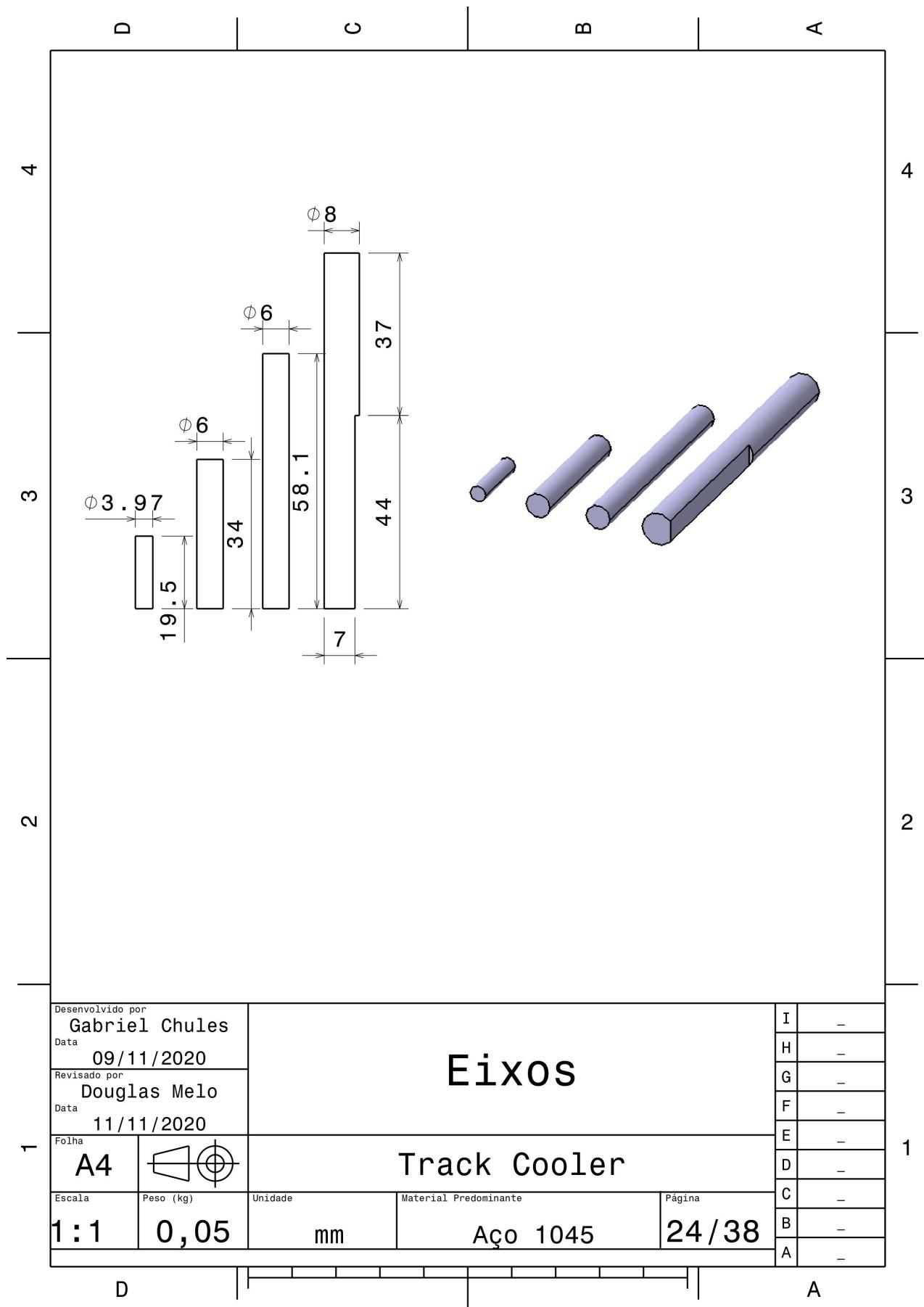
Fonte: Autor

Figura 128 – Desenho técnico da redução



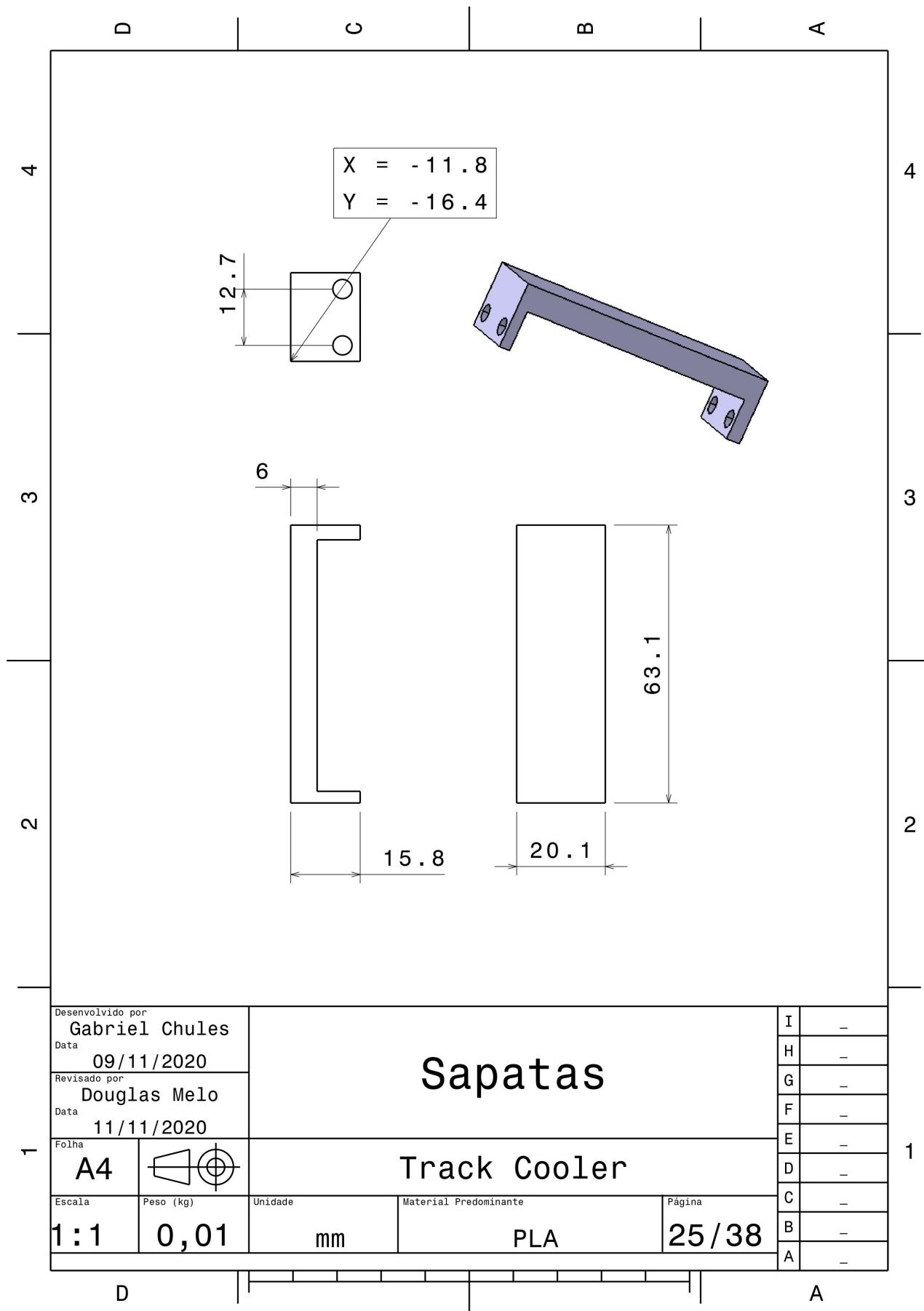
Fonte: Autor

Figura 129 – Desenho técnico do rolamento



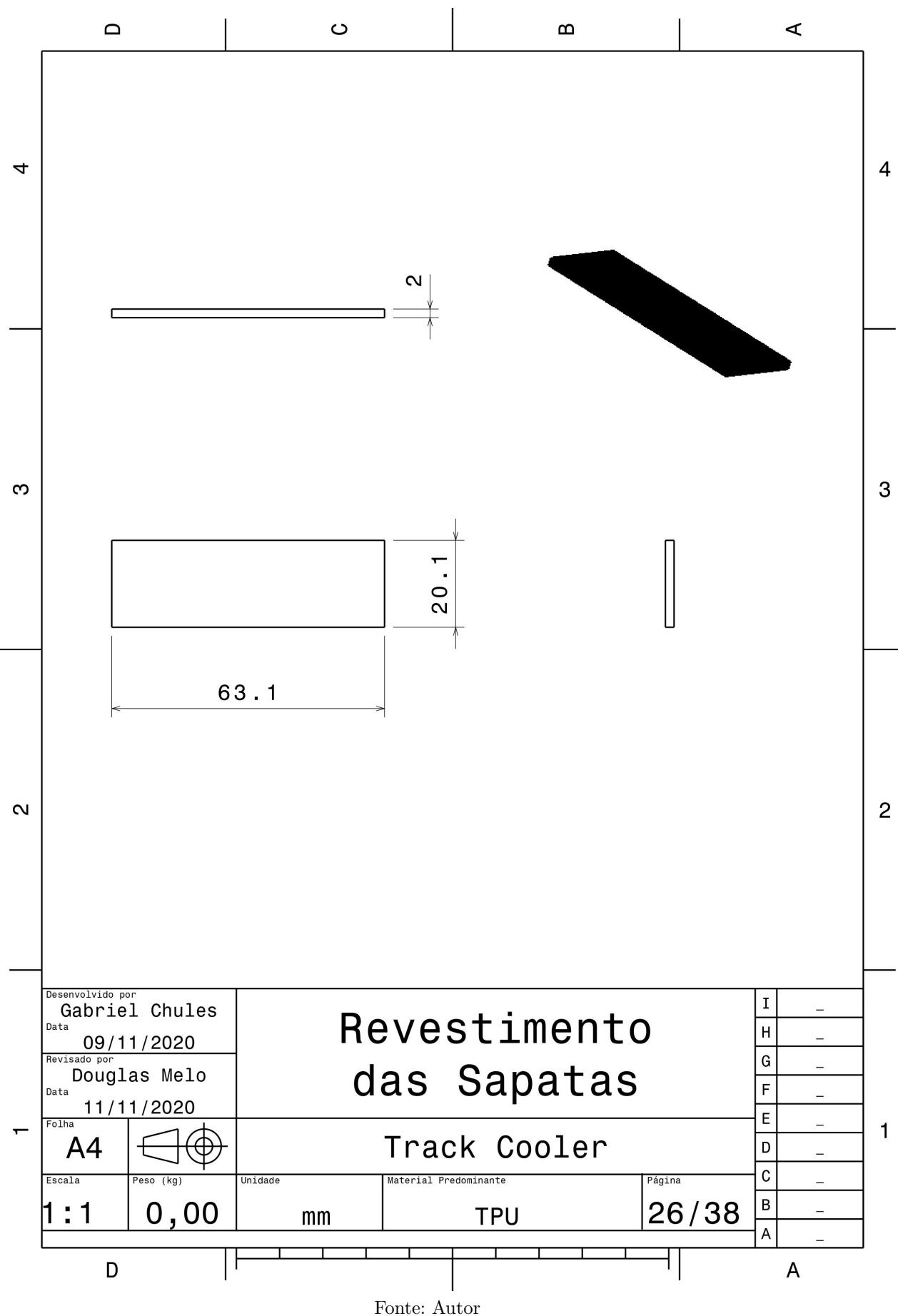
Fonte: Autor

Figura 130 – Desenho técnico dos eixos



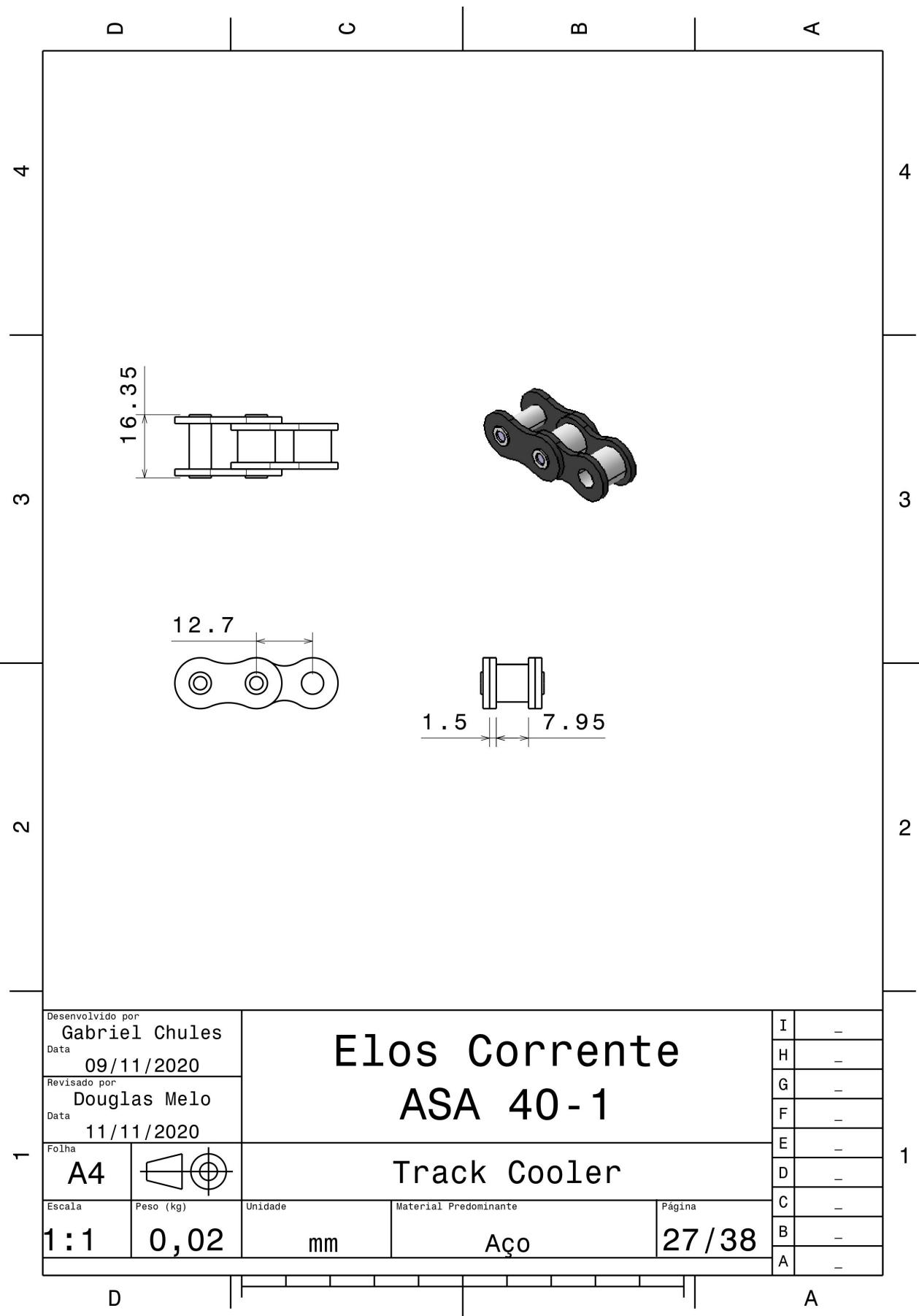
Fonte: Autor

Figura 131 – Desenho técnico da sapata



Fonte: Autor

Figura 132 – Desenho técnico do revestimento da sapata



Fonte: Autor

Figura 133 – Desenho técnico dos elos da corrente

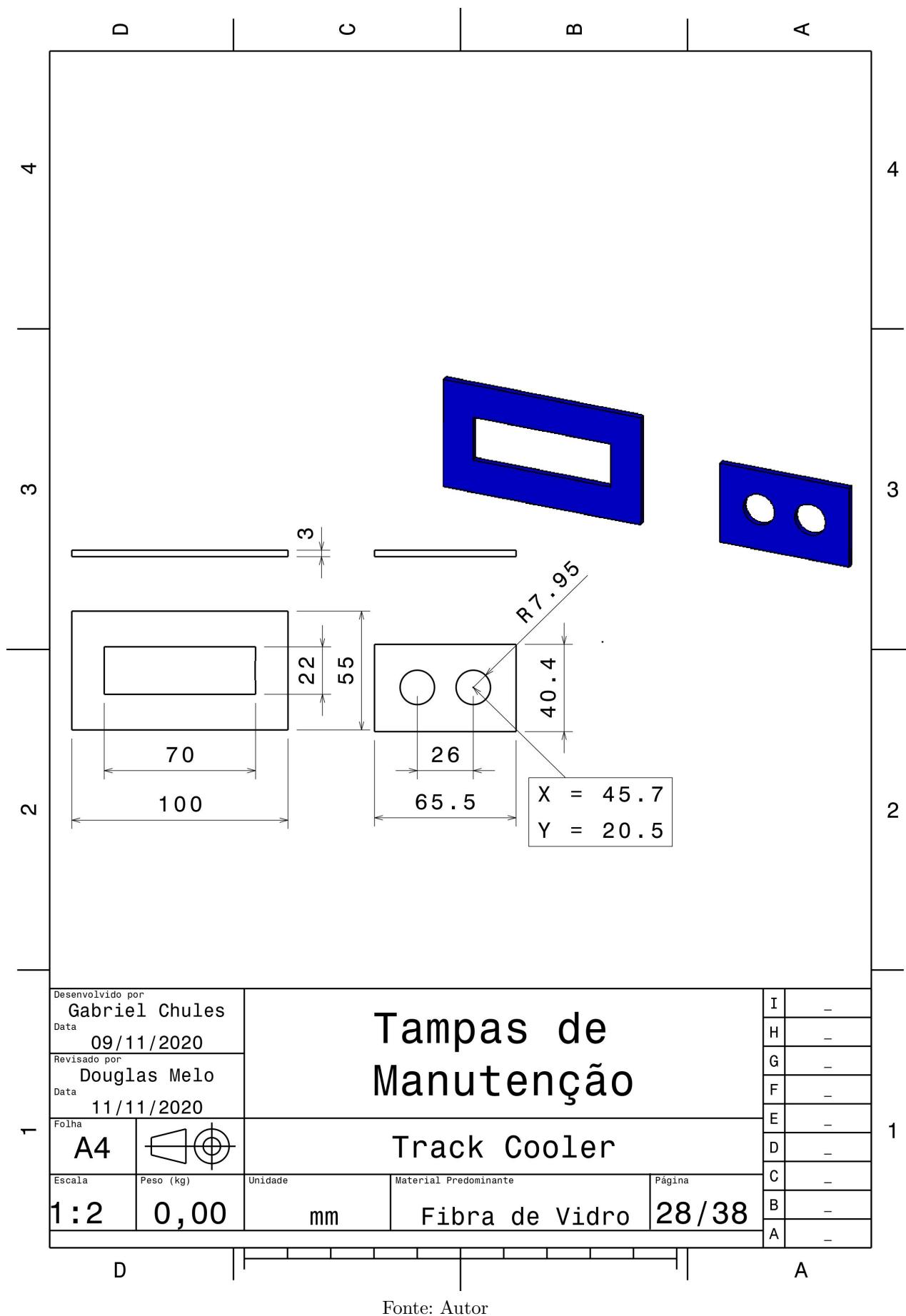
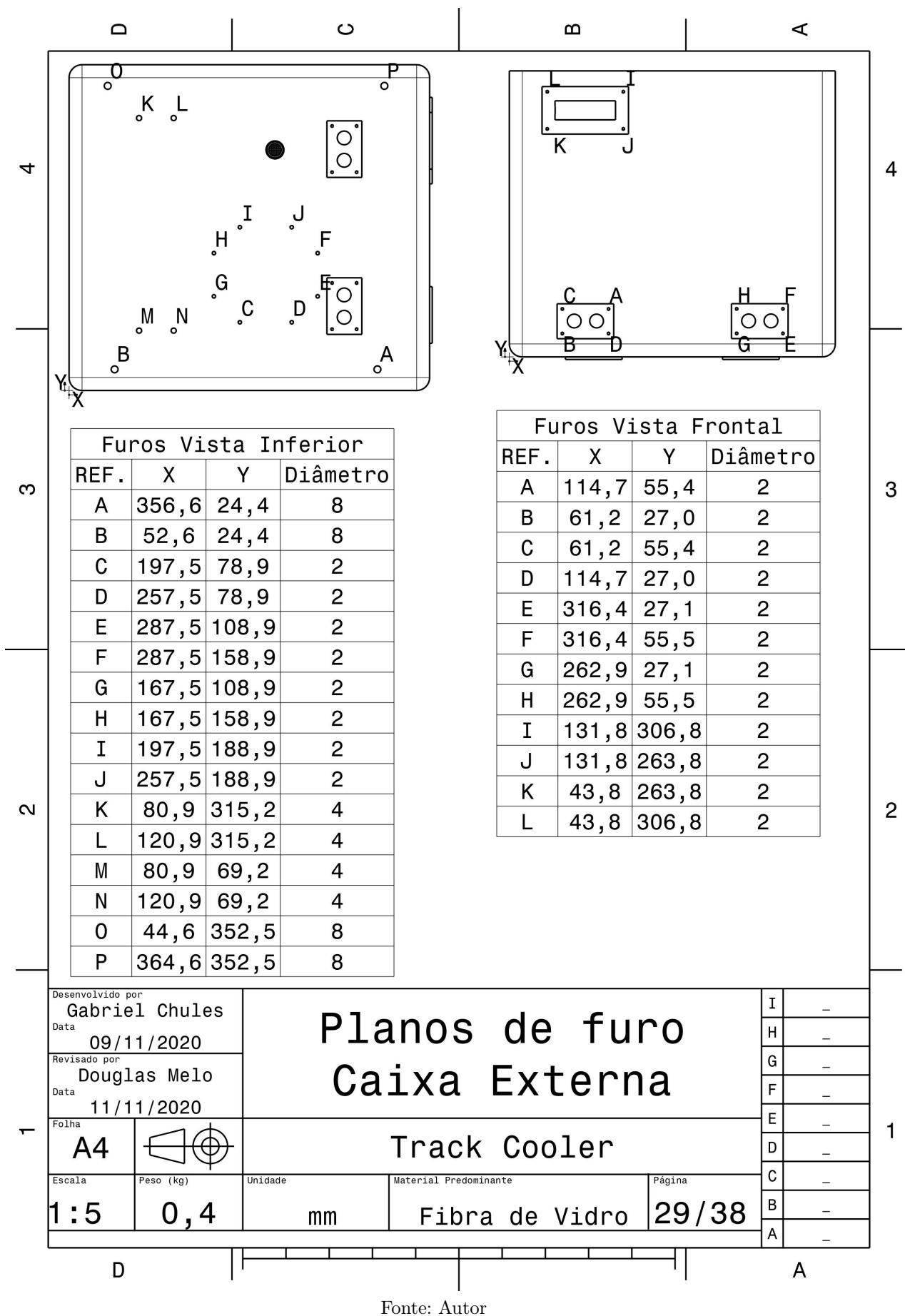
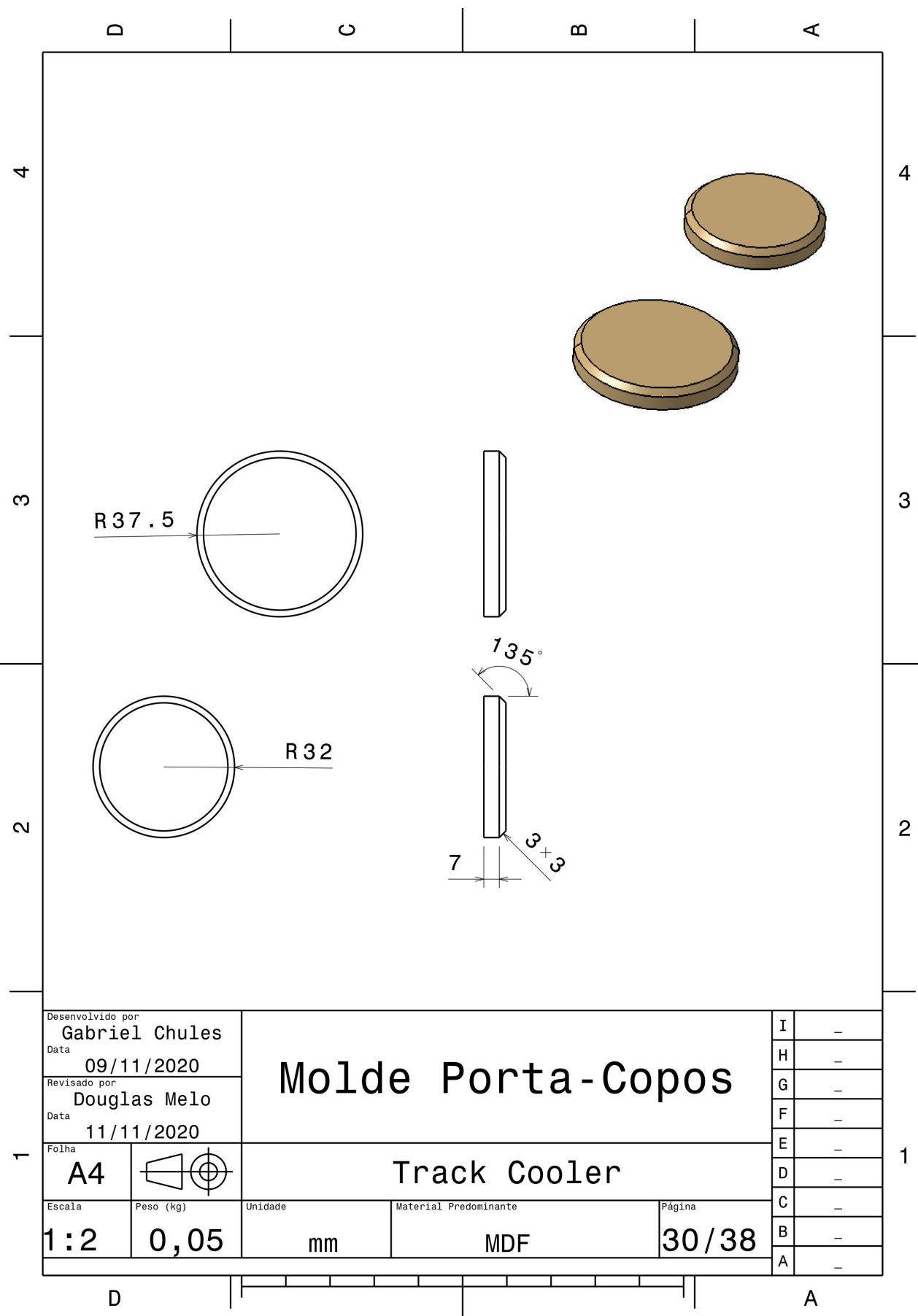


Figura 134 – Desenho técnico da tampa de manutenção



Fonte: Autor

Figura 135 – Plano de furos para a caixa externa



Fonte: Autor

Figura 136 – Desenho técnico do molde do porta-copos

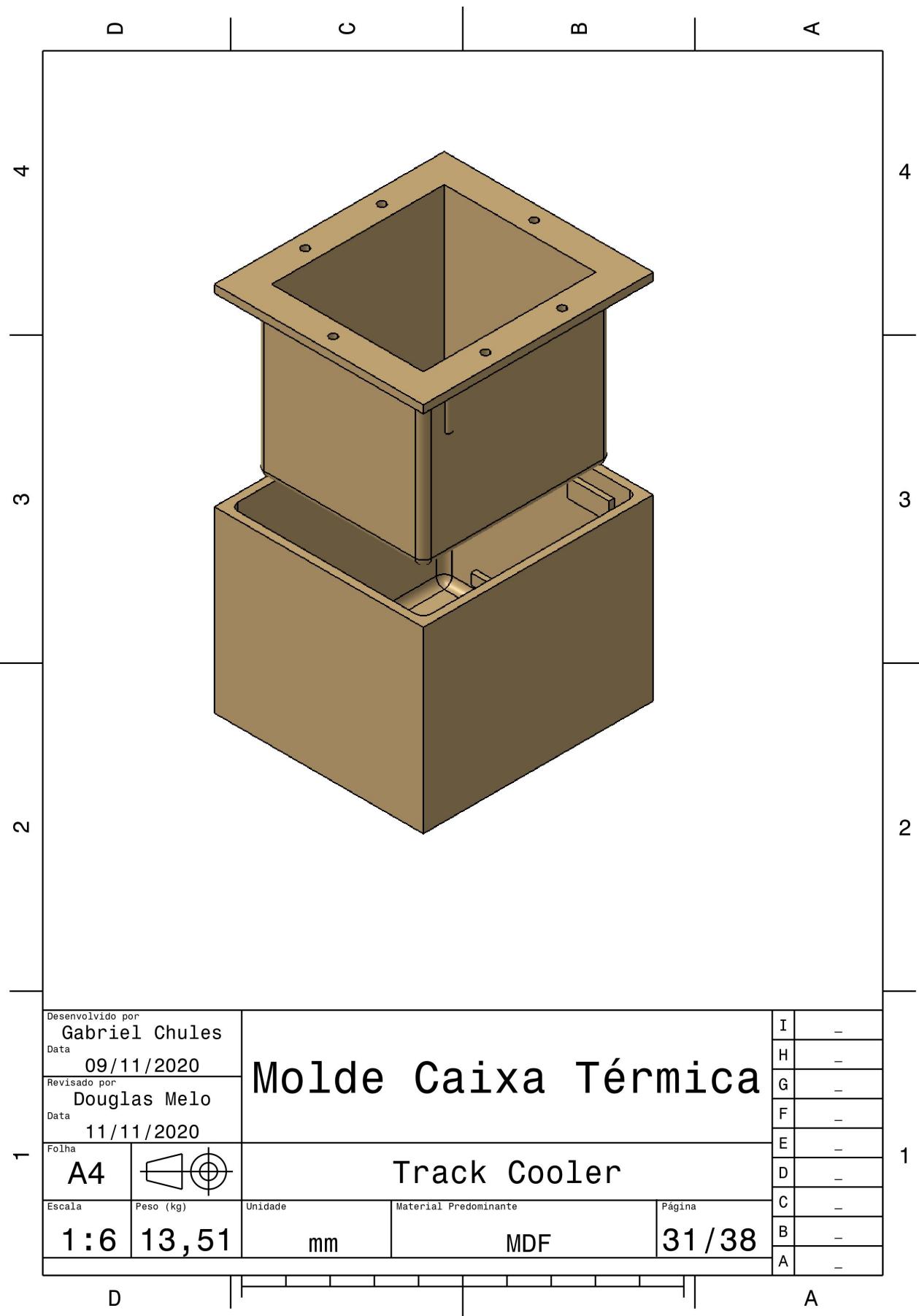
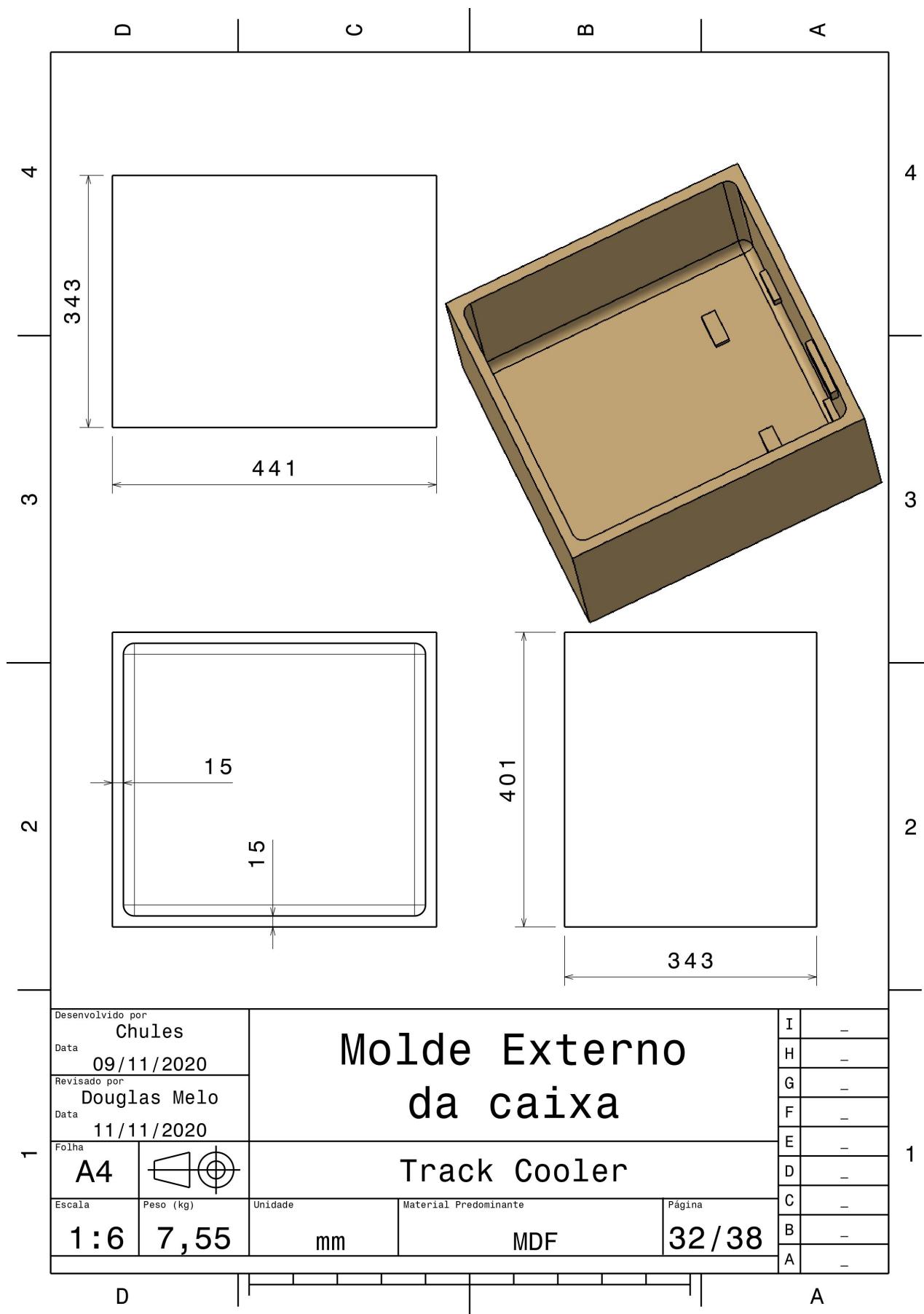
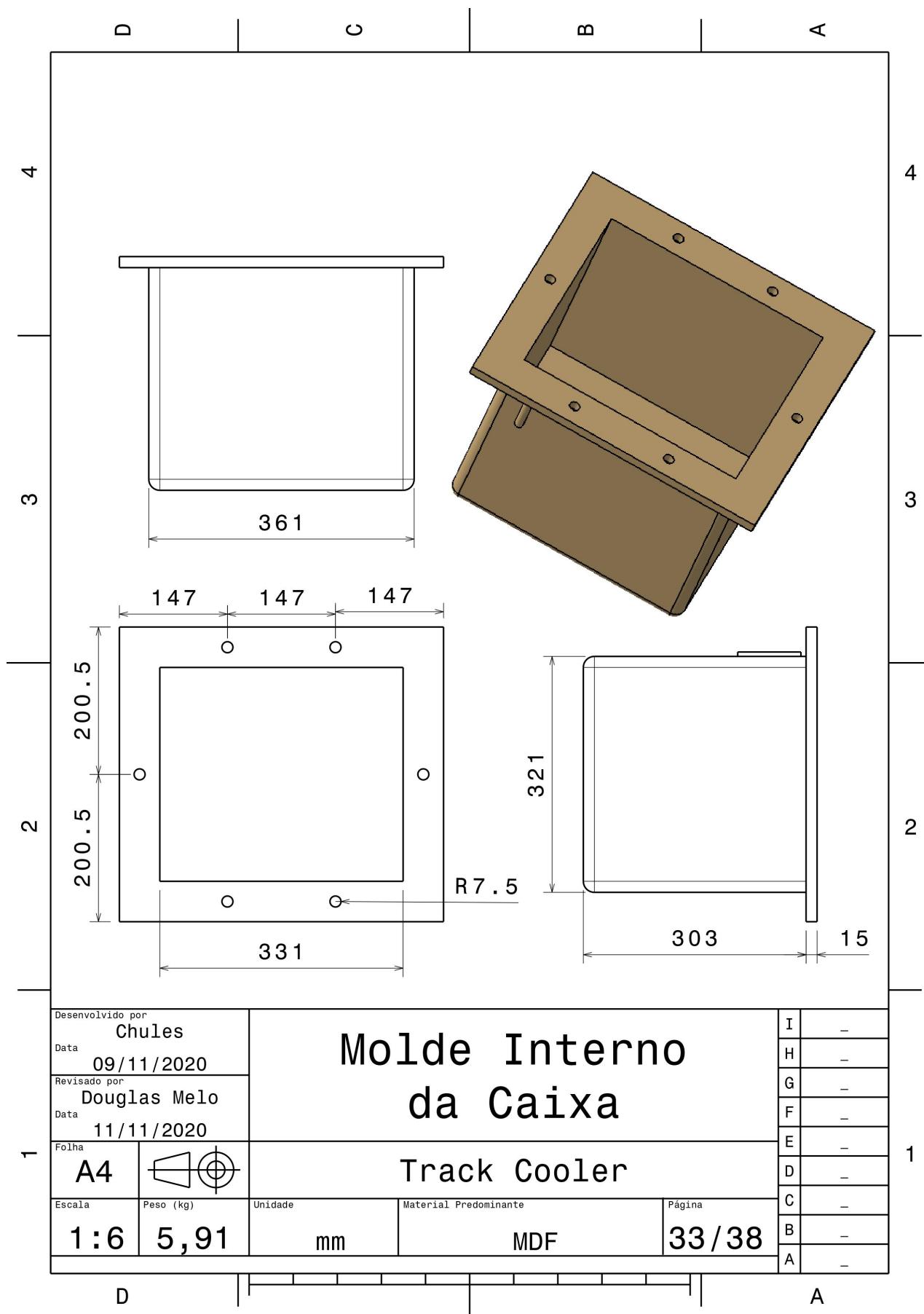


Figura 137 – Visão explodida do molde da caixa térmica



Fonte: Autor

Figura 138 – Desenho técnico do molde externo



Fonte: Autor

Figura 139 – Desenho técnico do molde interno

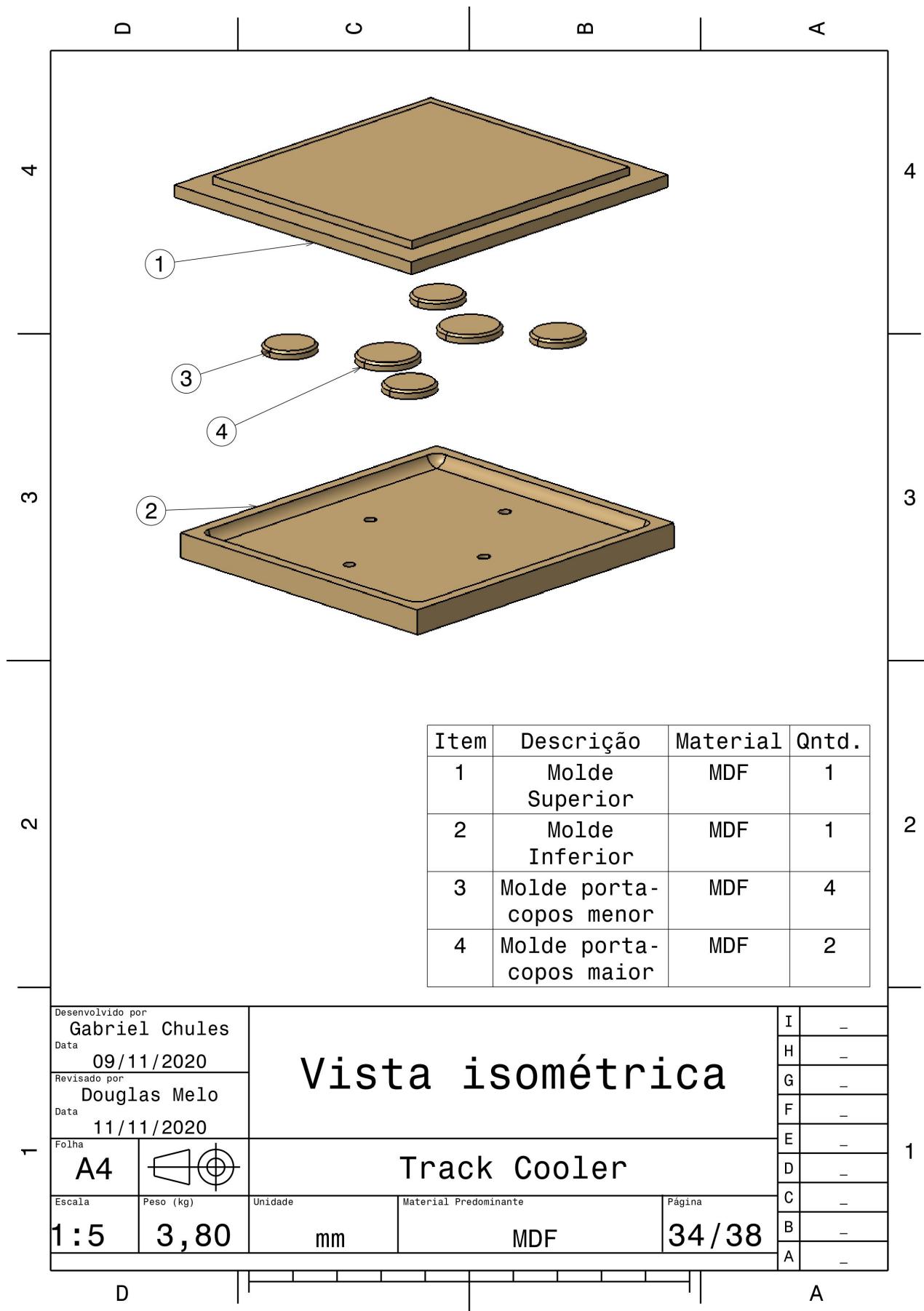
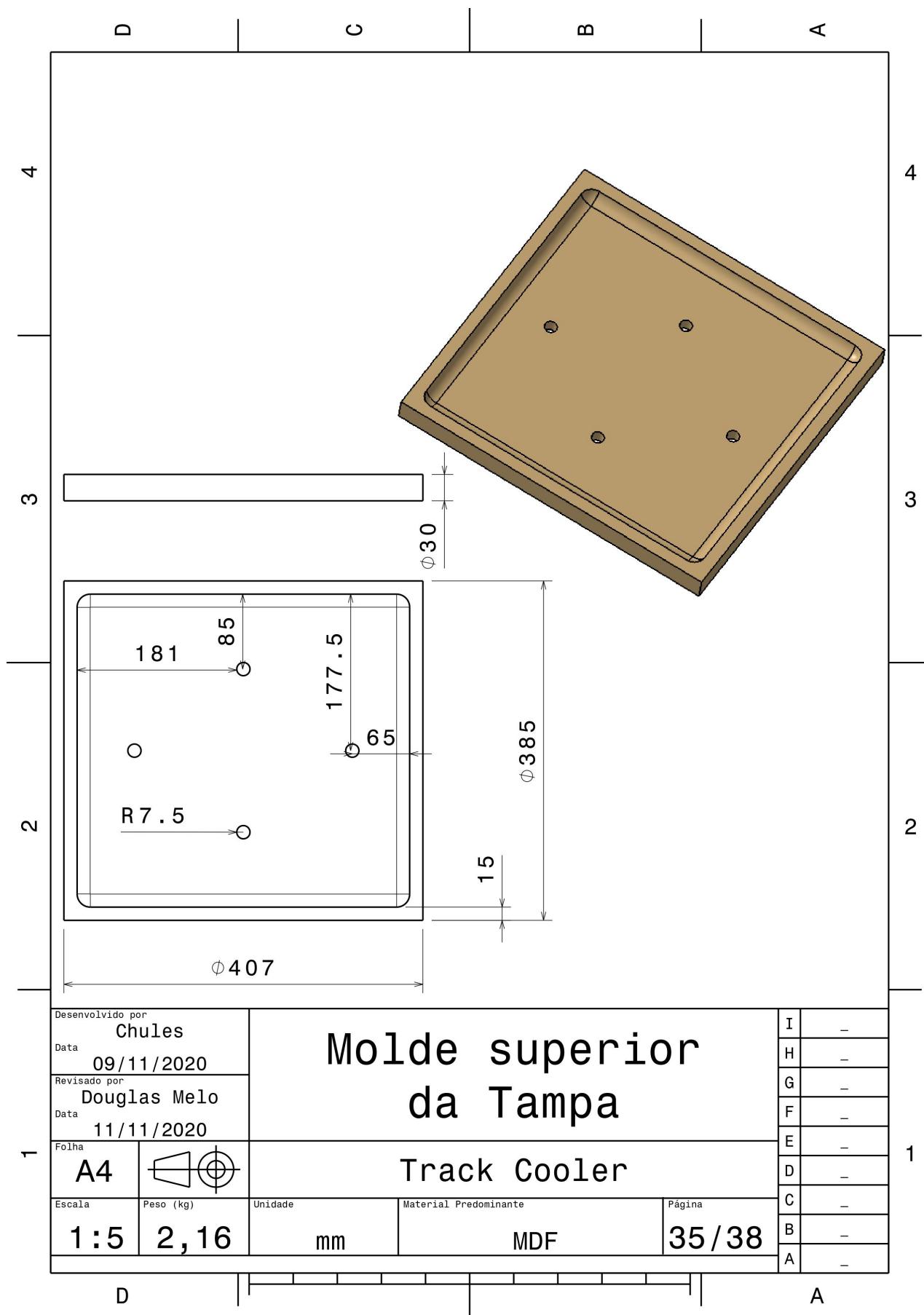
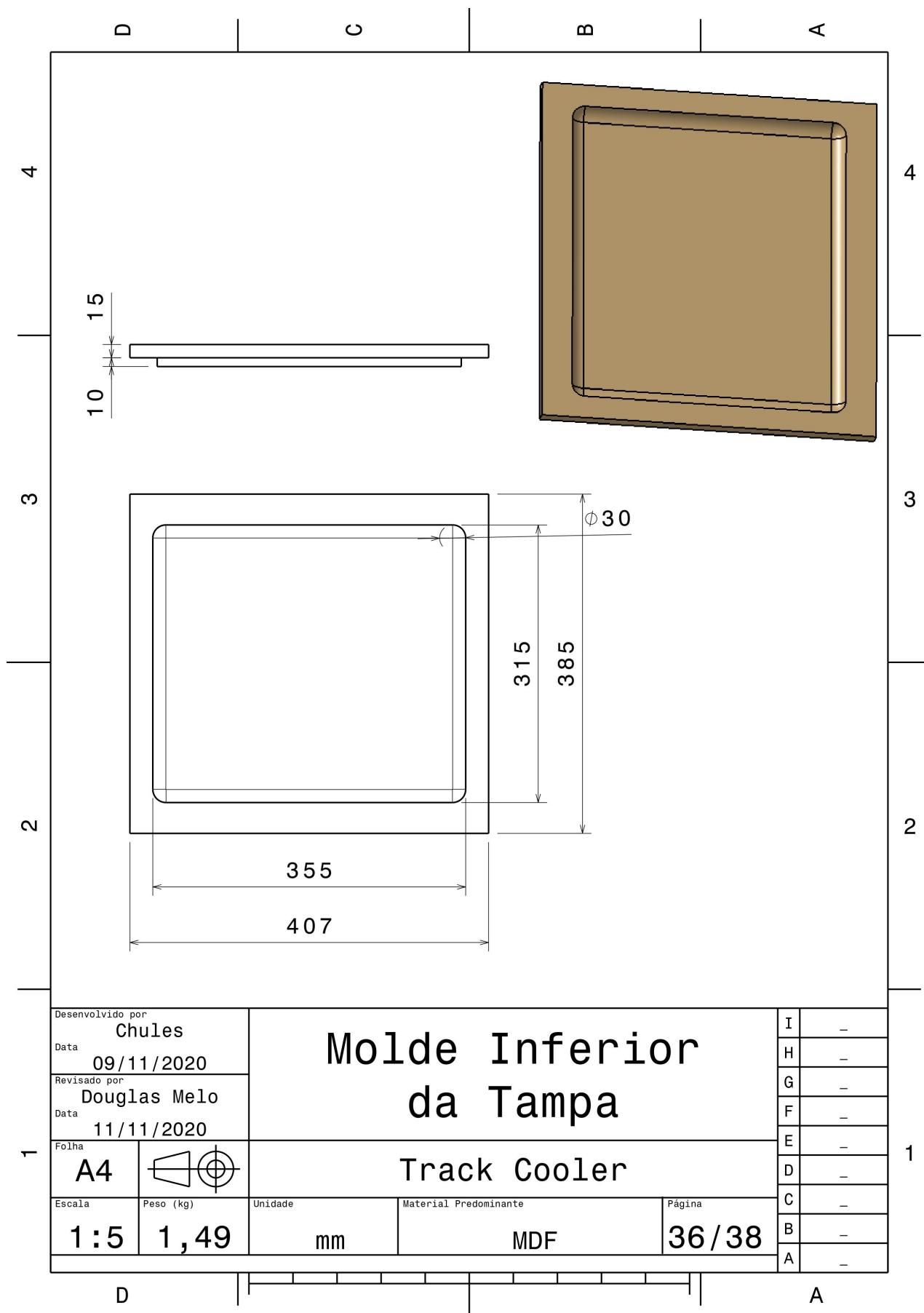


Figura 140 – Vista isométrica do molde da tampa



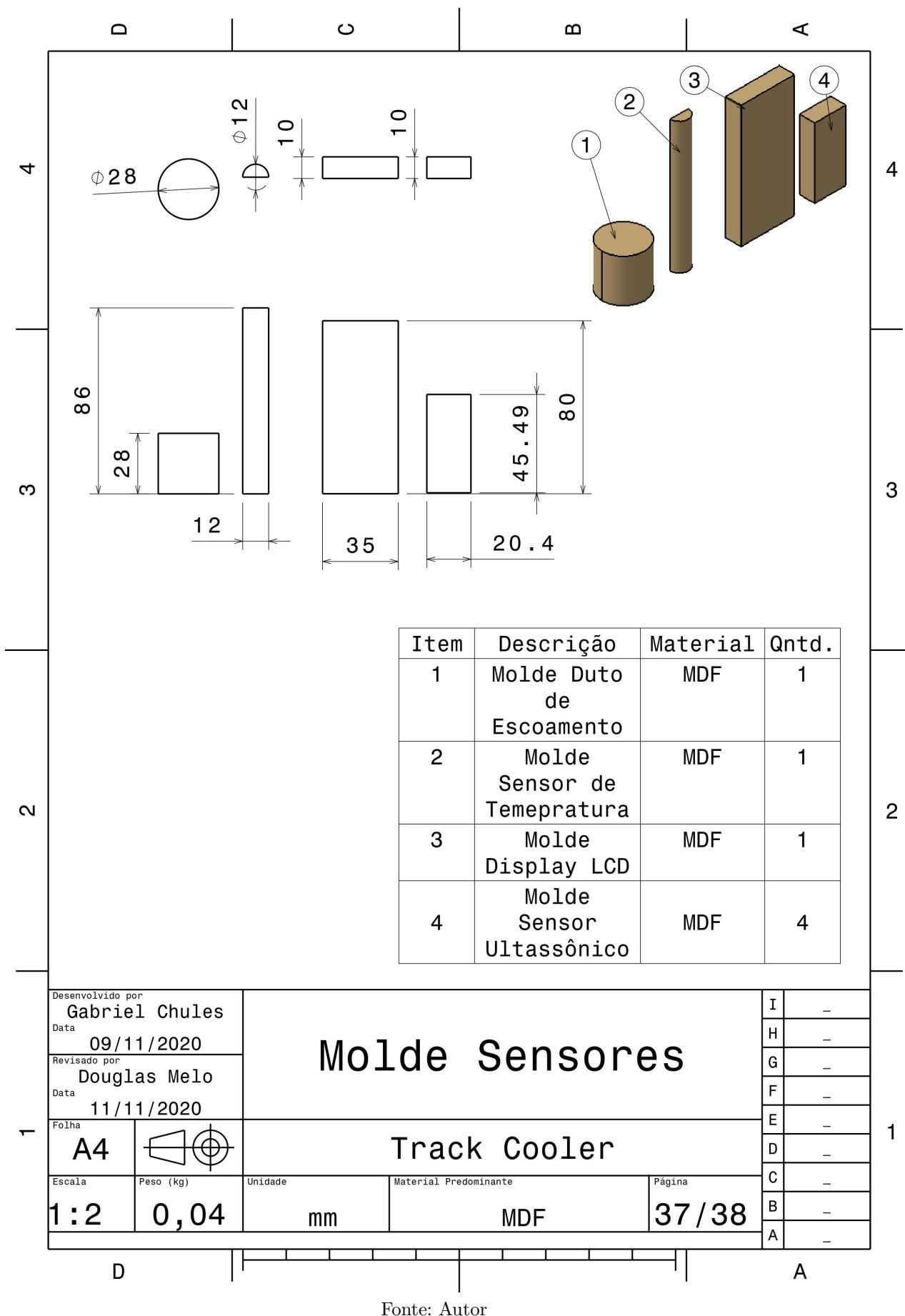
Fonte: Autor

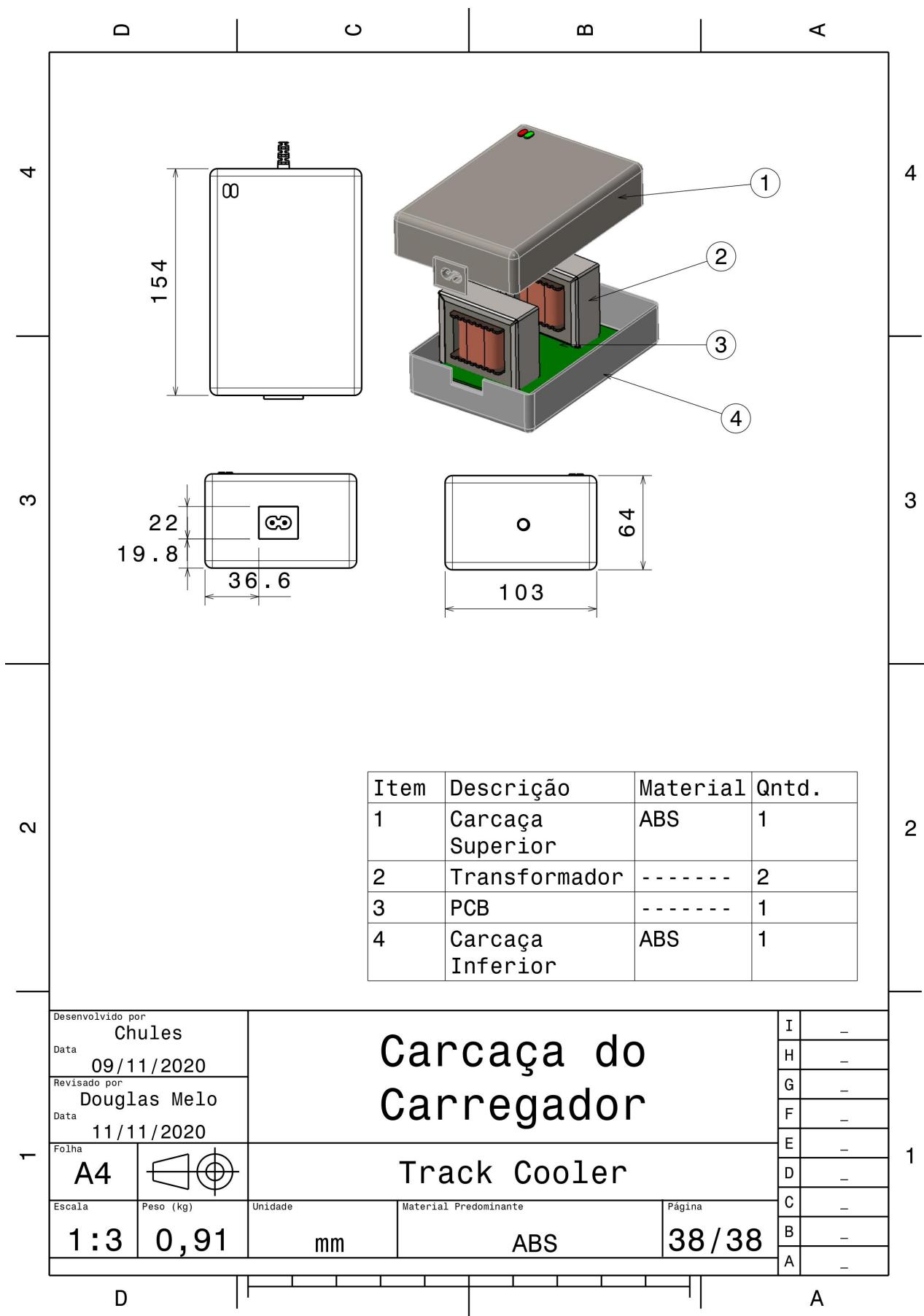
Figura 141 – Desenho técnico do molde superior da tampa



Fonte: Autor

Figura 142 – Desenho técnico do molde inferior da tampa

Figura 143 – Desenho técnico dos moldes do sensores, *display LCD* e *duto de escoamento*



Fonte: Autor

Figura 144 – Desenho técnico carcaça do carregador

APÊNDICE G – Plano de manutenção

G.1 Manutenção da parte estrutural

Para o plano de manutenção da parte estrutural, será considerado dois tipos de manutenção que o usuário deve fazer para manter o Track Cooler funcionando de maneira correta. Esses planos são o de manutenção preventiva e manutenção corretiva.

G.1.1 Manutenção preventiva

Como o próprio nome diz, essa manutenção é para prevenir possíveis danos futuros e prolongar a vida útil das peças. Na tabela a seguir, será mostrado os itens que devem ser checados e ações preventivas.

Tabela 15 – Tabela de manutenção preventiva

Item a ser checado	tipo de inspeção	Ação preventiva
Sistema de locomoção	Sempre esteja atento(a) a possíveis objetos que possam se enroscar no mecanismo de locomoção.	Se observar algo preso no mecanismo de locomoção, remova-o imediatamente.
Correntes da esteira	Verifique o acúmulo de sujeira, o tempo desde a última lubrificação (recomenda-se lubrificar as correntes a cada 8 horas de operação).	Se observar acúmulo de sujeira ou que se tenha passado o intervalo recomendado desde a última lubrificação, lave a corrente (evite desengraxantes pesados), seque, e aplique óleo SAE 80 ou 90.
Sapatas e revestimento	Verifique as condições das sapatas e revestimento, procurando por trincas ou desgaste elevado.	—
Tensionadores	Verifique as condições dos tensionadores, procurando por trincas ou desgaste elevado.	—
Haste da gangorra	Procure por trincas, deformações e pontos de corrosão	Caso seja encontrado pontos de corrosão recomenda-se refazer um processo de pintura da peça.
Pinhões	Procure por trincas, desgaste excessivo (principalmente na região dos dentes) ou pontos de corrosão acentuados	Caso seja encontrado pontos de corrosão recomenda-se refazer um processo de pintura da peça.
Eixos	Verifique se nenhum eixo sofreu deformação.	—
Chassi	Procure por pontos de corrosão ou trincas (principalmente nos pontos de solda).	Caso seja encontrado pontos de corrosão recomenda-se refazer um processo de pintura da peça.

Fonte: Autor

Caso seja necessário a realização de restauração de alguma peça metálica que esteja em locais de difícil acesso, pode ser preciso desmontar alguns itens como esteira, motores e etc. Para desmontagem, basta seguir a ordem inversa da montagem desse determinado componente, descrito no tópico de plano de montagem.

G.1.2 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva vai ocorrer em situações onde não é mais possível estender a vida útil de determinada peça, e será necessária a sua substituição.

Tabela 16 – Tabela de manutenção corretiva

Item defeituoso	tipo de defeito	Ação corretiva
Correntes da esteira	Pontos de corrosão, desgaste excessivo ou quebra.	Qualquer um desses problemas exigem a troca da corrente defeituosa.
Sapatas e revestimento	Desgaste elevado, trinca ou quebra.	Qualquer um desses problemas exigem a troca do conjunto defeituoso.
Tensionadores	Trincas, desgaste excessivo ou quebra.	Qualquer um desses problemas exigem a troca do conjunto defeituoso.
Haste da gangorra	Trincas, deformações ou pontos de corrosão acentuados.	Em casos de trincas ou deformações é necessário a troca da haste
Pinhões	Trincas, desgaste excessivo (principalmente na região dos dentes) ou pontos de corrosão acentuados.	Em caso de trinca ou desgaste excessivo, é necessário a troca do pinhão.
Eixos	Presença de deformação, ou pontos de corrosão acentuados.	Em caso de deformação, é necessário a troca do eixo.
Chassi	Pontos de corrosão ou trincas (principalmente nos cordões de solda).	Recomenda-se a substituição da peça.
Baterias	Queda de desempenho ao atingir de 300 a 500 ciclos de recarga.	Recomenda-se a substituição da(s) bateria(s).

Fonte: Autor

G.2 Manutenção do Sistema Eletrônico

G.2.1 Diagnóstico de erros

- *Cooler* não está desviando adequadamente dos obstáculos
 - Verifique se o *cooler* está fazendo as curvas corretamente na hora de seguir o usuário, caso não esteja, há um provável erro no módulo da ponte H.
 - Se o *cooler* estiver fazendo curvas corretamente, coloque um obstáculo apenas na frente do sensor ultrassônico direito e verifique se ele desvia. Faça o mesmo teste para o sensor ultrassônico esquerdo.
- *Cooler* não está seguindo adequadamente
 - Observe se o *cooler* está seguindo de maneira correta para a frente, olhando com atenção se algum dos motores não está apresentando algum barulho incomum.
 - Verifique se ele está com problemas para seguir apenas para algum dos lados. Isso pode significar algum problema na ponte H.
 - Observe se seu direcionamento apresenta erros muito grandes. Isso pode significar problema na bússola.
 - Verifique se o Bluetooth está conectado e se o aplicativo está recebendo os dados corretamente.

- Observe se ao ir se afastando o *cooler* começa a seguir, caso isso não aconteça pode haver problema no módulo GPS.
- Temperatura interna apresentada está muito diferente da sensação térmica no interior da caixa
 - Certifique-se se a temperatura apresentada no LCD é a mesma apresentada no aplicativo.
 - Caso apenas a temperatura apresentada no aplicativo esteja fora do esperado, verifique se os outros sistemas como nível de bateria ou seguimento estão funcionando corretamente, caso não estejam o problema pode estar na comunicação do aplicativo com o Track Cooler e é necessário acionar o suporte técnico.
 - Caso a temperatura apresentada só no LCD esteja fora do esperado, teste as conexões do módulo LCD.
- *Cooler* não está ligando
 - Verifique se o Track Cooler está carregado.
 - Se possível, teste se a tensão da bateria está correta.
 - Caso a bateria esteja fornecendo os 24 V, verifique a continuidade dos fios da conexão com o interruptor estão corretas.

Os problemas citados acima podem ser causados por problemas nas conexões dos componentes que fazem parte do problema, devido a isso é interessante que todas as conexões sejam testadas.

G.2.2 Possíveis soluções

- Troca do componente que está com defeito
- Conexão adequada dos componentes (evitando possível mau contato ou desconexão)
- Procura de uma assistência técnica
- Problemas com o GPS: Verifique se todos os LED estão acesos. São 2. Um deve estar aceso ininterruptamente e outro piscando. Em caso de nenhum sinal luminoso, verifique a alimentação. Em caso de não haver nenhuma quebra na alimentação, o GPS deve ser substituído. Verifique se o LED de triangulação está piscando. Em caso do LED apagado, quer dizer que ele perdeu o sinal. Para nova obtenção de sinal com os satélites, basta que ele esteja fora da estrutura para uma nova triangulação. Permaneça com a cerâmica virada para cima e faça pequenos trajetos, para ajudar na obtenção de sinal. Isso pode levar alguns minutos. Mesmo assim o LED não voltar

a piscar, então é possível que o módulo tenha se danificado, portanto devendo ser substituído.

- Problemas com a Bússola: Problemas no direcionamento, primeiro deve-se de verificar se a bússola está sendo alimentada corretamente. O problema não sendo alimentação, deve-se fazer uma nova calibração da bússola. Para isso, é necessário estar em um ambiente aberto, onde haja o menor nível possível de interferência com dentro de casa ou apartamento. Em local aberto, movimente a bússola em seus 3 eixos (X, Y e Z) para eixos X e Y, faça voltas completas em ambas direções, buscando sempre durante as voltas, subir e descer e o magnetômetro, para que o eixo Z também seja calibrado. Se o problema não for sanado, sugere-se que o módulo seja substituído.
- Conexão Bluetooth com o *cooler* Para testar a conexão, aproxime-se do *cooler*, se ainda sim não obtiver sinal, desligue o dispositivo e ligue novamente. Busque um local com poucas paredes, longe de modem, forno micro-ondas, qualquer objeto que possa causar interferência, visto que o Bluetooth faz uso de sinal de frequência de rádio destinado a pequenas distâncias. Se ainda não obtiver sinal, retire o módulo do compartimento, repita o teste, se não obtiver conexão, o problema é no micro-controlador, portanto o mesmo deve ser substituído.

APÊNDICE H – Teste Motor

Os testes de motores DC em bancada faz-se necessário quando não há dados suficientes sobre o motor, para garantir uma melhor eficiência e maior durabilidade (47).

- Teste de Constante de tensão

O teste de constante de tensão (K_e) verifica a constante de tensão em volts por mil revoluções por minuto. Para motores DC tipo escova, deve-se medir a tensão gerada pelo motor de teste com um multímetro em ambas as rotações. Para motores DC sem escovas, deve-se adquirir a tensão pico a pico com um osciloscópio e dividi-la pelo dobro da velocidade de transmissão em mil revoluções por minuto (krpm) para obter o K_e .

- Teste de Velocidade-Torque

Para obter os dados de velocidade e torque, é necessário que se acople o eixo do motor de teste em um dinamômetro e alimentar o motor com uma fonte de tensão. Deve determinar arbitrariamente o valor da tensão, para aplicação no projeto, sugerindo-se que utilize valor de tensão com o qual o projeto será alimentado. Ao usar o dinamômetro para fazer testes levando o motor de marcha lenta ao torque máximo predeterminado e de volta à velocidade de marcha lenta a uma taxa controlada, os efeitos iniciais quase desapareceram simplesmente interpolando para os mesmos pontos de velocidade e calculando a média dos dois conjuntos de dados. Os dados de velocidade em rpm (rotações por minuto) dependem das tensões aplicadas podendo variar para uma faixa de tensão, a não ser que haja um circuito regulador. Prende-se dois ímãs em um disco fixados ao eixo do motor, desta forma tendo dois pulsos gerados em um interruptor de lâmina a cada volta do eixo do motor. O sinal gerado é aplicado ao osciloscópio para se obter a rotação do motor.

- Obter a Resistência do motor:

Para se obter valores da resistência do enrolamento do motor, utiliza-se um ohmímetro, conectados entre os dois fios da armadura(48).

- Teste de indutância

Para se medir a indutância de um motor DC, utiliza-se uma fonte de tensão CA de baixa tensão. Deve-se conectar a fonte de corrente alternada junto ao estator do motor. Um sinal da fonte é aplicado, deve-se medir a tensão e ao corrente emitida do sinal. Com os valores obtidos, para encontrar o valor da indutância deve-se utilizar

a fórmula a seguir(48):

$$\text{impedânciadoenrolamento} = \frac{\text{tensão}(V)}{\text{corrente}(i)} \Omega(\text{ohm}) \quad (\text{H.1})$$

Para obter a reatância de enrolamento, substitui o valor da impedância obtido na equação anterior,com o valor de resistência obtido através da medição com o ohmímetro.

$$\text{Reatancia}^2 = (\text{Impedancia}^2 - \text{Resistencia}^2) \quad (\text{H.2})$$

Por fim, para obter-se a indutância, considerando a frequência da rede de energia elétrica de 60Hz, substituindo na equação abaixo obterá o valor da indutância em Henry.

$$\text{Indutancia}(L) = \frac{\text{Reatancia}}{2 * \Pi * 60} \quad (\text{H.3})$$

APÊNDICE I – Testes Sistema eletrônico

Para garantir a eficácia da atuação do produto, é necessário fazer alguns testes específicos que contemplem ambos, hardware e software, sendo desenvolvidos para simular situações de entrada de dados e conferir se a saída é de acordo com o esperado.

- Verificar a continuidade de todas as trilhas;
- Verificar a continuidade dos fios que conectam os componentes aos módulos externos à PCB;
- Verificar com um multímetro a saída da bateria;
- Verificar com multímetro se as tensões de 24V, 5V e, 3.3V estão sendo entregues aos módulos;
- Verificar continuidade no trilho de pinos macho-fêmea que será a base de encaixe da ESP32;
- Verificar se a tela do *display* LCD acende assim que o interruptor é ligado, e o aplicativo é acionado.
- Mantendo o sistema ativo, preencher a caixa com água 10°C abaixo da temperatura ambiente para fazer a verificação da indicação de ambos, nível de bateria e temperatura, aguardado 60s para verificar o resultado no *display* e no *dashboard* do aplicativo;
- Deixar o *cooler* ligado de modo que a bateria fique descarregando, e quando atingir 20% de capacidade, verificar se houve indicação de bateria descarregando no aplicativo;
- Usando um módulo GPS externo ao sistema, com as mesmas configurações do módulo presente na ESP32, considerando um método de triangulação semelhante em ambos módulos, fixar um ponto teste, com as coordenadas e direcionamento conhecido por meio do módulo externo, e mover o *cooler* até este ponto e verificar se a informação que aparece no aplicativo condiz com os dados esperados (levando-se em consideração os erros percentuais);
- com o sistema funcionando, começar a andar em linha reta em relação ao *cooler*, e mudar para uma direção maior que 20°, verificando se o *cooler* inicia a inclinação;

- Criar um sistema de barreiras da altura onde ficam os sensores ultrassônicos, de modo que bloquee a passagem tanto para a frente, quanto para as laterais, e verificar, se ao encontrar essa barreira, o *cooler* vai permanecer rotacionando em seu próprio eixo para o lado direito por 10s, e depois para o lado esquerdo por 10s, e ao final, caso não consiga sair da barreira, verificar se ocorreu o alerta no aplicativo indicando que o *cooler* está preso;
- andar com o *cooler* para uma distância de (12 - 20m) em relação ao celular que está com o aplicativo, e verificar se ocorre o alerta de desconexão do Bluetooth;

APÊNDICE J – Manual de Usabilidade do APP Track Cooler

Com o APP Track Cooler é possível visualizar as informações do *cooler* e gerenciar algumas de suas funcionalidades. Ele permite que o usuário possa verificar informações do *cooler* como o *status* da conexão, a temperatura interna, o nível de bateria, alertas caso tenha percalços pelo caminho, além de fazer o gerenciamento do escoamento de água e de suas configurações gerais. O APP Track Cooler conta também com o modo de acessibilidade onde usuários com necessidade visual e daltônicos podem desfrutar de um aplicativo com letras adaptadas, mudança de contraste de cores e com comando de voz. Neste manual você encontra o passo a passo das funcionalidades do APP Track Cooler.

J.1 DASHBOARD

O Dashboard representa visualmente de forma rápida as principais funções existentes. Ao acessar o aplicativo, a tela que você irá visualizar será a Figura 145. Entenda abaixo o que cada função representa.



Fonte: Autor

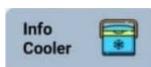
Figura 145 – Dashboard do Aplicativo.

- 1. Info cooler (Informações do cooler)** – permite a visualização das informações gerais do *cooler*, como status da conexão com o Bluetooth, a temperatura interna, o nível de bateria e o histórico de *coolers*.

2. **Configurações** – permite que possa ativar o Bluetooth, a localização, a comando de voz, alteração de contraste, o cadastro de nome do usuário e mudar o tamanho da letra.
3. **Conectar cooler** – permite que o *cooler* se conecte ao Bluetooth.
4. **Escoar Água** – aciona o escoamento de água do *cooler*.
5. **Quem Somos** – informações da equipe de desenvolvimento do projeto.
6. **Sobre o Projeto** – informações sobre o projeto.

J.2 INFO *Cooler*

Nesta seção iremos visualizar os dados do cooler. Selecione então a opção Info *Cooler*(Figura 146), disponível no Dashboard.



Fonte: Autor

Figura 146 – Botão Info do Aplicativo.

A tela que você irá visualizar está representada na Figura 147.



Fonte: Autor

Figura 147 – Tela Info do Aplicativo.

- Vemos o “*Status*” de conexão, onde mostra se tem algum *cooler* conectado ou não no momento.
- A temperatura interna do Track Cooler em graus Celsius.
- A porcentagem do nível da bateria do Track Cooler.

- Histórico de *coolers*, onde podemos ver uma lista de quais foram os *coolers* que o aplicativo se conectou.

Para atualizar os dados basta apertar o botão de atualizar  e as informações serão atualizadas.

J.3 CONFIGURAÇÕES

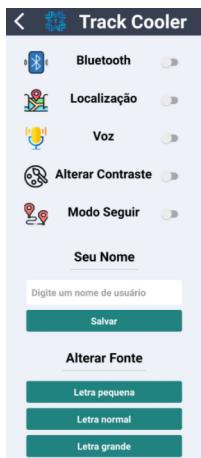
Nesta seção iremos alterar as configurações do aplicativo. Selecione então a opção Configurações(Figura 148), disponível no *Dashboard*.



Fonte: Autor

Figura 148 – Botão de Configuração do Aplicativo.

Você visualizará a tela da Figura 149.



Fonte: Autor

Figura 149 – Tela de Configuração do Aplicativo.

A tela que você irá visualizar quando mudar o contraste será a da Figura 150.



Fonte: Autor

Figura 150 – Mudança de Constraste do Aplicativo.

- Se desejar ativar o Bluetooth basta apenas mover o botão para a direita.
- Se desejar ativar a localização basta apenas mover o botão para a direita.
- Se desejar ativar o comando de voz basta apenas mover o botão para a direita. Todos os comando de voz estarão no fim deste manual.
- Se desejar ativar a mudança de contraste do aplicativo basta apenas mover o botão para a direita.
- Para cadastrar o nome basta inserir o nome no campo “Digite um nome de usuário” e apertar o botão
- Para trocar o tamanho da letra basta apertar no botão que deseja o tamanho

J.4 CONECTAR COOLER

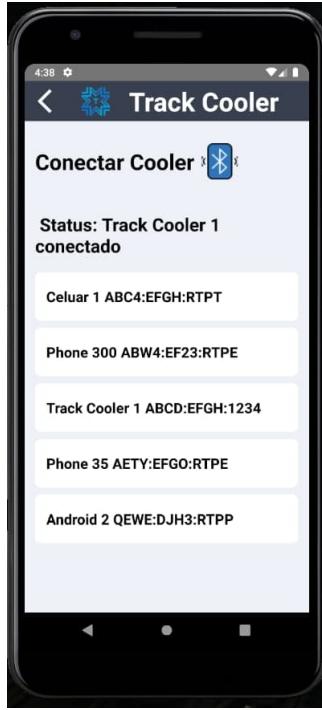
Nesta seção iremos conectar a um *cooler*. Selecione então a opção Conectar *Cooler*, disponível no *Dashboard* (Figura 151).



Fonte: Autor

Figura 151 – Botão de Conexão do Aplicativo.

A tela que você irá visualizar está representada na Figura 152.



Fonte: Autor

Figura 152 – Tela de Conexão do Aplicativo.

J.5 ESCOAR ÁGUA

Nesta seção iremos escoar a água acumulada do *cooler*. Selecione então a opção Escoar Água, disponível no *Dashboard* (Figura 153).



Fonte: Autor

Figura 153 – Botão de Escoamento do Aplicativo.

J.6 QUEM SOMOS

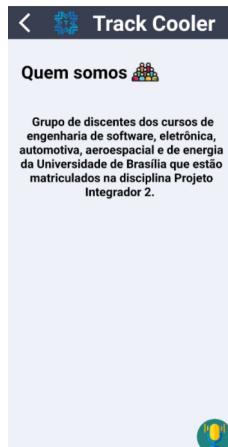
Nesta seção iremos visualizar as informações sobre os desenvolvedores. Selecione então a opção Quem Somos, disponível no *Dashboard* (Figura 154).



Fonte: Autor

Figura 154 – Botão Quem Somos do Aplicativo.

Você irá visualizar a tela da Figura 155.



Fonte: Autor

Figura 155 – Tela Quem Somos do Aplicativo.

Essa tela apenas fornece informações sobre os desenvolvedores do projeto Track Cooler.

J.7 SOBRE O PROJETO

Nesta seção iremos visualizar as informações sobre o projeto. Selecione então a opção Sobre o Projeto, disponível no *Dashboard* (Figura 156).



Fonte: Autor

Figura 156 – Botão Sobre o Projeto do Aplicativo.

A tela que você irá visualizar está apresentada na Figura 157.



Fonte: Autor

Figura 157 – Tela Sobre o Projeto.

Essa tela além de fornecer informações sobre o projeto Track Cooler ela também fornece acesso para o nosso GitHub, basta apenas apertar na frase em destaque “GitHub – Track Cooler” e será redirecionado para o nosso GitHub.

J.8 ALERTAS

O aplicativo exibirá um alerta caso o *cooler* pare de seguir o usuário ou caso seja desconectado (Figura 158).



Fonte: Autor

Figura 158 – Tela de Alerta caso o *cooler* seja desconectado.

A aplicação possui dois alertas que podem ser disparados para que o usuário seja avisado que ocorreu algum erro no *cooler*. Caso ocorra algum problema na conexão entre o aplicativo e o *cooler* aparecerá um modal alertando o usuário e solicitando ao usuário a verificação do *cooler*. Quando o controle de voz estiver ativado os alertas irão ser através de uma vibração no celular e um aviso sonoro avisando o usuário sobre o problema ocorrido.

J.9 COMANDO DE VOZ

Ao ativar o modo de comando de voz na tela de Configurações, o APP Track Cooler ficará interativo por voz(Figura 159).



Fonte: Autor

Figura 159 – Ativação dos comandos de voz.

Se caso seja a primeira vez que esteja ativando o comando de voz, lembre-se de aceitar as permissões do celular. Isto só precisa ser feito uma vez.



Uma vez ativada o modo de voz um botão parecido com este que irá aparecer no canto inferior direito de todas as telas do aplicativo. Para indicar o comando basta apertar o botão, falar o comando desejado e esperar pela resposta. Caso o sistema não entenda, a resposta retornada será: "Desculpa, não te entendi. Por favor repita" e o usuário terá que repetir até que o sistema possa entendê-lo. A lista dos comandos respostas esperadas estão listadas logo abaixo.

Tela de *Dashboard*

Comando	Resposta esperada
Para configurações	Indo para configurações.
Ver informações	Indo para informações.
Conectar	Indo para conexão.
Escoar água	Escoando água do <i>cooler</i> .
Quem somos	Indo para quem somos.
Sobre o projeto	Indo para sobre o projeto.

Tela de Informação

Comando	Resposta esperada
Status	"Nome do cooler" está conectado.
Temperatura	A temperatura do cooler é de "temperatura" graus Celsius.
Nível de bateria	O nível de bateria é de "bateria" por cento.
Histórico	O último cooler a se conectar foi "nome do cooler".
Atualizar	As informações foram atualizadas.
Voltar	Indo para o menu.

Tela de Configurações

Comando	Resposta esperada
Ligar Bluetooth	Ligando o Bluetooth.
Desligar Bluetooth	Desligando o Bluetooth.
Ativar localização	Ativando GPS.
Desativar localização	Desativando GPS.
Mudar letra para pequena	Mudando letra para pequena.
Mudar letra para normal	Mudando letra para normal.
Mudar letra para grande	Mudando letra para grande.
Mudar nome para "nome"	Nome alterado para "nome do usuário".
Mudar contraste	Alterando o contraste.
Voltar	Indo para menu.

Tela Conectar *Cooler*

Comando	Resposta esperada
Status	"Cooler" está conectado.
Voltar	Indo para menu.

Tela Quem Somos

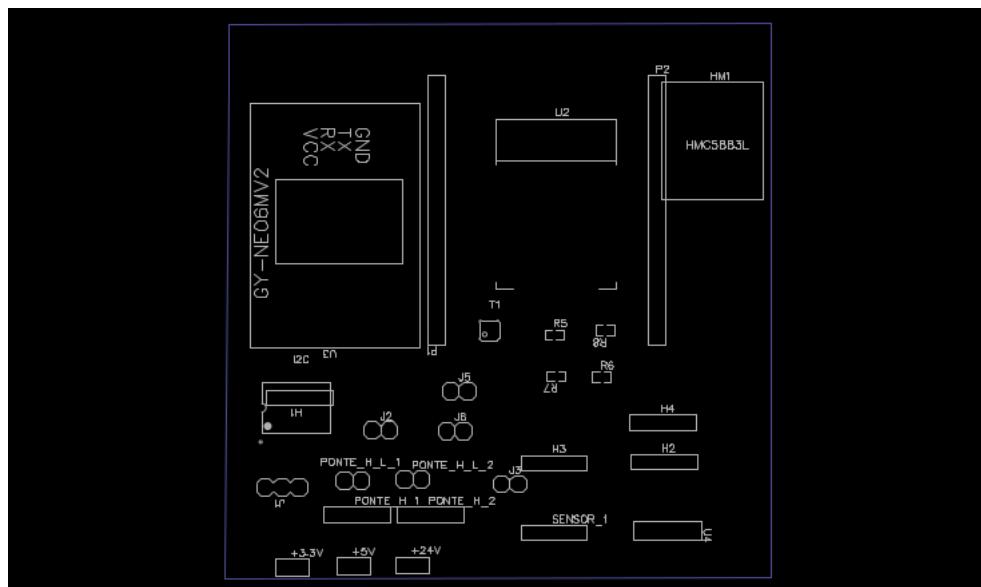
Comando	Resposta esperada
Desenvolvedores	Grupo de discentes dos cursos de engenharia de software, eletrônica, automotiva, aeroespacial e de energia da Universidade de Brasília que estão matriculados na disciplina Projeto Integrador 2.
Voltar	Indo para menu.

Tela Sobre o Projeto

Comando	Resposta esperada
Projeto	O projeto "Track Cooler" consiste no desenvolvimento de um <i>cooler</i> robô, capaz de monitorar a temperatura interna, seguir o usuário de forma autônoma e fornecer informações por celular via aplicativo.
Voltar	Indo para menu.

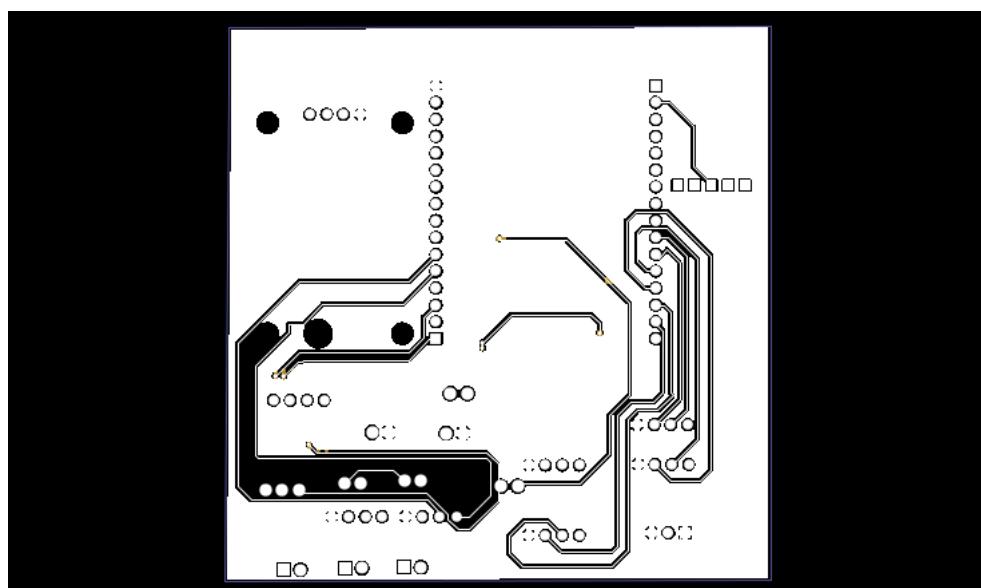
Este manual se conclui aqui!

APÊNDICE K – Placas de Circuito Impresso



fonte: Autor

Figura 160 – Assembly da placa



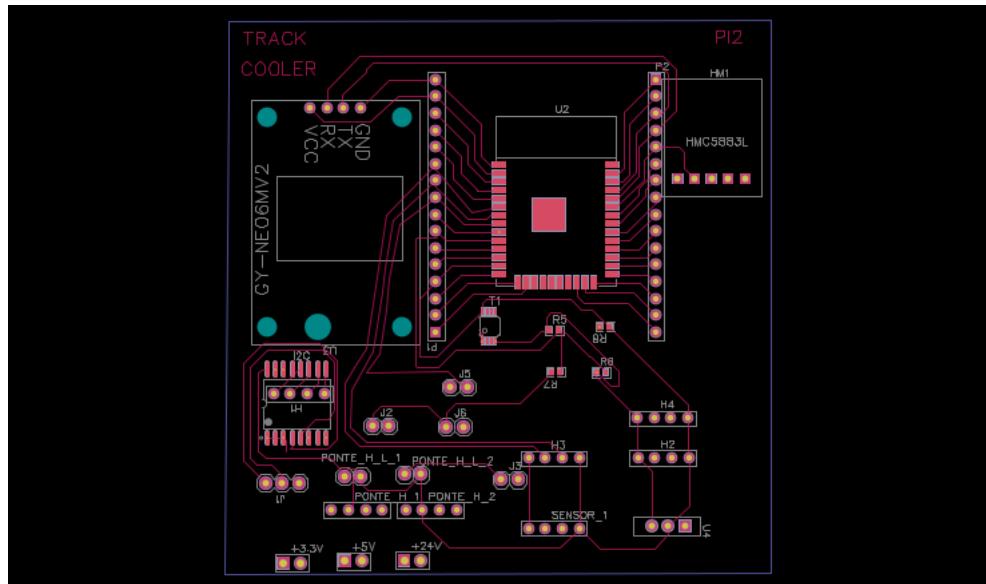
fonte: Autor

Figura 161 – Plano de furos e localizaçāo das trilhas.

K.1 Gerber

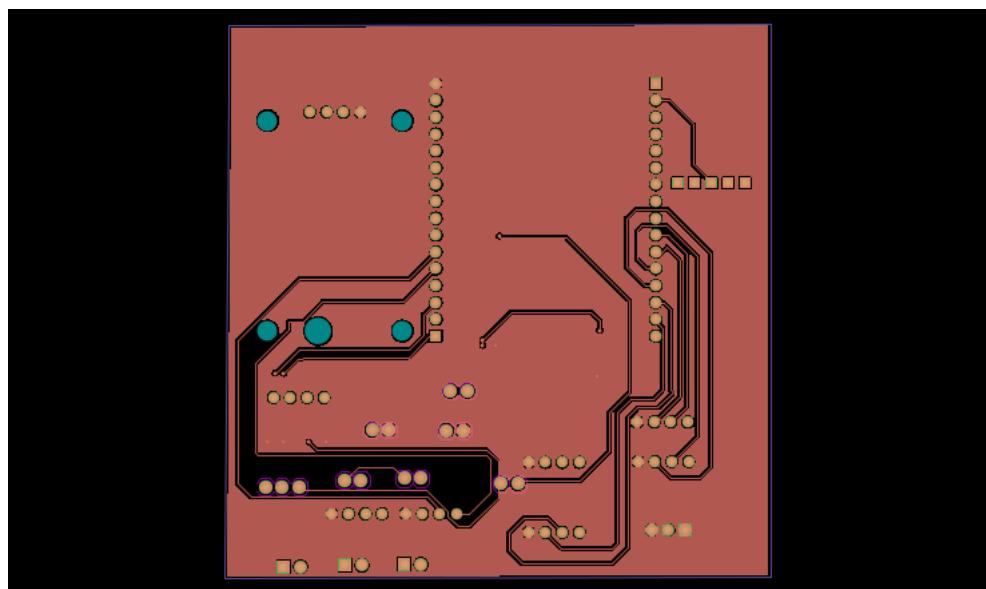
Os arquivos Gerber que pode ser gerado do layout da PCB é um padrão universal composto de uma série de gráficos utilizado pelo equipamento de foto depósito das máscaras para a formação das imagens da placa de circuito impresso.

Como a PCB será dupla face, há a versão para o gerber na parte de cima, e na parte de baixo.



fonte: Autor

Figura 162 – Gerber da parte de cima da PCB.



fonte: Autor

Figura 163 – Gerber da parte de baixo PCB.

APÊNDICE L – Avaliação Interna da Equipe

Track Cooler				
Ponto de Controle 3				
Grupo Técnico de Eletrônica (Engenharia Eletrônica)				
Nome Completo	Matrícula	Pontualidade de Entregas	Avaliação de Entregas	Desempenho
Gabriela Cristina Cardoso de Sousa	15/0127065	10	10	10
Jennifer Gladys Pereira Cavalcante	12/0033127	10	9	9,1
Bruno Carvalho Faria dos Santos	14/0132767	10	9	9,1
Grupo Técnico de Estrutura (Engenharia Aeroespacial, Automotiva e Energia)				
Nome Completo	Matrícula	Pontualidade de Entregas	Avaliação de Entregas	Desempenho
Douglas Silva de Melo	15/0123485	10	10	10
Antonio Lucas Suzuk Aguiar	18/0135945	9	9	8,19
Gabriel Henrique Chules	15/0126441	10	10	10
Bhia Teixeira Cardoso	16/0114055	10	9,5	9,55
Gabriel Souza Firmino	14/0140719	10	9,5	9,55
Gabriel Rolim Moreira	14/0140611	10	9	9,1
Grupo Técnico de Software (Engenharia de Software)				
Nome Completo	Matrícula	Pontualidade de Entregas	Avaliação de Entregas	Desempenho
Sannya Santana de Avelos	13/0133418	10	10	10
Lucas Oliveira Silva	15/0016018	10	9	9,1
Byron Kamal Barreto Correa	15/0007281	10	10	9,9
Igor Guimarães Veludo	13/0028240	10	9,5	9,55
João Victor Lustosa Braz	14/0146156	10	7,5	7,75
Matheus Filipe Faria Alves de Andrade	14/0155350	10	7,5	7,75

fonte:Autor

Figura 164 – Tabela de auto avaliação da equipe, para o cálculo final, foram usados os critérios indicados no plano de ensino (1)

APÊNDICE M – Custos

M.1 Estimativa de custos

Com base no escopo definido, bem como nos requisitos elicitados, foram listados os seguintes equipamentos indispensáveis para o projeto. Seus valores foram definidos por meio de pesquisa de mercado, e são apresentados em reais.

Tabela 17 – Tabela de custos do projeto

Tabela de custos aproximado		
Nome	Preço por unidade (R\$)	Quantidade
Motor RS-895 *	85,00	2
Transformador 110-220Vca/24Vca	69,90	1
Transformador 110-220Vca/30Vca	162,87	1
Freio eletromagnético DC *	200,00	2
Redução planetária 14:1 *	101,65	2
Tarugo de nylon 300 x 40 mm	35,00	1
Rolamento 626	6,00	16
Eixo 6mm	23,00	1
Eixo 8mm	36,00	1
Sapatas de PLA	2,70	80
Revestimento de TPU	4,02	80
Correntes (valor de 1 metro)	32,00	3
Espuma de poliuretano A+B	70,00	1
Chapa aço 1020 (para a cantoneira)	38,00	2
Chapa aço 1020 (para a gangorra)	4,75	4
Chapa aço 1020 (para os pinhões)	5,62	8
Mão de obra (corte do pinhão)	22,05	8
Mão de obra (corte da gangorra)	16,00	4
Mão de obra (corte da cantoneira)	45,25	2
Kit fibra de vidro	120,00	1
Conversor DC-DC YL-KREE K240503*	45,60	1
Bateria Lítio-Íon	276,41	2
Microcontrolador ESP32	61,45	2
Módulo GPS GY-NEO6MV2	28,98	1
Módulo ponte H BTS7960	42,69	2
Sensor de temperatura (DS18B20)	19,56	1
Tela LCD 16x2	26,63	1
Cabo USB	12,63	1
Pacote de jumper	28,53	1
Ferro de solda	30,06	1
Tubo de estanho	10,03	1
Ultrassônico	14,00	4
Placa de fernalite perfurada 10 x 10	12,03	1
Rele 24V 30A a 10 x 10	74,76	1
Pó para Cementação Cementox 1 kg	84,75	1
Desmoldante Para Espuma De Poliuretano	54,50	1
Caixa de eletrônicos ABS	82,00	1
Carcaça do carregador de bateria ABS	50,00	1
Chapa de MDF 50x50x1 cm	37,00	1
Chapa de MDF 60x40x1.5 cm	29,90	14
Mão de obra (corte do MDF)	15,00	15
Total (R\$)		4555,96

*Valores calculados seguindo a cotação do dólar comercial do dia 18/10/2020 (US\$ 1 = R\$ 5,65)

Os custos estimados sairam de 2351,11 reais, cotados no ponto de controle 1, para 3572,11 reais. O aumento previsto de custos se deu principalmente devido ao avanço do projeto, pois, com a posse de cálculos e simulações é possível estimar com mais precisão esses gastos. Porém, no próximo ponto de controle ainda podem ocorrer alterações, como por exemplo nas quantidades de materiais para se adequar corretamente aos planos de construção.

Anexos

ANEXO A – Reppositórios do Projeto

<https://github.com/track-cooler>

https://github.com/track-cooler/app_track_cooler

ANEXO B – PARÂMETROS PCB

B.1 Requisitos para layout

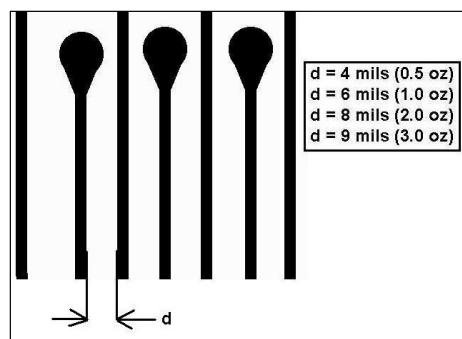
		Capacidade Técnica Padrão / Requisitos para Layout e Especificação de PCI		Código: CP	Revisão: 12			
				Data: 02/05/2019	Página: 1 de 1			
CARACTERÍSTICA		CAPACIDADE PADRÃO / TOLERÂNCIA/ ESPECIFICAÇÕES ADICIONAIS						
MATERIAL BASE (*)	LAMINADO	Medida do dielétrico (sem cobre)	Espessura (tolerância) Materiais sujeitos a variação de disponibilidade	FR-1 (Face Simples)	FR-4 (FS, D ou MLB)			
		0,20 / 0,25 mm ($\pm 0,038$ mm)	-	OK				
		0,30 / 0,35 mm ($\pm 0,050$ mm)	-	OK				
		0,5 mm ($\pm 0,064$ mm)	-	OK				
		0,8 / 1,0 mm ($\pm 0,100$ mm)	-	OK				
	PREPREG para MLB	1,2 / 1,6 mm ($\pm 0,130$ mm)	OK (apenas 1,6 mm)	OK				
		2,0 / 2,4 mm ($\pm 0,180$ mm)	-	OK				
		3,2 mm ($\pm 0,230$ mm)	-	OK				
		1080	0,065 mm ($\pm 10\%$)	-	OK			
		2313 ou 2113	0,095 mm ($\pm 10\%$)	-	OK			
		2116	0,12 mm ($\pm 10\%$)	-	OK			
		7628	0,18 mm ($\pm 10\%$)	-	OK			
ESPESSURA DE COBRE BASE (*)			17 μ m (1/2 oz/ft ²); 35 μ m (1 oz/ft ²); 70 μ m (2 oz/ft ²)	Tolerância $\pm 10\%$				
Consideramos camada FINAL de cobre, quando a especificação não mencionar cobre base (laminado) ou cobre final (após metalização)								
ESPESSURA DA PLACA (*)			Minima 0,2 mm $\pm 10\%$	Máxima 3,2 mm $\pm 10\%$				
DIMENSÃO FINAL DA PLACA (*) (incluíndo materiais especiais)			Para placas testadas 390 x 530mm, vincadas nos dois eixos: 420 x 420 mm	Placas sem teste e sem vínco: 420 x 570 mm				
(consultar para MCPBCB)								
QUANTIDADE DE CAMADAS EM PLACA MULTILAYER (*)			3 a 24 camadas (sob consulta)					
MÁSCARA DE SOLDA (*)			Tinta fotográfica (photoimageable) nas cores: Verde, Vermelha, Azul, Preta, Transparente e Branca, (para outras cores somente sob consulta).					
A Máscara de solda é distanciada 1,5 mil dos Pads/ilhas quando necessário, e removida quando o trângulo remanescente entre Pads/ilhas seja menor que 5 mil.								
SÍMBOLOGIA / LEGENDA DE COMPONENTES (*)			Cor Amarela - Largura de traço mínimo 8 mil e distância para pads/ilhas mínima 2,5 mil.					
Traços da simbologia distanciados a menos que 2,5 mil de Pads/ilhas são removidos.			Cores Branca e Preta - Largura de traço mínimo 5 mil e distância para pads/ilhas mínima 2,5 mil.					
ACABAMENTO SUPERFICIAL (*)			HAL (hot Air Leveling) Sn/Pb					
			OSP (Proteção Orgânica para Soldabilidade)					
			ENIG (Ouro químico)					
			Verniz Soldável					
ACABAMENTOS ADICIONAIS (*)			Carbono: A Largura e Isolação de traçado deve ser no mínimo de 15 mil					
Ouro Eletrolítico para Contatos : Flash de Ouro I atendimento ao requisito da norma IPC-6012 somente sob consulta)								
Peelable / Solder-out (máscara temporária): A distância mínima para pads/ilhas deve ser de 40 mil.								
LARGURA DE PISTA / ISOLAÇÃO ENTRE TRAÇÃO CONDUTOR (*) (entre pista/pista, pista/ilha, eilha/ilha tolerância $\pm 20\%$)								
			Camadas Externas	Camadas Internas				
4 mil (0,10 mm)			Cobre Final 1 Oz	Cobre Final 1/2 Oz				
6 mil (0,15 mm)			Cobre Final 2 Oz	Cobre Final 1 Oz				
8 mil (0,20 mm)			Cobre Final 3 Oz	Cobre Final 2 Oz				
DISTÂNCIA ENTRE TRAÇÃO CONDUTOR DE CAMADA INTERNA DE MULTILAYER E PAREDE DE FUROS (CLEARANCE)			Minimo 0,28 mm (11 mil)	para placas de até 8 camadas				
Minimo 0,33 mm (13 mil) para placas com mais de 8 camadas								
DISTÂNCIA ENTRE TRAÇÃO CONDUTOR INTERNO OU EXTERNO E CONTORNO RESADO OU PAREDE DE FURO NÃO-METALIZADO			Mínimo 0,23 mm (9 mil)					
As linhas de corte/contorno devem estar tangentes externamente à borda da placa.								
DISTÂNCIA ENTRE TRAÇÃO CONDUTOR E CENTRO DE VÍNCO			Mínimo 0,45mm (18 mils)					
LARGURA DE ANEL AO REDOR DE FUROS METALIZADOS (ILHA)			Mínimo 0,13 mm (5 mil)					
(Diâmetro da ilha deve ser 10 mil maior do que o diâmetro do furo)								
0,15 mm (6 mil) \pm 0,1 mm (4 mil) para PCIs FR4 de até 1,6 mm de espessura								
1,1 mm (43 mil) \pm 0,1 mm (4 mil) para placas MCPBC de 1,6 mm de espessura								
ESPESSURA DE COBRE NOS FUROS METALIZADOS			Mínimo 20 μ m					
BLIND E BURIED VIA			São produzidos sob avaliação técnica.					
Furos cegos e furos embutidos								
ASPECT RATIO			10:1					
Relação espessura da placa / Ø menor furo metalizado								
RASGOS / RECORTES INTERNOS			Largura mínima de rasgos metalizados: 0,4 mm \pm 0,1 mm					
Largura mínima de rasgos não metalizados: 0,5 mm \pm 0,1 mm								
DIMENSIONAL / CONTORNO FREASADO OU VINCADO			Tolerância $\pm 0,2$ mm					
DISTÂNCIA ENTRE PLACAS INTERLIGADAS COM "PICOTES" EM PAINEL			2,4 mm (menor espaçamento sob consulta)					
CASTELLATED HOLES			Menor diâmetro de furo na borda: 0,7 mm					
Furos realizados nas bordas do PCI ou bordas metalizadas			Devem possuir áreas na borda da peça com a finalidade de fixar a peça no painel de produção (picote)					
ALMA DE VÍNCO			Padrão: 0,4 mm \pm 0,2 mm (ou conforme especificação do cliente)					
Diâmetro remanescente entre os vinhos de faces opostas:			Para PCIs com espessura maior do que 0,8 mm					
CHANFROS DE BORDA EM CONECTORES DOURADOS			Todos os conectores de borda dourados são chanfrados, exceto se houver especificação claramente definida em contrário.					
Conectores de borda estanhados devem possuir especificação quanto ao chanfro								
REQUISITOS DE DESEMPENHO E ACEITABILIDADE (CONFORME IPC-6012 e IPC-A-600)			Classe 2, Classe 3 e Classe 3/A					
FORMATOS DOS ARQUIVOS ELETRÔNICOS DE LAYOUT			Gerber RS 274-X **					
** Gerber é o formato de arquivo eletrônico padrão universal utilizado para a fabricação de circuitos impressos, necessário para a preparação da documentação fabril em softwares de CAM, e pode ser gerado a partir de todo e qualquer programa de CAD.								
É recomendável que os arquivos Gerber sejam gerados no próprio computador com o programa de CAD que foi utilizado para elaboração do layout da PCI, ou invés de serem gerados pelo fabricante da PCI, evitando-se problemas resultantes de eventuais erros de interpretação dos arquivos e de diferenças de configuração entre os programas utilizados por ambos. Os arquivos Gerber também são mais seguros para compartilhamento via Internet, visto que não possuem as informações sobre o roteamento da placa. O formato RS 274-X oferece maior confiabilidade e agilidade para a fabricação da PCI.								
ATENDIMENTO A CARACTERÍSTICAS / ESPECIFICAÇÕES NÃO CONSTANTES DESTE DOCUMENTO, APENAS MEDIANTE ANÁLISE PRÉVIA DA ENGENHARIA.								
(*) AS ESPECIFICAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS INDICADAS COM UM ASTERISCO SÃO ESSENCIAIS PARA A ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTO.								

fonte: (49)

B.2 Parâmetros técnicos



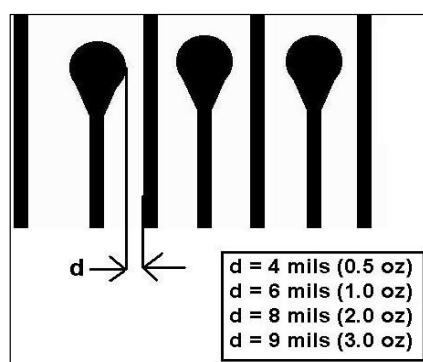
Figura 1 - Isolação entre pistas



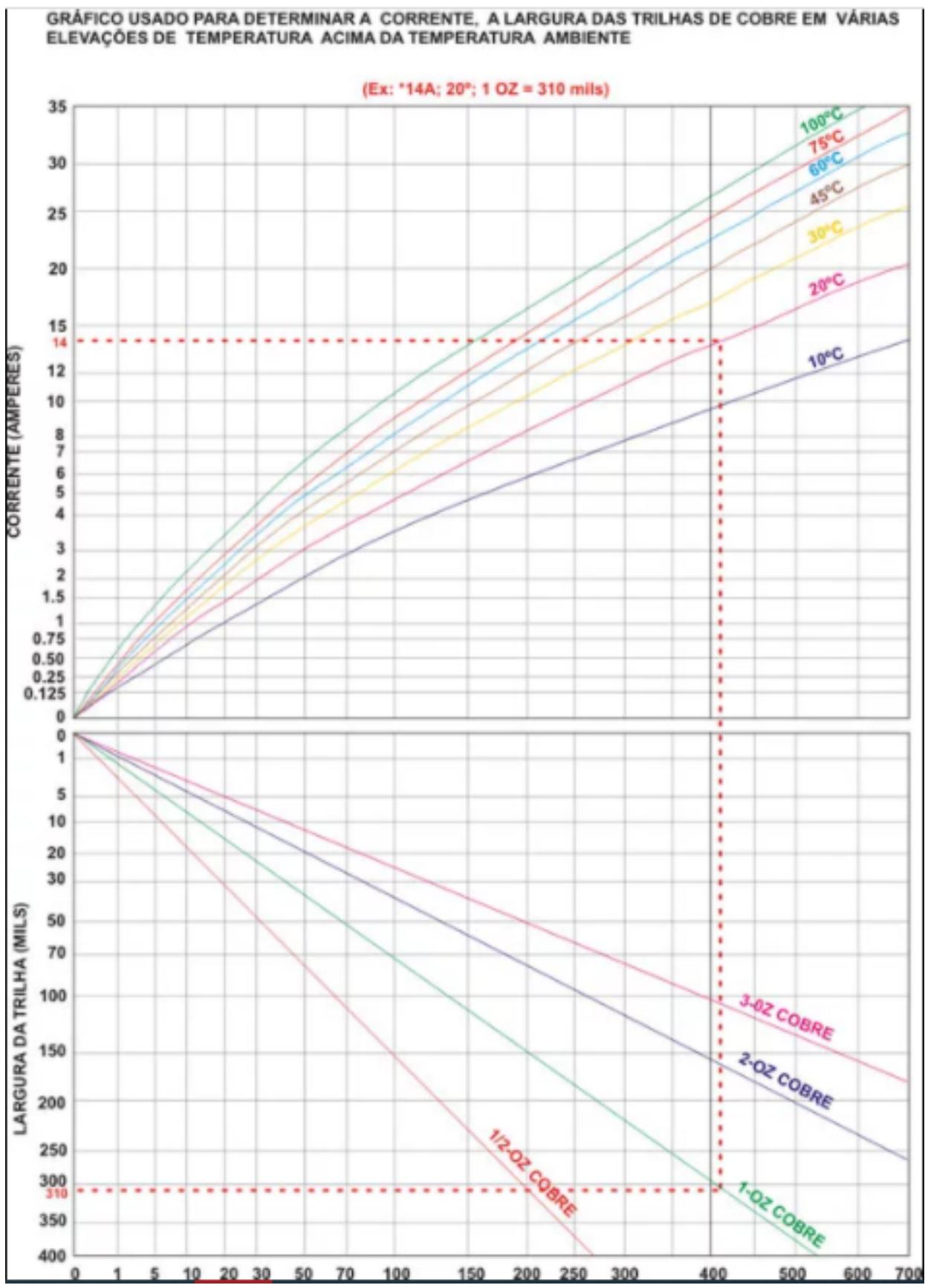
2.2 ISOLAÇÃO ENTRE ILHAS E PISTAS

As figuras 2, 3 e 4 demonstram diferentes circunstâncias para este parâmetro. Observar que vias cobertas com máscara de solda possuem o valor mínimo diferenciado.

Figura 2 - Isolação entre vias cobertas com máscara de solda e pistas



B.3 Espessura da trilha



fonte: (51)

ANEXO C – Parâmetro para definição das bitolas dos fios

Cable strand diameter (mm)	Cross-sectional area (mm ²)	Continuous current rating (A)	Example applications
9/0.30	0.6	5.75	Sidelights etc
14/0.25	0.7	6.0	Clock, radio
14/0.30	1.0	8.75	Ignition
28/0.30	2.0	17.5	Headlights, HRW
44/0.30	3.1	27.5	
65/0.30	4.6	35.0	Main supply
84/0.30	5.9	45.0	
97/0.30	6.9	50.0	Charging wires
120/0.30	8.5	60.0	
37/0.90	23.5	350.0	Starter supply
to		to	
61/0.90	39.0	700.0	

fonte: (20)