

Universidade de Brasília - UnB  
Faculdade UnB Gama - FGA  
Engenharia Automotiva

# **Bancada Ergonômica para Veículos Baja SAE**

Brasília: UnB  
2021



Caio César Curvelo Camilo, Matheus Avelino Freire

## **Bancada Ergonômica para Veículos Baja SAE**

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Prof. Dr. Mateus Rodrigues Miranda

Brasília: UnB

2021

---

Camilo, Caio César Curvelo; Freire, Matheus Avelino

Título da Monografia: Bancada Ergonômica para Veículos Baja SAE / Caio César Curvelo Camilo; Matheus Avelino Freire. Brasília: UnB, 2021. 265 p. : il. ; 30 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília Faculdade do Gama, Brasília, 2020. Orientação: Mateus Rodrigues Miranda.

1. Validação ergonômica. 2. Baja SAE. I. Prof. Dr. Mateus Rodrigues Miranda. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Bancada Ergonômica para Veículos Baja SAE

CDU Classificação

---



## BANCADA ERGONÔMICA PARA VEÍCULOS BAJA SAE

**Caio César Curvelo Camilo**  
**Matheus Avelino Freire**

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Automotiva da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em x/05/2021 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

---

Orientador: Prof. Dr. Mateus Rodrigues Miranda,  
UnB/FGA

---

Prof. MSc. Eneida González Valdés, UnB/FGA

---

Prof. MSc. Saleh Barbosa Khalil, UnB/FGA

Brasília, DF  
2021

# Resumo

O trabalho realizado faz uma abordagem dos problemas ergonômicos encontrados no âmbito do projeto do habitáculo dos veículos Baja SAE da equipe UnBaja. Ao vivenciarmos problemas decorrentes das falhas de projeto, nós decidimos contextualizar normas e procedimentos de validação, estudar variáveis antropométricas e realizar análises de projetos ergonômicos antecessores. Buscou-se então, desenvolver uma ferramenta toda ajustável que possibilitará auxiliar os integrantes da equipe na construção dos *mock-ups* dos habitáculos dos futuros protótipos, assim podendo contribuir para o aperfeiçoamento do projeto, para o seu desenvolvimento e na busca por melhores resultados durante as futuras competições, às quais a UnBaja participará. Para a elaboração da ferramenta, foi feita uma interpretação das Normas SAE que regem o posicionamento dos ocupantes e equipamentos a serem utilizados dentro do habitáculo, juntamente com o Regulamento Baja SAE Brasil que determina as normas do *cockpit* de um veículo deste tipo. Embasado nestes documentos, foram criados procedimentos de análise para assim desenvolver um instrumento que atendesse aos requisitos levantados pela Equipe UnBaja. Por meio do auxílio de ferramentas ergonômicas contidas no software *CATIA V5 R21*, foi projetada uma bancada para validação, com base nas simulações computacionais realizadas, para comprovar sua versatilidade, funcionalidade e assim minimizar futuros problemas que podem surgir, prejudicando os resultados do projeto.

**Palavras-chaves:** validação ergonômica, baja SAE, bancada

# Agradecimentos

A Deus por nos fortalecer e dar-nos saúde e determinação para permitir que atinjamos nossos objetivos. Ao Prof. Dr. Mateus Rodrigues Miranda por ter nos orientado da melhor forma, sempre com muito saber, dedicação e solicitude. À Prof. MSc. Eneida González Valdés e ao Prof. MSc. Saleh Barbosa Khalil por se fazerem presentes e nos instruírem desde nossos primeiros passos neste curso. Aos nossos pais e irmãos que sempre foram companheiros e aspiraram por nosso sucesso. Ao nossos caros amigos Matheus Lucas Torres e Vitória Duarte Ferreira que sempre nos ajudaram, motivaram e estiveram ao nosso lado, mesmo nos momentos mais difíceis. E aos demais colegas de curso pelas vivências, conhecimentos e crescimentos compartilhados ao longo dessa trajetória.

# Abstract

The work carried out addresses the ergonomics problems encountered in the context of the UnBaja team's Baja SAE vehicle interior design. When experiencing problems resulting from design failures, we decided to contextualize validation rules and procedures, study anthropometric variables and perform analyzes of predecessor ergonomic designs. It was then sought to develop a fully adjustable tool that will make it possible to assist the team members in the construction of mock-ups of the cabinets of the future prototypes, thus being able to contribute to the improvement of the project, to its development and in the search for better results during the future competitions, in which UnBaja will participate. For the elaboration of the tool, an interpretation of the SAE Norms that govern the positioning of the occupants and equipment to be used inside the cabin was made, together with the Baja SAE Brasil Regulation that determines the cockpit standards of a vehicle of this type. Based on these documents, analysis procedures were created to develop an instrument that would meet the requirements raised by the UnBaja Team. Through the aid of ergonomic tools contained in the CATIA V5 R21 software, a bench was designed for validation, based on the computer simulations performed, to prove its versatility, functionality and thus minimize future problems that may arise, harming the results of the project.

**Key-words:** ergonomics validation, Baja SAE, ergonomics tool

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Medidas antropométricas de 3100 homens trabalhadores brasileiros. Fonte: (FERREIRA, 1988) . . . . .	26
Figura 2 – Principais variáveis a serem utilizadas em medidas de antropometria. Fonte: (IIDA, 2005). . . . .	27
Figura 3 – Cotas do assento. Fonte: (DESSAULT SYSTEMES, 2011) . . . . .	31
Figura 4 – Cotas do volante. Fonte: (DESSAULT SYSTEMES, 2011) . . . . .	32
Figura 5 – Cotas do pedal do acelerador. Fonte: (DESSAULT SYSTEMES, 2011) . . . . .	33
Figura 6 – Cotas do pedal de freio. Fonte: (DESSAULT SYSTEMES, 2011) . . . . .	34
Figura 7 – Exemplo da ferramenta Reach Envelope para um package aleatório. Fonte: Autores (2021). . . . .	35
Figura 8 – Exemplo do funcionamento do RULA Analysis em um package aleatório. Fonte: Autores (2021). . . . .	36
Figura 9 – Membros da gaiola de proteção. Fonte: RATBSB - Emenda 3 (2019). . . . .	44
Figura 10 – Limites da gaiola. Fonte: RATBSB - Emenda 3 (2019). . . . .	45
Figura 11 – Fixação superior do cinto. Fonte: RATBSB - Emenda 3 (2019). . . . .	48
Figura 12 – Fixação da tira inferior do cinto. Fonte: RATBSB - Emenda 3 (2019). . . . .	48
Figura 13 – Linha de centro do cinto. Fonte: RATBSB - Emenda 3 (2019). . . . .	49
Figura 14 – Fixação da tira inferior do cinto. Fonte: RATBSB - Emenda 3 (2019). . . . .	49
Figura 15 – Posicionamento incorreto da alça de fixação da tira inferior. Fonte: RATBSB - Emenda 3 (2019). . . . .	50
Figura 16 – Fixação da tira antissubmarina do cinto. Fonte: RATBSB - Emenda 3 (2019). . . . .	50
Figura 17 – Posicionamento do percentil feminino 1 mínimo. Fonte: Autores (2021). . . . .	56
Figura 18 – Posicionamento do percentil feminino 1 máximo. Fonte: Autores (2021). . . . .	57
Figura 19 – Posicionamento do percentil 99 masculino mínimo. Fonte: Autores (2021). . . . .	58
Figura 20 – Posicionamento do percentil 99 masculino máximo. Fonte: Autores (2021). . . . .	59
Figura 21 – Sobreposição dos manequins mínimos. Fonte: Autores (2020). . . . .	60
Figura 22 – Sobreposição dos manequins máximos. Fonte: Autores (2021). . . . .	61
Figura 23 – Diferentes regulagens de altura e profundidade do volante. Fonte: Autores (2021). . . . .	62
Figura 24 – Suporte do volante, assento e RRH, respectivamente. Fonte: Autores (2021). . . . .	63
Figura 25 – Trilhos da LFS. Fonte: Autores (2021). . . . .	63
Figura 26 – Encaixes e barras do plano da RRH. Fonte: Autores (2021). . . . .	64



Figura 27 – Encaixes de profundidade e altura dos pedais e volante, ângulo do volante e distância lateral dos pedais. Fonte: Autores (2020).	65
Figura 28 – Colunas FAB e encaixe de suporte do botão de emergência. Fonte: Autores (2020).	65
Figura 29 – Colunas FAB, encaixe de regulagem lateral, membros frontais e traseiros da SIM. Fonte: Autores (2021).	66
Figura 30 – ASB para fixação inferior dos cintos e regulagem de altura do assento. Fonte: Autores (2021).	67
Figura 31 – SHC e regulagens de altura e profundidade do encosto de cabeça. Fonte: Autores (2021).	67
Figura 32 – RHO com ajuste de ângulo e encaixes laterais superiores. Fonte: Autores (2021).	68
Figura 33 – Estrutura responsável por criar o ângulo de rack e pedais. Fonte: Autores (2021).	68
Figura 34 – Barras para simular o travamento da direção. Fonte: Autores (2021).	69
Figura 35 – Sobreposição das estruturas dos protótipos de 2017, 2018 e 2019. Fonte: Autores (2021).	70
Figura 36 – Package do UnB4. Fonte: Autores (2021).	71
Figura 37 – Package do UnB5. Fonte: Autores (2021).	73
Figura 38 – Ajuste das regulagens da bancada para o package do UnB4. Fonte: Autores (2021).	75
Figura 39 – Análise RULA do UnB4 do percentil 1 feminino. Fonte: Autores (2021).	75
Figura 40 – Análise de alcances do UnB4 do percentil 1 feminino. Fonte: Autores (2021).	76
Figura 41 – Análise RULA do UnB4 do percentil 99 masculino. Fonte: Autores (2021).	76
Figura 42 – Análise de alcances do UnB4 do percentil 99 masculino. Fonte: Autores (2021).	77
Figura 43 – Análise RULA do UnB4 do percentil de referência. Fonte: Autores (2021).	77
Figura 44 – Análise de alcances do UnB4 do percentil de referência. Fonte: Autores (2021).	78
Figura 45 – Ajuste das regulagens da bancada para o package do UnB5. Fonte: Autores (2021).	79
Figura 46 – Análise RULA do UnB5 do percentil 1 feminino. Fonte: Autores (2021).	79
Figura 47 – Análise de alcances do UnB5 do percentil 1 feminino. Fonte: Autores (2021).	80
Figura 48 – Análise RULA do UnB5 do percentil 99 masculino. Fonte: Autores (2021).	80
Figura 49 – Análise de alcances do UnB5 do percentil 99 masculino. Fonte: Autores (2021).	81
Figura 50 – Análise RULA do UnB5 do percentil de referência. Fonte: Autores (2021).	81

Figura 51 – Análise de alcances do UnB5 do percentil de referência. Fonte: Autores (2021).	82
Figura 52 – Elementos principais de limitação do campo de visão. Fonte: Autores (2021).	83
Figura 53 – Sobreposição da bancada com gaiola de proteção. Fonte: Autores (2021).	83
Figura 54 – Vista frontal da bancada primeira versão. Fonte: Autores (2021).	84
Figura 55 – Vista traseira da bancada primeira versão. Fonte: Autores (2021).	85
Figura 56 – Resultado da qualidade de malha. Fonte: Autores (2021).	86
Figura 57 – Condições de contorno. Fonte: Autores (2021).	87
Figura 58 – Tensão máxima 40x40. Fonte: Autores (2021).	88
Figura 59 – Tensão máxima 50x50. Fonte: Autores (2021).	88
Figura 60 – Fator de segurança 40x40. Fonte: Autores (2021).	88
Figura 61 – Fator de segurança 50x50. Fonte: Autores (2021).	89
Figura 62 – Mecanismo de rotação da RRH . Fonte: Autores (2021).	90
Figura 63 – Mecanismo de aperto da RHO. Fonte: Autores (2021).	91
Figura 64 – Sistema de botão recartilhado e porca. Fonte: Autores (2021).	93
Figura 65 – Mecanismo de aperto do ângulo de rack. Fonte: Autores (2021).	93
Figura 66 – Antes e depois da RRH. Fonte: Autores (2021).	94
Figura 67 – CAD da base do banco. Fonte: Autores (2021).	95
Figura 68 – CAD encosto do banco. Fonte: Autores (2021).	96
Figura 69 – CAD chapa dianteira com mecanismo. Fonte: Autores (2021).	96
Figura 70 – CAD chapa traseira com guias. Fonte: Autores (2021).	97
Figura 71 – Vista frontal bancada oficial segunda versão. Fonte: Autores (2021).	98
Figura 72 – Vista traseira bancada oficial segunda versão. Fonte: Autores (2021).	98
Figura 73 – Capa dos 3 manuais. Fonte: Autores (2021).	105
Figura 74 – Análise de experiência. Fonte: Autores (2021).	110
Figura 75 – Análise do assento . Fonte: Autores (2021).	111
Figura 76 – Análise do assento . Fonte: Autores (2021).	112
Figura 77 – Desenho técnico do conjunto montado. Fonte: Autores (2021).	119
Figura 78 – Desenho técnico do conjunto explodido. Fonte: Autores (2021).	120
Figura 79 – Desenho técnico 0000E40. Fonte: Autores (2021).	121
Figura 80 – Desenho técnico 0000E50. Fonte: Autores (2021).	122
Figura 81 – Desenho técnico CC00. Fonte: Autores (2021).	123
Figura 82 – Desenho técnico da CA0. Fonte: Autores (2021).	124
Figura 83 – Desenho técnico CA0F. Fonte: Autores (2021).	125
Figura 84 – Desenho técnico da 0000E40F. Fonte: Autores (2021).	126
Figura 85 – Desenho técnico da 0000E50F. Fonte: Autores (2021).	127
Figura 86 – Desenho técnico da fixação 1. Fonte: Autores (2021).	128
Figura 87 – Desenho técnico da RM. Fonte: Autores (2021).	129

Figura 88 – Desenho técnico da CE01. Fonte: Autores (2021). . . . .	130
Figura 89 – Desenho técnico CE02. Fonte: Autores (2021). . . . .	131
Figura 90 – Desenho técnico CE03. Fonte: Autores (2021). . . . .	132
Figura 91 – Desenho técnico CE04. Fonte: Autores (2021). . . . .	133
Figura 92 – Desenho técnico CE05. Fonte: Autores (2021). . . . .	134
Figura 93 – Desenho técnico CE06. Fonte: Autores (2021). . . . .	135
Figura 94 – Desenho técnico CE07. Fonte: Autores (2021). . . . .	136
Figura 95 – Desenho técnico CE08. Fonte: Autores (2021). . . . .	137
Figura 96 – Desenho técnico CE09. Fonte: Autores (2021). . . . .	138
Figura 97 – Desenho técnico CE11. Fonte: Autores (2021). . . . .	139
Figura 98 – Desenho técnico CE12. Fonte: Autores (2021). . . . .	140
Figura 99 – Desenho técnico CE13. Fonte: Autores (2021). . . . .	141
Figura 100 – Desenho técnico da CE14. Fonte: Autores (2021). . . . .	142
Figura 101 – Desenho técnico da CE15. Fonte: Autores (2021). . . . .	143
Figura 102 – Desenho técnico da CE16. Fonte: Autores (2021). . . . .	144
Figura 103 – Desenho técnico da CE17. Fonte: Autores (2021). . . . .	145
Figura 104 – Desenho técnico da CE18. Fonte: Autores (2021). . . . .	146
Figura 105 – Desenho técnico da CE19. Fonte: Autores (2021). . . . .	147
Figura 106 – Desenho técnico da CE20. Fonte: Autores (2021). . . . .	148
Figura 107 – Desenho técnico da CE35. Fonte: Autores (2021). . . . .	149
Figura 108 – Desenho técnico da CE22. Fonte: Autores (2021). . . . .	150
Figura 109 – Desenho técnico da CE23. Fonte: Autores (2021). . . . .	151
Figura 110 – Desenho técnico da fixação 2. Fonte: Autores (2021). . . . .	152
Figura 111 – Desenho técnico da CE25. Fonte: Autores (2021). . . . .	153
Figura 112 – Desenho técnico da CE26. Fonte: Autores (2021). . . . .	154
Figura 113 – Desenho técnico da CE27. Fonte: Autores (2021). . . . .	155
Figura 114 – Desenho técnico da CE28. Fonte: Autores (2021). . . . .	156
Figura 115 – Desenho técnico da CE29. Fonte: Autores (2021). . . . .	157
Figura 116 – Desenho técnico da CE30. Fonte: Autores (2021). . . . .	158
Figura 117 – Desenho técnico da CE31. Fonte: Autores (2021). . . . .	159
Figura 118 – Desenho técnico da CE32. Fonte: Autores (2021). . . . .	160
Figura 119 – Desenho técnico da CE34. Fonte: Autores (2021). . . . .	161
Figura 120 – Questionário subjetivo de simulação ergonômica em um veículo Baja SAE p.1. Fonte: Autores (2021). . . . .	164
Figura 121 – Questionário subjetivo de simulação ergonômica em um veículo Baja SAE p.2. Fonte: Autores (2021). . . . .	165
Figura 122 – Questionário subjetivo de simulação ergonômica em um veículo Baja SAE p.3. Fonte: Autores (2021). . . . .	166

Figura 123 – Questionário subjetivo de simulação ergonômica em um veículo Baja SAE p.4. Fonte: Autores (2021). . . . .	167
Figura 124 – Questionário subjetivo de simulação ergonômica em um veículo Baja SAE p.5. Fonte: Autores (2021). . . . .	168
Figura 125 – Questionário subjetivo de simulação ergonômica em um veículo Baja SAE p.6. Fonte: Autores (2021). . . . .	169
Figura 126 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido p.1. Fonte: Autores (2021).	171
Figura 127 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido p.2. Fonte: Autores (2021).	172
Figura 128 – Questionário para experimentação da ergonomia por pilotos de Baja SAE p.1. Fonte: Autores (2021). . . . .	174
Figura 129 – Questionário para experimentação da ergonomia por pilotos de Baja SAE p.2. Fonte: Autores (2021). . . . .	175
Figura 130 – Questionário para experimentação da ergonomia por pilotos de Baja SAE p.3. Fonte: Autores (2021). . . . .	176
Figura 131 – Questionário para experimentação da ergonomia por pilotos de Baja SAE p.4. Fonte: Autores (2021). . . . .	177
Figura 132 – Questionário para experimentação da ergonomia por pilotos de Baja SAE p.5. Fonte: Autores (2021). . . . .	178
Figura 133 – Resultados do Questionário p.1. Fonte: Autores (2021). . . . .	179
Figura 134 – Resultados do Questionário p.2. Fonte: Autores (2021). . . . .	180
Figura 135 – Resultados do Questionário p.3. Fonte: Autores (2021). . . . .	181
Figura 136 – Resultados do Questionário p.4. Fonte: Autores (2021). . . . .	182
Figura 137 – Resultados do Questionário p.5. Fonte: Autores (2021). . . . .	183
Figura 138 – Resultados do Questionário p.6. Fonte: Autores (2021). . . . .	184
Figura 139 – Resultados do Questionário p.7. Fonte: Autores (2021). . . . .	185
Figura 140 – Resultados do Questionário p.8. Fonte: Autores (2021). . . . .	186
Figura 141 – Manual de Fabricação p.1. Fonte: Autores (2021). . . . .	188
Figura 142 – Manual de Fabricação p.2. Fonte: Autores (2021). . . . .	189
Figura 143 – Manual de Fabricação p.3. Fonte: Autores (2021). . . . .	190
Figura 144 – Manual de Fabricação p.4. Fonte: Autores (2021). . . . .	191
Figura 145 – Manual de Fabricação p.5. Fonte: Autores (2021). . . . .	192
Figura 146 – Manual de Fabricação p.6. Fonte: Autores (2021). . . . .	193
Figura 147 – Manual de Fabricação p.7. Fonte: Autores (2021). . . . .	194
Figura 148 – Manual de Fabricação p.8. Fonte: Autores (2021). . . . .	195
Figura 149 – Manual de Fabricação p.9. Fonte: Autores (2021). . . . .	196
Figura 150 – Manual de Fabricação p.10. Fonte: Autores (2021). . . . .	197
Figura 151 – Manual de Fabricação p.11. Fonte: Autores (2021). . . . .	198
Figura 152 – Manual de Fabricação p.12. Fonte: Autores (2021). . . . .	199
Figura 153 – Manual de Fabricação p.13. Fonte: Autores (2021). . . . .	200

Figura 154 – Manual de Fabricação p.14. Fonte: Autores (2021).	201
Figura 155 – Manual de Fabricação p.15. Fonte: Autores (2021).	202
Figura 156 – Manual de Fabricação p.16. Fonte: Autores (2021).	203
Figura 157 – Manual de Fabricação p.17. Fonte: Autores (2021).	204
Figura 158 – Manual de montagem p.1. Fonte: Autores (2021).	206
Figura 159 – Manual de Montagem p.2. Fonte: Autores (2021).	207
Figura 160 – Manual de montagem p.3. Fonte: Autores (2021).	208
Figura 161 – Manual de montagem p.4. Fonte: Autores (2021).	209
Figura 162 – Manual de montagem p.5. Fonte: Autores (2021).	210
Figura 163 – Manual de montagem p.6. Fonte: Autores (2021).	211
Figura 164 – Manual de montagem p.7. Fonte: Autores (2021).	212
Figura 165 – Manual de montagem p.8. Fonte: Autores (2021).	213
Figura 166 – Manual de montagem p.9. Fonte: Autores (2021).	214
Figura 167 – Manual de montagem p.10. Fonte: Autores (2021).	215
Figura 168 – Manual de montagem p.11. Fonte: Autores (2021).	216
Figura 169 – Manual de montagem p.12. Fonte: Autores (2021).	217
Figura 170 – Manual de montagem p.13. Fonte: Autores (2021).	218
Figura 171 – Manual de montagem p.14. Fonte: Autores (2021).	219
Figura 172 – Manual de montagem p.15. Fonte: Autores (2021).	220
Figura 173 – Manual de montagem p.16. Fonte: Autores (2021).	221
Figura 174 – Manual de montagem p.17. Fonte: Autores (2021).	222
Figura 175 – Manual de montagem p.18. Fonte: Autores (2021).	223
Figura 176 – Manual de montagem p.19. Fonte: Autores (2021).	224
Figura 177 – Manual de montagem p.20. Fonte: Autores (2021).	225
Figura 178 – Manual de montagem p.20. Fonte: Autores (2021).	226
Figura 179 – Manual de montagem p.21. Fonte: Autores (2021).	227
Figura 180 – Manual de montagem p.22. Fonte: Autores (2021).	228
Figura 181 – Manual de montagem p.23. Fonte: Autores (2021).	229
Figura 182 – Manual de montagem p.24. Fonte: Autores (2021).	230
Figura 183 – Manual de montagem p.25. Fonte: Autores (2021).	231
Figura 184 – Manual de montagem p.26. Fonte: Autores (2021).	232
Figura 185 – Manual de montagem p.27. Fonte: Autores (2021).	233
Figura 186 – Manual de montagem p.28. Fonte: Autores (2021).	234
Figura 187 – Manual de montagem p.29. Fonte: Autores (2021).	235
Figura 188 – Manual de montagem p.30. Fonte: Autores (2021).	236
Figura 189 – Manual de utilização p.01. Fonte: Autores (2021).	238
Figura 190 – Manual de utilização p.02. Fonte: Autores (2021).	239
Figura 191 – Manual de utilização p.03. Fonte: Autores (2021).	240
Figura 192 – Manual de utilização p.04. Fonte: Autores (2021).	241

Figura 193 – Manual de utilização p.05. Fonte: Autores (2021).	242
Figura 194 – Manual de utilização p.06. Fonte: Autores (2021).	243
Figura 195 – Manual de utilização p.07. Fonte: Autores (2021).	244
Figura 196 – Manual de utilização p.08. Fonte: Autores (2021).	245
Figura 197 – Manual de utilização p.09. Fonte: Autores (2021).	246
Figura 198 – Manual de utilização p.10. Fonte: Autores (2021).	247
Figura 199 – Manual de utilização p.11. Fonte: Autores (2021).	248
Figura 200 – Manual de utilização p.12. Fonte: Autores (2021).	249
Figura 201 – Manual de utilização p.13. Fonte: Autores (2021).	250
Figura 202 – Manual de utilização p.14. Fonte: Autores (2021).	251
Figura 203 – Aplicação do package do Human Builder na bancada para validação física. Fonte: Autores (2021).	253
Figura 204 – Medição na bancada, criação do package no Human Builder. Fonte: Autores (2021).	254
Figura 205 – Planilha da Inspeção Técnica e de Segurança. Página 1. Fonte: SAE BRASIL (2016).	257
Figura 206 – Planilha da Inspeção Técnica e de Segurança. Página 2. Fonte: SAE BRASIL (2016).	258
Figura 207 – Planilha da Inspeção Técnica e de Segurança. Página 3. Fonte: SAE BRASIL (2016).	259
Figura 208 – Planilha da Inspeção Técnica e de Segurança. Página 4. Fonte: SAE BRASIL (2016).	260
Figura 209 – Planilha da Inspeção Técnica e de Segurança. Página 5. Fonte: SAE BRASIL (2016).	261
Figura 210 – Planilha da Inspeção Técnica e de Segurança. Página 6. Fonte: SAE BRASIL (2016).	262
Figura 211 – Planilha da Inspeção Técnica e de Segurança. Página 7. Fonte: SAE BRASIL (2016).	263
Figura 212 – Planilha da Inspeção Técnica e de Segurança. Página 8. Fonte: SAE BRASIL (2016).	264
Figura 213 – Planilha da Inspeção Técnica e de Segurança. Página 9. Fonte: SAE BRASIL (2016).	265

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Principais medidas de uma pessoa do percentil 1 feminino, sentada. Fonte: (DREYFUSS H. ; TILLEY, 2001) . . . . .	28
Tabela 2 – Principais medidas de um indivíduo do percentil 99 masculino, sentado. Fonte: (DREYFUSS H. ; TILLEY, 2001) . . . . .	28
Tabela 3 – Posicionamento do percentil feminino 1 mínimo. Fonte: Autores (2021).	56
Tabela 4 – Dimensões das cotas aplicadas ao percentil feminino 1 máximo. Fonte: Autores (2021). . . . .	57
Tabela 5 – Dimensões das cotas aplicadas ao percentil 99 masculino mínimo. Fonte: Autores (2021). . . . .	58
Tabela 6 – Dimensões das cotas aplicadas ao percentil 99 masculino máximo. Fonte: Autores (2021). . . . .	59
Tabela 7 – Coordenadas dos pontos relacionados aos pedais de aceleração e frenagem. Fonte: Autores (2021). . . . .	60
Tabela 8 – Faixa de atuação de cada componente. Fonte: Autores (2021). . . . .	61
Tabela 9 – Cotas do package do UnB4. Fonte: Autores (2021). . . . .	71
Tabela 10 – Cotas do package do UnB4. Fonte: Autores (2021). . . . .	72
Tabela 11 – Características de malha. Fonte: Autores (2021). . . . .	86
Tabela 12 – Tabela de Lista de materiais para fabricação. Fonte: Autores (2021). .	100
Tabela 13 – Planilha de custos. Fonte: Autores (2021). . . . .	162

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>19</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>19</b>
1.1.1	Objetivo geral	19
1.1.2	Objetivo específico	19
<b>1.2</b>	<b>Motivação</b>	<b>20</b>
<b>1.3</b>	<b>Justificativa</b>	<b>21</b>
<b>1.4</b>	<b>Aspectos metodológicos</b>	<b>21</b>
<b>1.5</b>	<b>Organização do documento</b>	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>23</b>
<b>2.1</b>	<b>Ergonomia do produto automotivo</b>	<b>23</b>
2.1.1	Definição de ergonomia	24
2.1.2	Objetivos da ergonomia	24
2.1.3	Antropometria	25
2.1.4	Tabelas antropométricas	25
2.1.5	Percentis	27
<b>2.2</b>	<b>Package Automotivo</b>	<b>28</b>
2.2.1	Package do ocupante do veículo	29
2.2.2	O papel do ocupante no package automotivo	29
2.2.3	Desenvolvimento do package automotivo	30
2.2.3.1	Desenvolvimento inicial seguindo as Normas SAE e BAJA SAE Brasil	30
2.2.3.2	Definição das variáveis que compõe o package de um BAJA SAE	31
2.2.3.3	Desenvolvimento virtual	34
2.2.3.4	Avaliação do package	35
2.2.3.5	Elaboração de um mock-up de teste	36
2.2.3.6	Validação da utilização da bancada por meio do mock-up	36
<b>2.3</b>	<b>O uso atribuído ao veículo baja SAE</b>	<b>37</b>
2.3.1	A construção	37
2.3.2	A competição	38
2.3.2.1	Inspeção técnica	38
2.3.2.2	Provas práticas	39
2.3.3	Componentes do habitáculo	40
2.3.3.1	Assento	40
2.3.3.2	Pedais	41
2.3.3.3	Volante	42



2.3.3.4	Periféricos . . . . .	42
2.3.3.5	Mostradores . . . . .	43
2.3.4	Requisitos de segurança e gaiola de proteção . . . . .	43
2.3.4.1	Espaço livre do capacete . . . . .	45
2.3.4.2	Espaço livre do corpo . . . . .	45
2.3.4.3	Requisitos da gaiola de proteção . . . . .	46
2.3.4.4	Extintor . . . . .	46
2.3.5	Equipamento de segurança do piloto e assento . . . . .	47
2.3.5.1	Fixação do cinto de cinco pontos . . . . .	47
2.3.5.2	Restritores de braço . . . . .	51
2.3.5.3	Encosto de cabeça . . . . .	51
2.3.5.4	Assento e sua fixação . . . . .	52
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA . . . . .</b>	<b>53</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS . . . . .</b>	<b>55</b>
<b>4.1</b>	<b>Resultados preliminares . . . . .</b>	<b>55</b>
4.1.1	Elaboração do package automotivo para o percentil 1 feminino . . . . .	56
4.1.2	Elaboração do package automotivo para o percentil 99 masculino . . . . .	58
4.1.3	Avaliação das possibilidades de package para os percentis 1 e 99 . . . . .	59
<b>4.2</b>	<b>Desenvolvimento virtual da bancada ergonômica . . . . .</b>	<b>61</b>
<b>4.3</b>	<b>Packages para validação da bancada ergonômica no CATIA . . . . .</b>	<b>69</b>
<b>4.4</b>	<b>Validação da bancada por meio dos procedimentos de análise . . . . .</b>	<b>73</b>
4.4.1	Análises RULA, de alcance e de possíveis restrições impostas ao piloto . . . . .	73
4.4.1.1	Análises do UnB4 . . . . .	74
4.4.1.1.1	Percentil 1 feminino . . . . .	74
4.4.1.1.2	Percentil 99 masculino . . . . .	76
4.4.1.1.3	Percentil de referência . . . . .	77
4.4.1.2	Análises do UnB5 . . . . .	78
4.4.1.2.1	Percentil 1 feminino . . . . .	78
4.4.1.2.2	Percentil 99 masculino . . . . .	79
4.4.1.2.3	Percentil de referência . . . . .	80
4.4.2	Análise da visão interna por meio da bancada . . . . .	82
<b>4.5</b>	<b>Primeira versão do modelo . . . . .</b>	<b>84</b>
<b>4.6</b>	<b>Validação da resistência mecânica dos componentes . . . . .</b>	<b>85</b>
4.6.1	Malha . . . . .	86
4.6.2	Condições de contorno . . . . .	87
4.6.3	Tensões e Fator de Segurança . . . . .	87
<b>4.7</b>	<b>Definições estruturais da bancadas . . . . .</b>	<b>89</b>
4.7.1	Mecanismos de rotação, translação e suas restrições . . . . .	89

4.7.1.1	Regulagens de rotação . . . . .	90
4.7.1.1.1	Rotações livres . . . . .	90
4.7.1.1.2	Rotações restritivas . . . . .	90
4.7.1.2	Regulagens de translação . . . . .	91
4.7.1.3	Aperto seguido de apoio . . . . .	93
4.7.2	Elementos determinantes do plano da RRH e SHC . . . . .	93
4.7.3	Regulagem de altura e encosto do banco . . . . .	94
4.7.4	Chapas de apoio . . . . .	96
4.7.5	Limites de segurança . . . . .	97
<b>4.8</b>	<b>Segunda versão do modelo . . . . .</b>	<b>97</b>
4.8.1	Desenhos técnicos . . . . .	99
<b>4.9</b>	<b>Para a implementação . . . . .</b>	<b>99</b>
4.9.1	Materiais necessários . . . . .	100
4.9.2	Custos estimados . . . . .	100
4.9.3	Fabricação . . . . .	100
4.9.3.1	Medição . . . . .	101
4.9.3.2	Cortes de metalons . . . . .	102
4.9.3.3	Cortes de chapas . . . . .	102
4.9.3.4	Furação e acabamento . . . . .	102
4.9.3.5	Soldagem . . . . .	103
4.9.3.6	Soldagem de tubos e recorte de chapas . . . . .	104
4.9.3.7	Soldagem de porcas . . . . .	104
4.9.3.8	Colagem dos redutores de metalon . . . . .	104
4.9.4	Manuais de instrução . . . . .	105
4.9.4.1	Guia de fabricação . . . . .	106
4.9.4.2	Manual de montagem . . . . .	106
4.9.4.3	Manual de utilização . . . . .	107
<b>4.10</b>	<b>Avaliação ergonômica . . . . .</b>	<b>107</b>
4.10.1	Planilha de conversão . . . . .	108
4.10.2	Validação física . . . . .	108
4.10.3	Experimentação da ergonomia por pilotos de Baja SAE . . . . .	109
<b>4.11</b>	<b>Trabalhos futuros . . . . .</b>	<b>113</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>114</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>115</b>

<b>APÊNDICES</b>	<b>117</b>
APÊNDICE A – DESENHOS TÉCNICOS . . . . .	118
APÊNDICE B – PLANILHA DE CUSTOS . . . . .	162
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE VALIDAÇÃO . . . . .	163
APÊNDICE D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ES- CLARECIDO (TCLE) . . . . .	170
APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO PARA EXPERIMENTAÇÃO DA ERGONOMIA POR PILOTOS DE BAJA SAE . . . . .	173
APÊNDICE F – RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIO . . . . .	179
APÊNDICE G – MANUAL DE FABRICAÇÃO . . . . .	187
APÊNDICE H – MANUAL DE MONTAGEM . . . . .	205
APÊNDICE I – MANUAL DE UTILIZAÇÃO . . . . .	237
APÊNDICE J – TABELA DE CONVERSÃO . . . . .	252
<b>ANEXOS</b>	<b>255</b>
ANEXO A – PLANILHA DE RECHECK . . . . .	256

# 1 Introdução

O desenvolvimento de um habitáculo exige muitos estudos, testes e análises para que prejuízos decorrentes de um mau projeto não se tornem presentes ou os seus passageiros sofram algum tipo de dano, portanto, a indústria a cada dia que passa, desenvolve novas maneiras de facilitar e melhorar a vida a bordo em seus produtos.

Como diz Cindy Medeiros (2004): *“O apelo visual do design externo destes veículos já não é mais o fator principal na aquisição; existe cada vez mais preocupação com o espaço interno e acomodação confortável e segura do condutor e passageiros, como também com aspectos relacionados à saúde daqueles que utilizam direto os veículos para trabalho”*.

Com o pensamento de cada vez mais melhorar os projetos ergonômicos, bem como da sua relevância para o público alvo é que este trabalho se fez necessário para auxiliar a Equipe UnBaja.

## 1.1 Objetivos

Os objetivos do trabalho foram seccionados em objetivo geral e objetivos específicos, sendo o primeiro o objetivo maior do projeto e o segundo objetivo os quais conduzirão o andamento do projeto ao resultado a ser obtido.

### 1.1.1 Objetivo geral

Projetar o conjunto e avaliar virtualmente as funcionalidades ergonômicas de uma bancada de validação para veículos do tipo Baja SAE, a qual atenda aos requisitos, normas e funções de uso necessárias e da qual as condições de fabricação e custos sejam compatíveis com a dos utilizadores.

### 1.1.2 Objetivo específico

A fim de traçar o caminho e contribuir para o alcance do objetivo geral, os seguintes objetivos específicos do projeto foram levantados, são:

- Levantar requisitos que devem ser cumpridos e variáveis que interferem nos resultados de uma boa ergonomia em veículos Baja SAE;

- Verificar as cotas correspondentes e as normas automotivas que regem o posicionamento do piloto no caso em questão;
- Listar componentes do veículo que interferem diretamente no espaço interno disponível, bem como sua importância e impacto nas escolhas;
- Desenvolver um método para realizar as análises computacionais e tornar possível a validação do posicionamento das faixas de percentil alvo no interior do habitáculo;
- Determinar as medidas a serem atingidas para construção da ferramenta ergonômica e projetar seus componentes;
- Realizar as validações virtuais das funcionalidades da ferramenta; e
- Propor a primeira versão do modelo da bancada ergonômica e componentes comerciais que serão utilizados.

## 1.2 Motivação

Durante aproximadamente três anos, os redatores deste documento, Caio Camilo e Matheus Freire, fizeram parte da equipe de Baja SAE da Universidade de Brasília - Faculdade do Gama, UnBaja. Por meio da imersão aos afazeres rotineiros da equipe, procedimentos, dificuldades e aprendizados, os estudantes observaram lacunas no desenvolvimento do projeto. Lacunas essas que por muito tempo existiram e que sempre foram resolvidas, entretanto, com soluções imediatas e que nem sempre se mostraram as mais adequadas. Resultados satisfatórios eram atingidos, porém, com embasamento raso. Como consequência, os membros da equipe se tornavam fadados a lidarem com os problemas decorrentes da mesma lacuna nos anos seguintes.

Por terem atuado nas áreas de estruturas e direção do protótipo, os estudantes facearam problemas para determinar a geometria do habitáculo, bem como sua integração com os demais componentes do veículo. Apresentar um bom resultado no conjunto final, sem que as escolhas adotadas viessem a ocasionar sobre-esforços ou desconforto por parte do condutor, era algo raro. Por repetidas vezes, foi possível listar parcialmente os problemas durante a fase de projeto. Parte deles permaneceram omissos diante da ausência de ferramentas para auxiliar os projetistas a visualizarem um resultado considerável ou possíveis problemas que poderiam surgir.

No ano de 2019, Caio Camilo pilotou o protótipo durante o evento Baja SAE Etapa Nordeste e teve a oportunidade, assim como o juiz da prova de conforto, de vivenciar na prática o resultado do último estudo ergonômico realizado, o qual se mostrou inconsistente e apontou inúmeras falhas visto a variedade de desconfortos e incômodos apontados por ambos após a condução.

Inúmeras variáveis são capazes de contribuir para que um habitáculo a ser construído seja inadequado, como por exemplo: os tamanhos, os ângulo e os pontos de conexão dos tubos; o posicionamento do assento; a distância e altura dos pedais, bem como mesmo para o volante; a fixação dos cintos; o posicionamento dos periféricos; o peso do conjunto; dentre outros. Sem mencionar que muitas dessas variáveis são opostas, isto é, ao aprimorar uma, perde-se em outra.

A questão é que mesmo tendo conhecimento de grande parte dessas variáveis, nem sempre foi possível realizar os ajustes de forma precisa a fim de mensurar suas características ou a qualidade do resultado. Tendo em mente essa dificuldade, a dupla resolveu desenvolver uma ferramenta que de alguma forma pudesse contribuir para a redução das dificuldades atreladas a um bom posicionamento e ajuste do posto de pilotagem para variados percentis. E para tal, considerar os principais equipamentos contidos no habitáculo, o cumprimento das normas exigidas e o menor desconforto possível do por parte do piloto.

### 1.3 Justificativa

Devido à dificuldade de se desenvolver um projeto ergonômico satisfatório para o protótipo Baja SAE, viu-se a necessidade da realização de um estudo aprofundado aliado ao desenvolvimento de uma ferramenta de aprimoramento ergonômico com o intuito de auxiliar no desenvolvimento da ergonomia do projeto da Equipe UnBaja.

### 1.4 Aspectos metodológicos

A metodologia utilizada para realização da pesquisa proposta é um estudo prático experimental o qual foi dividido em quatro etapas. Na primeira, foram definidos e elaborados os packages que determinam a amplitude de aplicação da bancada.

A segunda etapa, foi constituída do dimensionado dos elementos físicos do projeto. A terceira foi responsável por validar virtualmente todo o desenvolvimento e funcionalidades dos componentes elaborados durante a segunda etapa.

Por fim, foi na quarta e última etapa onde contextualizou-se os parâmetros referentes à etapa de fabricação, portanto, adotou-se uma cronologia específica a fim de atender as demandas e resultados de cada etapa

## 1.5 Organização do documento

A estrutura do documento foi dividida em cinco partes principais. A primeira aborda aspectos introdutórios, objetivos e motivadores para o desenvolvimento. A revisão bibliográfica, segunda, a qual fornece ao leitor todo o embasamento sobre os procedimentos adotados nas fases seguintes, aborda conceitos de ergonomia, antropometria, package automotivo; e, a fim de explicar o funcionamento e evidenciar os requisitos de um projeto Baja SAE; foram descritos o funcionamento das competições, divisão de áreas, normas e diretrizes que devem ser seguidas pelos estudantes envolvidos no projeto.

A terceira etapa, contextualiza os métodos empregados durante o desenvolvimento do projeto e sua cronologia. Os resultados, redigidos em sequência, ilustram todos os packages criados, elementos da bancada desenvolvidos via CAD e análises referentes às suas funcionalidades. Por fim, na quinta etapa, são feitas considerações sobre todo o desenvolvimento do projeto e os objetivos propostos, a fim de preparar o andamento do projeto para sua etapa subsequente, que é a fabricação.

Apêndices que contém informações, ilustrações e tabelas desenvolvidos pelos autores ao longo do trabalho estão localizados após a conclusão, assim como toda a referência utilizada para o embasamento deste trabalho.

## 2 Revisão Bibliográfica

Para melhor compreensão de todos os assuntos abordados, foi feita uma revisão bibliográfica sobre ergonomia e os elementos a ela relacionados, package automotivo, normas a serem consideradas, de forma específica para a aplicação neste trabalho, sobre o regulamento que rege os protótipos Baja SAE Brasil, o Regulamento Administrativo e Técnico BAJA SAE Brasil - Emenda 93 de 2019 ([SAE BRASIL, 2019](#)).

### 2.1 Ergonomia do produto automotivo

No século XX, nasce a Ergonomia como ciência ([IIDA, 2005](#)). Entretanto, ela já se encontra sendo aplicada no aprimoramento de ferramentas materiais para a utilização do homem desde as civilizações mais antigas. Esse ramo científico engloba a interação de três áreas distintas, sendo elas: a Psicologia que é direcionada aos aspectos psíquico e cognitivo, a Fisiologia que foca no funcionamento físico do corpo humano, e por fim a Engenharia com os princípios da física, que trata de processos de produção materiais.

*“Ao longo dos anos e com o avanço dos estudos outras ciências foram integradas aos projetos ergonômicos, como a Semiótica, a Antropologia e a Sociologia”* ([MIRANDA, 2014](#)).

No momento atual pode se dizer que a ciência ergonômica está ainda mais presente. Isso se dá ao fato de que o aspecto ergonômico chegou a um ponto de extrema relevância, pois está presente em muitos aspectos do dia a dia. Como por exemplo os produtos disponíveis no mercado, no ambiente de trabalho visando entregar ao funcionário as melhores condições para se trabalhar visando a produtividade e a saúde do funcionário, nos meios de transportes as empresas buscam proporcionar as melhores condições para os ocupantes.

*“Dentro do meio automotivo não é diferente. Visto que as pessoas aderem cada vez mais e passam boa parte do seu tempo diário dentro dos carros as fabricantes investem cada vez mais no estudo Ergonômico de seus produtos com o intuito de aumentar o conforto e a segurança e reduzir o estresse e os danos à saúde dos ocupantes dentro do habitáculo.”* ([MIRANDA, 2014](#)).



### 2.1.1 Definição de ergonomia

Com base em MORAES, A. e MONT'ALVÃO, C. (1998), “conceitua-se a Ergonomia como tecnologia projetual das comunicações entre homens e máquinas, trabalho e ambiente”. Esta definição melhor explica as áreas de atuação e o objetivo dos estudos ergonômicos.

De acordo com a Ergonomics Research Society (1949): “A Ergonomia busca através das ciências fisiológicas e psicológicas (Fisiologia, Neurofisiologia, Psicofisiologia, Psicologia, Psicopatologia, Biomecânica, Anatomia e Antropometria) explicar teoricamente com bases racionais e empíricas a adaptação do homem aos bens de consumo e de capital, meios e métodos de trabalho, planejamento, programação e controle de produção.”(apud MIRANDA, 2014).

Através da definição de MORAES e MONT'ALVÃO e o complemento de MIRANDA, compreende-se que Ergonomia visa estudar formas de reduzir os impactos na saúde causados por todos os tipos de atividades realizadas pelo ser humano. Levando em consideração a interação de diversas áreas da ciência humana.

### 2.1.2 Objetivos da ergonomia

O estudo ergonômico objetiva transformar a atividade e o ambiente de trabalho o menos nocivo ao ser humano. Fazendo com que o meio se adapte às necessidades do homem. O objetivo da Ergonomia é adaptar o trabalho à variabilidade do homem e do processo (IIDA, 2005).

Com isso a eficiência se torna uma consequência e não uma prioridade. Quando a eficiência se torna uma prioridade os riscos e os danos ao bem estar do trabalhador aumentam consideravelmente o que para a Ergonomia se torna inaceitável.

Segundo a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO, 2000), o estudo da ergonomia objetiva: “A Ergonomia objetiva modificar os sistemas de trabalho para adequar a atividade nele existentes às características, habilidades e limitações das pessoas com vistas ao seu desempenho eficiente, confortável e seguro.”

Com base nesses objetivos é que a Ergonomia vem se transformando e integrando mais áreas da ciência em busca de evoluir e tornar cada dia melhor as atividades e o ambiente de trabalho para a humanidade.

### 2.1.3 Antropometria

“A palavra Antropometria vem do grego *Anthropos* e *metron* que significa homem e medida respectivamente” (IIDA, 2005). Visto que a Antropometria estuda as medidas do corpo humano, esta se mostra determinante no processo de desenvolvimento de projetos ergonômicos.

Essas medidas são fornecidas através de tabelas que de acordo com estudos realizados por diversos países se tem os valores para cada país que realizou seu estudo. Pois os valores variam de acordo com as populações de cada país. Isso deve-se pelas populações serem compostas por indivíduos com proporções diferentes em cada parte de seus corpos.

### 2.1.4 Tabelas antropométricas

Um bom projeto ergonômico deve ser iniciado pela análise do seu público alvo. É por isso que as tabelas antropométricas se fizeram necessárias, pois nelas estão contidos os comprimentos e angulações dos membros de todas as partes do corpo da população alvo do projeto.

As tabelas apresentam um número de medidas referentes às dimensões dos membros do corpo humano de acordo com seu posicionamento, conforme pode ser observado nas ilustrações da figura 2. Um exemplo de tabela antropométrica que lista esses parâmetros pode ser observada na figura 1. Nela pode-se encontrar as seguintes quantidades de medidas para cada parte do corpo:

- 9 do corpo em pé;
- 13 com o corpo sentado;
- 22 da mão;
- 3 do pé;
- 7 da cabeça.

Esses são os principais valores das medidas do corpo humano, e são justamente os que determinam não só o porte do indivíduo mas também o dimensionamento dos postos de trabalho os quais ele fará uso.

MEDIDA	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	P. 5	P. 50	P. 95
Peso	67,2	10,5	52,3	66,0	85,9
Estatura	169,9	6,6	159,5	170,0	181,0
Altura do nível dos olhos, sujeito em pé	159,4	6,6	149,0	159,5	170,0
Altura do ombro, sujeito em pé	141,1	6,0	131,5	141,0	151,0
Altura do cotovelo, sujeito em pé	104,4	4,9	96,5	104,5	112,0
Altura entrepernas	77,8	4,3	71,0	78,0	85,0
Altura da cabeça-assento	88,1	3,5	82,5	88,0	94,0
Altura do nível dos olhos-assento	77,5	3,4	72,0	77,5	83,0
Altura do ombro-assento	59,6	2,9	55,0	59,5	64,5
Altura da axila-assento	46,0	2,8	41,5	46,0	50,5
Altura do tórax-assento	42,6	2,7	38,0	42,5	47,0
Altura do cotovelo-assento	23,0	2,8	18,5	23,0	27,5
Altura das coxas-assento	14,9	1,6	12,0	15,0	18,0
Altura da cabeça, sujeito sentado	129,8	5,1	121,5	130,0	138,5
Altura nível dos olhos, sujeito sentado	119,3	5,1	111,0	119,0	128,0
Altura do ombro, sujeito sentado	101,3	4,5	94,0	101,0	109,0
Altura da axila, sujeito sentado	87,7	4,4	80,5	88,0	95,0
Altura do tórax, sujeito sentado	84,3	4,3	77,0	84,5	91,0
Altura do cotovelo, sujeito sentado	64,7	3,7	58,5	65,0	71,0
Altura das coxas, sujeito sentado	56,6	2,9	52,0	56,5	61,5
Altura dos joelhos, sujeito sentado	53,0	2,7	49,0	53,0	57,5
Altura popliteal, sujeito sentado	42,6	2,4	39,0	42,5	46,5
Profundidade do tórax, sujeito sentado	23,4	2,2	20,5	23,0	27,5
Profundidade do abdômen, sujeito sentado	24,4	3,3	20,0	24,0	30,5
Profundidade nádega-popliteal, sujeito sentado	47,8	2,9	43,5	48,0	53,0
Profundidade nádega-joelho, sujeito sentado	59,7	3,0	55,0	60,0	65,0
Alcance inferior máximo, sujeito em pé	62,7	3,7	56,5	62,5	69,0
Alcance frontal máximo, sujeito sentado	85,6	4,0	79,5	85,5	92,0
Alcance dos antebraços, sujeito sentado	55,4	3,3	50,0	55,5	61,0
Largura bideltóide, sujeito sentado	44,3	2,7	40,2	44,3	48,9
Largura do tórax entre axilas, sujeito sentado	29,7	2,3	26,2	29,5	33,9
Largura cotovelo a cotovelo, sujeito sentado	45,9	4,1	39,7	45,8	53,1
Largura do quadril, sujeito em pé	32,5	1,9	29,5	32,4	35,8
Largura do quadril, sujeito sentado	34,2	2,5	30,6	34,0	38,6
Largura do pé descalço, sujeito em pé	10,2	0,5	9,3	10,2	11,2
Comprimento vértice-nível dos olhos	10,5	1,1	9,0	10,5	12,5
Comprimento do membro superior	78,4	3,8	72,5	78,5	85,0
Comprimento do braço	36,7	2,1	33,5	36,5	40,5
Comprimento do pé descalço, sujeito em pé	25,9	1,2	23,9	25,9	28,0
Comprimento interarticular ombro-cotovelo	28,4	2,3	24,3	28,8	31,8
Comprimento interarticular cotovelo-pulso	25,3	1,6	22,9	25,3	28,3
Comprimento interarticular joelho-tornozelo	39,8	2,6	35,5	40,0	44,3
Força máxima de tração, membro superior	592,7	125,8	406,5	587,5	780,7
Força máxima de compressão, membro superior	493,7	124,7	311,3	483,1	714,7
Força máxima de compressão, membro inferior	1586,0	475,6	929,0	1521,3	2414,2

Figura 1 – Medidas antropométricas de 3100 homens trabalhadores brasileiros. Fonte: (FERREIRA, 1988)

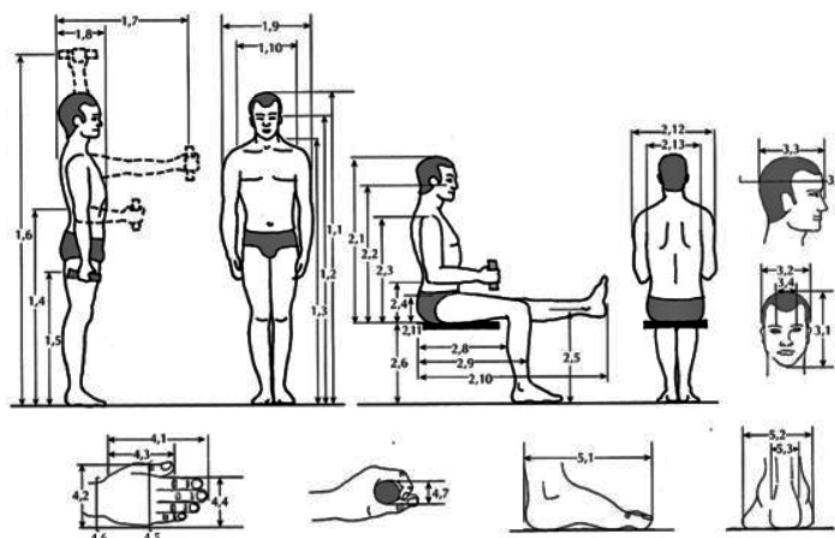


Figura 2 – Principais variáveis a serem utilizadas em medidas de antropometria. Fonte: (IIDA, 2005).

### 2.1.5 Percentis

Percentis correspondem às medidas que dividem uma determinada amostra em 100 partes. No caso da ergonomia, estes são utilizados para separar os perfis a serem analisados da população alvo do projeto.

*"Os resultados obtidos nas tabelas antropométricas são adotados durante a medida e o instrumento de medida usado em cada caso. Os resultados apresentados são divididos em percentis de 5%, 50% e 95% entre a população de homens e mulheres, dividido em faixas etárias, entre 3 a 65 anos de idade, a média para adultos é entre 16 e 65 anos."* (IIDA, 2005).

*"Para um projeto ergonômico não deve considerar valores médios dos percentis, e sim seus extremos 5% e 95%. Isso corresponde que  $x\%$  do levantamento antropométrico possui medidas inferiores ou iguais às desse percentil, 100 menos  $x\%$  das pessoas possuem medidas superiores às desse percentil. Sendo que o percentil 50 corresponde à mediana."* (MIRANDA, 2014).

Entretanto, alguns projetos ergonômicos optam por usar uma faixa abrangente ainda maior, a qual abrange desde o percentil 1 ao 99 para ambos os sexos. De uma pessoa situada no percentil 1 feminino, algumas das medidas que são consideradas para o projeto ergonômico são: estatura, altura do nível dos olhos, altura do ombro, alcance frontal máximo, profundidade das nádegas-popliteal, altura popliteal, largura cotovelo a cotovelo, onde todas, exceto estatura, são medidas com o indivíduo sentado, como disposto abaixo.

Tabela 1 – Principais medidas de uma pessoa do percentil 1 feminino, sentada. Fonte: (DREYFUSS H. ; TILLEY, 2001)

Medida	Dimensão (mm)
Estatura	1477,0
Altura do nível dos olhos	676,9
Altura do ombro	502,9
Alcance frontal máximo	716,3
Profundidade das nádegas-popliteal	429,3
Altura popliteal	365,8
Largura cotovelo a cotovelo	351,9

Para um homem do percentil 99, quando sentado, as mesmas medidas são consideradas, entretanto, estas são bem maiores, o que representa um aumento na dificuldade da execução de um projeto ergonômico que atenda a um maior número de pessoas.

Tabela 2 – Principais medidas de um indivíduo do percentil 99 masculino, sentado. Fonte: (DREYFUSS H. ; TILLEY, 2001)

Medida	Dimensão (mm)
Estatura	1920,9
Altura do nível dos olhos	876,6
Altura do ombro	673,4
Alcance frontal máximo	940,2
Profundidade das nádegas-popliteal	548,9
Altura popliteal	495,5
Largura cotovelo a cotovelo	526,0

## 2.2 Package Automotivo

O package automotivo é responsável por definir o posicionamento e os espaços correspondentes dos componentes do veículo. Como resultado, são determinadas as dimensões veiculares ideais considerando todos os parâmetros que interferem na utilização por parte do ocupante, podendo estes serem influenciados por, por exemplo: alcance, conforto, luminosidade, som, vibrações, visibilidade, esforços demandados, dentre outros.

*“O Package automotivo é a concepção e a organização do espaço veicular, direcionada aos ocupantes de um veículo, acomodando suas necessidades, limites físicos e conforto. Fatores como o tamanho do motor, peso, largura, altura, bagagem, número de passageiros o arranjo de seus assentos são direcionados. Conhecer todos os parâmetros mencionados garante estabelecer uma gama de dimensões dentro de uma categoria de veículo tipo e custos, assim o projetista tem a capacidade de desenvolver um veículo competitivo, confortável e adequado dentro de família de dimensões.”* (LENHARDT J.P.D. E ARAÚJO, 2017).

Como dito por MOHAMED Z. (2007) *“O Package automotivo dita como realmente o veículo deve ser projetado. Fornecendo todas as informações necessárias para que os designers de peças consigam com clareza e exatidão construir as peças adequadas ao veículo.”*

Ou seja, tem-se como um dos objetivos do package automotivo, refinar a ergonomia para produzir a melhor resposta de qualidade sensorial durante a condução do veículo e utilização de todos seus acessórios.

Na indústria, após a definição do package, evolui-se para a fase de sketch, onde será feita a criação do veículo com base na escolha do posicionamento dos componentes e, sendo tudo finalizado, algumas fabricantes optam por construir e representar o modelo de referência em escala real por meio de materiais moldáveis como soluções de argila com agentes químicos voltados para essa finalidade.

### 2.2.1 Package do ocupante do veículo

De forma direta, os alvos de posicionamento desta seção da área de projeto de package são os ocupantes do veículo. Estes variam de acordo com o tipo de veículo, podendo ser condutor ou passageiros, desde uma bicicleta para um ocupante, até um avião de voo comercial com capacidade de transporte de mais de cem ocupantes mais bagagem.

Neste trabalho, o package é caracterizado pela existência de um único ocupante, sendo este o piloto.

### 2.2.2 O papel do ocupante no package automotivo

Em veículos que o objetivo principal não é o transporte de recursos, o posicionamento do ocupante tende a ser, no package, a variável de maior importância, pois além de representar uma parte considerável do volume a ser disponibilizado para seu posicionamento - e massa a depender do tipo de projeto -, este deve considerar variáveis como conforto, intensidade luminosa, visibilidade, possíveis eventualidades que possam vir causar injúria nos ocupantes, dentre outras. Para isso, devem ser considerados inúmeros fatores que interferem na segurança dos ocupantes durante a condução e em caso de acidentes.

Há normas estabelecidas pela SAE que fornecem as diretrizes para o ajuste dos ocupantes no veículo. Como exemplo, podem ser citadas as normas SAE J826 (1995b), que diz respeito à dispositivos utilizados na definição e medição de acomodação dos assentos; a norma SAE J941, que orienta o posicionamento dos olhos dos ocupantes; a norma SAE J1050 (1994), que mede o campo de visão do condutor; a SAE J1052 (2005), que

determina o posicionamento da cabeça do condutor e passageiro; a SAE J287 (1988), que define a capacidade de alcance das mãos do motorista; e, por fim, a SAE J1100 (1995a), que estabelece as diretrizes para dimensionamentos de veículos motorizados.

No caso do veículo do tipo mini Baja SAE, essas normas podem ser adaptadas, a fim de aprimorar os resultados obtidos no projeto, mas devem, obrigatoriamente, ser atendidos os requisitos determinados no regulamento próprio da competição.

A determinação das cotas para o ocupante resulta em escolhas significativas nos parâmetros de projeto. A depender das dimensões, medidas como entre-eixos, bitolas dianteira e traseira, altura, centro de rolagem e demais, podem ser alteradas, o que ocasiona mudanças no desempenho dinâmico do projeto.

### 2.2.3 Desenvolvimento do package automotivo

No desenvolvimento do package automotivo deve-se primeiramente considerar qual será o produto para qual está sendo desenvolvido, se é um veículo tipo sedan, ou um carro esportivo, ou uma *pick-up*. Para cada tipo de produto existem normas que regem as dimensões para os ocupantes.

Após definir o produto vem a parte de conceito, no qual são trazidas ideias para a definição e design do package. Com o conceito definido foca-se na modelagem virtual, onde são analisadas as melhores posições para acomodar o ocupante dentro das normas que o regem.

Conceito finalizado, adentra-se a parte de modelagem computacional, simulando o posicionamento com o auxílio de softwares que possibilitem a construção do habitáculo virtual. Seguido logo após da construção de mock-up para adaptação e validação do projeto.

#### 2.2.3.1 Desenvolvimento inicial seguindo as Normas SAE e BAJA SAE Brasil

Por se tratar de um veículo Baja SAE as normas padrões precisam ser adaptadas para este projeto. Tendo isso em vista, todos os requisitos citados dentro dos tópicos 2.3.4 (Requisitos de Segurança e Gaiola de Proteção) e 2.3.5 (Equipamento de Segurança do Piloto e Assento) que são provenientes do RATBSB; as normas citadas no tópico 2.2.2 (O papel do ocupante no package automotivo) foram ajustadas da melhor forma para atender esses requisitos e assim desenvolver o projeto ergonômico.

### 2.2.3.2 Definição das variáveis que compõe o package de um BAJA SAE

As variáveis que serão consideradas para o projeto do package são determinadas de acordo com a faixa de percentil a ser atingida. Por se tratar do projeto de uma ferramenta para verificação da ergonomia e não do projeto da ergonomia em si, este deve possibilitar a validação com grau de conforto aceitável para qualquer percentil, ou seja, o package da bancada deve abranger toda a faixa de percentil existente e para isso considerar os casos extremos.

Para dimensionar o package, foram utilizados como referência as seguintes cotas do assento, do volante, dos pedais de acelerador e de freio que neste caso é uma adaptação do pedal de descanso.

Dentre as cotas utilizados para o posicionamento do assento foram selecionadas estas são as principais:

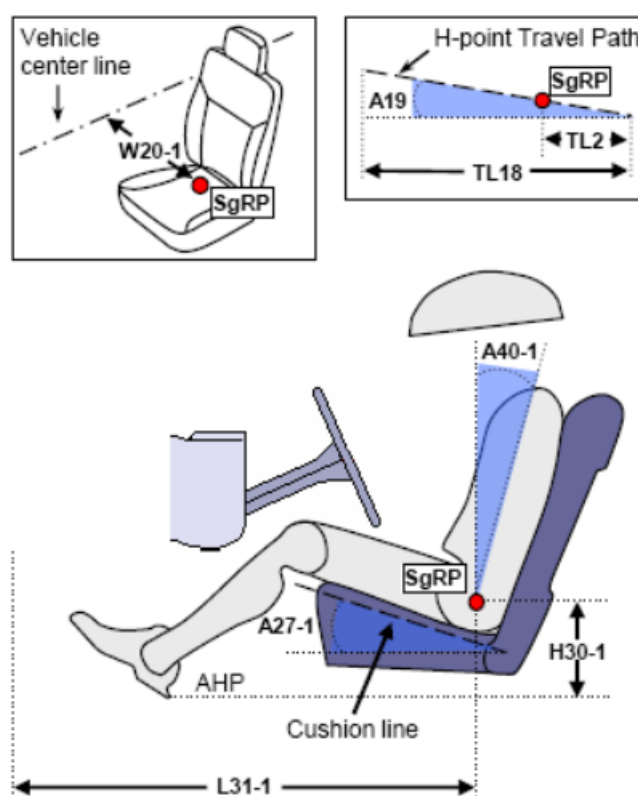


Figura 3 – Cotas do assento. Fonte: (DESSAULT SYSTEMES, 2011)

- L31-1, que é distância da origem ao SgRP; e
- H30-1, que é a altura do assoalho até o SgRP;



Dentre as cotas do volante, conforme a figura 4, foram selecionadas:

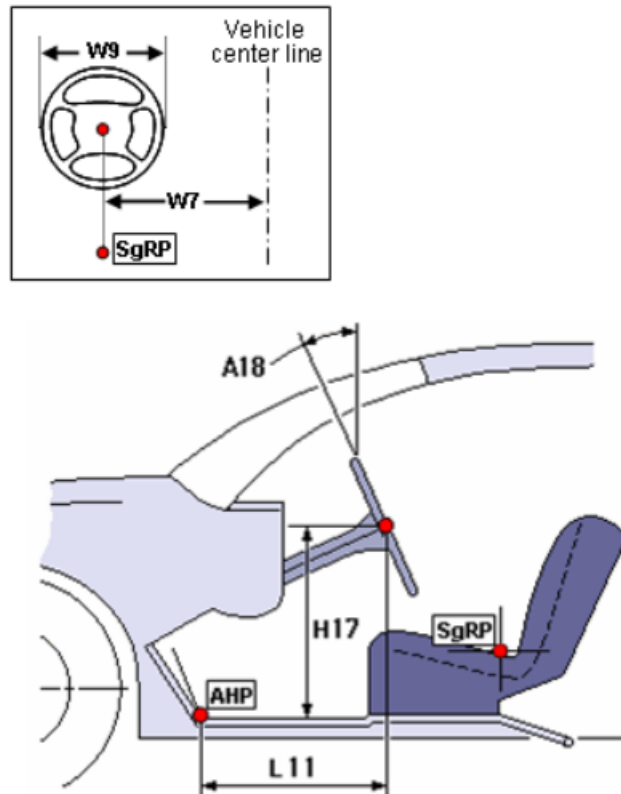


Figura 4 – Cotas do volante. Fonte: (DESSAULT SYSTEMES, 2011)

- W9: o diâmetro do volante;
- A18: inclinação da coluna de direção;
- GRIP: diâmetro da empunhadura do volante;
- H17: altura do centro do volante a partir do assoalho; e
- L11: distância longitudinal do volante a partir do AHP.

Já as cotas do pedal do acelerador foram adotadas com base nos seguintes pontos e suas respectivas coordenadas, como pode ser visto na figura 5:

RAP, Coordenadas do eixo de rotação do pedal com relação à origem:

- Coordenada em X (RAX);
- Coordenada em Y (RAY);
- Coordenada em Z (RAZ);

PRP, Coordenada do ponto onde o piloto pressiona o pedal com relação à origem:

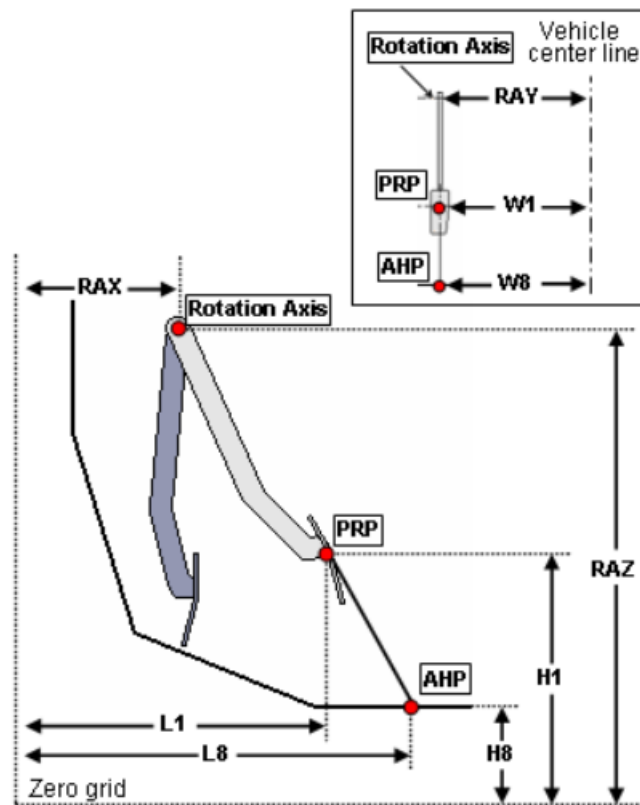


Figura 5 – Cotas do pedal do acelerador. Fonte: (DESSAULT SYSTEMES, 2011)

- Coordenada em X (L1);
- Coordenada em Y (W1);
- Coordenada em Z (H1);

AHP, coordenada do ponto de apoio do calcanhar direito no assoalho com relação à origem:

- Coordenada em X (L8);
- Coordenada em Y (W8);
- Coordenada em Z (H8);

Por último as cotas do pedal de freio, ilustradas na figura 6:

FRP, Coordenadas do ponto de apoio do calcanhar esquerdo no assoalho com relação à origem.

- Coordena em X (L-98-1);
- Coordenada em Y (W98-1);

- Coordenada em Z (H98-1);

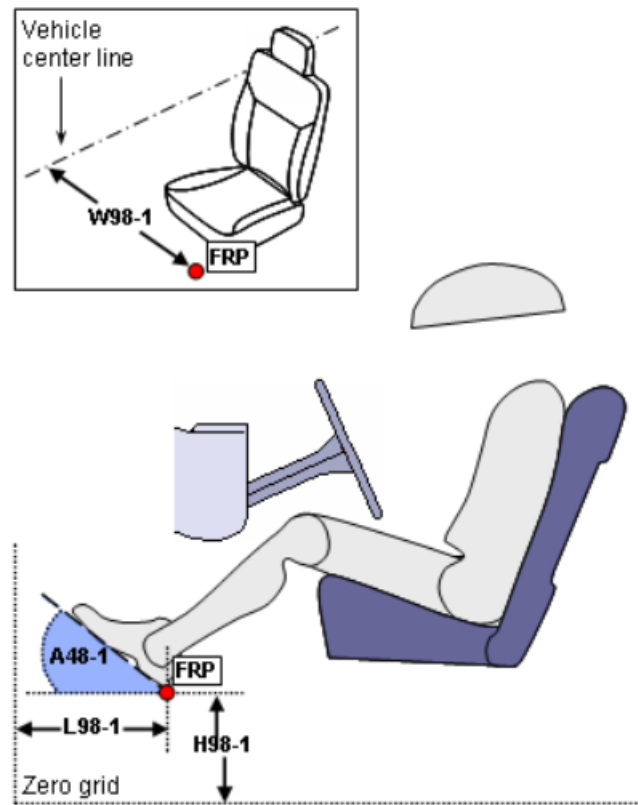


Figura 6 – Cotas do pedal de freio. Fonte: (DESSAULT SYSTEMES, 2011)

### 2.2.3.3 Desenvolvimento virtual

O desenvolvimento virtual de um package automotivo pode ser realizado por meio de inúmeros softwares e ferramentas. O objetivo do seu uso é posicionar os elementos de um package no espaço para melhor visualização do conceito antes concretizado, ou seja, busca-se elucidar o projeto e prever possíveis falhas ou complicadores que possam afetar o futuro do projeto.

Toda a parte relacionada ao desenvolvimento virtual neste trabalho foi realizado por meio do auxílio do software *Catia V5 R21*. Dentre os ambientes do software, *Assembly Design* e *Part Design* são de extrema importância para o desenvolvimento das peças do modelo.

Toda a parte de componentes mecânicos pode ser construída por meio do Part Design devido às suas funcionalidades e todo o conjunto pode ser montado e ajustado por meio do ambiente de *Assembly Design*.

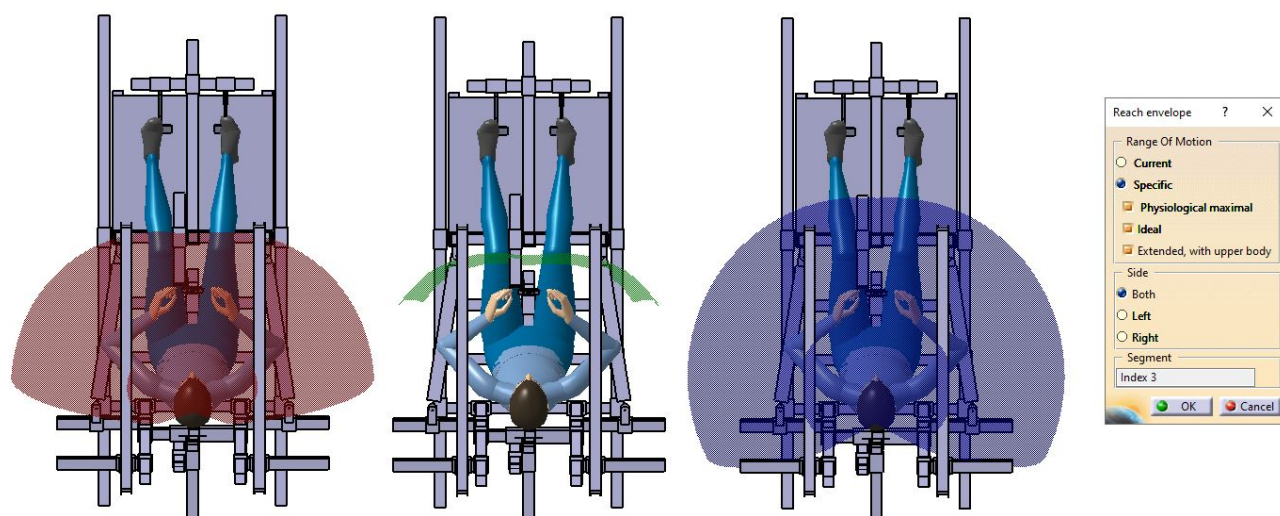


Figura 7 – Exemplo da ferramenta Reach Envelope para um package aleatório. Fonte: Autores (2021).

#### 2.2.3.4 Avaliação do package

Dentro do *Catia V5* há, além de ambientes que possibilitam a construção, ambientes que permitem simulações de situações reais com seres humanos por meio de manequins. Um exemplo, é o *Human Builder*. Este possibilita a criação de manequins dos gêneros masculino e feminino, variados percentis e biotipos (CATIA DOCUMENTATION, C2009, b). Ao criar um package por meio da ferramenta de *New Package*, um manequim por meio de *Inserts a new manikin* e uní-los por meio das ferramentas de criação de *New Occupant Posture Prediction*, deve-se então fazer simulações e análises de interações deste produto.

Este ambiente disponibiliza também a ferramenta *Computes Reach Envelope* que possibilita simbolizar os alcances das mãos e dos pés do manequim, com isso, tornando possível a análise da dificuldade que condutor teria para alcançar os componentes dentro do habitáculo.

A amplitude do movimento específica, que é o caso do aplicado no projeto, pode ser verificada de três modos diferentes no lado esquerdo, direito ou ambos do corpo.

O primeiro modo representa a amplitude fisiológica máxima das mãos na posição em que o manequim se encontra. O segundo calcula o alcance ideal, este sendo considerável aceitável a nível de conforto para o utilizador. E por fim, o terceiro entrega a maior distância considerando o braço completamente esticado, como se o indivíduo estivesse em pé. O exemplo de verificação para os três modos com um package aleatório pode ser observado na figura 7.

Outro ambiente é o *Human Activity Analysis*. Por ter ferramentas capazes de proporcionar uma análise mais aprofundada das interações entre o produto e o manequim,

ele se mostra um forte aliado nesta etapa do projeto (CATIA DOCUMENTATION, C2009, a).

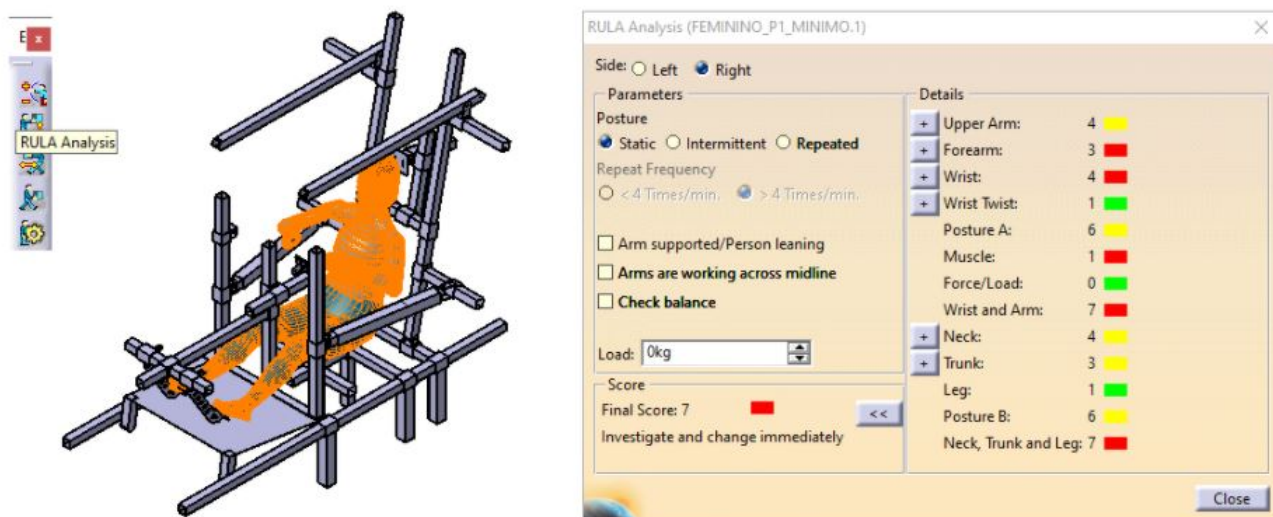


Figura 8 – Exemplo do funcionamento do RULA Analysis em um package aleatório.  
Fonte: Autores (2021).

A ferramenta *RULA (Rapid Upper Limb Assessment) Analysis* que é uma das ferramentas contidas nesse ambiente, avalia em uma escala de 0 a 10, variando a coloração de verde para vermelho, sendo 0 pouco e 10 muito, o nível de esforço que os membros do manequim sofrem para realizar o movimento ou permanecer em alguma posição, como ilustrado na figura 8. Parâmetros como lado, postura, cargas aplicadas e os membros do corpo são considerados para a análise.

### 2.2.3.5 Elaboração de um mock-up de teste

Após todas as simulações serem realizadas com o package, agora deve-se realizar o projeto de *mock-up*. Ele irá simular o habitáculo virtualmente onde o package irá ser aplicado. Esse será o primeiro passo para a validação e é de extrema importância para o caminhar da validação, pois ao finalizar todas as análises dentro do ambiente virtual o projeto o *mock-up* será construído para a próxima etapa da validação.

### 2.2.3.6 Validação da utilização da bancada por meio do mock-up

É a etapa final para a validação de um projeto ergonômico. Esta ocorre após finalizar todas as etapas dentro do ambiente virtual e é então realizada a construção do Mock-up de validação. É de suma importância sua construção, pois apesar das simulações virtuais já contribuírem para uma redução bastante significativa das futuras falhas de

projeto, é durante as simulações realizadas no Mock-up que se visualizam as possíveis falhas reais.

A validação é feita convidando voluntários de diferentes percentis a utilizar o *mock-up* e assim avaliar o nível de conforto e acessibilidade aos componentes. Uma maneira de se realizar essa avaliação é através de um questionário subjetivo. O voluntário permanece por um tempo sobre o mock-up construído, utilizando-o e simulando situações reais. Após um intervalo este registra os dados extraídos ao longo da sua utilização, como dores e desconfortos corporais e pontos positivos e negativos sobre a ergonomia testada. Por este fator a bancada a ser desenvolvida para a Equipe UnBaja se faz de extrema necessidade, visto que, dentro do projeto há um déficit nesta etapa final da validação.

## 2.3 O uso atribuído ao veículo baja SAE

Com a finalidade de expandir os conhecimentos ministrados nas salas de aula de universidades ao redor de todo o mundo e torná-los práticos, a Society of Automotive Engineers (SAE), promove anualmente eventos de competição em que equipes de alunos desenvolvem seus protótipos.

A competição é dividida em vários níveis, os quais constituem as etapas regionais, nacionais e mundiais, sendo que as duas primeiras ocorrem dentro de um único país. O nacional é de participação obrigatória para aqueles que querem seguir para o mundial, e o desempenho da equipe no evento é o que determinará se ela será classificada ou não. A etapa regional não é obrigatória, entretanto, é uma oportunidade a mais para os alunos verificarem o grau de evolução da equipe.

### 2.3.1 A construção

Seguindo as requisições impostas pelos regulamentos - no Brasil, o Regulamento Administrativo e Técnico Baja SAE Brasil (SAE BRASIL, 2019) - e informativos, os alunos conceituam, projetam, validam, fabricam e testam seu veículo esportivo monoposto off-road. Com a supervisão de um professor orientador, normalmente as equipes optam por se organizarem em subequipes por áreas, como por exemplo: powertrain, suspensão, direção, freios, estruturas e eletrônica; onde a cada uma delas compete, além da fabricação, o bom funcionamento e sua manutenção para que o produto final continue funcionando sob as condições às quais será submetido durante as provas.

Nas equipes, além das áreas diretamente ligadas à construção do carro, há pessoal alocado para áreas administrativas, sendo usualmente intituladas de comunicação e gestão. Relacionamento com patrocinadores, divulgação e, por vezes, criação da identidade visual

do veículo, são responsabilidades da comunicação. Gerenciamento financeiro, gestão de membros, tarefas, objetivos, prazos e afins, são atribuições da gestão.

Para as etapas de projeto e validação, os estudantes utilizam os conhecimentos adquiridos nas aulas e na bibliografia disponível. Qualquer componente utilizado no protótipo deve ser fundamentado e sua eficácia comprovada de algum modo. Para tal, utilizam-se recursos de validação via software e programas computacionais de auxílio como *CATIA*, *Solidworks*, *Ansys* e *AdamsCar*, são utilizados. Cada software possui sua funcionalidade no escopo do projeto e suas limitações são reconhecidas de forma que os estudantes utilizam não só eles para validação, mas também bateria de testes físicos, listas de checagem, entre outras ferramentas de controle de qualidade.

### 2.3.2 A competição

Como estabelecido no RATBSB, os veículos, equipes e membros inscritos na competição devem estar em conformidade com os requisitos impostos. No caso do veículo, este deve atender às normas de segurança pré-estabelecidas, ou, se caso necessário, deve estar passível de sofrer as alterações solicitadas pela equipe de juízes e comissários do evento a fim de resolver alguma insegurança ou inadequação presente no produto. No caso dos membros inscritos, todos devem estar matriculados nos cursos listados pela SAE e não possuir inconformidades perante o estabelecimento de ensino.

O evento tem duração média de quatro dias, sendo que o primeiro é destinado ao alojamento das equipes, montagem dos boxes e organização dos insumos. No segundo dia, ocorre a inspeção técnica em paralelo com as apresentações do projeto. A partir do terceiro dia, passam a ocorrer as provas práticas, que são: no terceiro dia, as provas dinâmicas, e, por fim, no quarto e último dia, a prova de resistência, seguida da premiação das equipes.

A pontuação obtida pelas equipes ao longo das provas determina sua posição no pódio. A pontuação a ser obtida varia de prova para prova, podendo ser de caráter classificatório ou eliminatório. Casos em que irregularidades são verificadas, as equipes são alertadas e lhes é concedido um prazo para reparo ou para regularização do veículo; e em certas ocasiões, as equipes podem estar passíveis à repescagem. Nas etapas de caráter prático do evento, os protótipos devem obrigatoriamente obter êxito na inspeção técnica e ser aprovado nas provas práticas de segurança.

#### 2.3.2.1 Inspeção técnica

Sendo esta a primeira etapa à qual o carro construído é submetido, ela é responsável por determinar o prosseguimento ou não da equipe na competição. A planilha de Inspeção de Conformidade Técnica e Segurança segue rigorosamente todas as normas determinadas

conforme o RATBSB. Com esta e o regulamento em mãos, os juízes, acompanhados pelo piloto e mecânico da equipe, fazem a verificação dos itens estipulados e do funcionamento do veículo

Nesta etapa, os responsáveis buscam por, mas não se limitando a: falhas nos componentes móveis, derramamento incorreto de líquidos, presença de superfícies cortantes e falhas estruturais decorrentes do uso de material incorreto - ou de forma incorreta - ou do não atentamento às distâncias de segurança, tais quais podem comprometer a saúde do piloto em caso de colisão, ou dos demais participantes do evento.

Na inspeção técnica, as equipes são penalizadas pelas falhas cometidas, entretanto, se solucionadas, podem seguir com a participação rumo às provas práticas. Um exemplo de planilha de inspeção técnica e de segurança, que foi divulgada em formato de informativo e utilizada no ano de 2016, está disponível para visualização no anexo [A](#).

### 2.3.2.2 Provas práticas

Seguindo a avaliação do projeto, nesta etapa o veículo é submetido a provas de aceleração, frenagem, manobrabilidade e resistência. Provas que irão exigir de todos os componentes estruturais, dinâmicos e ergonômicos do veículo.

Os responsáveis pela avaliação buscam analisar o desempenho dinâmico do veículo, verificando como as áreas funcionam quando estão integradas. Aqui a pontuação é dada de acordo com a performance do melhor veículo da prova, os demais serão pontuados de acordo com a porcentagem do melhor resultado durante obtido durante a prova.

As provas dinâmicas são divididas em dois dias de competição. No primeiro dia o veículo passa pelos testes de conforto, frenagem, tração, manobrabilidade e de suspensão. No segundo dia é realizada a prova do enduro.

Na prova de conforto o juiz é quem pilota o veículo. Nesta prova é analisado o posicionamento dos pedais, volante e banco, o esforço que o piloto realiza para esterçar a direção e o conforto do conjunto de suspensão.

A prova de frenagem é de caráter eliminatório e indica se a equipe poderá realizar as demais provas dinâmicas ou não, a depender do seu resultado. O teste consiste em acelerar e ao entrar em uma área demarcada com cones, deve ser acionado o freio, simulando uma situação de emergência. Para ser aprovado, todas as rodas do carro devem travar.

Durante a prova de tração um dispositivo de carga é engatado no ponto de reboque no veículo e conforme o veículo se move a carga aumenta progressivamente. O objetivo é que o veículo arraste o dispositivo até o final da pista, mas se nenhum dos competidores conseguir arrastar até o final a pontuação é dada conforme a equipe que percorreu a maior distância.



Manobrabilidade é a prova que se analisa a capacidade do veículo ser manobrado em percursos sinuosos e com raios de curvatura pequenos. Normalmente esse percurso é realizado juntamente com a prova de suspensão, no qual a combinação de trechos sinuosos com obstáculos de aclave, declive, valas com lama, pedras se torna um circuito perfeito para se testar tanto a suspensão quanto a manobrabilidade do projeto. Vence a prova a equipe que realizar o percurso em menos tempo, ao derrubar cones ou não conseguir superar obstáculos é acrescentado ao tempo final penalidade de tempo.

No segundo dia de provas dinâmicas, é realizada a prova do enduro. Esta é a maior prova de resistência e é também a mais exigente, tanto para o piloto, quanto para o veículo. Nela os carros percorrem durante 3 (três) ou 4 (quatro) horas consecutivas a pista de provas, passando por diversos obstáculos que para serem superados exigem tanto do veículo quanto das habilidades do piloto.

O tempo que o piloto permanece dentro do veículo, a repetitividade dos esforços que o piloto realiza durante as provas para conduzir o veículo causam exaustão e evidencia todos os pontos positivos e negativos do projeto ergonômico, tanto na questão de conforto quanto na de segurança do habitáculo, em caso de acidentes. Foi nesta etapa da avaliação, que em 2019, Caio Camilo quando piloto da UnBaja pôde perceber as deficiências do projeto ergonômico do protótipo daquele ano que afetaram sua condução durante a prova.

### 2.3.3 Componentes do habitáculo

Para entender o objetivo, a funcionalidade e como os componentes do habitáculo interferem uns nos outros, estes serão explicados individualmente neste tópico. Adotou-se como referência a norma SAE J1100 (1995a), que aborda a determinação das dimensões do veículo automotor. Por se tratar off-road esportivo monoposto, as medidas foram adequadas a este tipo de veículo, mas continuam de acordo com todas as determinações contidas na norma.

Apesar da bancada de validação não ter como objetivo auxiliar no posicionamento de itens como mostradores e alguns periféricos, suas funcionalidades serão explicadas para que o melhor entendimento seja proporcionado.

#### 2.3.3.1 Assento

Dos componentes internos do Baja SAE, o assento tem a função de alojar o piloto e mantê-lo seguro com o grau de conforto adequado durante a utilização do veículo. As diferentes configurações estruturais e de posicionamento a serem implementadas na peça, refletem diretamente na condução. Por meio da utilização do cinto de segurança e dos

restritores de braço, o piloto deve permanecer o mais firme possível, sem que nenhum deslocamento do tronco venha a acontecer enquanto os cintos estiverem atados.

O posicionamento do assento no veículo é determinado pelo H-Point ou também conhecido na indústria automotiva como SgRP (Seating Reference Point), com base na norma SAE J287 (1988). Será utilizada a nomenclatura SgRP para facilitar o entendimento, pois o *software* utiliza essa nomenclatura para referenciar as cotas. O SgRP é responsável pela determinação da altura, o referencial adotado é o plano do assoalho. Duas configurações são comumente usadas: assento posicionado logo acima desse plano, a fim de manter a base do banco em contato com o assoalho; ou com elevação.

Por se tratar de um veículo monoposto, o posicionamento transversal do banco tende a ser sempre de forma centralizada ao longo da linha de centro do veículo. Para determinar a distância longitudinal, podem ser utilizadas a distância desejada da parede corta-fogo ou dos pedais. Vale ressaltar que ambas as medidas interferem uma na outra, logo, deve-se estabelecer uma matriz de decisão para atender às prioridades do projeto.

Os posicionamentos possíveis a serem adotados para o conjunto do assento, bem como as medidas referentes ao posicionamento do SgRP constam como referência nas tabelas antropométricas, estão ilustrados na figura 3 e são H31-1, W20-1 e L31-1. O sufixo -1"indica que estas são referentes ao primeiro ocupante, que no caso, é o único condutor.

### 2.3.3.2 Pedais

Os mecanismos utilizados no veículo para gerar sua impulsão e parada são dois. Um pedal posicionado à direita é responsável por puxar o cabo de aceleração e aumentar a rotação do motor quando pressionado. Um segundo pedal é empregado à esquerda e ao ser pressionado exerce pressão no fluido de freio contido dentro do cilindro e então promove a frenagem do veículo por meio do atrito das pastilhas com os discos. Isso ocorre no eixo traseiro, onde normalmente é empregado um disco maior para toda a seção e no interior do conjunto das rodas dianteiras individualmente.

Os posicionamentos dos pedais no habitáculo determinam o quão esticada e deitada resultará a posição do piloto. O quanto de espaço disponível haverá para posicionar os componentes eletrônicos e do sistema de freio na região também são resultantes. Posicioná-los longitudinalmente mais próximo ao banco ocasiona uma posição mais compacta, logo, mais limitada, mas tem-se como ganho um entre-eixos menor. A altura é normalmente determinada pelo trecho do assoalho sob os pés do piloto, o qual comumente possui um ângulo com relação ao assoalho sob o banco. Isso ocorre devido à busca dinâmica por um maior ângulo de ataque a rampas.

É a partir do posicionamento dos pedais que é realizado o posicionamento do vo-

lante. As cotas associadas aos seus pontos de referência são: L8, H8, W8; L1, H1, W1; e RAX, RAY, RAY. Os parâmetros terminados em "8" determinam o ponto de apoio do calcanhar no assoalho, os terminados em "1" o ponto de pressão no centro da pedaleira e os iniciados em RA o ponto sobre o eixo de rotação do pedal do acelerador. O posicionamento do pedal de freio é dado em função do pedal de aceleração. Para veículos baixa, as equipes adotam frequentemente o uso de transmissão CVT, logo, não há necessidade do terceiro pedal, por isso, a representação via software considera os parâmetros de um veículo automático para fins de validação. As figuras 5 e 6 apresentadas anteriormente neste documento descrevem os pontos citados referentes ao posicionamento dos pedais.

### 2.3.3.3 Volante

O volante é o componente responsável por controlar o sistema de direção do veículo ao ser esterçado pelo piloto. O seu posicionamento considera fatores relacionados tanto aos componentes da direção quanto à ergonomia. Comprimento, diâmetro e ângulo entre peças desse conjunto podem refletir em uma esterçabilidade prejudicada, imprecisa ou pouco responsiva, portanto, além de considerar os fatores ergonômicos, os responsáveis pelo projeto devem considerar os requisitos mecânicos para uma boa condução.

Um fator indesejado decorrente de uma ergonomia ruim é, além do desconforto estático, a necessidade da aplicação de forças superiores ao esperado para esterçar o veículo, o que após pouco tempo de condução, pode acabar por gerar exaustão prematura do piloto.

O posicionamento do volante no habitáculo é sempre a partir do seu centro com relação aos pedais. A altura é dada em função do assoalho, a distância longitudinal é dada em função da base dos pedais e o centro é alinhado com o plano de espelhamento do veículo, assim como o assento. Essas distâncias são representadas, respectivamente, por H17, L11 e W7. Duas outras cotas a serem consideradas são: W9 e A18, que representam o diâmetro do volante e o ângulo de inclinação com relação à vertical, todos conforme a figura 4.

### 2.3.3.4 Periféricos

Dentre os equipamentos contidos no interior da gaiola, há alguns que não estão relacionados diretamente à condução do veículo, mas sim a funções secundárias para o seu funcionamento ou para segurança do piloto. É o caso do extintor de incêndio e do botão de chave geral.

O posicionamento desses dois itens são regulamentados e devem ser de fácil alcance e manipulação quando necessário. O acionamento da chave geral pelo piloto deve ser

possível mesmo quando com o cintos atados e com todo o equipamento de segurança sobre o corpo. Seu posicionamento deve ser pensado considerando o espaço disponível, as normas e o espaço necessário para o uso sem obstruções.

Outros periféricos também podem ser utilizados, como por exemplo: alavanca de acionamento independente do freio traseiro, dispositivo de controle da barra de torção ou extensão do puxador para partida do motor internamente pelo piloto. Esses itens seguem as mesmas restrições atribuídas aos itens obrigatórios.

#### 2.3.3.5 Mostradores

Os mostradores têm como função passar ao condutor informações diversas sobre a velocidade, RPM, tempo em pista, nível de combustível, temperatura do óleo, status de comunicação com os boxes, dentre outras. Normalmente tais informações são expostas no painel por meio de mostradores analógicos ou digitais. O painel pode ser posicionado atrás do volante ou à frente do mesmo, como tem sido bastante utilizado recentemente. O fator mais limitante quanto ao uso os mostradores durante as provas, fora o excesso de lama que pode vir a ofuscá-los, é a presença de luminosidade inconveniente que atrapalha a visibilidade, isto é, reflexo devido a um posicionamento incorreto ou a ausência de abas ou estruturas para controle da luz solar.

#### 2.3.4 Requisitos de segurança e gaiola de proteção

Uma parte fundamental do projeto ergonômico de um BAJA SAE é a gaiola, pois nela vão fixados todos os componentes ergonômicos do projeto, além de ter que proteger o ocupante em caso de acidente. Então o resto do projeto depende de uma gaiola bem projetada.

A gaiola é dividida em membros primários e secundários, que foram nomeados e divididos pela Comissão Técnica que escreveu a RATBSB, com o intuito de facilitar sua identificação, padronizar e regulamentar cada um dos membros da gaiola como poder ser visto na figura 9.

Os membros primários estão em cinza e são:

- RRH: Rear Roll Hoop;
- RHO: Roll Hoop Overhead members;
- FBM: Front Bracing Members;
- ALC: Aft Lateral Cross member;

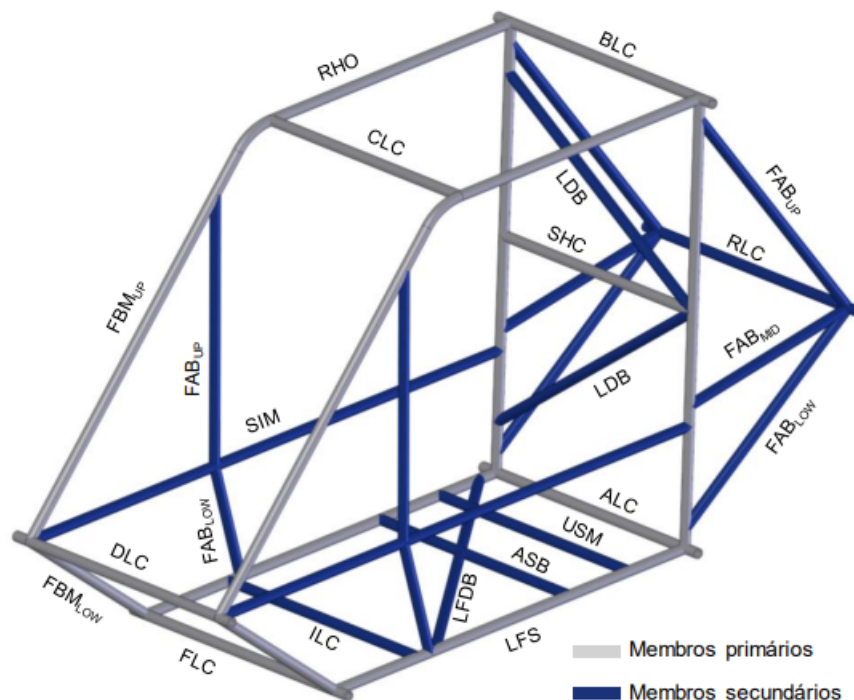


Figura 9 – Membros da gaiola de proteção. Fonte: RATBSB - Emenda 3 (2019).

- BLC: Overhead Lateral Cross member;
- FLC: Front Lateral Cross member;
- CLC: Upper Lateral Cross member;
- DLC: SIM Lateral Cross member;
- LFS: Lower Frame Side members;
- SHC: Shoulder Harness Cross member;

Os Membro Secundários estão em azul são:

- RRH: Rear Roll Hoop;
- LDB: Lateral Diagonal Bracing;
- SIM: Side Impact Members;
- FAB: Fore-Aft Bracing members;
- USM: Under Seat Member;
- ASB: Anti-Submarine Seat Belt member;
- LFDB: Lower Frame Diagonal Bracing;

- ILC: Intermediate Lateral Cross member;
- RLC: Rear Lateral Cross member.

Tendo em vista a sua importância, a RATBSB desenvolveu algumas normas de segurança para garantir as condições de uso e a integridade do ocupante que será explicada nos próximos subtópicos.

#### 2.3.4.1 Espaço livre do capacete

Para manter a segurança do piloto deve se ter em linha reta para qualquer dois pontos dos membros da Gaiola de Proteção que definem o habitáculo uma distância de no mínimo 152 mm (6 in). Essa reta é até a parte externa dos tubos sem os revestimentos acolchoados. A figura 10 facilita o entendimento dos limites da gaiola.

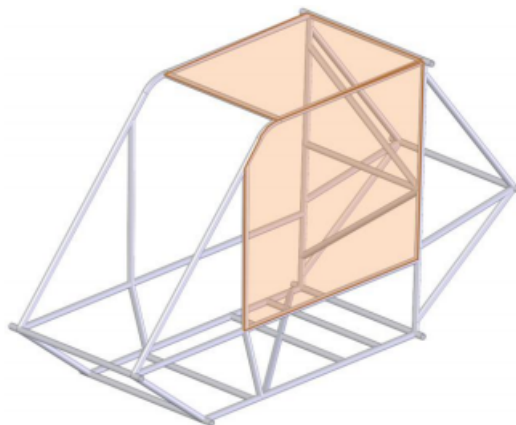


Figura 10 – Limites da gaiola. Fonte: RATBSB - Emenda 3 (2019).

#### 2.3.4.2 Espaço livre do corpo

Segundo as normas, deve-se considerar que:

- Todos os membros devem ter uma distância mínima de 76 mm (3 in) em linha reta para qualquer dois pontos dos membros da gaiola de proteção. A reta não inclui os revestimentos acolchoados;
- Roupas, calçados e as partes do corpo não podem passar os limites do habitáculo; e
- As pernas devem ter espaço livre de no mínimo 76 mm (3 in) até qualquer superfície rígida acima ou a frente, além de que essas superfícies devem ser acolchoadas e elas não são incluídas na medição.

### 2.3.4.3 Requisitos da gaiola de proteção

Os membros da gaiola devem atender a requisitos de geometria, materiais e construção, para isso, considerar:

- Os tubos que compõem os membros da gaiola de proteção devem ser de aço com no mínimo 18% de carbono em sua composição;
- Serão utilizadas as linhas de centro para definir os requisitos dimensionais da gaiola;
- Os membros retos não podem ter mais de 1016 mm (40 in) de comprimento;
- As dobras dos tubos que fazem parte da gaiola não podem ser anguladas entre si com ângulos superiores a 30° e não podem ter comprimento maior que 838 mm (33 in);
- Os tubos com raio de curvatura menor que 152 mm (6 in) não serão considerados membros dobrados, desde que termine em um ponto denominado e esse ponto deve estar entre as tangentes que determinam o começo e o fim da curva;
- Se o comprimento máximo dos tubos retos ou curvados for excedido deve se adicionar um suporte. Para os membros retos deve-se conectar um outro membro dentro do tubo, já nos curvos deve se conectar um membro no centro da curva.

### 2.3.4.4 Extintor

Um equipamento fundamental para evitar o agravamento de um possível acidente, isso faz com que seja indispensável sua participação no desenvolvimento do projeto. A RATBSB desenvolveu algumas normas para padronizar seu posicionamento. Sendo elas:

- O extintor deve estar instalado dentro do habitáculo;
- Deve estar posicionado no lado direito da parede corta fogo abaixo da cabeça do piloto e com a metade de seu comprimento para cima da Side Impact Members;
- suporte do extintor deve ter fixações que resistam ao afrouxamento por conta de vibrações e a condução em terrenos acidentados e ao mesmo tempo devem ser fáceis de pessoas externas retirarem;
- O suporte não pode ser fixado diretamente na parede corta-fogo.

### 2.3.5 Equipamento de segurança do piloto e assento

Os equipamentos de segurança foram aderidos com o intuito que se o veículo porventura capotar e tombar ou o piloto seja submetido a uma tração direta, os equipamentos evitem uma soltura indesejada do piloto.

Devido sua importância no projeto ergonômico de um veículo BAJA SAE, irá ser explicado nos próximos subtópicos cada um desses itens segundo a RATBSB. Entretanto, como são muitas normas e muitas delas não estão ligadas diretamente ao projeto ergonômico em si, irão ser nomeadas somente as normas que se relacionam com o projeto ergonômico.

#### 2.3.5.1 Fixação do cinto de cinco pontos

O item de principal importância para a segurança do piloto, que é o cinto de segurança, possui inúmeras restrições e guias para sua fixação junto a estrutura, visto que a sua utilização de forma incorreta pode vir ser danosa. Este obrigatoriamente deve atender aos fatores:

- Ter duas tiras na região da cintura;
- Ter uma tira antissubmarina localizada entre as pernas do piloto.
- Seguir as especificações da SFI 16.1 ou 16.5 ou FIA 8853;
- Ter a largura do cinto deve ser maior ou igual a 76 mm (3 in), salvo a tira antissubmarina que deve ser maior ou igual a 50 mm;
- Ser apertado confortavelmente com a capacidade de ajuste suficiente usando as fivelas apropriadas se forem fornecidas pelo fabricante;
- Após ser ajustado nenhuma parte do cinto pode ficar para fora do habitáculo e em contato com partes girantes ou terreno;
- As pontas soltas devem estar presas, mas não podem ser presas ao redor da fivelas para não prejudicar seu funcionamento;
- Os ajuste das tiras sobre os ombro deve ser feito de maneira que sobre espaço para que os juízes possam reapertar;
- Tiras da cintura devem ter ajuste para que todos os pilotos possam fazer seu ajuste;
- As tiras fixadas sobre os ombros não podem ser posicionadas verticalmente acima dos ombros do piloto, não podendo ser fixada abaixo de 102 mm (4 in) da linha



perpendicular à espinha do piloto até o encosto do banco na altura dos ombros. Como ilustrado na figura 11;

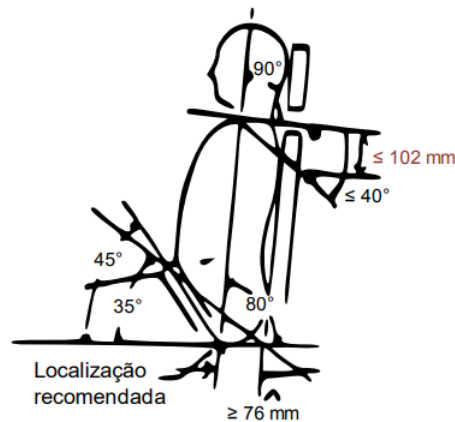


Figura 11 – Fixação superior do cinto. Fonte: RATBSB - Emenda 3 (2019).

- A fixação das tiras sobre os ombros devem ser espaçadas entre 178 mm (7 in) e 229 mm (9 in) de centro a centro. Não podem ser desviadas por nenhum ponto que aumente ou diminua essas distâncias. Ilustrado na figura 12;

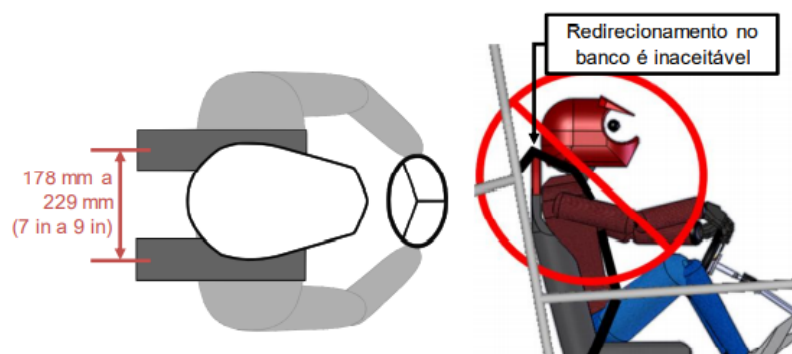


Figura 12 – Fixação da tira inferior do cinto. Fonte: RATBSB - Emenda 3 (2019).

- A fixação das tiras que vão acima dos ombros deve ser feita no membro SHC (Imagem do SHC);
- A parede corta-fogo não pode ser utilizada para restringir movimento lateral do cinto ao longo do tubo;
- As tiras do sobre a cintura não podem se posicionar sobre o abdômen ou o intestino do piloto, deve ser posicionada na região pélvica do piloto;
- Para maximizar a o envolvimento na região pélvica não será permitido que a fita seja redirecionada pelo banco, tendo assim que ir diretamente do ponto de fixação até a cintura do piloto;

- O posicionamento das tiras pela vista lateral deve ter um ângulo entre  $45^\circ$  e  $65^\circ$  com a horizontal, como ilustrado na figura 13;

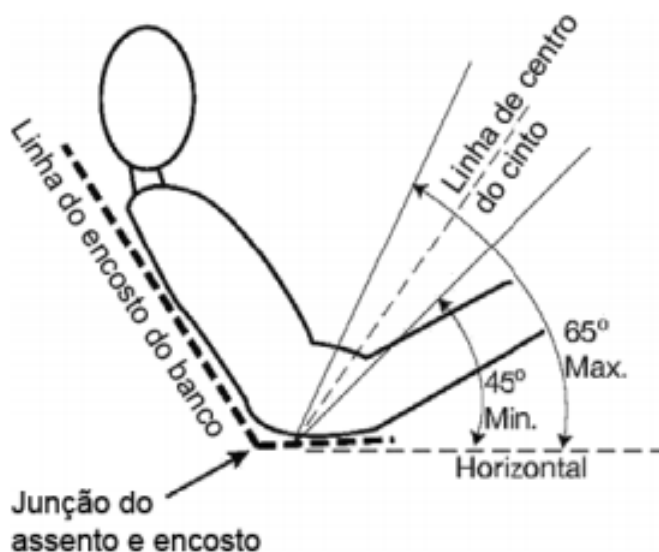


Figura 13 – Linha de centro do cinto. Fonte: RATBSB - Emenda 3 (2019).

- Cada ponto de fixação da cintura devem ter chapas de aço com no mínimo 38 mm (1,5 in) de largura e espessura mínima de 3,0 mm (0,12 in) envoltas nos membros da LFS, como ilustrado na figura 14);

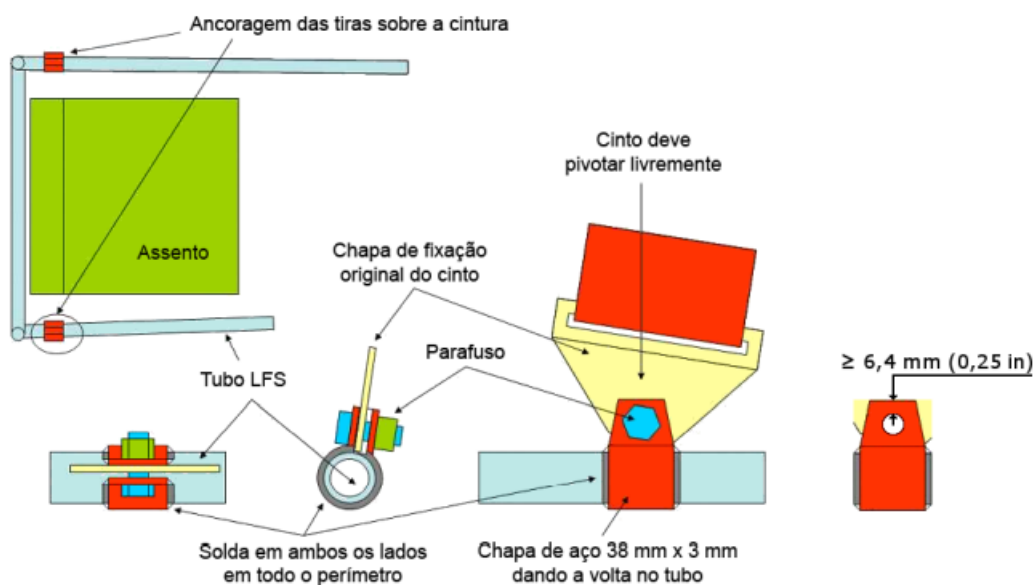


Figura 14 – Fixação da tira inferior do cinto. Fonte: RATBSB - Emenda 3 pág.68 (2019).

- As tiras devem pivotar livremente em torno do parafuso de fixação para melhor comportar diferentes estaturas de pilotos;
- As bordas das chapas e os furos devem ter uma distância maior ou igual a 6,4 mm (0,25 in);

- A fixação das duas metades do cinto deve ser feita utilizando os suportes fornecidos pelo fabricante;
- Não poderá ter rosca na porção dos fixadores que a aba do cinto pivota;
- Não é permitido carregar a aba de suporte do cinto com flexão. Como mostrado na figura 15;

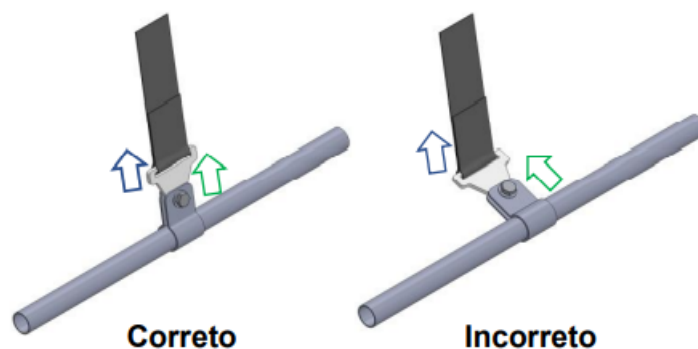


Figura 15 – Posicionamento incorreto da alça de fixação da tira inferior. Fonte: RATBSB - Emenda 3 (2019).

- A tira do cinto antissubmarino deve ser fixado atrás do plano tangencial do torso do piloto, figura 16;

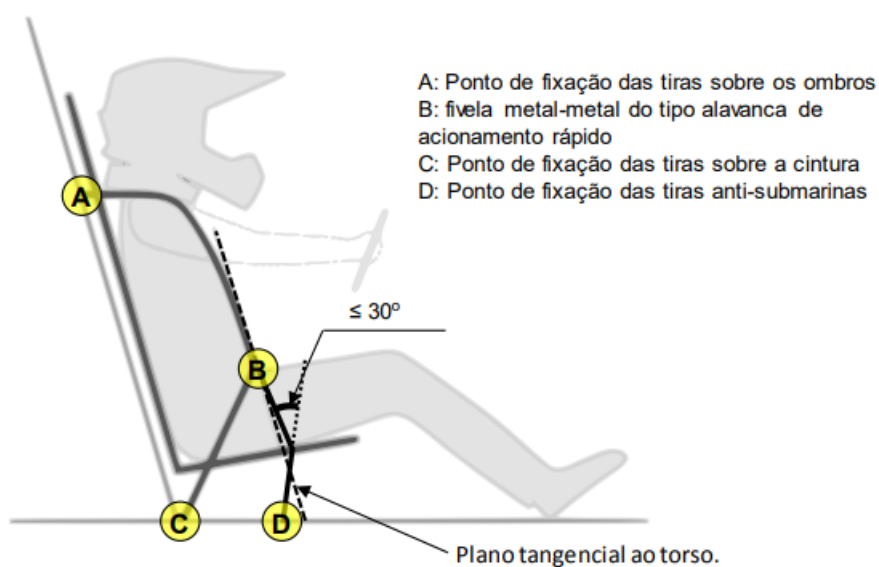


Figura 16 – Fixação da tira antissubmarina do cinto. Fonte: RATBSB - Emenda 3 (2019).

- Deve ser utilizado o membro ASB para a fixação da tira antissubmarina usando chapa de aço com largura mínima de 38 mm (1,5 in) e espessura mínima de 3,0 (0,12 in) de maneira que o fixador esteja em cisalhamento duplo;

- É recomendado que a tira antissubmarino tenha redirecionamento, entretanto esse redirecionamento deve ser menor que o ângulo de 30°, pode ser melhor visualizado na figura 16.
- Segundo o Regulamento Administrativo e Técnico Baja SAE Brasil, o cinto deve atender algumas normas para garantir a sua plena fixação e o conforto do ocupante do veículo.

#### 2.3.5.2 Restritores de braço

Os restritores são equipamentos muito importantes para proteger os braços e mãos do piloto que em caso de capotamento sofram algum tipo de dano. E para isso tem se alguns requisitos que devem ser atendidos sobre eles, sendo:

- Deve-se garantir que os antebraços do piloto fiquem restritos ao limite da gaiola de proteção. Espaço definido pelos planos laterais da gaiola;
- Devem ser presos firmemente aos equipamentos de segurança do piloto e independe do cinto de segurança;
- Só poderão ser utilizados os restritores disponíveis que cumpram a norma SFI 3.3;
- instalação deve ser feita de maneira que o piloto possa se soltar facilmente sem precisar de auxílio externo independente da posição do veículo;
- Devem ser usados no antebraço logo abaixo do cotovelo;

Foi adotada uma estratégia para a representação da utilização dos restritores de braço ao longo da etapa de validação, esta será mencionada no referido tópico.

#### 2.3.5.3 Encosto de cabeça

Tem a função fundamental de restringir os movimentos do pescoço para trás em caso de acidente evitando lesões. Como os demais equipamentos sua relevância no projeto ergonômico é muito significativa, então deve-se seguir as normas a seguir:

- Deve ter regulagem ou ter as dimensões que atenda todos os pilotos;
- Possuir área mínima de 232 cm<sup>2</sup> (36 in<sup>2</sup>) e ser acolchoado;
- A parte acolchoada deve ter uma espessura mínima de 38,1 mm (1,5 in) quando não estiver comprimida.

- Não pode estar a mais de 25,4 mm (1 in) de distância do capacete do piloto e essa regra vale para todos os pilotos;
- Tem que estar mecanicamente preso ao veículo de preferência na gaiola de proteção, mas pode ser integrado ou fixado ao banco;
- A sua fixação deve aguentar uma força mínima de 890 N (200 lbf).

#### 2.3.5.4 Assento e sua fixação

Junto com os outros equipamentos deve assegurar que o piloto tenha sustentação dentro do habitáculo em todas as circunstâncias a que for submetido. E para isso deve se levar em consideração estas normas:

- O piloto deve ficar em uma posição que quando sentado o ângulo entre o torso do piloto e a linha horizontal deve ser maior que 65°;
- As superfícies do encosto pode ser maior ou igual a 65° e menor ou igual a 90° com relação à linha horizontal vista de lateralmente;
- O assento pode ter a superfície horizontal ou inclinada, da forma que a frente do assento fique no mesmo nível ou acima do ponto onde se encontra com a superfície vertical;
- O assento deve ter pelo menos 4 pontos de fixação na gaiola e esses pontos devem ser praticamente simétricos à linha de centro do banco longitudinalmente;
- O encosto deve ter pelo menos 2 pontos de fixação na gaiola e devem estar perto ou no plano da RRH;
- A fixação do assento deve ocorrer em qualquer membro da gaiola que atenda ao menos à especificação de membro secundário;
- Não pode ser feitos furos no tubo de fixação das tiras do cinto de segurança para fixar o encosto ou assento;
- Se for necessário a utilização de chapas para fixar o banco, elas devem ter no mínimo 2,3 mm de espessura e ter pelo menos 38 mm de comprimento de solda no tubo;
- Deve-se respeitar uma distância média máxima de 25,4 mm entre o furo e a linha de solda da chapa.

## 3 Metodologia

Inicialmente, foi feita uma consulta em materiais de referência, os quais abordam os conceitos de ergonomia como, por exemplo, de antropometria (ROEBUCK, 1995), normas e boas práticas pré-determinadas relacionadas ao conforto veicular. Visto o foco de aplicabilidade em veículos baja SAE, foi realizada uma leitura da última versão do RATBSB Emenda 03, regulamento este que rege todos os parâmetros de construção do veículo.

Junto a membros atuais da equipe UnBaja foram discutidas metas às quais o resultado da construção de uma bancada de validação ergonômica deveriam atender e, então, uma releitura com fim de direcionar o conhecimento desses materiais focados ao veículo Baja SAE.

Parâmetros críticos verificados e registrados na prática durante os anos passados e que demandam um aperfeiçoamento ergonômico nos protótipos da equipe foram listados e colocados em evidência para embasamento das escolhas a serem tomadas.

Como nas normas revisadas acima, nos padrões e variáveis a serem considerados, a equipe de desenvolvimento iniciou o projeto da bancada seguindo uma ordem de importância de parâmetros e determinando os alcances de cotagens os quais o modelo deveria atender.

Ao longo de todo o trabalho, foi utilizado o software *Catia V5 R21*, o qual os autores tem um bom domínio e é o software adotado como padrão de utilização pela UnBaja, além de outras companhias da indústria automotiva como BMW, Audi, Bentley Motors Limited, PSA Peugeot Citroën dentre outros (FIRST-RATE, 2010).

Em seguida, também por meio do ambiente de *Human Builder*, foram adicionados manequins representando as condições extremas de projeto e demais condições para a etapa de validação. Foi feita uma correspondência entre os parâmetros reguláveis presentes nas normas SAE e as medidas que o *Catia V5* utiliza para fazer posicionamento dos ocupantes, isto é, dentro do software, as regulagens do *Occupant Posture Prediction* aplicadas ao *Minimum Vehicle Dimensions* determinado. Em seguida iniciou-se o processo do desenvolvimento virtual da bancada ergonômica.

Seu início foi dado com base nas informações levantadas por meio dos parâmetros considerados pelo software que correspondem às normas SAE, ou seja, o posicionamento de cada ocupante, que é dado com base nas dimensões internas do veículo, é resultado das principais cotas acima listadas correspondidas às cotas consideradas pelas normas SAE para o posicionamento de ocupantes.

Com as configurações resultantes foram feitos ensaios para verificação do conforto e possibilidade de regulação dos elementos físicos por meio do *RULA Analysis* e do *Reach Envelope*. Por fim, o modelo definitivo foi proposto, seus componentes contabilizados, assim como os custos do material e produção de produção, e os desenhos técnicos do conjunto montado e explodido foram feitos.

## 4 Resultados

Os resultados do trabalho resultaram em quatro seções. A primeira delas contando com todos os dados da criação dos packages, isto é, todas as validações da aplicabilidade da bancada de acordo com o uso que será feito.

A segunda, contextualiza a criação e as dimensões da bancada, bem como, considera os dados técnicos, sua geometria, seus componentes e demais parâmetros antecedentes e que são pré-requisitos para etapa subsequente, que é de validação por meio dos procedimentos de análise.

Por fim, a quarta etapa constitui o preparo para a construção do conjunto físico, abordando detalhes técnicos do modelo, desenhos, materiais e custos iniciais.

### 4.1 Resultados preliminares

Os resultados preliminares contemplam os packages desenvolvidos que determinam a geometria da bancada, suas dimensões e tipos e cursos de regulagens.

Tendo em vista o objetivo do projeto como a construção de uma ferramenta para validações ergonômicas, e não um projeto ergonômico em si, uma estratégia específica teve que ser adotada.

Tal estratégia consistiu no desenvolvimento de packages específicos e não reguláveis para cada percentil de referência. Esses percentis são, feminino 1 e masculino 99. Também, dois tipos de posicionamentos foram determinados, sendo ambos em função da altura do assento. Se este estiver posicionado em contato com o assoalho, a nomenclatura adotada foi de mínimo, se este estiver posicionado em sua altura máxima, ponto mais alto da regulagem do assento permitida pela bancada, este é chamado de máximo.

A combinação dos percentis com os tipos de posicionamento resultou em quatro configurações diferentes de package, sendo mínimo e máximo para o percentil feminino 1 e mínimo e máximo para o masculino 99.

Esses packages foram configurados a fim de representar as possíveis posições extremas que os condutores dos percentis poderiam adotar. Para os de menor estatura, buscou-se compactar as distâncias entre os membros do manequim e para os de maior estatura, estas foram estendidas dentro dos números correspondentes a distâncias compatíveis com a pilotagem do veículo.

Desta forma foram obtidos os limites dentro dos quais a bancada deve se enquadrar.



### 4.1.1 Elaboração do package automotivo para o percentil 1 feminino

Tomando como referência o requisito de inclusão de todos os percentis na utilização do veículo, o primeiro conjunto de packages visa posicionar o percentil 1 feminino. Estes foram posicionados a fim de atender aos dois níveis de extremos, sendo o primeiro com o assento fixado no assoalho e o segundo com o assento completamente elevado.

O posicionamento do primeiro manequim feminino é caracterizado por uma posição mais confortável de condução, na qual as pernas encontram-se mais esticadas e os braços suficientemente flexionados para uma boa pilotagem. Os valores assumidos pelas cotas para resultar em tal configuração estão listados na tabela 3 abaixo e seu resultado pode ser observado na figura 17.

Tabela 3 – Posicionamento do percentil feminino 1 mínimo. Fonte: Autores (2021).

Seção	Cota	Dimensão
Assento	L31-1	1000 mm
	H30-1	120 mm
Volante	L11	550 mm
	H17	450 mm
	W9	280 mm
	A18	20°
	Grip	30 mm

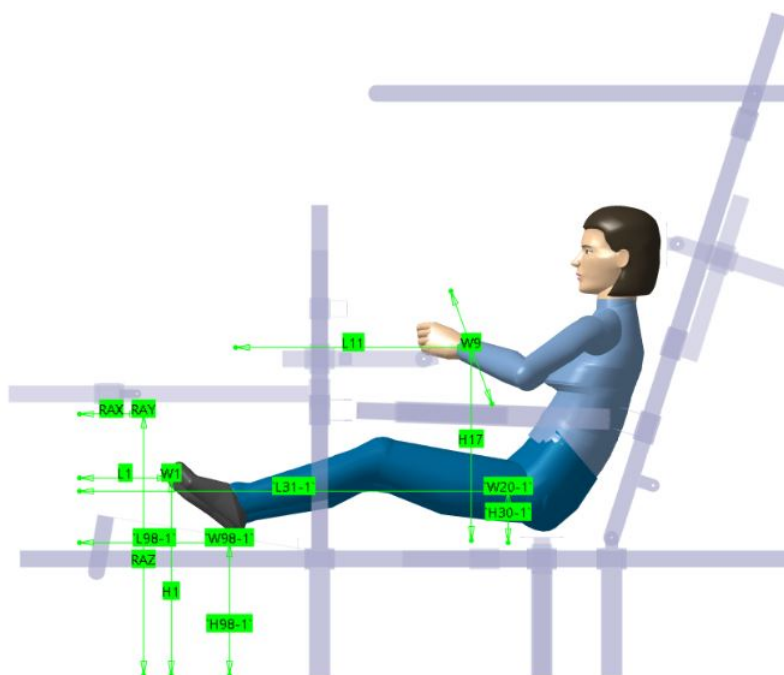


Figura 17 – Posicionamento do percentil feminino 1 mínimo. Fonte: Autores (2021).

O posicionamento do percentil feminino 1 máximo, por sua vez, resultou em uma posição ereta para a condução. Esta é caracterizada pelo ângulo próximo a 90 graus de

flexão dos joelhos, maior altura do volante e uma distância longitudinal requerida menor. A posição dos pés sobre os pedais também foi afetada e seu ângulo com o solo foi reduzido para obtenção de uma posição mais confortável. As dimensões das cotas e a ilustração referentes ao posicionamento estão a na tabela 4 e figura 18.

Tabela 4 – Dimensões das cotas aplicadas ao percentil feminino 1 máximo. Fonte: Autores (2021).

Seção	Cota	Dimensão
Assento	L31-1	1000 mm
	H30-1	420 mm
Volante	L11	220 mm
	H17	750 mm
	W9	280 mm
	A18	20°
	Grip	30 mm

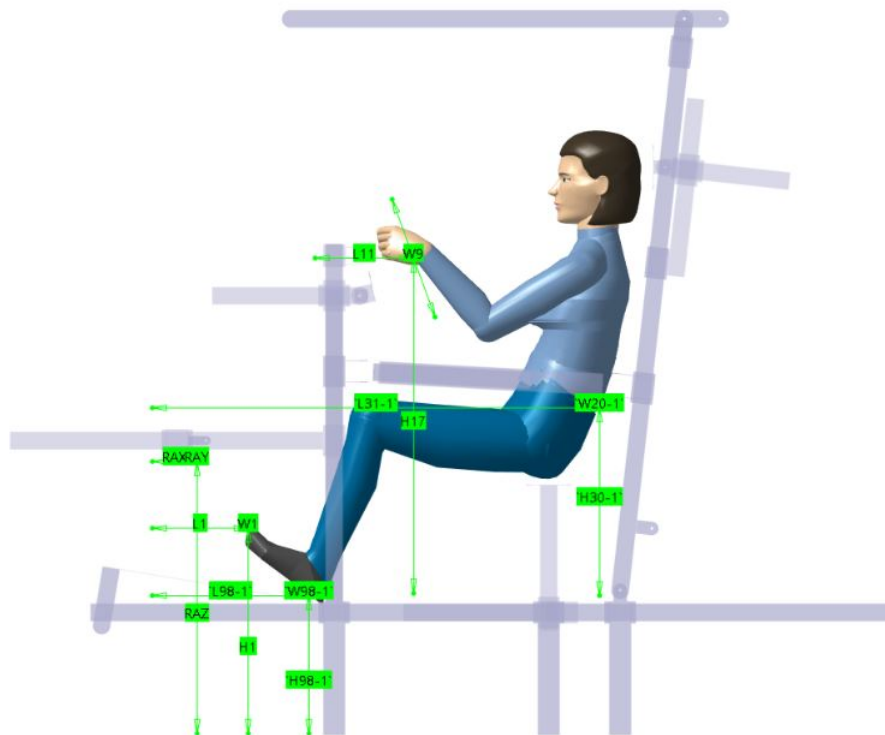


Figura 18 – Posicionamento do percentil feminino 1 máximo. Fonte: Autores (2021).

Como o projeto da bancada deve possibilitar a verificação da qualidade ergonômica para tais perfis, as dimensões resultantes dos ajustes das cotas devem comportar indivíduos com as medidas correspondentes de maneira confortável.

### 4.1.2 Elaboração do package automotivo para o percentil 99 masculino

O caso oposto ao do percentil 1 feminino é o percentil 99 masculino. Neste caso um indivíduo de estatura equivalente a 1,92m deve conseguir ocupar o veículo com conforto. Tal percentil determina a regulagem com as maiores cotas a serem alcançadas durante a fase de configuração. Os mesmos procedimentos de máximo e mínimo foram adotados. As dimensões obtidas para o percentil 99 masculino mínimo e sua ilustração estão na tabela 5 e figura 19, respectivamente.

Tabela 5 – Dimensões das cotas aplicadas ao percentil 99 masculino mínimo. Fonte: Autores (2021).

Seção	Cota	Dimensão
Assento	L31-1	1300 mm
	H30-1	120 mm
Volante	L11	600 mm
	H17	500 mm
	W9	380 mm
	A18	20°
	Grip	30 mm

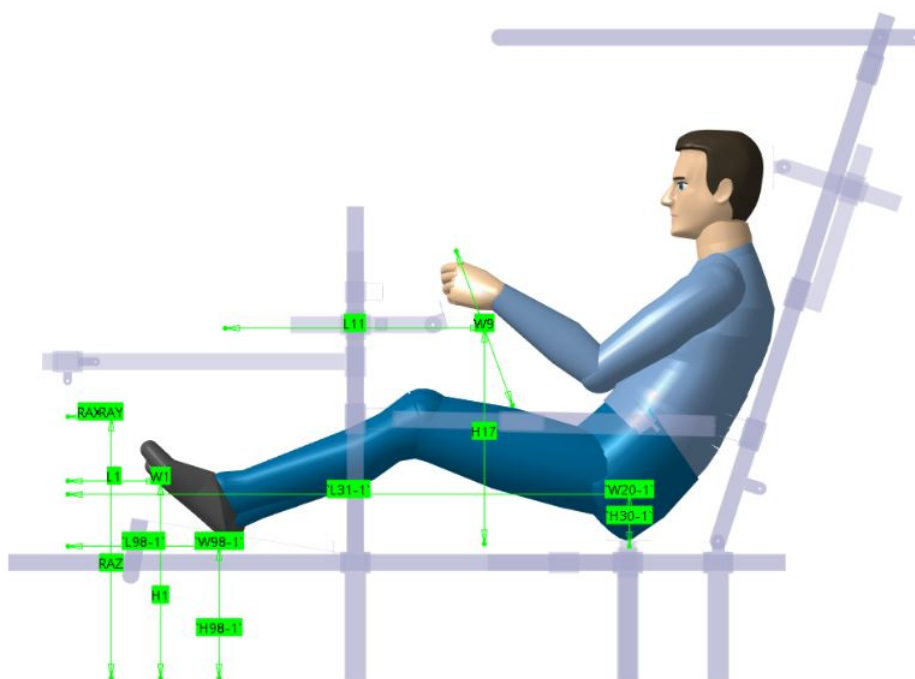


Figura 19 – Posicionamento do percentil 99 masculino mínimo. Fonte: Autores (2021).

O caso máximo para o percentil 99 masculino foi também elaborado e configura uma posição, assim como no caso máximo para o percentil 1 feminino, mais ereta. Como consequência, também pode ser observada a flexão das pernas, a redução da distância longitudinal da ponta do pé ao dorso; e, neste caso, optou-se por manter estendidos

os braços a fim de criar uma condição ainda mais extrema de utilização da direção. A configuração resultou nos seguintes dados:

Tabela 6 – Dimensões das cotas aplicadas ao percentil 99 masculino máximo. Fonte: Autores (2021).

Seção	Cota	Dimensão
Assento	L31-1	1000 mm
	H30-1	420 mm
Volante	L11	20 mm
	H17	800 mm
	W9	380 mm
	A18	20°
	Grip	30 mm

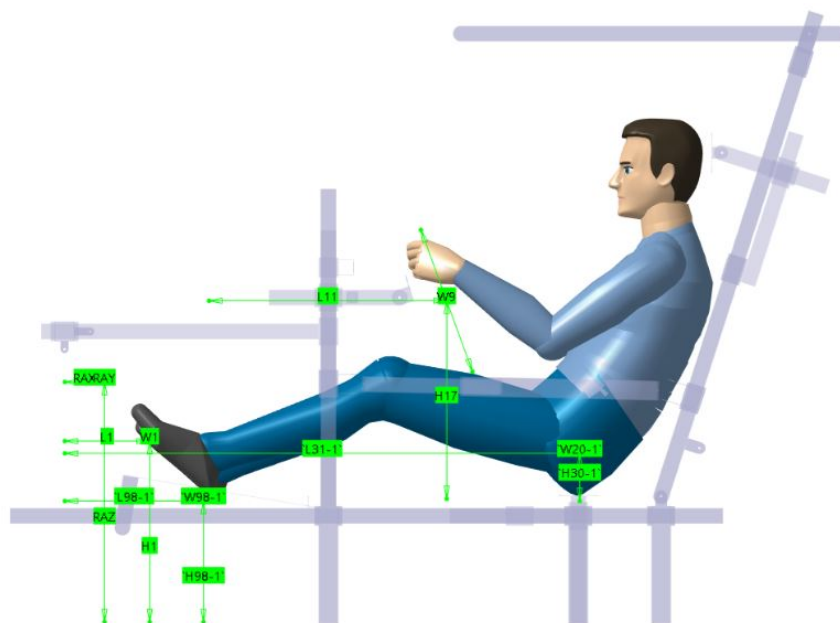


Figura 20 – Posicionamento do percentil 99 masculino máximo. Fonte: Autores (2021).

#### 4.1.3 Avaliação das possibilidades de package para os percentis 1 e 99

Dentre os ajustes realizados nos packages, as mudanças ocorreram somente nas seções de assento e volante, nas cotas de distância longitudinal e altura do SgRP e distância longitudinal e altura do volante. As cotas referentes à angulação e diâmetro do volante permaneceram iguais, assim como dos pedais. Isto porque estes parâmetros são os maiores responsáveis por determinar o ajuste dos demais posicionamentos dentro do próprio software. As coordenadas de posicionamento dos respectivos pontos relacionados aos pedais de aceleração e frenagem e elementos da direção, são:

Para a avaliação das possibilidades de package, os packages foram colocados de maneira sobreposta a fim de verificar os valores mínimos e máximos que cada componente

Tabela 7 – Coordenadas dos pontos relacionados aos pedais de aceleração e frenagem. Fonte: Autores (2021).

<b>Pedal do acelerador</b>	RAP	RAX	100 mm
		RAY	150 mm
		RAZ	700 mm
	PRP	L1	214 mm
		W1	150 mm
		H1	500 mm
	AHP	L8	350 mm
		W8	150 mm
		H8	400 mm
<b>Pedal do freio</b>	FRP	L98-1	350 mm
		W98-1	-150 mm
		H98-1	400 mm
	FPA	A48-1	48°
<b>Volante</b>	Geometria	W9	380 mm
		A18	20°
		Grip	30 mm

regulável da bancada deveria atingir. Para facilitar a visualização, estes foram alocados dois a dois. A primeira sobreposição é referente aos manequins posicionados com banco junto ao assoalho e a segunda conta com os dois manequins posicionados na situação de elevação máxima do assento.

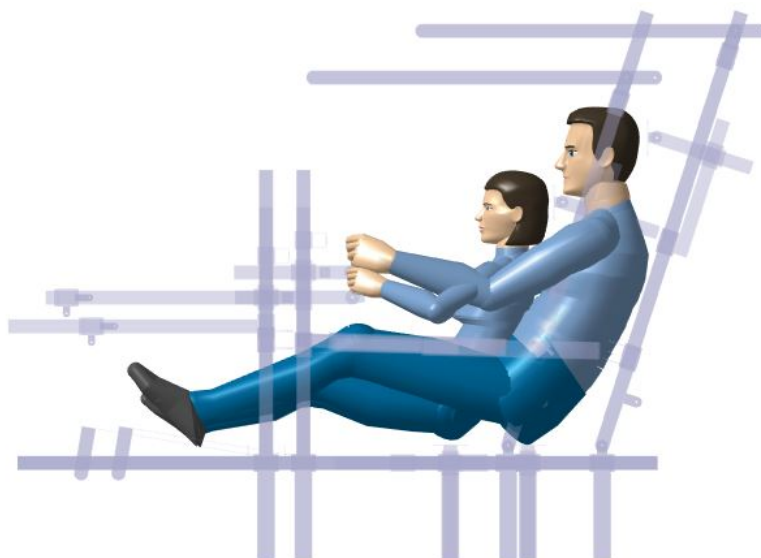


Figura 21 – Sobreposição dos manequins mínimos. Fonte: Autores (2020).

Por meio da sobreposição, foi verificado que os packages responsáveis por criar as condições verdadeiramente extremas que a bancada ergonômica deve atender são os constituídos dos percentis feminino 1 máximo e masculino 99 mínimo, chamados de PF1 Máx e PM99 Mín na tabela. Qualquer posicionamento de qualquer outro percentil dentro



Figura 22 – Sobreposição dos manequins máximos. Fonte: Autores (2021).

da faixa criada por esses limites resultaria em um projeto que possa ser validado.

Com base nesses extremos foram definidas as medidas e calculados os intervalos de atuação de cada componente, como indica a tabela 8.

Tabela 8 – Faixa de atuação de cada componente. Fonte: Autores (2021).

Seção	Cota	PF1 Máx (mm)	PM99 Mín (mm)	Faixa (mm)
Assento	L31-1	1000	1300	300
	H30-1	420	120	300
Volante	L11	220	600	380
	H17	750	500	250
	W9	280	380	100

Ressaltando que as opções de ajuste da bancada devem entregar a possibilidade de validação do conforto para este indivíduo, mesmo que esta não seja devidamente aplicada no projeto. Foi feita então a avaliação destas medidas a fim de adequá-las às regulagens para os respectivos percentis e dar origem aos componentes físicos da bancada.

## 4.2 Desenvolvimento virtual da bancada ergonômica

Agora no ambiente de Assembly Design, adentrou-se a etapa de dimensionamento dos componentes da bancada. Com base nos dois packages escolhidos e nos cálculos de faixa realizados, foi iniciada a criação dos componentes principais do sistema.

Antes de atribuir comprimento aos componentes, fez-se um levantamento breve de quais materiais poderiam ser utilizados, quais são atualmente empregados, modelos

semelhantes, possíveis perfis, espessuras e acessórios para o conjunto.

Para a etapa de desenvolvimento virtual, nota-se dentre os materiais, os que se mostram presentes de maneira mais significativa são os metalons de perfil quadrado (40 x 40) mm e (50 x 50) mm encaixados internamente e externamente, respectivamente, por meio de redutores específicos feitos de material polimérico.

Um dos requisitos de utilização é que qualquer ponto correspondente ao posicionamento de um elemento possa ser posicionado no espaço, isto é, em função de qualquer uma das coordenadas, X, Y e Z.

Devido a esse requisito, para atender a todas as regulagens necessárias, os mecanismos tiveram que ser adaptados e entregam deslocamentos em todas as direções necessárias e em ambos os sentidos, de acordo com o componente, em cada etapa da construção, os elementos estão destacados nas ilustrações.

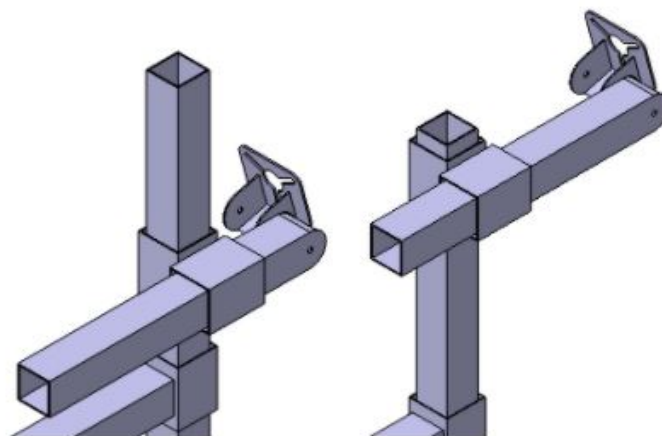


Figura 23 – Diferentes regulagens de altura e profundidade do volante. Fonte: Autores (2021).

O desenvolvimento foi iniciado pelos elementos que ditam as dimensões principais da bancada, que são os que os unem ambos os lados e determinam o posicionamento do assento, volante e pedais, e, suporte da RRH. Tais elementos também caracterizam a mínima altura da bancada com relação ao solo, que é de 250 mm. Em veículos baja SAE, a distância adotada para o vão livre costuma ser maior que esta, como, por exemplo, a estabelecida pela equipe MudRunner do CEFET/ES equivalente a 300 mm no trabalho de Metodologia de desenvolvimento do sistema de suspensão para um protótipo Baja SAE (LISBOA L. E RODRIGUES, 2018).

Na sequência foram projetados os trilhos, que correspondem à LFS e possuem 1800 mm de comprimento, a fim de atender o posicionamento e faixas correspondentes às cotas L31-1 e L11, dimensão suficiente para comportar qualquer configuração de distâncias entre pedais, volante, assento e RRH. No caso dos pedais, a regulagem de profundidade é dada por outro elemento.

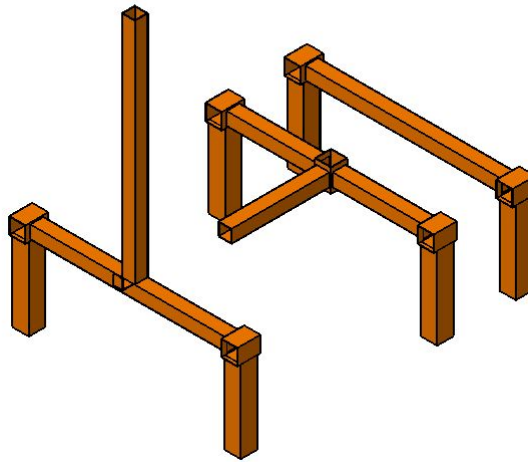


Figura 24 – Suporte do volante, assento e RRH, respectivamente. Fonte: Autores (2021).

A regulagem mais importante da RRH é seu ângulo com relação ao plano vertical. Tal ângulo interfere tanto na posição de pilotagem, quanto fixação de periféricos e dimensões do veículo. As barras em questão não representam as RRH propriamente, mas estas tem o objetivo de formar o plano equivalente ao plano formado pelo conjunto no protótipo real e sustentar os demais componentes, estes sim, que representam os elementos reais.

As barras possuem 1300 mm de comprimento e são suficientes para simular qualquer configuração escolhida para altura da RHO compatível com os percentis e normas determinadas pelo RATBSB.

O posicionamento de ambos os elementos simétricos é feito por meio dos encaixes

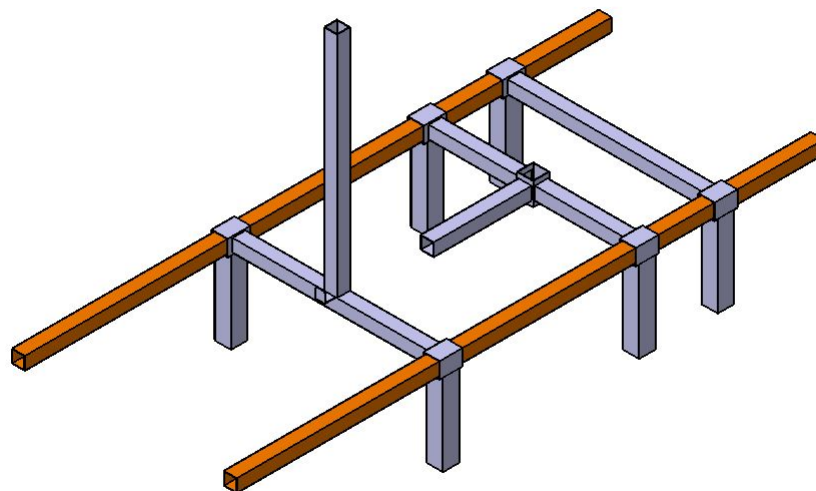


Figura 25 – Trilhos da LFS. Fonte: Autores (2021).



adaptados na parte inferior do perfil de apoio. Sua angulação é feita por meio de um parafuso que permite o movimento rotacional e sua sustentação por um mecanismo conectado às orelhas de apoio soldadas ao tubo. Detalhes do mecanismo e sua regulagem serão fornecidos na etapa de construção deste trabalho.

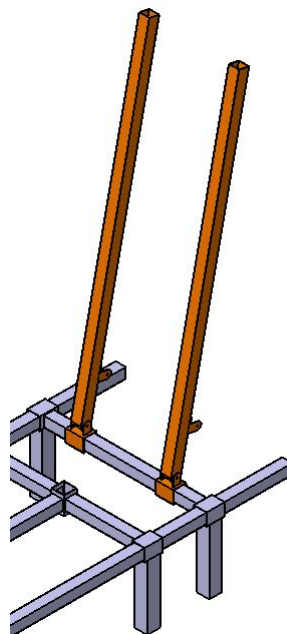


Figura 26 – Encaixes e barras do plano da RRH. Fonte: Autores (2021).

O próximo passo fez-se da confecção das regulagens de altura e profundidade da sustentação e dos pedais e seus respectivos encaixes, permitindo regulagens laterais. O mesmo foi feito para a direção, onde foi posicionada uma coluna com regulagem de profundidade e foi desenvolvido um mecanismo de regulagem de ângulo para o volante.

Como objetivo, buscou-se permitir uma angulação de  $30^\circ$  em ambos os sentidos, totalizando  $60$  graus de rotação máxima, entretanto, o mecanismo permite rotação ainda maior, atendendo a qualquer ensaio.

A fixação do volante na extremidade da chapa pode ser feita por meio do travamento da flange ou rolamento deste por meio de três parafusos. Detalhes do processo de fabricação e fixação do mesmo também serão abordados na etapa de construção.

As barras FAB são representadas por meio das colunas verticais fixadas no suporte do volante. Seus encaixes inferiores são adaptados para que seu acoplamento seja possível, assim como seu movimento transversal.

Tais colunas interferem diretamente no espaço disponível para o piloto e tem como função estrutural fixar os pontos dianteiros da SIM e o botão de emergência.

A fim de reduzir as dimensões finais da bancada, esses elementos foram encurtados até a altura suficiente para posicionamento do botão e não fazem fixação da RHO, como

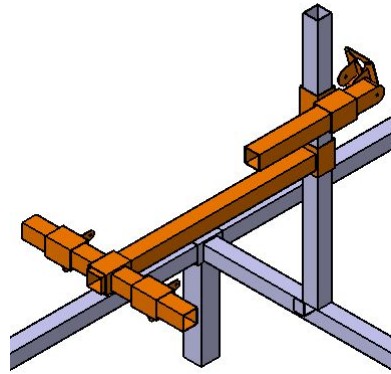


Figura 27 – Encaixes de profundidade e altura dos pedais e volante, ângulo do volante e distância lateral dos pedais. Fonte: Autores (2020).

na estrutura real.

Um elemento próprio para suporte do botão foi elaborado e este possui possibilidade de regulagem de altura somente, a qual é suficiente para atender os requisitos normativos e é única e comumente empregada nos projetos.

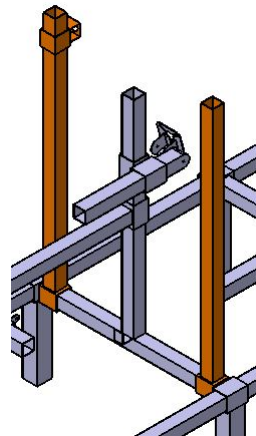


Figura 28 – Colunas FAB e encaixe de suporte do botão de emergência. Fonte: Autores (2020).

Com as colunas FAB e as colunas responsáveis por formar o plano da RRH projetadas, foi possível dimensionar os encaixes da regulagem de altura da SIM nas partes dianteira e traseira.

A SIM tem como função na estrutura promover o travamento lateral e pode ser incluída de diversas formas ou ângulos no projeto desde que atenda às normas. Durante a pilotagem ela é também responsável por redução de boa parte do espaço lateral disponível. Durante a entrada e evacuação do veículo, é o elemento que impõe maior dificuldade durante o processo.

Como os requisitos da RRH pedem que esta possua uma largura maior que os demais pontos do carro, foi adicionado um encaixe lateral inferior que permite o ajuste. A

SIM acaba se posicionando com uma certa angulação com relação ao plano longitudinal vertical do carro, logo, esta deve possuir em ambas extremidades o movimento de rotação possibilitado.

Devido ao ângulo de inclinação do plano da RRH, em sua extremidade traseira, um grau de liberdade extra é criado, o que torna necessária a utilização de algum mecanismo que permita a rotação em todas as direções, como um terminal esférico, por exemplo.

No modelo tal mecanismo não foi ilustrado devido aos seus detalhes que devem ser abordados na etapa de construção.

A SIM deve possuir dimensões compatíveis com os pontos de fixação a ela impostos, ou seja, ela deve possuir comprimento variável. Para isso, ela é composta por dois perfis diferentes com coincidência em seu eixo central e encaixe interno.

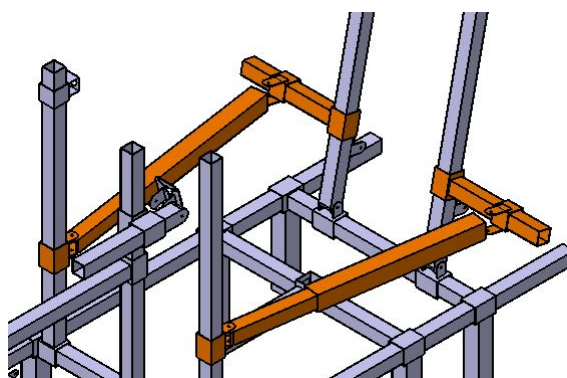


Figura 29 – Colunas FAB, encaixe de regulagem lateral, membros frontais e traseiros da SIM. Fonte: Autores (2021).

Os pontos de fixação das tiras inferiores do cinto são ao longo da ASB. Esta fica junto ao assoalho e sua regulagem ocorre longitudinalmente. O suporte do banco é caracterizado por um elemento vertical, a fim de resistir ao peso do ocupante, pode ser adaptado para fixar diferentes tipos de assento e possui regulagem de altura. Seu comprimento é de 325 mm, o suficiente para atender os 300 mm de curso entre as configurações de altura máxima e mínima.

Os elementos de fixação superior das tiras do cinto de segurança e de regulagem de altura e profundidade do encosto de cabeça estão integrados e servem, ainda, como elementos de sustentação para as barras do plano do RRH. A SHC foi bi partida a fim de gerar um encaixe colinear. O elemento que sustenta a regulagem de altura pode ser deslocado lateralmente a fim de centralizar o encosto no espaço. A regulagem do ângulo está disponível para que esta possa ser corrigida devido ao ângulo criado pelas colunas da RRH.

Para simular a RHO, elemento que durante a entrada e saída do veículo destaca-se por ser um grande obstáculo, foi adicionado um elemento rotativo, por meio de um braço de alavanca, com regulagem do tipo semelhante à que será utilizada nas colunas da RRH.

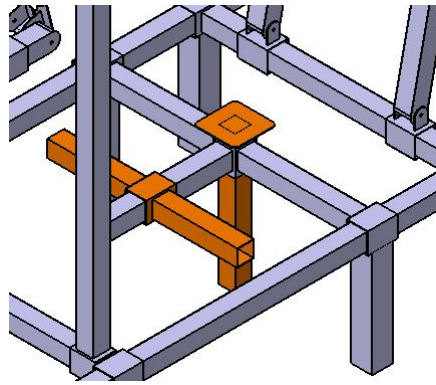


Figura 30 – ASB para fixação inferior dos cintos e regulagem de altura do assento. Fonte: Autores (2021).

O ajuste da distância lateral é possível devido aos encaixes iguais aos da SIM replicados para a parte superior. Seu posicionamento, normalmente, é situado paralelo ao solo, mas devido ao mecanismo implementado, esse ângulo pode ser alterado e utilizado durante a validação ergonômica de qualquer projeto.

Seu comprimento é de 1000 mm, tamanho suficiente para representar o bloqueio imposto pela barra durante o acesso ao veículo e permitir a verificação do cumprimento das normas referentes às distâncias do capacete ao topo e afins.

Foi adicionada uma chapa, podendo esta ser de alumínio ou outro material leve mais atrativo financeiramente, para simular o ângulo de rack, que é a inclinação iniciada a partir da FAB que possibilita elevação do ângulo de ataque do veículo.

A chapa será sustentada por dois metalons de seção (40x40) mm que totalizam um comprimento total equivalente a 150mm cada. Por meio de elementos passantes em

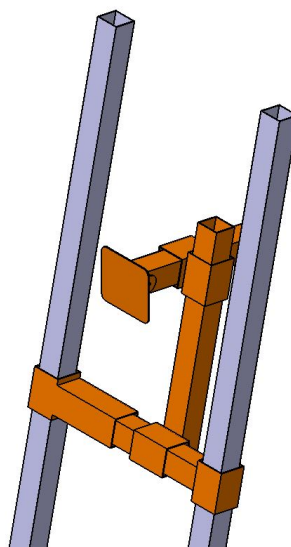


Figura 31 – SHC e regulagens de altura e profundidade do encosto de cabeça. Fonte: Autores (2021).

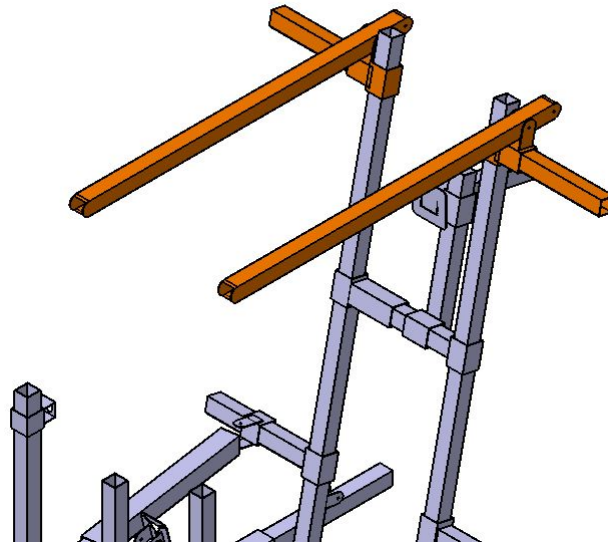


Figura 32 – RHO com ajuste de ângulo e encaixes laterais superiores. Fonte: Autores (2021).

furos pré-definidos durante a fase de concepção da construção, o conjunto ficará apoiado sobre os trilhos e em sua extremidade traseira, este ficará preso à alça soldada na haste de sustentação do volante.

Os pedais foram adicionados ao CAD para que possa ser verificado os pontos de apoio dos pés, o eixo de rotação e os respectivos cursos, entretanto, os pedais mudam de acordo com o projeto, portanto, estes devem ser fabricados separadamente e não fazem parte da bancada.

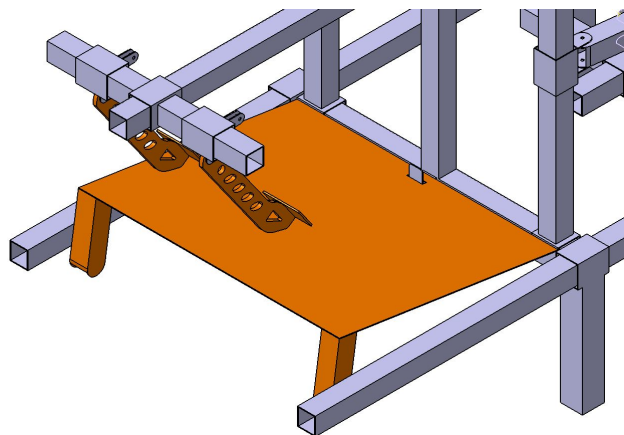


Figura 33 – Estrutura responsável por criar o ângulo de rack e pedais. Fonte: Autores (2021).

Para encerrar a etapa de desenvolvimento da bancada, foi adicionado ao modelo dois tubos que somados totalizam 340 mm de largura e são conectados por imã ao elemento de regulagem de profundidade do volante. Esses dois tubos têm por função representar os elementos de sustentação do volante e normalmente conectam a FAB ao suporte do

rolamento da direção. Como empecilho para o piloto, este elemento tende a tocar o joelho ou ao menos reduzir o espaço interno do condutor de maneira significativa.

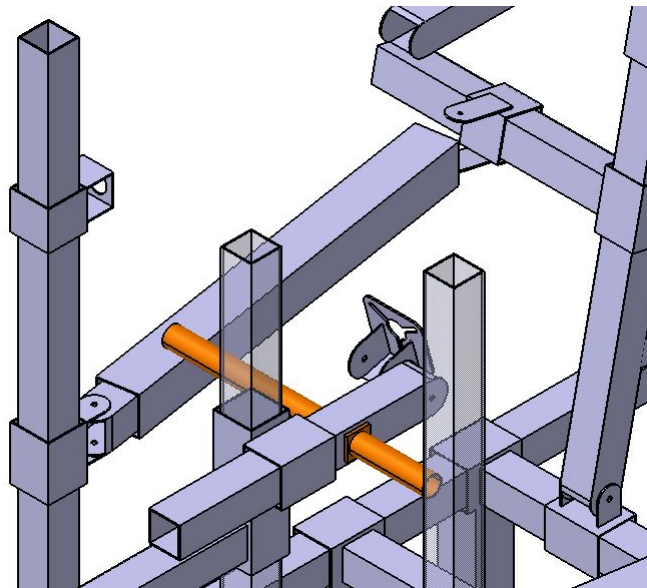


Figura 34 – Barras para simular o travamento da direção. Fonte: Autores (2021).

### 4.3 Packages para validação da bancada ergonômica no CATIA

Com base nos packages anteriormente elaborados, os valores de alcance e regulação a serem atingidos determinados pelos percentis 1 feminino e 99 masculino foram dados de acordo com os valores mínimos e máximos de posicionamento. E como consequência, deve ser possível a reprodução de qualquer package.

Portanto, para a validação de uma configuração real de posicionamento do condutor e espaço interno a ser ensaiado na bancada, packages de protótipos de anos anteriores da equipe foram utilizados. Para isso, foram sobrepostas três estruturas, cada uma com suas características ergonômicas.

A figura 35 ilustra a sobreposição dos elementos da gaiola de cada carro. Tupã Yahto, protótipo do ano de 2017, ilustrado com a cor azul, era um pouco mais largo que as demais estruturas, o que resultava em um espaço interno maior.

Em amarelo encontra-se a gaiola de proteção do UnB4, protótipo do ano de 2018. Comparando-a com o ano anterior, pequenas mudanças foram executadas, mudanças essas que tinham como objetivo reforço a impactos. Essas alterações foram ocasionadas devido a necessidade de reparos a danos na estrutura que ocorreram durante os testes do veículo, o que resultou em reforço do travamento na parte traseira e adaptação dos tubos da RHO.

Na cor preta, está a gaiola do UnB5, protótipo do ano de 2019. Com seus elementos completamente refeitos, esta possui altura média se comparada às estruturas passadas.

Sua largura na parte da frente foi significativamente reduzida, assim como a largura da RRH e a posição de fixação dos cintos.

Diferente dos procedimentos adotados anteriormente, estes packages não buscam analisar o curso das medidas, e sim, representar o interior dos habitáculos reais, portanto, as cotas referentes ao posicionamento dos pedais, volante e assento permanecem inalteradas para as três configurações.

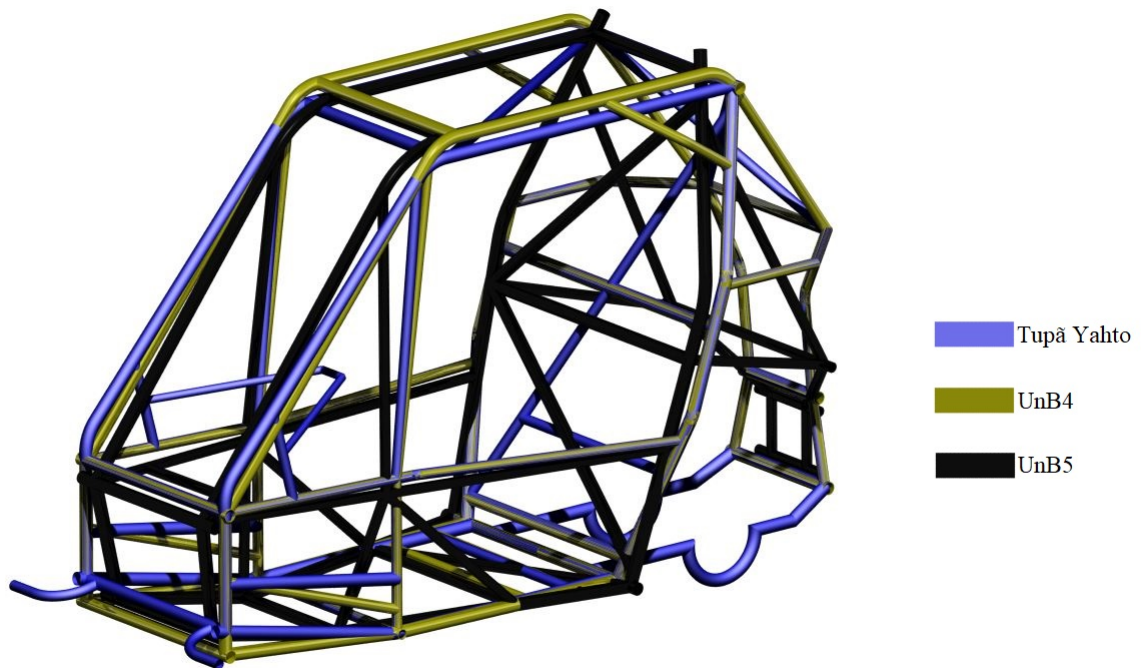


Figura 35 – Sobreposição das estruturas dos protótipos de 2017, 2018 e 2019. Fonte: Autores (2021).

Os valores das cotas dos respectivos packages, foram produzidos durante seus anos de projeto e foram agora utilizados para validação. Como os habitáculos do Tupã-Yahto e UnB4 são praticamente os mesmos, tomou-se como referência apenas uma das estruturas, a mais recente, e portanto, foi utilizado somente um package com base nos tubos do UnB4 e outro com base no UnB5.

Os números referentes ao UnB4 podem ser encontrados na tabela 9. A figura 36 demonstra seus elementos do package.

Tabela 9 – Cotas do package do UnB4. Fonte: Autores (2021).

<b>Pedal do acelerador</b>	RAP	RAX	345 mm
		RAY	150 mm
		RAZ	650 mm
	PRP	L1	410 mm
		W1	150 mm
		H1	500 mm
	AHP	L8	515 mm
		W8	150 mm
		H8	320 mm
<b>Pedal do freio</b>	FRP	L98-1	515 mm
		W98-1	-150 mm
		H98-1	320 mm
	FPA	A48-1	60°
<b>Assento</b>	L31-1	1150 mm	
	H30-1	120 mm	
	A27-1	20°	
	A40-1	25 mm	
<b>Volante</b>	L11	420 mm	
	H17	510 mm	
	W9	300 mm	
	A18	38°	
	Grip	30 mm	



Figura 36 – Package do UnB4. Fonte: Autores (2021).

O mesmo foi feito para o UnB5, entretanto, a origem deste package foi dado de um ponto diferente do UnB4, portanto os valores tiveram que ser convertidos para a mesma



referência e resultaram nas medidas contidas na tabela 10.

Diferentemente do UnB4, pode-se observar os pontos de rotação do pedal posicionados no interior da gaiola. Isto ocorreu devido ao redimensionamento dos pedais, portanto o pedal utilizado para a validação do package deve possuir as dimensões correspondentes.

Tabela 10 – Cotas do package do UnB4. Fonte: Autores (2021).

<b>Pedal do acelerador</b>	RAP	RAX	350 mm
		RAY	150 mm
		RAZ	650 mm
	PRP	L1	400 mm
		W1	150 mm
		H1	525 mm
	AHP	L8	505 mm
		W8	150 mm
		H8	330 mm
<b>Pedal do freio</b>	FRP	L98-1	505 mm
		W98-1	-150 mm
		H98-1	330 mm
	FPA	A48-1	60°
<b>Assento</b>	L31-1	1200 mm	
	H30-1	80 mm	
	A27-1	20°	
	A40-1	25 mm	
<b>Volante</b>	L11	370 mm	
	H17	420 mm	
	W9	290 mm	
	A18	20°	
	Grip	30 mm	

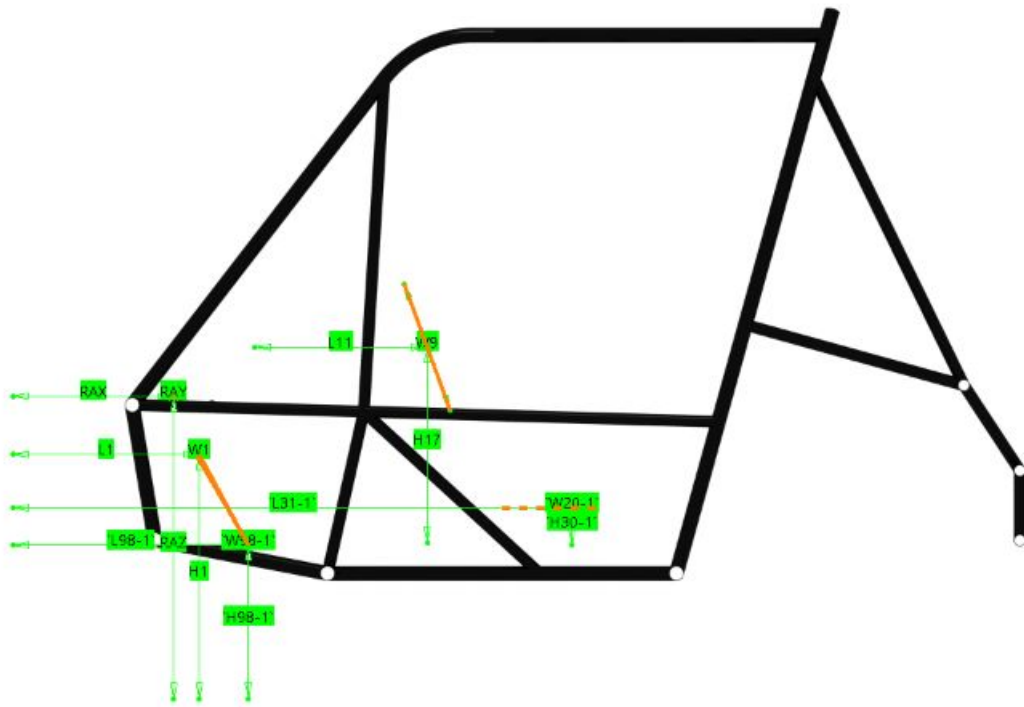


Figura 37 – Package do UnB5. Fonte: Autores (2021).

Vale ressaltar que ambos os packages foram situados a partir da mesma origem, para que houvesse um padrão, a qual é caracterizada pelo plano do solo e pelo plano vertical perpendicular posicionado no início dos trilhos que determinam o plano do assoalho.

## 4.4 Validação da bancada por meio dos procedimentos de análise

Tendo sido projetados todos os elementos da bancada, o seu funcionamento deve ser validado a fim de comprovar sua aplicação para o devido uso. Essa validação foi feita por meio das análises de conforto, mobilidade e visão de acordo com as respectivas normas e procedimentos, seguidos das regulagens da bancada a fim de reproduzir e simular os packages estipulados.

### 4.4.1 Análises RULA, de alcance e de possíveis restrições impostas ao piloto

A análise RULA tem como objetivo verificar o conforto proveniente dos ajustes do package para cada utilizador. Como mencionado anteriormente, a escala de conforto é iniciada pela cor verde, a qual significa confortável, e se encerra na cor vermelha, a qual significa desconfortável. Parâmetros em amarelo são aceitáveis e tendem ao conforto, e, parâmetros em laranja representam incômodo e tendem ao desconforto.

Por meio da ferramenta *Computes Reach Envelope* no ambiente de *Human Activity Analysis*, foram verificados os alcances com as condições de *Physiological maximal* é ideal para ambos os lados do corpo (CATIA DOCUMENTATION,C2009, a). A primeira condição é utilizada para simular o uso dos restritores de braço, visto que os braços não se esticam completamente devido ao seu uso. A segunda condição representa o limite confortável de alcance. Tais limites de alcance interferem diretamente na posição de pegada do volante e no movimento de pressionamento do botão de emergência, ação esta crucial.

Para tornar o posicionamento do botão visível, uma representação gráfica em vermelho e branco foi adicionada nas vistas lateral e superior, assim como setas indicativas. Essas vistas foram registradas a fim de possibilitar a visão espacial da regulagem dos componentes.

Em cada um dos dois packages foi verificado o conforto, o alcance e as possíveis restrições de pessoas das faixas extremas de percentil e de uma pessoa do percentil masculino 50, chamado de percentil de referência, quando situados no interior do veículo.

#### 4.4.1.1 Análises do UnB4

Para iniciar a análise do UnB4, depois de ter adicionado seu package ao modelo, foram regulados os componentes da bancada para que as distâncias dos seus elementos correspondessem com os do package.

A imagem 38 mostra as vistas isométricas da regulagem em questão. Como pode ser observado, o UnB4 possuía a sustentação da coluna de direção posicionada com sua fixação dianteira bem à frente, o que aumentava seu ângulo com relação ao plano transversal e dispensava a possibilidade de toque do elemento com as pernas do piloto. Portanto, neste caso, o elemento utilizado para realizar esta regulagem, posicionado pelo auxílio de imãs no modelo não é adicionado.

Pode-se notar também que o ponto de rotação dos pedais fica externo ao veículo, o que resultou diretamente em falha de projeto. Para corrigir o erro no protótipo em questão, este ponto foi trazido para dentro sem que fossem mantidos os pontos de apoio dos pés, o que resultava em grande desconforto por parte do utilizador.

##### 4.4.1.1.1 Percentil 1 feminino

Os resultados das análises RULA do menor percentil a conduzir o veículo demonstraram grande desconforto principalmente na região dos punhos e do apoio do condutor sobre o assento.

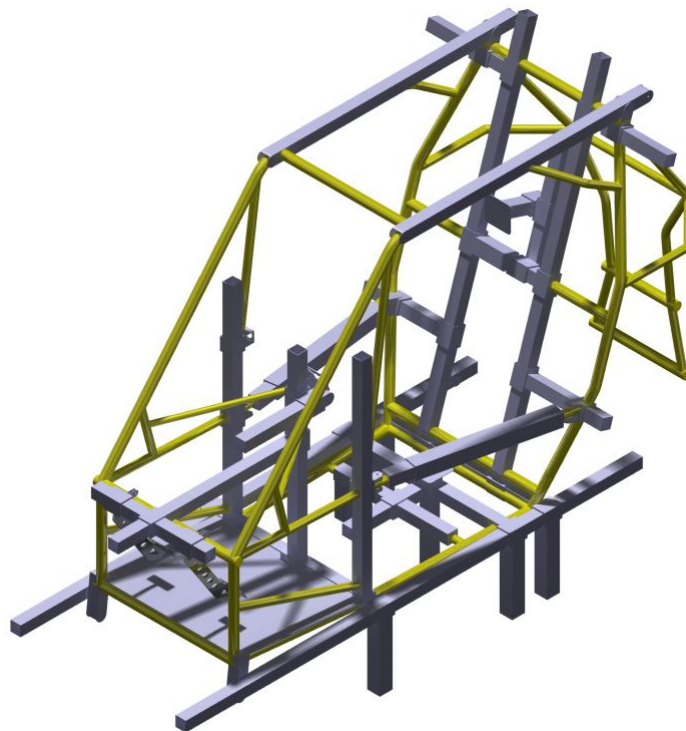


Figura 38 – Ajuste das regulagens da bancada para o package do UnB4. Fonte: Autores (2021).

A avaliação de alcance demonstra que o posicionamento do volante encontra-se no limite ideal, entretanto, o botão de emergência está situado fora tanto da faixa ideal quanto do limite físico quando sentado, o que demonstra falha de projeto.

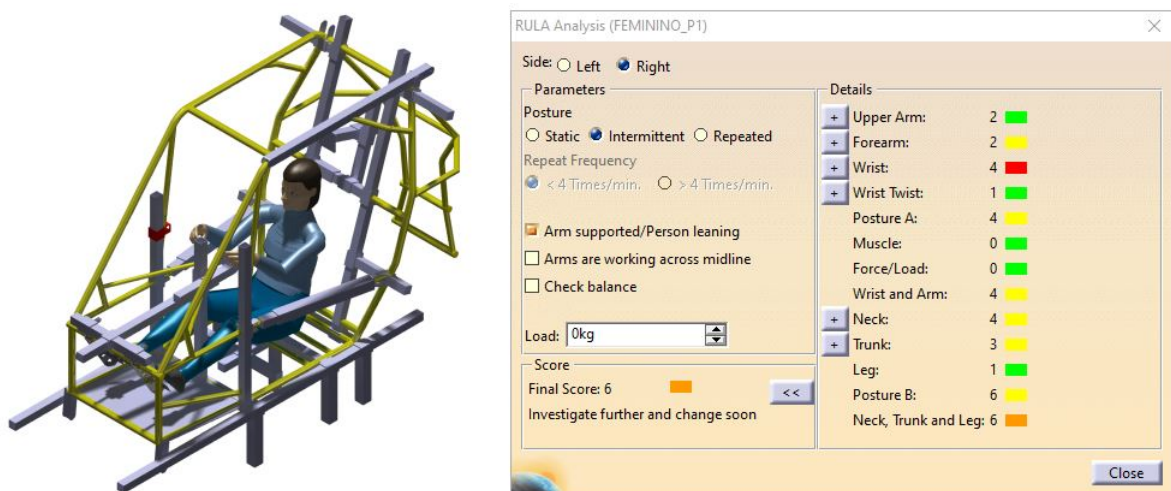


Figura 39 – Análise RULA do UnB4 do percentil 1 feminino. Fonte: Autores (2021).

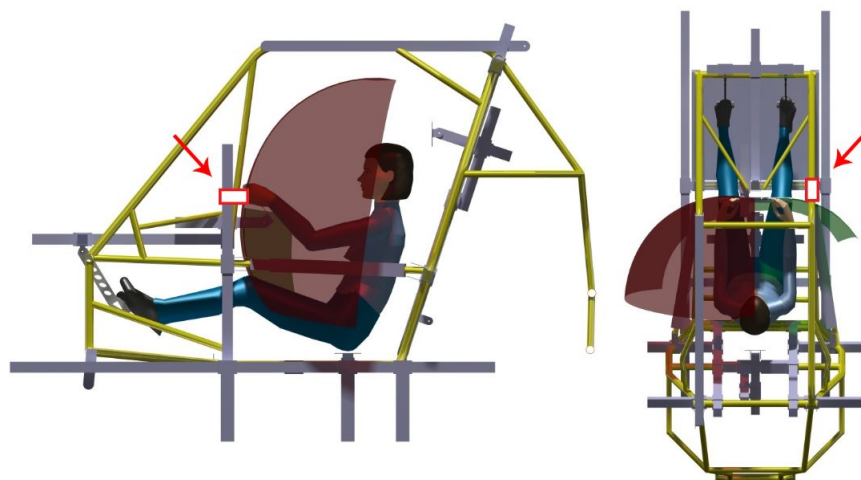


Figura 40 – Análise de alcances do UnB4 do percentil 1 feminino. Fonte: Autores (2021).

#### 4.4.1.1.2 Percentil 99 masculino

Para o maior percentil a conduzir o veículo, os desconfortos observados são menores, entretanto a oferta de espaço interno é menor. Por se tratar de um habitáculo de maiores dimensões quando comparado aos demais observados dentre as equipes de baixa SAE, o condutor não é tão afetado pela falta de espaço.

Como pode ser observado, todos os alcances necessários foram atingidos e se encontram dentro da faixa ideal.

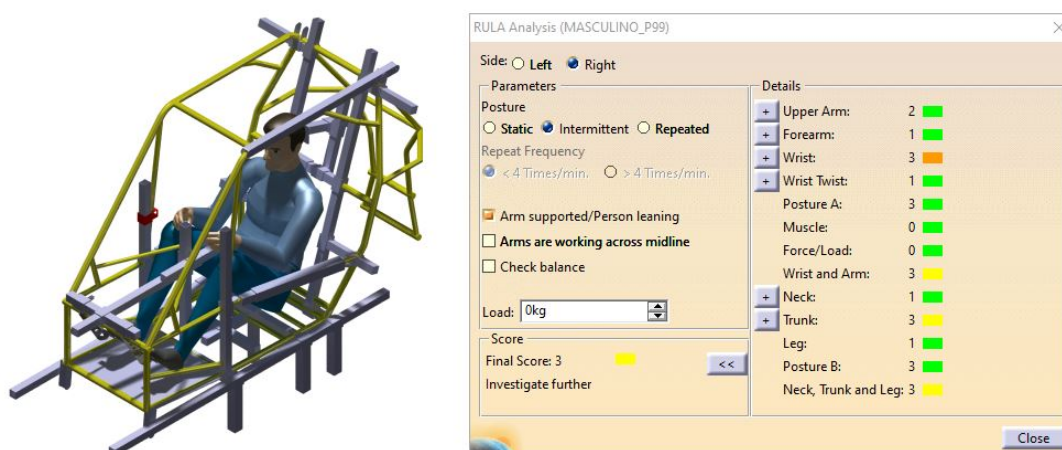


Figura 41 – Análise RULA do UnB4 do percentil 99 masculino. Fonte: Autores (2021).

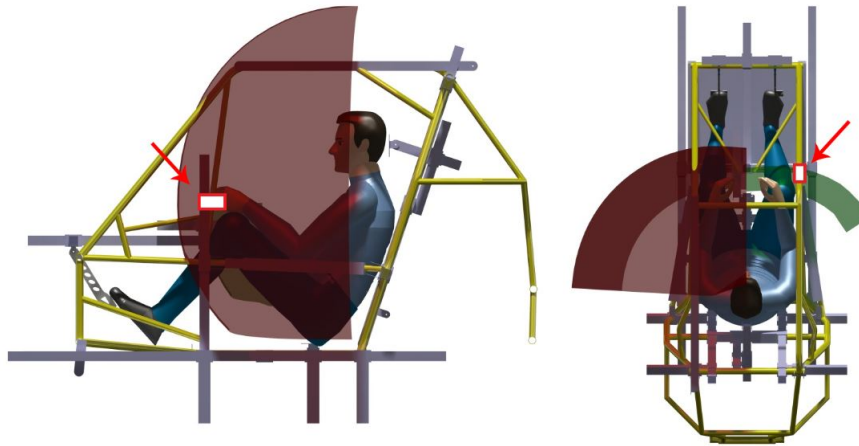


Figura 42 – Análise de alcances do UnB4 do percentil 99 masculino. Fonte: Autores (2021).

#### 4.4.1.1.3 Percentil de referência

O percentil médio adotado como referência, demonstrou elevado grau de desconforto na região dos punhos, assim como o menor percentil. Isto indica que o posicionamento do volante deve ser alterado a fim de reduzir-se o ângulo de inclinação do volante, o que resultaria por diminuir o desvio das mãos com relação ao curso do braço.

O botão de emergência se encontra dentro dos limites impostos pelo restritor quando sentado, entretanto, posicionado exatamente sobre o limite ideal, o que pode caracterizou a impossibilidade de utilização por parte de percentis menores, como indicado no caso do percentil 1 feminino.

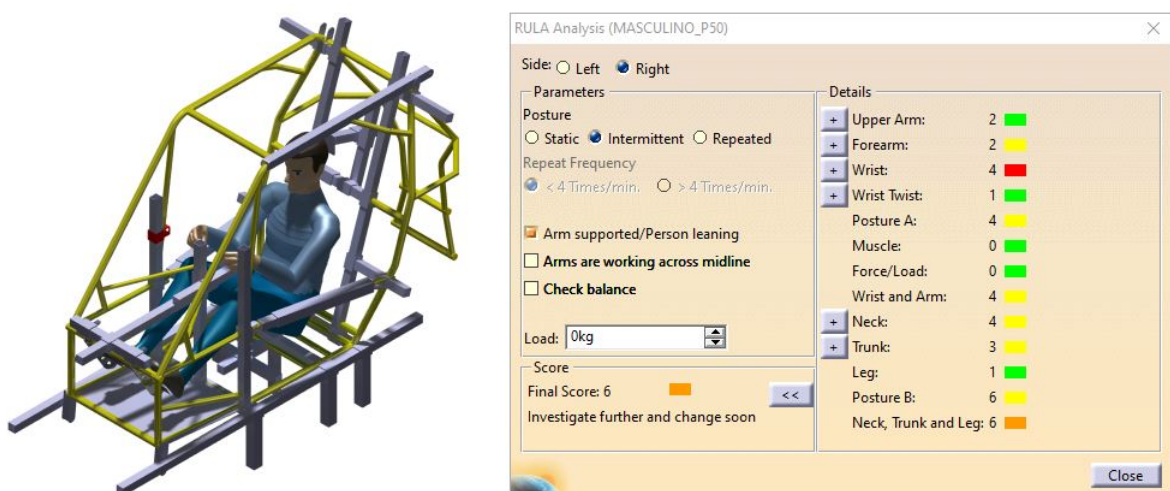


Figura 43 – Análise RULA do UnB4 do percentil de referência. Fonte: Autores (2021).

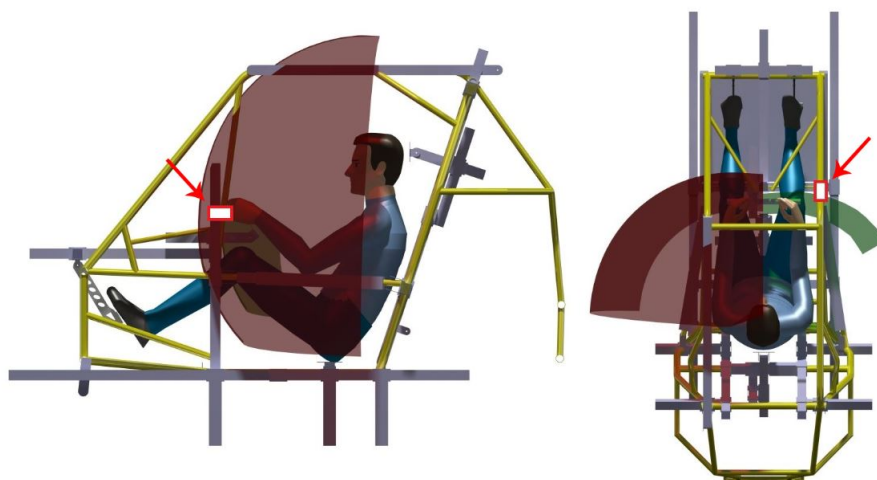


Figura 44 – Análise de alcances do UnB4 do percentil de referência. Fonte: Autores (2021).

#### 4.4.1.2 Análises do UnB5

Todos os procedimentos e condições aplicadas às validações do package do UnB4 foram replicados para o package do UnB5. Como no projeto do ano em questão houve alteração do curso do pedal, para validação, um pedal de curso semelhante deve ser providenciado, portanto, este foi mantido na bancada mas a chapa do ponto de apoio superior não deve ser considerada.

Os ajustes dos componentes da bancada a fim de coincidirem com os elementos da gaiola estão ilustrados abaixo. No caso em questão, como há um desvio na angulação da FAB superior em relação à FAB inferior, para simulação do posicionamento real do botão, deve ser feito um prolongamento do acoplamento de sua base com o encaixe do seus regulador de altura na bancada. As representações destacadas consideram a utilização desse prolongador, mas não ilustra-os.

##### 4.4.1.2.1 Percentil 1 feminino

O maior desconforto observado também ocorre na região dos punhos. Apesar de, neste projeto, este ângulo ser reduzido, essa região de articulação se mostra um ponto crítico no projeto ergonômico, assim como a área de contato com o assento.

As análises de alcance demonstraram acessibilidade do botão de emergência por parte de um utilizador desta faixa no limite do curso do restritor de braço, ou seja, fora da faixa ideal. Por se tratar de um percentil extremo, a aplicação pode ser considerada válida.

Um exemplo deste posicionamento no espaço a ser atingido está indicado na imagem 47.

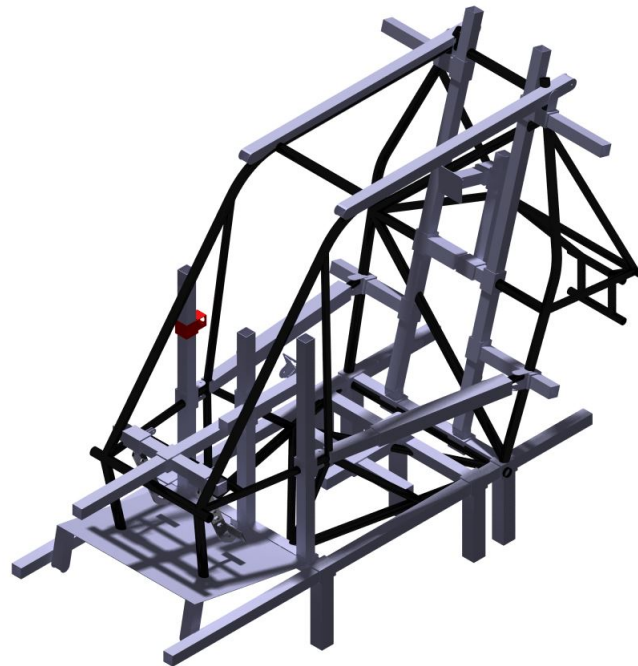


Figura 45 – Ajuste das regulagens da bancada para o package do UnB5. Fonte: Autores (2021).

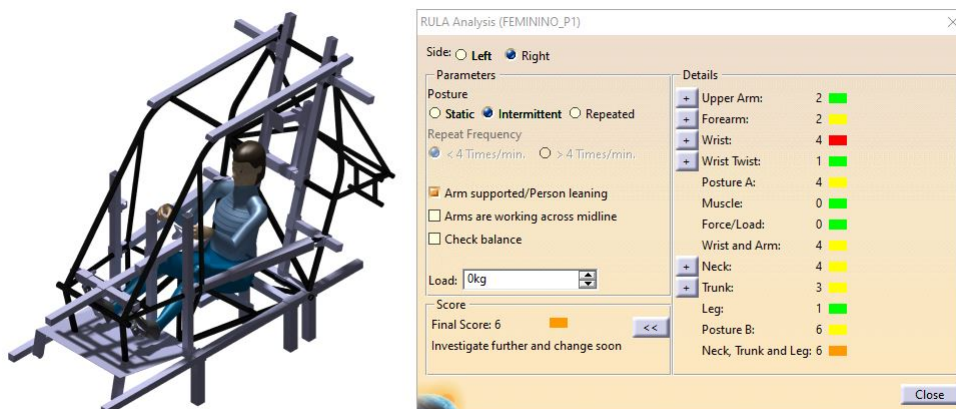


Figura 46 – Análise RULA do UnB5 do percentil 1 feminino. Fonte: Autores (2021).

#### 4.4.1.2.2 Percentil 99 masculino

O posicionamento do manequim para o percentil em questão, mostrou grande dificuldade deste em se acomodar de forma que este não tocasse nos elementos da gaiola. Apesar de mostrar valores de conforto aceitáveis por meio do RULA análises, ao se analisar a disposição de seus membros, pode-se observar que há contato das pernas com o volume ocupado pelo volante e espaço extremamente reduzido para a movimentação lateral destas.

Devido ao posicionamento do volante, isto é, profundidade, altura e angulação, para que as mãos toquem-no a fim de realizar a condução do veículo, estas ficam em contato com as pernas do piloto.



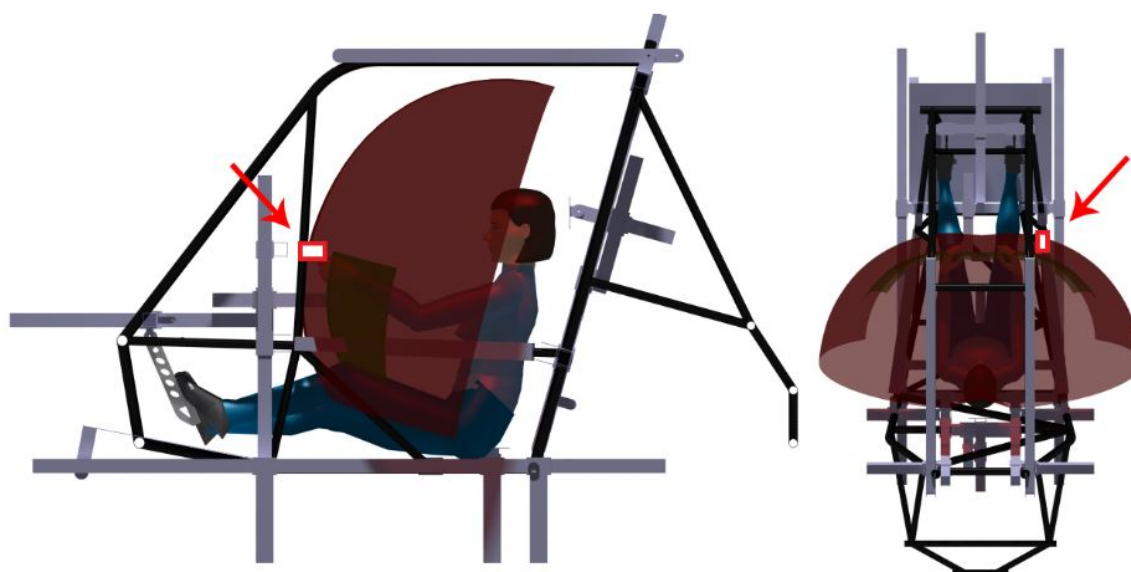


Figura 47 – Análise de alcances do UnB5 do percentil 1 feminino. Fonte: Autores (2021).

Pode-se concluir então, por meio desta configuração simulada virtualmente, que esse habitáculo se mostrou completamente inutilizável por um percentil deste porte, devido à ausência de espaço e limitação da sua mobilidade.

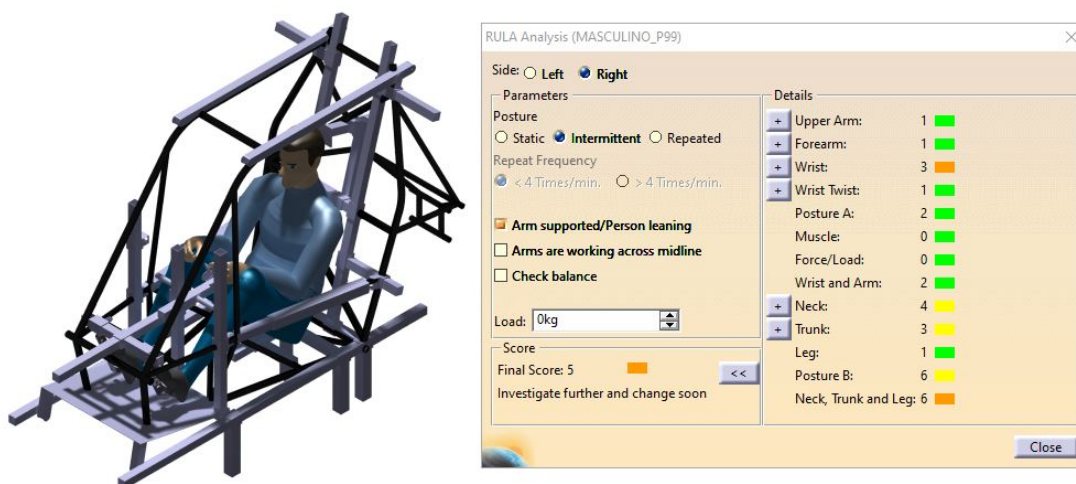


Figura 48 – Análise RULA do UnB5 do percentil 99 masculino. Fonte: Autores (2021).

#### 4.4.1.2.3 Percentil de referência

O percentil masculino 50, adotado como percentil de referência para um ensaio geral, resultou em um grau de conforto aceitável para todos os membros, exceto punho, pescoço, glúteos e pernas, como nos demais casos, entretanto somente foi dado como intolerável o desconforto na região dos punhos.

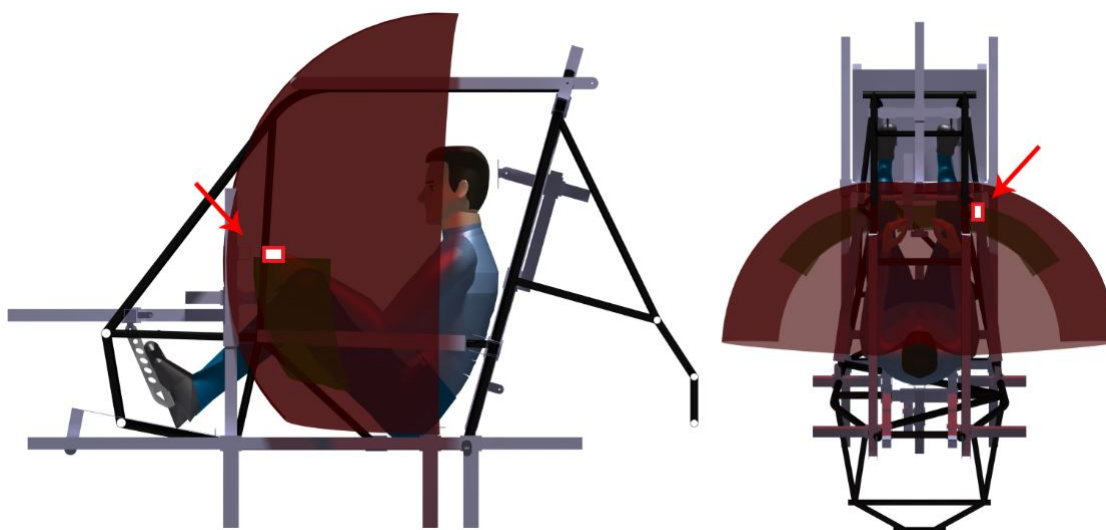


Figura 49 – Análise de alcances do UnB5 do percentil 99 masculino. Fonte: Autores (2021).

O espaço interno para o percentil se mostra compatível com a proposta do veículo, o que significa que há limitações da mobilidade e do espaço disponível impostas pela gaiola, mas não garante interferência entre as partes.

O botão de emergência pode ser alcançado com uma facilidade considerável, mesmo com os restritores de braços, devido à angulação da FAB superior, gerando aproximação do botão ao corpo do piloto, e se encontra no limite da faixa ideal.

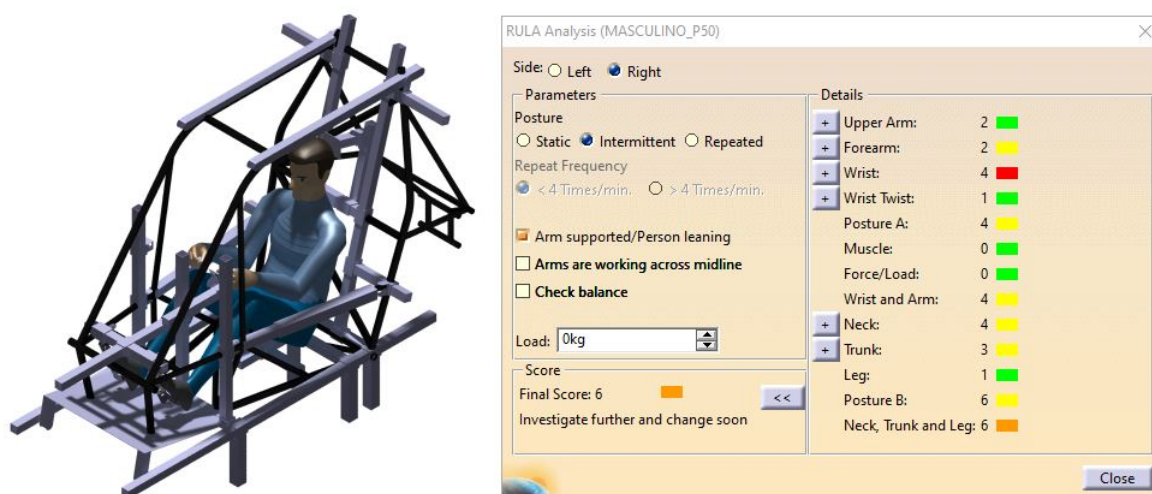


Figura 50 – Análise RULA do UnB5 do percentil de referência. Fonte: Autores (2021).

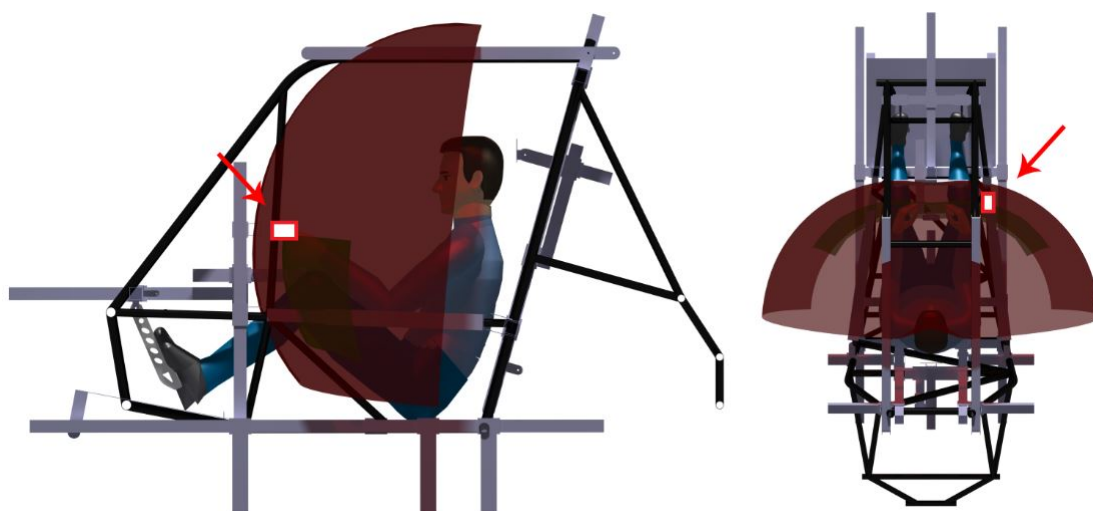


Figura 51 – Análise de alcances do UnB5 do percentil de referência. Fonte: Autores (2021).

#### 4.4.2 Análise da visão interna por meio da bancada

Aplicação das normas SAE J1052 (2005) e J1050 (1994) determinam o posicionamento da cabeça dos passageiros e do campo de visão do motorista, respectivamente. Estas normas seguem uma série de procedimentos para representar esses parâmetros em um projeto ergonômico.

A fim de verificar a possibilidade de utilização da bancada para verificação desses parâmetros fez-se análise das condições necessárias e dos fatores de maior relevância. A verificação correspondente à norma SAE 1052, em competições baja SAE é feita por meio da medição das distâncias da cabeça do piloto até os tubos e componentes estruturais, com valores específicos diferentes dos apresentados pela norma, portanto, sua aplicação não é diretamente válida para o projeto, a não ser que sua metodologia de aplicação seja adaptada.

A norma SAE J1050, por meio dos packages elaborados, determina o posicionamento dos olhos, pontos de pivotamento e as diretrizes para análise do campo de visão. O resultado atingido é consequência desses pontos, da execução da metodologia estipulada e dos elementos que constituem o modelo ergonômico.

O painel de instrumentos, normalmente se localiza à frente ou atrás do volante, dependendo do projeto, correspondentes a duas possibilidades adotadas em anos diferentes nos projetos da UnBaja. Sua visibilidade deve ser analisada de acordo com o seu posicionamento, e ainda, se seu uso não reduz o campo de visibilidade externa.

No caso dos veículos Baja SAE, os itens responsáveis por delimitar a visão do piloto, normalmente são: a barra estrutural superior CLC e a carenagem do capô. Utilizou-se novamente do habitáculo do UnB5 para tornar clara a ilustração. Na figura 52, estes

elementos estão destacados em laranja. Há casos em que o volante e painel de instrumentos podem obstruir parte da visão, mas não são responsáveis por delimitar seus extremos, assim como é o caso das barras FAB e a parte frontal da RHO.



Figura 52 – Elementos principais de limitação do campo de visão. Fonte: Autores (2021).

A bancada tem como objetivo proporcionar a resistência estrutural para a análise ergonômica. Logo, por questões estruturais e de custos, os elementos em destaque não fazem parte do conjunto de elementos da ferramenta, como pode ser observado na sobreposição do UnB5 com a bancada representada na figura 53. Entretanto, fica a critério dos utilizadores adaptarem componentes do projeto para simular tais elementos na bancada a fim de auxiliar e tornar possível a validação de campo visual do piloto.

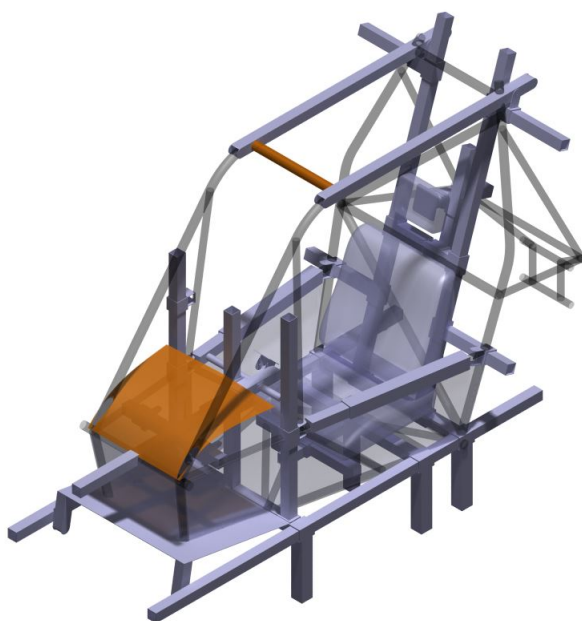


Figura 53 – Sobreposição da bancada com gaiola de proteção. Fonte: Autores (2021).

## 4.5 Primeira versão do modelo

A primeira versão do conjunto montado em sua regulagem neutra, ou seja, sem objetivo de atender a um percentil específico, que foi desenvolvido a fim de validar as funcionalidades da bancada ergonômica, pode ser observada nas figuras 66 e 55.

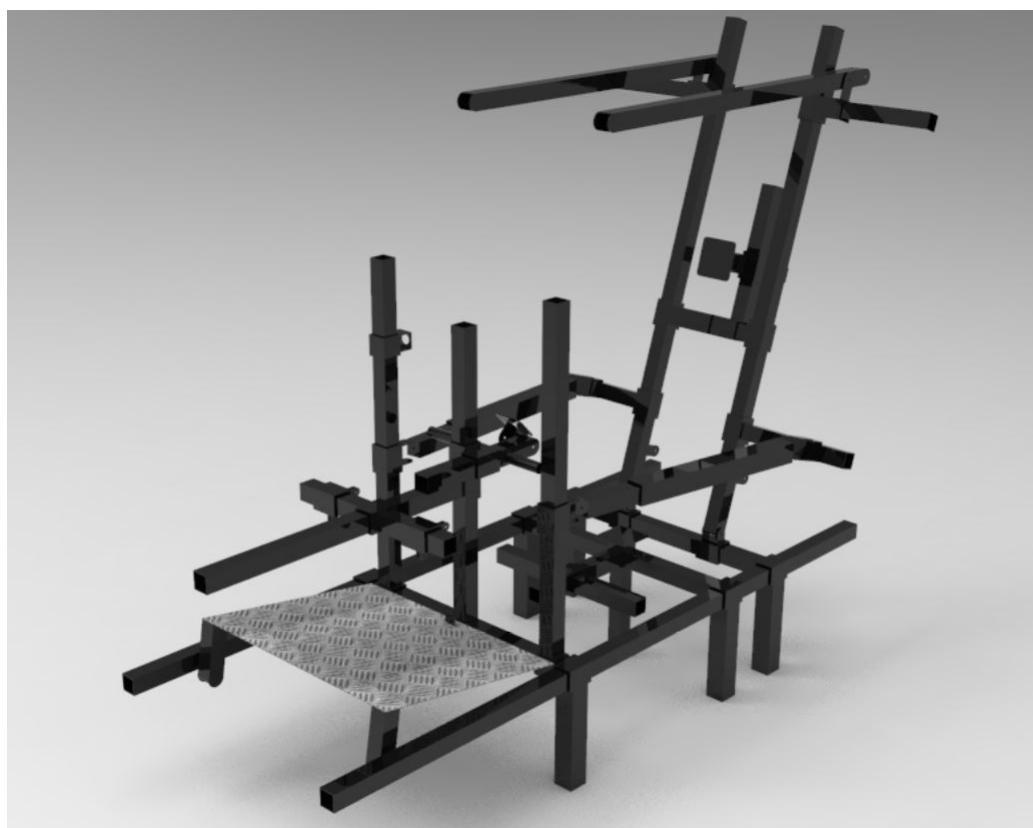


Figura 54 – Vista frontal da bancada primeira versão. Fonte: Autores (2021).



Figura 55 – Vista traseira da bancada primeira versão. Fonte: Autores (2021).

O modelo é referido como primeira versão, pois foi desenvolvido anteriormente às etapas de e definições estruturais do modelo final, o qual antecede a preparação para a construção.

Os mecanismos de encaixe, de aperto e de regulagem foram selecionados de acordo com os esforços aplicados sobre os elementos, custos e disponibilidade no mercado. Visto que as condições e requisitos de fabricação interferem diretamente na utilização desses componentes, tais escolhas foram colocadas em prática somente na segunda versão do modelo.

Como exemplo, a regulagem de largura das barras que terminam o plano do RRH, se mostraram irrelevantes, visto os encaixes laterais da SIM e da RHO. Ao optar-se por torná-la rígida, a fabricação se torna simplificada e a estrutura adquire robustez.

## 4.6 Validação da resistência mecânica dos componentes

Devido às circunstâncias que limitam a parte de interação entre desenvolvimento virtual e físico, optou-se por realizar uma pequena simulação computacional a fim de verificar as condições de resposta da estrutura à submissão de carga.

Para tal, fez-se uma breve análise de quais seriam as regiões críticas de aplicação de carga na bancada e quais seriam essas cargas. As forças empregadas correspondem às

de uma pessoa utilizando a bancada e fazendo seus ajustes.

Os elementos que constituem essas regiões foram representados em CAD por meio do software Ansys 19.2 no ambiente de Workbench. Nele, foi elaborada a malha correspondente com qualidade aceitável e foram obtidos os valores de tensão aos quais a bancada pode suportar, bem como seu coeficiente de segurança.

Visto que a seleção dos perfis utilizados no projeto tomou como referência equipamentos e componentes semelhantes dispostos no mercado, o objetivo desse ensaio, é verificar se a dimensão de elementos extensos ou soldas poderiam se tornar condições críticas a fim de ocasionar problemas durante o uso.

As informações sobre a malha, assim como as condições de contorno aplicadas e os resultados serão mostrados nos tópicos abaixo.

#### 4.6.1 Malha

No desenvolvimento da malha foram utilizados elementos de ordem quadráticos com tamanho de 1 milímetro, que garantiu uma malha com qualidade aceitável para a realização das simulações da melhor forma possível dentro das limitações computacionais. As informações sobre as malhas serão sintetizadas na tabela 11.

Tabela 11 – Características de malha. Fonte: Autores (2021).

Perfil (mm)	Nº de Nós	Nº de Elementos	Ordem do Elemento
40 x 40	$1,09 \times 10^6$	$1,56 \times 10^5$	Quadrática
50 x 50	$1,37 \times 10^6$	$1,96 \times 10^5$	Quadrática

A qualidade de malha na barra tanto para a simulação do metalon com seção transversal de 40 x 40 (milímetros) quanto para o de 50 x 50 (milímetros) são as mesmas e por isso a Figura 56 representa as 2 situações. A escala de Qualidade do Elemento varia de 0 a 1, sendo 0 elemento de baixa qualidade e 1 elemento de alta qualidade. O valor varia de acordo com a homogeneidade dos elementos, quanto mais homogêneo os elementos durante toda a extensão da malha maior qualidade de malha terá.

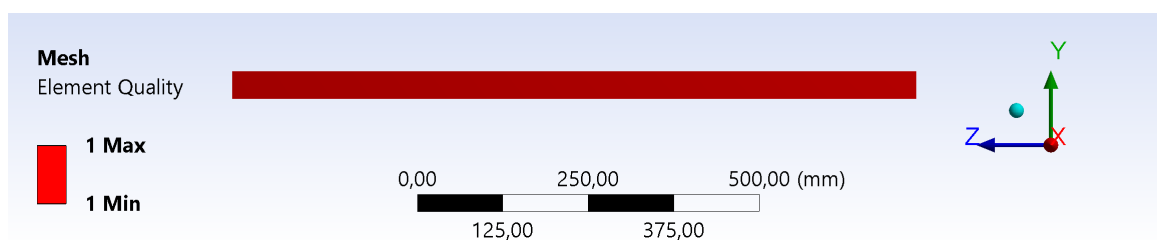


Figura 56 – Resultado da qualidade de malha. Fonte: Autores (2021).

A malha obtida foi a melhor possível com elementos de ótima qualidade, o que impacta positivamente nos resultados das simulações trazendo maior confiabilidade .

#### 4.6.2 Condições de contorno

Para a realização das simulações as condições de contorno foram idealizadas, para tentar simular uma condição que exija muito das propriedades do material. Para isso, foram aplicadas sobre as barras, com comprimento de um metro, a condições de fixadas as extremidades das barras e posteriormente aplicada uma força de 1000 (mil) Newtons sobre a superfície da barra. O comprimento da barra utilizado foi pensado de maneira extrema, visto que, não possui nenhuma seção de barra maior que 57 (cinquenta e sete) centímetros sem apoio no projeto. Essa força simula a condição de uma pessoa de 100(cem) quilos apoiada na face superior da barra. Como as mesmas condições foram aplicadas para ambos os perfis a Figura 57 ilustra as condições de contorno.

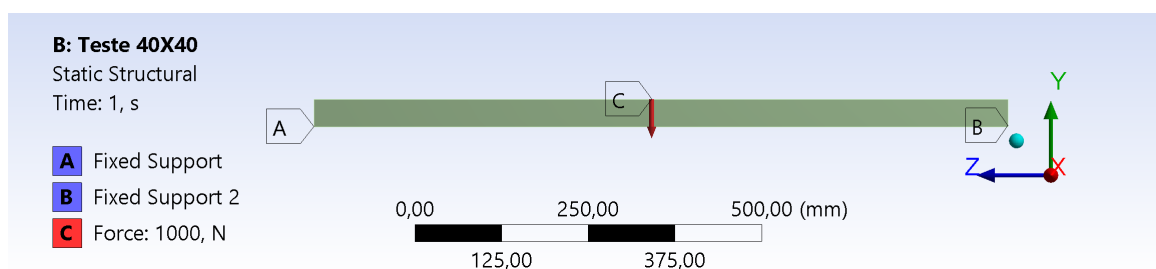


Figura 57 – Condições de contorno. Fonte: Autores (2021).

#### 4.6.3 Tensões e Fator de Segurança

Os resultados obtidos, levando em consideração que a Tensão de escoamento para o aço SAE 1020 laminado a frio é de 350 (trezentos e cinquenta) MPa com as simulações foram obtidas Tensão Máxima de aproximadamente 136(cento e trinta e seis) MPa para o perfil de 40x40 (Figura 58) e em torno de 94(noventa e quatro) MPa para o de 50x50 (Figura 59). Os valores de fator segurança foram cerca de 2,6 para o perfil de 40x40 (Figura 60) e próximo de 5 (cinco) para o de 50x50 (Figura 61).

Os valores negativos, que aparecem nas escalas de tensões, representam as tensões de compressão e as tensões positivas correspondem às de tração.



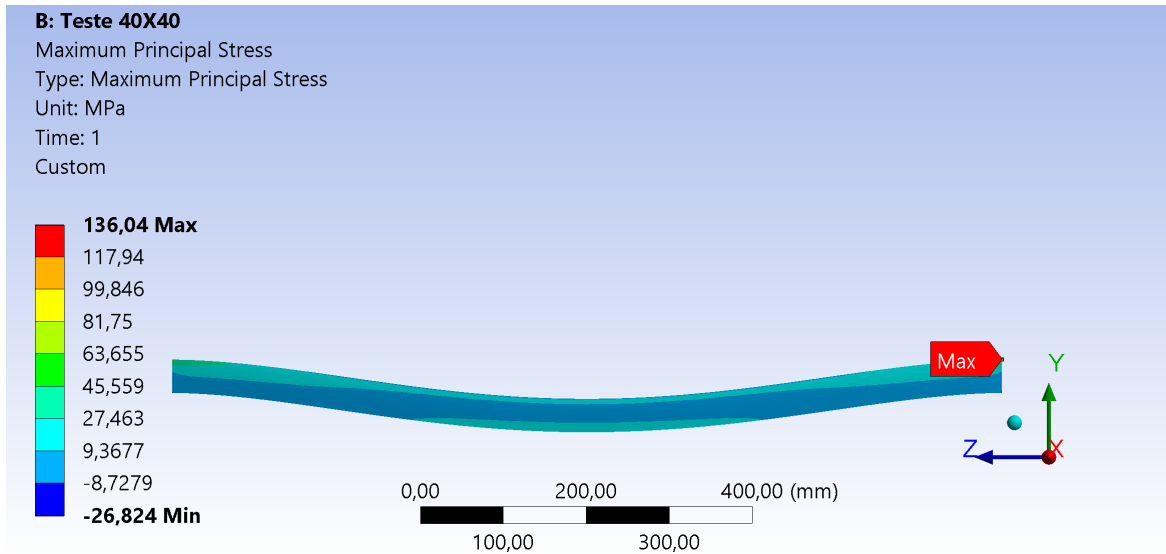


Figura 58 – Tensão máxima 40x40. Fonte: Autores (2021).

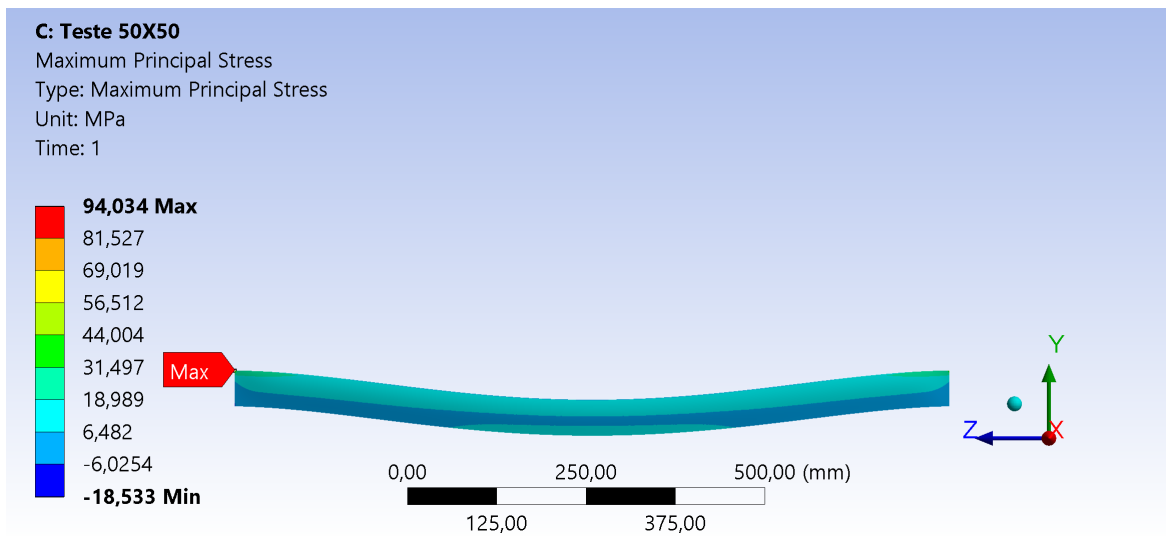


Figura 59 – Tensão máxima 50x50. Fonte: Autores (2021).

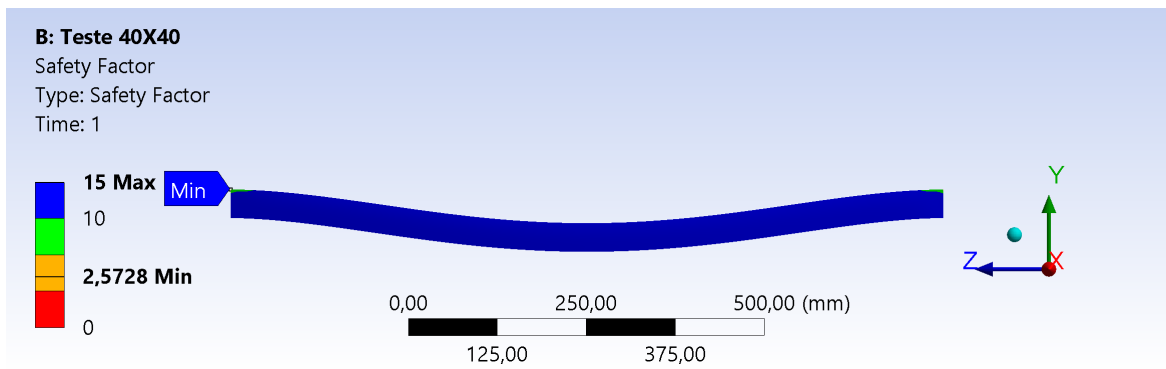


Figura 60 – Fator de segurança 40x40. Fonte: Autores (2021).

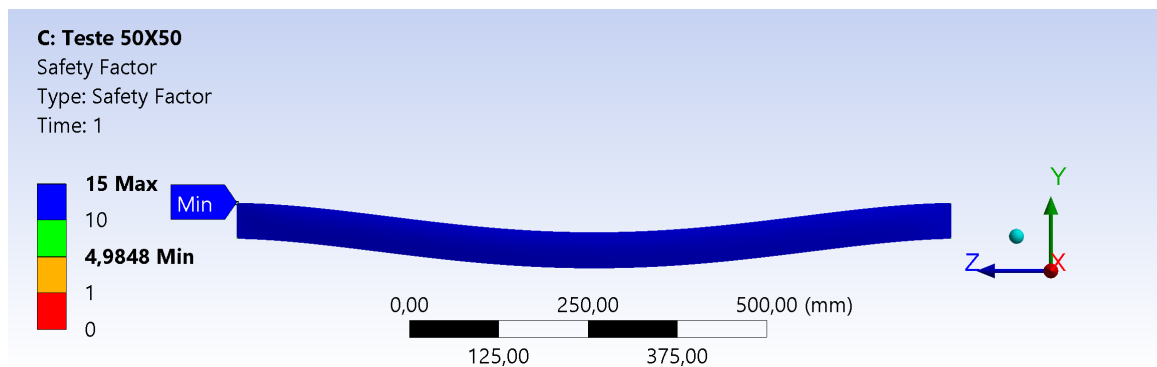


Figura 61 – Fator de segurança 50x50. Fonte: Autores (2021).

Através desses ensaios pode-se compreender o comportamento do material utilizado em situações de carregamento. Percebeu-se que este tipo de metalon de aço SAE 1020 com os perfis de 40 x 40 e 50 x 50 milímetros atenderia os requisitos estruturais do projeto.

Por conta de limitações computacionais, não foi possível realizar simulações com maior grau de complexidade. Entretanto, os dados obtidos através das simulações atendem às expectativas.

## 4.7 Definições estruturais da bancadas

Tendo sido finalizada a parte de desenvolvimento da bancada de acordo com sua funcionalidade, ajustes foram propostos sobre o modelo e definições acerca dos mecanismos de regulagem e elementos auxiliares puderam ser feitas.

Algumas definições levaram à alterações nos elementos estruturais que formam a bancada, entretanto, sua funcionalidade permaneceu completamente inalterada, assim como os limites máximos e mínimos adotados durante a fase de validação virtual foram mantidos.

### 4.7.1 Mecanismos de rotação, translação e suas restrições

As opções de regulagens entregues pela bancada se dão em função da rotação ou translação entre os pontos de referência, ambos de forma concêntrica. Para isso, alguns mecanismos foram cogitados e por fim selecionados.

Dentre os dois tipos, há regulagens que são responsáveis por determinar a restrição no mecanismo em si e há regulagens que devem permitir o movimento naquele ponto ou eixo a qual precisa de algum outro elemento na estrutura para impedir sua movimentação.

As soluções propostas para atender tais requisitos estão discutidas abaixo.

#### 4.7.1.1 Regulagens de rotação

Nas regiões onde é necessário um desvio angular em função do plano de referência, mecanismos de rotação em torno de um eixo devem ser implementados. Dois tipos foram adotados, e se caracterizam com a criação de uma restrição desse movimento ou não, e foram intitulados estes de mecanismos de rotação livre e de rotação restritiva.

##### 4.7.1.1.1 Rotações livres

A rotação livre tem como objetivo permitir a angulação de um componente em relação a outro por meio de um parafuso passante em um ponto concêntrico de ambos, rosqueado à uma porca autotravante sem que esta realize pressão sobre a superfície da aba de suporte de um dos componentes.

Este tipo de mecanismo requer algum outro método de travamento, visto que este possibilita a angulação, mas não restringe-a a uma posição depois de alcançado o local alvo.

Como exemplo desse tipo de mecanismo, pode-se verificar a base das hastes de formação do plano na RRH, conforme ilustrado. Este possui o movimento de rotação possibilitado pelos parafusos e porcas posicionados na parte inferior das RRH, mas ainda assim requer o dispositivo de travamento da inclinação; caracterizado como regulagem de translação, o qual será contextualizado a seguir; na parte traseira do conjunto.

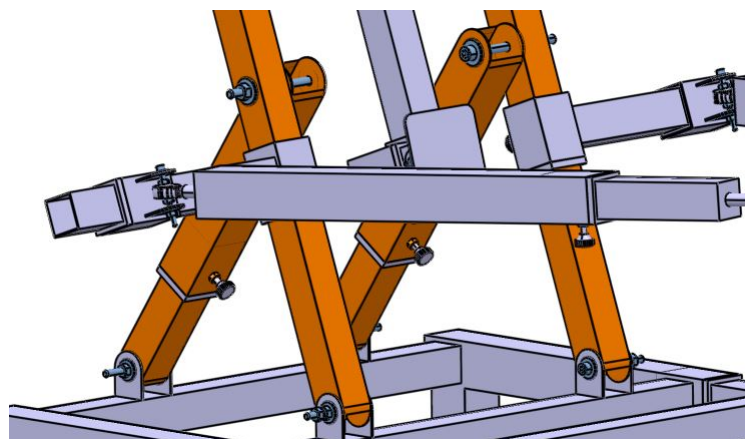


Figura 62 – Mecanismo de rotação da RRH . Fonte: Autores (2021).

##### 4.7.1.1.2 Rotações restritivas

As regiões onde as rotações restritivas são utilizadas requerem que a angulação desejada seja obtida e seu travamento feito no mesmo eixo. Para isso, utiliza-se um para-

fuso, uma arruela e uma porca em sua extremidade oposta a qual fica sob pressão contra a parede da aba de sustentação.

O funcionamento baseia-se no afrouxamento da porca para fazer o ajuste de ângulo e apertamento para manter no respectivo posicionamento. No entanto, este mecanismo não pode estar submetido a grandes esforços, portanto, este foi implementado somente em regiões longe do acúmulo de cargas. Como exemplo, pode-se observar a região de sustentação da RHO.

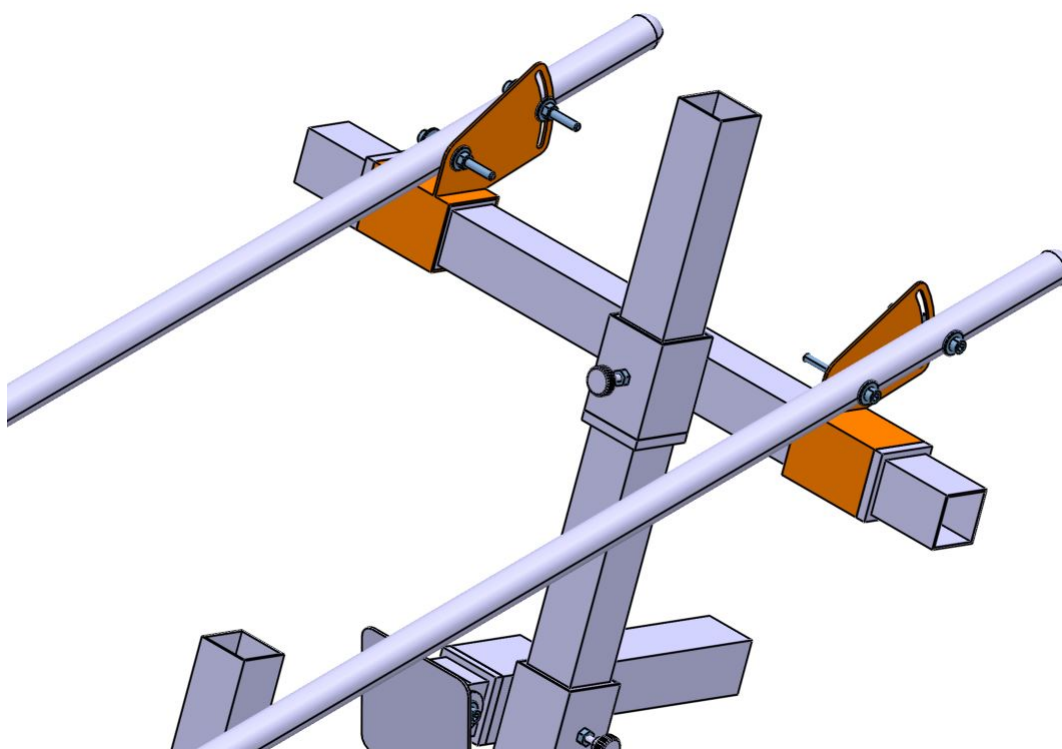


Figura 63 – Mecanismo de aperto da RHO. Fonte: Autores (2021).

#### 4.7.1.2 Regulagens de translação

Foram verificadas algumas possibilidades de conjuntos de aperto que poderiam atender às necessidades de restrição de movimento axial de algumas regulagens específicas na bancada, estando estes listados e ilustrados abaixo.

- Pinos passantes;
- Pinos com mola utilizados em aparelhos de academia;
- Parafusos e manípulos rosqueáveis;
- Parafusos passantes e porcas de pressão; e

- Parafusos para pressão em sistema de contraporca.

Visto que a maior parte dos elementos não se encontra diretamente sob tensão excessiva, qualquer sistema de travamento capaz de restringir o movimento dos componentes dentro dos seus eixos de coincidência determinados, sem ocasionar injúrias ou danos pode ser utilizado.

Os mecanismos que exigem furação se mostram menos precisos durante as regulações visto que os furos possuem um posicionamento específico no espaço, delimitando os ajustes. Se houver um grande número de furos a ser feito, há um incremento demasiado no nível de trabalho e uma maior chance de erro durante o processo de fabricação.

Dentre as possibilidades listadas, de três a quatro, a depender da forma de emprego, requerem que os elementos reguláveis sejam perfurados, dessa forma, pinos passantes, pinos de academia, manípulos rosqueáveis e parafusos passantes com porcas de pressão foram descartados.

O arranjo demandado pelo uso de parafusos para pressão em sistema de contraporca é bastante atraente para a utilização na bancada, visto que não há local pré-determinado dos furos, possibilitando regulações ao longo de toda uma região definida entre mínimo e máximo, condizente assim com as premissas adotadas na fase de desenvolvimento da bancada.

Tendo em vista que toda regulação é composta ao menos por dois elementos, este sistema depende de uma porca soldada ao elemento externo. Nela, em direção à parte interna, é rosqueado um parafuso, que neste caso, é substituído por um botão recartilhado.

Como entre o elemento externo e interno, encontra-se o redutor de metalon, o qual reduz a folga entre os perfis, o parafuso de ponta predominantemente chata faz pressão sobre este e empurra-o sobre o componente interno, gerando uma tensão cisalhante suficiente para impedir o deslizamento entre as duas superfícies.

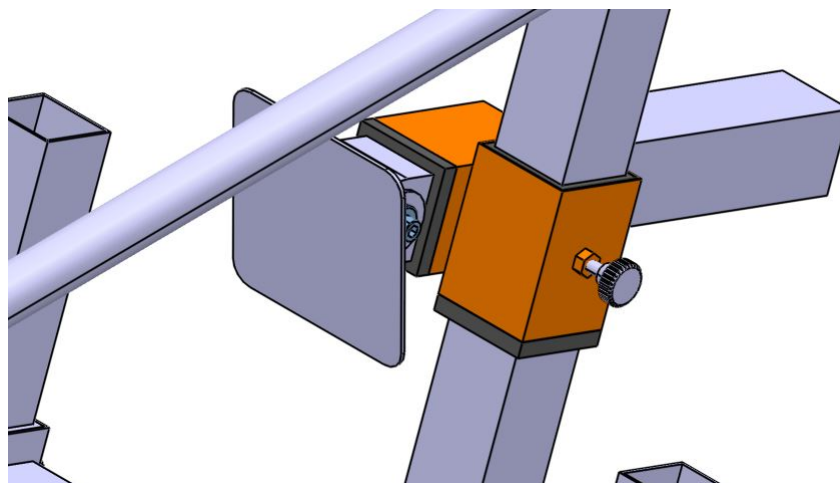


Figura 64 – Sistema de botão recartilhado e porca. Fonte: Autores (2021).

#### 4.7.1.3 Aperto seguido de apoio

Esse tipo de regulagem foi aplicado somente na chapa de apoio dianteira. Visto que o elemento requer um ajuste refinado de angulação e está sujeito à aplicação moderada de carga, deve-se utilizar um mecanismo suficientemente robusto.

Um parafuso passante, uma arruela e uma porca de pressão se encaixam nas extremidades do rasgo de rasgo alongado, fornecendo a pressão necessária na superfície para gerar tensão cisalhante a ponto de evitar o deslizamento. O parafuso fica apoiado sobre a LFS, sendo responsável por sustentar metade do peso do resto do conjunto em cada lado.

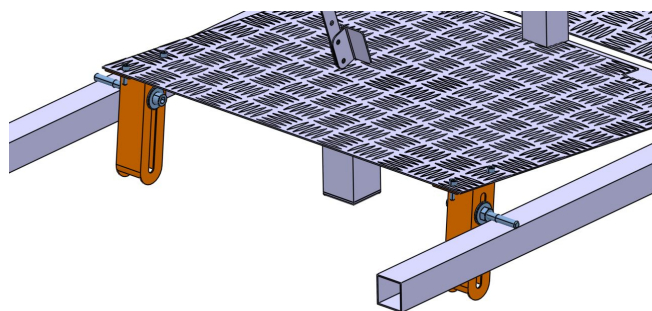


Figura 65 – Mecanismo de aperto do ângulo de rack. Fonte: Autores (2021).

#### 4.7.2 Elementos determinantes do plano da RRH e SHC

Inicialmente, o plano do RRH era definido por duas barras com regulagem de ângulo e de posicionamento transversal, entretanto, o mecanismo possuía uma pequena amplitude de regulagem e em contrapartida, dependia de um alto número de regulagens acrescidas ao conjunto, portanto, seu funcionamento foi adaptado.

O novo arranjo agora possui comprimento reduzido, é formado por dois elementos verticais com pontas arredondadas e rotação tangencial por meio de um parafuso passante sem pressão de travamento, o qual requer um mecanismo suplementar de travamento.

Seu posicionamento transversal agora é fixo, sendo este por meio de abas soldadas à base da RRH, respeitando a distância máxima determinada pelo regulamento para a fixação da tira superior do cinto.

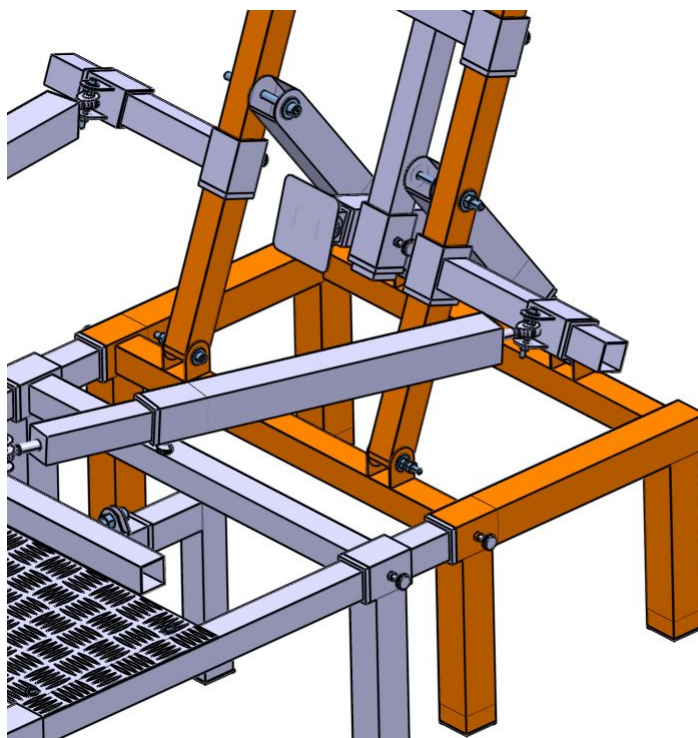


Figura 66 – Antes e depois da RRH. Fonte: Autores (2021).

O travamento da angulação é feito por meio de uma restrição translacional que se decompõe em função do ângulo a ser obtido determina o comprimento acrescido ou reduzido da hipotenusa do sistema em questão.

Como consequência, a SHC, que na bancada é responsável por incrementar sua estabilidade estrutural, foi alterada e agora não possui ajuste de comprimento lateral, restringindo-se somente à regulagem de altura em suas duas extremidades. Devido à redução do comprimento das barras da RRH, para manter presentes as RHO e suas regulagens, um elemento teve que ser soldado à SHC, permitindo o acoplamento de tais elementos.

### 4.7.3 Regulagem de altura e encosto do banco

Os componentes responsáveis por possibilitar a regulagem de altura do banco foram alterados, visto que sua utilização se mostraria bem restrita e irrelevante na maioria dos casos. Com a premissa de reduzir o centro de gravidade, o número de equipes de Baja

SAE, quase que em sua totalidade, opta por posicionar o banco o mais próximo possível do assoalho, sendo o estofamento e a base do assento os responsáveis por elevar sua altura.

Então, por esses motivos listados e visando também a simplificação do modelo, tal regulagem foi removida, portanto, os componentes atrelados foram modificados como ilustrado na Figura 67. Entretanto, ressalta-se que devido ao novo design adotado, caso o utilizador deseje, ele pode utilizar de estratégias para representar a elevação durante a utilização da bancada para alguma validação específica.

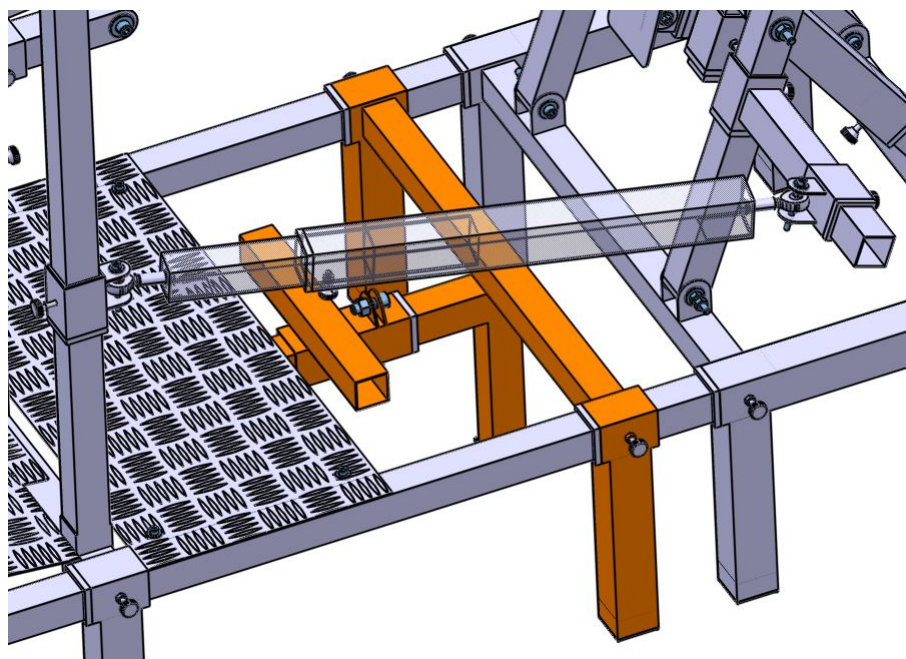


Figura 67 – CAD da base do banco. Fonte: Autores (2021).

Verificou-se a necessidade do acréscimo de um mecanismo de apoio para o encosto do banco para caso este seja posicionado junto à RRH. Aproveitando-se da mudança na SHC, a haste de seção quadrada soldada foi ao elemento foi estendida e nela, um mecanismo igual ao do encosto de cabeça foi acoplado para possibilitar o apoio do encosto do banco.



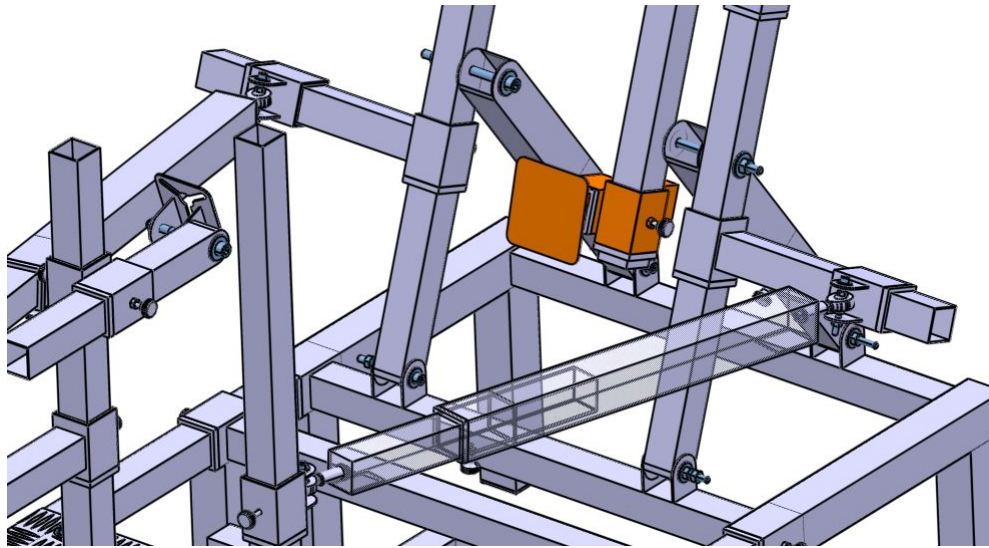


Figura 68 – CAD encosto do banco. Fonte: Autores (2021).

#### 4.7.4 Chapas de apoio

Para o apoio dos pés durante a simulação de condução uma chapa de alumínio frontal servirá de suporte para os calcanhares do piloto. Sua extremidade traseira ficará apoiada sobre os elementos estruturais da haste de altura do volante, com o auxílio de uma alça para evitar o movimento de translação longitudinal. Na parte dianteira, um sistema parafuso-porca é utilizado como apoio e fornece ainda a regulagem de altura.

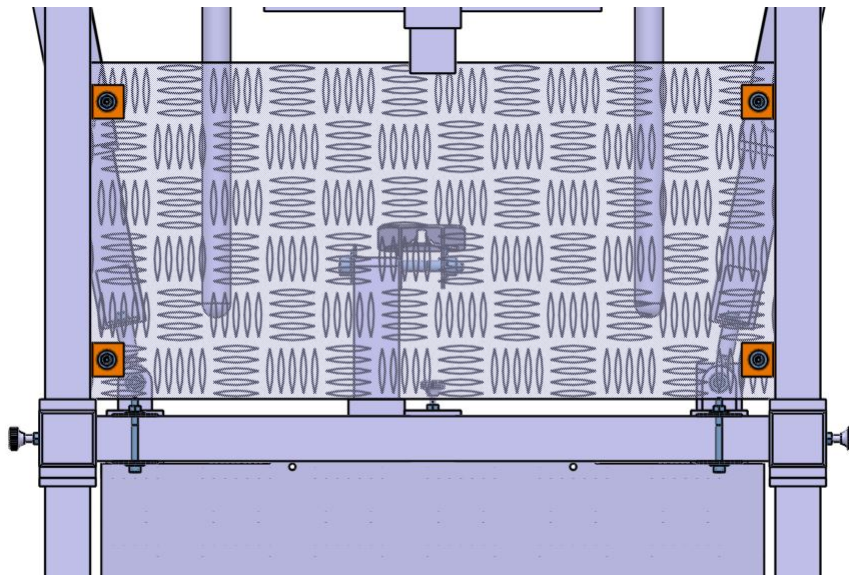


Figura 69 – CAD chapa dianteira com mecanismo. Fonte: Autores (2021).

Durante o movimento de evacuação do veículo, o piloto precisa de um ponto inferior de apoio, o qual é posicionado entre o banco e as colunas FAB. Para tal, será utilizada outra chapa de alumínio a qual possui quatro guias inferiores responsáveis por mantê-la apoiada sobre os perfis da LFS.

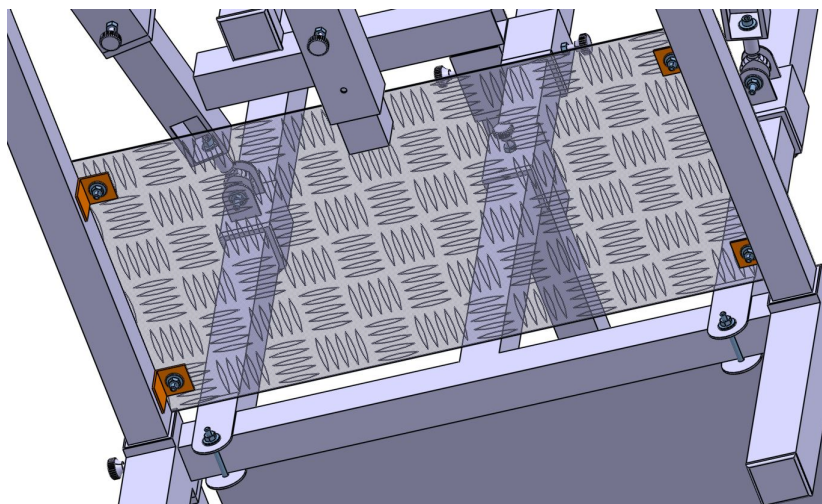


Figura 70 – CAD chapa tarseira com guias. Fonte: Autores (2021).

#### 4.7.5 Limites de segurança

Marcações foram adicionadas ao modelo, sendo estas nas barras LFS e nos metalls de perfil (40 x 40) mm da SIM. O objetivo é demarcar o posicionamento máximo até que seja atingida a condição de insegurança de operação. Os elementos que demandam essa implementação, são todos de translação com coincidência interna e a demarcação é feita no elemento que ficará internamente ao encaixe.

Durante a utilização da bancada, se a medida for ajustada a ponto de enxergar a marcação do limite de segurança, recue os elementos até que a marcação permaneça oculta, indicando assim, condição segura de operação.

A confecção das indicações dos limites de segurança nas peças é feita durante a etapa de fabricação, conforme as instruções indicadas nos desenhos técnicos das peças citadas.

### 4.8 Segunda versão do modelo

Finalizadas as alterações e adição de elementos devido às definições restantes para atender tanto ao funcionamento quanto aos requisitos estruturais, a segunda versão do modelo foi instituída e pode ser observada nas figuras 71 e 72. A versão em questão, é o modelo final proposto neste trabalho e tem como função atender às necessidades de análises ergonômicas da equipe de baixa SAE mencionadas.



Figura 71 – Vista frontal bancada oficial segunda versão. Fonte: Autores (2021).



Figura 72 – Vista traseira bancada oficial segunda versão. Fonte: Autores (2021).

### 4.8.1 Desenhos técnicos

Com base no tipo de elemento, foram elaborados os desenhos técnicos que possibilitam a construção da bancada. Desenhos do conjunto montado e explodido; de componentes estruturais; e também das etapas de acordo com o processo de fabricação podem ser observados no apêndice A.

A seguir a metodologia proposta para a fabricação que será apresentada no tópico 4.9.3 (Fabricação), os desenhos identificados como 0000E40 e 0000E50 explicitam elementos provenientes da etapa de corte de metalons. O CC00, por sua vez, explicita elementos recortados de chapas de aço e CA1 e CA2 abordam o corte das chapas de alumínio a serem utilizadas.

Elementos extraídos do corte de metalons possuem codificação DDDDESS, onde DDDD é o comprimento da peça, E é o identificador adotado para metalons e SS é a largura da seção transversal.

Provenientes do corte de chapas, podem ser observados os desenhos com numeração CCXX, onde CC indica que este elemento é recortado de chapa e XX sua numeração.

Na sequência, podem ser encontrados elementos de metalon e chapa cortados com a letra F ao final de seu código de identificação. A identificação ressalta que este elemento deve passar pelo processo de furação e acabamento.

Por fim, os desenhos técnicos de identificador CEXX, explicitam completamente os componentes estruturais em sua forma final de aplicação na bancada, os quais mostram o processo de união dos demais elementos provenientes dos primeiros desenhos técnicos por meio do processo soldagem, colagem ou afim.

Em todos os desenhos técnicos, o número de elementos a serem fabricados ou utilizados para fabricação de certo componente está evidenciado em suas respectivas páginas, bem como as observações atreladas a cada procedimento.

A legenda para identificação dos desenhos técnicos será melhor contextualizada na seção 4.9.4.1 (Manual de Fabricação), que aborda a metodologia criada para a fabricação da bancada.

## 4.9 Para a implementação

Todos os requisitos envolvendo materiais, processos e instruções que fazem respeito à construção e utilização da bancada foram levantados, listados e exemplificados para tornar possível sua aplicação na prática.

### 4.9.1 Materiais necessários

A lista de materiais necessários para a fabricação do projeto está apresentada na tabela 12.

Tabela 12 – Tabela de Lista de materiais para fabricação. Fonte: Autores (2021).

Elemento	Quantidade	Unidade
Metalon (40x40x1.5) mm	13.0	m
Metalon (50x50x1.5) mm	7.0	
Chapa de aço carbono 2 mm	0.1	m <sup>2</sup>
Chapa de alumínio xadrez 1.2 mm	0.7	
Botão recartilhado M6	33	unid.
Parafuso M6x30 Sextavado Interno	10	
Parafuso M6x70 Sextavado Interno	10	
Parafuso M8x80	4	
Parafuso M10x100	5	
Parafuso M12x30	1	
Porca M6	28	
Porca M8	6	
Porca M10	5	
Porca M12	1	
Arruela M6	61	
Arruela M8	6	
Arruela M10	5	
Arruela M12	1	
Redutor De Tubo 50x50 Para 40x40 Pvc Com Trava	33	
Ponteira Sapata Externa para Metalon 50x50	6	
Terminal Rotular M6 fêmea	4	

### 4.9.2 Custos estimados

O levantamento de custo estimado do projeto levou em consideração que seria necessário a compra de toda matéria prima para a confecção do projeto e isso gerou um custo aproximado de R\$ 927,53. Entretanto o projeto foi desenvolvido partindo do princípio da reutilização de insumos e materiais que normalmente as equipes já utilizam em seus projetos, com o intuito de reduzir o custo total para a construção do projeto. Os valores serão apresentados na tabela 13.

### 4.9.3 Fabricação

Visto que tem-se como objetivo a construção da bancada para aplicação da ferramenta de auxílio em projetos de forma prática, esta deve passar pela etapa de fabricação.

Por meio de técnicas abordadas nas áreas de tecnologias de fabricação e materiais de engenharia, foi elaborado um procedimento considerando a cronologia das etapas de confecção e todas suas diretrizes, as quais têm como objetivo transformar a matéria-prima comprada no produto final; este é:

- Verificar os desenhos técnicos de produto final, organizá-los e verificar os processos envolvidos na página 24;
- Realizar todos os cortes em metalons com base nas dimensões determinadas nos desenhos técnicos 0000E40 e 0000E50;
- Realizar os recortes de elementos em chapa de aço 2 mm indicados por meio dos desenhos técnicos CC00 e dos elementos extraídos das chapas de alumínio por meio do CA1 e CA2;
- Realizar a furação em todos os metalons e chapas conforme as instruções dos desenhos técnicos com a designação F ao final da identificação;
- Fazer a união entre os metalons e chapas por meio da soldagem e junção de elementos plásticos conforme instruído pelos desenhos técnicos de identificação CEXX; e
- Verificar se há resquícios de material indesejado, removê-los e pintar os componentes se optado por fazê-lo; .

Para a realização dos procedimentos estipulados, como afirmado, o responsável pela fabricação deve dominar os princípios básicos das técnicas de medição, corte, furação, soldagem, colagem, lixamento e pintura.

#### 4.9.3.1 Medição

Medições devem ser realizadas ao longo de toda a fabricação, independente do processo abordado em cada momento; por isto, é considerado um procedimento universal. Visto que cada elemento que compõe o projeto têm uma medida específica; se esta não for respeitada, o funcionamento da bancada pode ficar comprometido ou desconfortável.

Todas as medições devem ser feitas com o auxílio de uma trena, uma vez que há elementos extensos no projeto; ou, de uma régua, ambas milimetradas, que atendam aos tamanhos e requisitos de qualidade.

Durante as etapas de remoção e adição de material, as tolerâncias e as perdas de material envolvidos nos processos de usinagem também devem ser considerados a fim de manter os comprimentos desejados.

#### 4.9.3.2 Cortes de metalons

Todos os ângulos entre dois ou mais tubos presentes no modelo são ângulos de 90°, portanto, somente cortes paralelos à seção transversal do tubo serão feitos.

Os cortes podem ser feitos por meio do auxílio de um policorte, serra para metais ou em caso de ausência destes - uma cegueta ou esmerilhadeira, desde que possibilite a obtenção da qualidade necessária. A utilização destes dois últimos não é recomendada visto que o resultado atingido tende a ter qualidade reduzida.

Para todas peças e seus respectivos elementos, o fabricante deve assegurar que os comprimentos indicados e os ângulos retos sejam obtidos. Isto porque devido ao elevado número de peças sob mesmo procedimento, o erro humano se torna mais suscetível e diferenças podem resultar no empenamento ou mal assentamento do conjunto.

Nesta primeira etapa, os desenhos técnicos 0000E40 e 0000E50 fornecem as informações com relação ao dimensionamento cortes resultam em componentes identificados como DDDESS e serão mencionados novamente nas etapas seguintes de furação soldagem e montagem.

#### 4.9.3.3 Cortes de chapas

Todas as peças que são construídas a partir de chapas foram padronizadas com espessura de 2 mm visto que é um material utilizado de forma corriqueira em projetos baja SAE para atender a requisitos estruturais, portanto, aproximadamente XXXX m<sup>2</sup> de chapa de aço são suficientes para que todos os recortes sejam feitos.

O desenho técnico com código de identificação CC00 identifica quais elementos são extraídos da chapa de aço em questão com suas respectivas identificações CCXX.

Os cortes podem ser realizados com os instrumentos adequados de preferência do fabricante. Entretanto, processos automatizados são recomendados, se possível, visto que minimizam as chances de erros.

Assim como os cortes dos metalons, todos os cortes extraídos da chapa devem ser utilizados para constituir os componentes estruturais e podem ser identificados por meio do desenho técnico. A chapa de recorte é apenas um mecanismo acelerador para realizar todos os cortes de uma única vez, entretanto, cada recorte deve ser conferido junto ao seu desenho técnico para a etapa de soldagem.

#### 4.9.3.4 Furação e acabamento

Para adentrar essa etapa, as etapas anteriores - corte de metalons e chapas - já devem ter sido finalizadas, visto que a furação e o acabamento devem ser feitos sobre

tubos e chapas já cortados nas suas dimensões determinadas, antes da etapa de soldagem.

Os furos serão feitos nos elementos identificados com a letra F ao final de sua nomenclatura. Por exemplo, um metalon cortado com identificador DDDDESS, se este necessitar do processo de furação, será identificado como DDDDESSF. Logo, peças com F são peças que passaram pelo processo de furação e acabamento.

Os furos a serem feitos servem para permitir a passagem de parafusos e botões recartilhados, concedendo assim, as possibilidades de regulagem de ângulo e comprimento onde necessário na bancada.

Durante esta etapa, a atenção com o alinhamento dos furos é fundamental para evitar problemas durante os procedimentos de montagem e regulagem do equipamento. Um equipamento para realizar furações com precisão é recomendado, como por exemplo uma furadeira de bancada.

O acabamento a ser feito depende exclusivamente de cada geometria a ser concedida à cada elemento específico, podendo ser recortes, chanfros, filetes ou outros. Para cada acabamento realizado, deve-se seguir rigorosamente o posicionamento proposto a fim de evitar desalinhamento dos componentes da bancada. Atentar-se para o tipo de furação dos perfis quadrados visto que há furos passantes e furos unilaterais.

#### 4.9.3.5 Soldagem

A fim de garantir a união das peças, o processo de soldagem também interfere na segurança e durabilidade do equipamento. Recomenda-se a utilização do processo de soldagem tipo TIG (*Tungsten Inert Gas*). Entretanto, pode-se utilizar o processo de soldagem que se julgar mais conveniente ou acessível, desde que assegurada sua funcionalidade e dimensões de projeto, como o MIG (*Metal Inert Gas*) ou por eletrodo, salientando que os cuidados com o resultado devem ser redobrados.

Previamente, os objetos a serem soldados devem ser lixados para uma melhor aderência entre os materiais e evitar que impurezas contaminem a solda, dessa forma garante-se uma maior qualidade do resultado.

As instruções de soldagem estão indicadas nos desenhos técnicos dos componentes estruturais com os identificadores CEXX. Deve-se seguir fielmente as instruções de soldagem, assim como ter cuidados com o alinhamento das peças, para evitar desalinhamento ao soldar e prejudicar o funcionamento da ferramenta.



#### 4.9.3.6 Soldagem de tubos e recorte de chapas

Os elementos tubulares devem ser soldados de maneira perpendicular entre si. Para garantir o alinhamento e facilitar o processo é recomendado a utilização de esquadros magnéticos. O mesmo é válido para as chapas.

A gabaritação adequada deve ser providenciada pelo fabricante visto que este tem conhecimento dos métodos, equipamentos e insumos disponíveis para auxílio no processo.

#### 4.9.3.7 Soldagem de porcas

Alguns elementos requerem a soldagem de porcas e para estas deve-se atentar ao posicionamento com relação aos furos, isto é, o centro da porca deve estar alinhado com o furo.

Para isso, primeiramente, deve ser posicionada a porca e feito apenas um ponto de solda. Na sequência, após o resfriamento, verificar com o auxílio de um parafuso se o centro da porca coincide com o centro do respectivo furo. Se estiver alinhado, finalize o processo de soldagem unindo a porca ao respectivo elemento por meio de toda a sua extremidade; caso contrário, rompa o ponto de solda e refaça o processo.

Evite excessos de temperatura nas porcas visto que estes podem ocasionar seu empenamento. Se verificado sobreaquecimento, remova a porca e reinicie o processo. Caso necessário, remova o excesso de material proveniente da solda, remanescente sobre o conjunto.

#### 4.9.3.8 Colagem dos redutores de metalon

Depois da soldagem, para finalizar os componentes, deve-se encaixar e fixar os redutores de metalon nas extremidades correspondentes. Visto que todos os redutores possuem a mesma dimensão, sua confecção está representada no desenho técnico de identificador RM0.

A depender do modelo disponível no mercado no momento da compra, o comprimento do redutor adquirido pode não corresponder ao comprimento desejado, portanto, este deve ser ajustado. Para isso, tomou-se como referência um redutor com 150 mm de comprimento que deve ser cortado para que passe a ter os 70 mm necessários para encaixe nos componentes estruturais.

Os redutores finalizados possuem identificação RM. Sua posição de encaixe pode ser verificada nos desenhos técnicos dos componentes estruturais CEXX que demandam sua utilização. Sua colagem deve ser feita por meio de cola de parabrisa insumo competente para melhor fixação.

Para a melhor fixação espalhe um filme da cola de até 0,5 mm uniformemente sobre as quatro superfícies externas dos redutores, então encaixe-os dentro dos metalons e utilize sua própria estrutura para mantê-los levemente pressionados pelo tempo de cura.

#### 4.9.4 Manuais de instrução

Dentre os objetivos específicos iniciais deste trabalho constava-se a fabricação da bancada, a qual não pôde ser executada devido à situação conturbada de saúde no país ocasionada pela pandemia do COVID-19. A alternativa adotada para contornar a situação visando a aplicação prática da ferramenta de validação ergonômica, foi a criação de uma metodologia de operação para os utilizadores da bancada.

A metodologia consiste em seguir instruções descritas em três documentos diferentes que direcionam o utilizador, desde sua construção, com base nas premissas do projeto, objetivos e maneira de uso. Estes três documentos são: Guia de Fabricação, Manual de Montagem e Manual de Utilização.

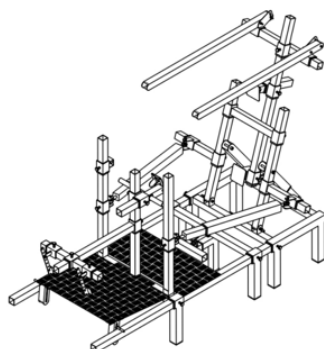
Todos foram redigidos em formato reduzido, de livreto, para que sua impressão, transporte e armazenamento junto à bancada sejam possibilitados; assim como sua comodidade durante as respectivas consultas. Suas atribuições estão descritas em suas seções específicas.

Bancada Ergonômica para Veículos Baja SAE

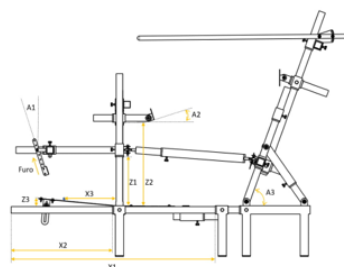
Bancada Ergonômica para Veículos Baja SAE

Bancada Ergonômica para Veículos Baja SAE

##### MANUAL DE MONTAGEM



##### MANUAL DE UTILIZAÇÃO



##### GUIA DE FABRICAÇÃO

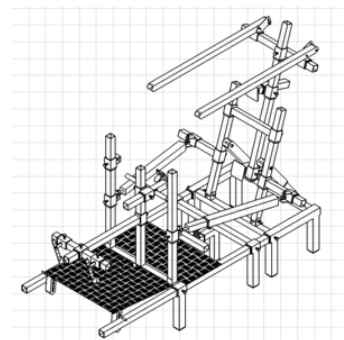


Figura 73 – Capa dos 3 manuais. Fonte: Autores (2021).

#### 4.9.4.1 Guia de fabricação

O primeiro dos documentos, o guia de fabricação, é assim nomeado pois tem como objetivo organizar e direcionar as atividades relacionadas à etapa de fabricação, e não determinar seu exato funcionamento. Busca também auxiliar no reparo de componentes; propor sugestões para sanar avarias que porventura possam vir a ocorrer; apresentar ao utilizador algumas possibilidades de adaptações no projeto; e, possibilitar a substituição própria de componentes.

São apresentados os termos relativos à bancada em sua fase de construção, bem como a interpretação e codificação dos desenhos técnicos. Nele é fornecida a lista de materiais e insumos necessários.

Uma ordem cronológica das etapas de fabricação foi estabelecida a fim de padronizar e otimizar os processos, partindo do corte dos tubos e finalizando na confecção dos componentes estruturais por meio da soldagem e colagem de elementos plásticos.

A legenda correspondente à interpretação e correlação dos desenhos técnicos pode ser encontrada no documento, assim como a ilustração de todos os componentes estruturais que antecedem a etapa de montagem. A contextualização e as instruções básicas dos processos de fabricação envolvidos também se fazem presentes.

A cronologia criada conta ainda com a lista de processos de fabricação necessários por componente estrutural, visando facilitar e evitar a necessidade de retorno a processos que já foram executados. Como exemplo, tem-se: todos os cortes que devem ser realizados e antecedem a etapa de furação e acabamento podem ser verificados na tabela, a fim de, quando o fabricante chegar na etapa de furação e acabamento, tenha-se que retornar para o processo de corte pois algum elemento foi esquecido.

O guia de fabricação pode ser verificado no apêndice [G](#).

#### 4.9.4.2 Manual de montagem

Este documento considera que os componentes da bancada já estão fabricados e precisam ser montados para que assim possa ser feito seu uso. Como alternativas para sua consulta, este pode ser útil caso haja componentes faltosos ou dúvidas sobre encaixes pontuais no conjunto montado.

Caso a bancada deva ser desmontada e armazenada, este documento fornece instruções sobre os cuidados e precauções a serem tomados, além de propor a melhor forma de armazenamento. Informações sobre cuidados com o manuseio de peças do equipamento ou com o ambiente também podem ser encontradas.

A terminologia relacionada à etapa de montagem, o número total de componentes,

as ilustrações do conjunto montado e explodido e suas respectivas listas de componentes são apresentados.

No documento, os mecanismos de aperto e regulagens são explicados para que o responsável pela montagem consiga realizá-la da melhor e mais segura maneira. O processo de montagem é abordado em fases por meio das seções de base, encosto e direção da bancada, resultando assim no conjunto montado e permitindo o usuário adentrar na etapa de utilização e consultar o manual correspondente.

O manual de montagem pode ser verificado no apêndice [H](#).

#### 4.9.4.3 Manual de utilização

O modo de funcionamento do dispositivo é explicado em detalhes, desde o modo de funcionamento dos seus mecanismos de regulagens até os limites de segurança pré-determinados.

O procedimento de obtenção das medidas diretas e indiretas correspondentes às cotas previstas nas normas é descrito. O método de conversão para identificação das medidas indiretas, que é realizado com o auxílio da planilha de conversão abordada na seção [4.10.1](#), é também explicado em detalhes.

As maneiras de operação conforme os dois modos de utilização disponíveis, *bancada-software* e *software-bancada*, a depender da metodologia adotada na etapa de projeto, estão elucidadas por meio de imagens. O direcionamento para cada procedimento e as variáveis a serem consideradas complementam as informações.

Por fim, instruções sugestivas para utilização da bancada como instrumento de visualização completo de um habitáculo, é introduzida a possibilidade de acréscimo de elementos complementares a fim de caracterizar inteiramente o *cockpit* e permitir a verificação de outros parâmetros por parte da instalação de itens, como por exemplo: instrumentos eletrônicos, carenagens, estofamentos e etc.

O manual de utilização pode ser verificado no apêndice [I](#).

## 4.10 Avaliação ergonômica

A capacidade de representar o habitáculo de um veículo baja SAE e experimentar parte de suas funcionalidades antes de construir efetivamente o protótipo é a funcionalidade principal da bancada. Seja partindo de um projeto computacional ou experimentando configurações no dispositivo para então definir um package.

Ambos os casos requerem a validação física, que deve ser realizada por indivíduos

dos percentis alvos. Para tal, a montagem e regulagem da bancada devem ser realizados, portanto, considerando o modo de funcionamento da bancada, suas regulagens, limites e cotas automotivas, foi desenvolvida uma planilha de conversão para auxiliar na utilização da ferramenta.

Visando a realização dos ensaios, um modelo de validação física foi proposto para identificar os pontos pertinentes a serem trabalhados nos projetos. A fim de direcionar esforços para áreas mais significativas e extrair informações acerca de projetos passados, uma pesquisa com integrantes e ex-integrantes da UnBaja foi realizada.

#### 4.10.1 Planilha de conversão

A planilha se caracteriza como uma ferramenta virtual de auxílio durante a etapa de utilização da bancada, mais precisamente, durante as regulagens. Seu objetivo é facilitar o entendimento entre as cotas representadas pelo CATIA V5 e as medidas físicas da bancada. Seu funcionamento resulta na conversão direta entre essas medidas.

Visto que os requisitos estruturais da bancada não permitem que ambos coincidam perfeitamente, a leitura de alguns comprimentos e ângulos devem passar por um processo de formulação.

Portanto, os valores das cotas foram calculados em função do menor número de medições necessárias e da maneira mais objetiva e simplificada para o utilizador. Para ficar ainda mais intuitiva a sua utilização, a planilha de conversão conta com as ilustrações, tanto das normas, quanto das medições a serem realizadas.

Com o auxílio de uma trena e de um transferidor, ou de um goniômetro, os locais de medição na bancada podem ser acessados pelo lado esquerdo, enquanto uma pessoa se coloca no posto de piloto e outra auxilia durante o processo.

A planilha proporciona a conversão em ambos casos, seja partindo de um projeto virtual para a prática ou simulando pessoalmente um habitáculo que será representado via software por meio de duas abas, intituladas, CATIA-Bancada, Bancada-CATIA; respectivamente. Ambas versões podem ser visualizadas no apêndice X.

#### 4.10.2 Validação física

A realização da etapa de validação física e a obtenção de bons resultados, garante que o projeto foi executado com qualidade, para isso, deve ser feita uma pesquisa com uma amostra de possíveis utilizadores da ferramenta. Deve-se então seguir um procedimento no qual o indivíduo deverá ficar na bancada quando regulada para seu uso por um tempo pré-determinado e utilizá-la simulando situações reais. O objetivo é atingir um bom número de

voluntários de diferentes percentis para validar a aplicabilidade da bancada para diferentes faixas de utilizadores. A validação física terá como base a utilização de um questionário que perguntará ao usuário sobre suas experiências relacionadas à pilotagem de veículos deste tipo e sobre as condições e respostas sensoriais obtidas durante a utilização da ferramenta. Para participar da pesquisa, o voluntário deverá assinar o TCLE (Termo de Consentimento e Esclarecimento), que legalmente confirma que o participante está ciente das condições para realização do teste. O questionário e o TCLE a serem utilizados podem ser vistos no apêndice [E](#) no [D](#) respectivamente.

### 4.10.3 Experimentação da ergonomia por pilotos de Baja SAE

Uma pesquisa realizada com membros e ex-membros que tiveram a oportunidade de pilotar ao menos um dos protótipos da UnBaja, foi utilizada para coletar relatos sobre a ergonomia proporcionada pelos projetos desenvolvidos pela equipe. Esse questionário contou com a participação de 27 (vinte e sete) voluntários.

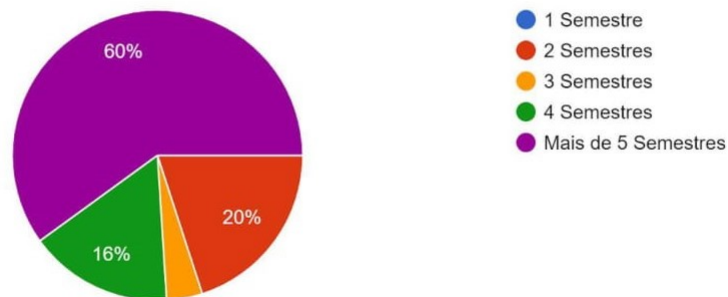
Dezenove perguntas foram elaboradas, sendo nove para caracterizar o perfil do voluntário e dez sobre o projeto ao qual ela pilotou. Com esse questionário buscou-se extrair informações sobre o perfil das pessoas que pilotaram e informações sobre aspectos ergonômicos dos projetos anteriores, para então compreender melhor os pontos críticos e suas consequências. As perguntas realizadas estão apresentadas no apêndice [E](#), e podem ser consultadas para melhor compreensão das análises feitas. Os resultados obtidos através do questionário estão expostos no apêndice [F](#). Entretanto, só estão apresentados os resultados de dezoito perguntas, pois a primeira pergunta é referente ao nome dos participantes.

Ao analisar os dados obtidos com a pesquisa, pôde-se ver que a ergonomia dos projetos desenvolvidos pela equipe UnBaja apresentam alguns pontos críticos que causam desconforto ao piloto durante o seu tempo de permanência dentro do veículo. Esses problemas são agravados pelo fato de que mais da metade dos entrevistados possuem a estatura maior que 1,80 metros e mais de 30 (trinta) por cento pesa 80 (oitenta) quilos ou mais.

Os voluntários apresentaram ter familiaridade com os projetos, pois mais de sessenta por cento dos voluntários responderam que são “Experientes” ou “Muito Experientes”. Aproximadamente 50 (cinquenta) por cento respondeu que já pilotou o protótipo por mais de 30 (trinta) minutos, dentro deste período já é possível obter informações ergonômicas e sentir incômodos. Como mostra a [Figura 74](#).

Quantos semestres você permaneceu na equipe?

25 respostas



Como você descreveria a si mesmo em termos de experiência com condução (em geral) de 1 a 5, sendo 1 nada experiente e 5 muito experiente?

25 respostas

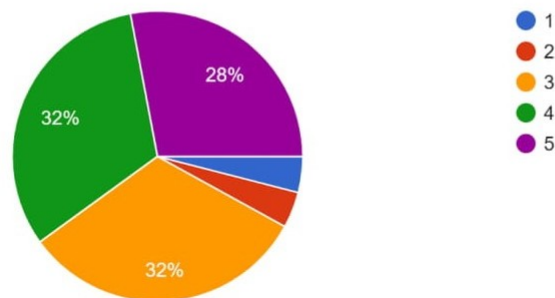


Figura 74 – Análise de experiência. Fonte: Autores (2021).

O veículo mais avaliado foi o UnB5, o que direciona os resultados obtidos com a pesquisa para ele e ajuda a compreender melhor as características ergonômicas deste projeto.

Com relação às condições de terreno, o mais votado foi o de “Terra batida”, seguido por “Aclives e declives” e “Pisos deslizantes”. Remete-se a situações não tão severas de terrenos, o que não causaria tantos incômodos ao ocupante somente pelo fato do terreno.

Percebeu-se, segundo a pesquisa, que a área que mais tem impacto no desenvolvimento de um projeto ergonômico da equipe UnBaja são os requisitos de segurança exigidos pelas normas da competição, seguido pelas demandas de design e as demandas do sistema de suspensão/direção. As regras estabelecidas pelo RATBSB ditam o posicionamento dos itens de segurança e as medidas da gaiola, o que causa bastante impacto durante o desenvolvimento do projeto ergonômico de um veículo Baja SAE.

A pesquisa mostra que dentre os componentes analisados, os pedais são pontos que causam incômodo aos usuários. Principalmente levando em consideração a utilização e o posicionamento destes componentes. Isso pode ser causado por conta do posicionamento da caixa de direção ou por causa do projeto da frente da gaiola ser reduzido e o espaço

para alocar os pedais seja prejudicado.

Outro ponto agravante foi o assento, onde os voluntários, em sua maioria, relataram não terem gostado principalmente do encosto do assento e do estofado. Com essa informação é possível identificar anomalias no projeto do assento, podendo ser o ângulo do encosto ou a maneira como foi colocado o material de preenchimento. O estofamento pode estar incomodando por causa do material utilizado para o preenchimento do assento que pode ser macio demais ou firme demais. Como mostra a Figura 75.

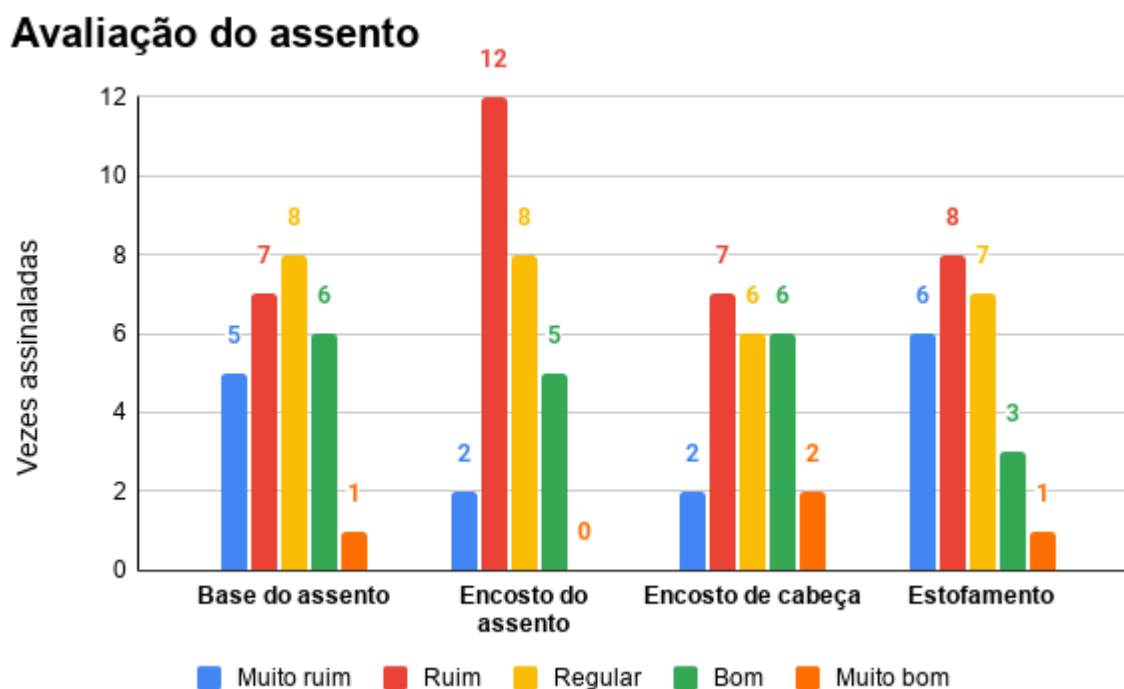


Figura 75 – Análise do assento . Fonte: Autores (2021).

Cada cor representa a classificação que os voluntários atribuíram aos quesitos. No eixo “X” do gráfico estão os quesitos que foram avaliados e no eixo “Y” estão os valores correspondentes à quantidade de vezes que a classificação foi assinalada. Pode-se ver que a classificação se concentra entre “Ruim” e “Regular”.

Após a condução do veículo, os participantes da pesquisa relataram terem sentido incômodos principalmente nas regiões inferiores como pernas, coxas, tornozelos e pés. O que remete a um problema no projeto dos pedais, que pode estar sendo prejudicado por outros componentes, afetando diretamente a sua utilização e seu posicionamento. Com isso, o piloto pode ter dificuldades para apoiar os pés e causar sobre esforço nos membros inferiores.

Com relação a avaliação da ergonomia dos projetos no geral, os voluntários avaliaram, em sua maioria como sendo “Ruim” a “Regular” como mostra a figura 76. O que ressalta que os projetos possuem pontos que necessitam de aprimoramento, apesar das li-



mitações por ser um veículo Baja e ter de atender alguns requisitos sem ter que prejudicar o desempenho dinâmico .

### Avaliação da ergonomia dos projetos em geral

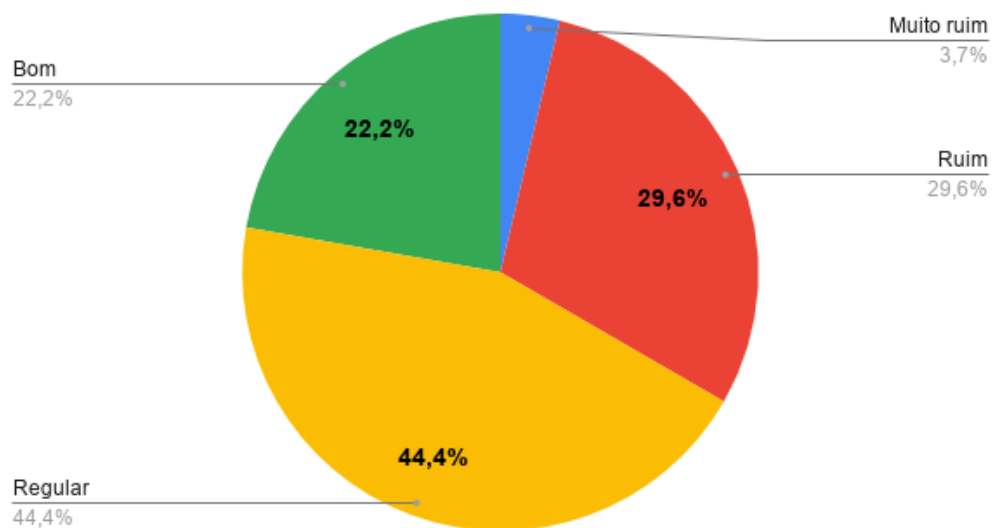


Figura 76 – Análise do assento . Fonte: Autores (2021).

Esse questionário trouxe informações pertinentes que serão úteis para o avanço dos projetos ergonômicos da equipe UnBaja. E também serve de base para a motivação do desenvolvimento do projeto da ferramenta.

## 4.11 Trabalhos futuros

Compreende as atividades concretização e execução de todos os procedimentos descritos ao longo do projeto e aos ajustes que podem surgir devido às adversidades causadas ao longo de alguma das etapas, como por exemplo, obtenção de materiais, fabricação, primeiros testes e adequação ao uso.

Após a construção, a ferramenta deve ser utilizada para a realização de validações ergonômicas práticas utilizando sua ferramenta de auxílio virtual, bem como o CATIA V5 como suporte e questionários semelhantes ao proposto.

Este projeto pode servir de base para o desenvolvimento de outras ferramentas que podem ser aplicadas em ensaios ergonômicos de outros tipos de veículos, como por exemplo o projeto de Fórmula SAE.

Os resultados extraídos dos novos estudos ergonômicos tendem a ser mais refinados e a contribuir para o embasamento e enriquecimento dos futuros protótipos a serem desenvolvidos pela equipe UnBaja, bem como pelos demais utilizadores da bancada de validação, proporcionando assim a possibilidade de desenvolvimento de novos estudos acadêmicos nas áreas de ergonomia.

## 5 Conclusão

Considerando-se as motivações e justificativas para desenvolvimento do projeto, bem como os objetivos propostos, o projeto da bancada de validação ergonômica para veículos do tipo Baja SAE segue as normas automotivas e específicas para o seguimento. Seus componentes foram projetados e suas funcionalidades ergonômicas foram contextualizadas e validadas virtualmente.

As etapas do processo, que incluíram revisão bibliográfica de normas, de parâmetros e de procedimentos de criação de package automotivo; desenvolvimento de metodologias para análise; e, projeto dos componentes físicos e sua validação, foram decisivas e contribuíram para o alcance das propostas iniciais.

Como resultado, de acordo com o levantamento de opções de itens e custos, foi apresentado o modelo final da bancada ergonômica a ser construída, bem como todas as instruções para sua fabricação, montagem e utilização para validação física, considerando todos os processos de fabricação envolvidos e metodologias a serem adotadas.

A ferramenta de auxílio virtual para operação da bancada, a planilha de conversão de dados, permite que o utilizador adeque o package físico ao virtual ou vice-versa, se mostrando muito útil durante os ensaios ergonômicos futuros. Tal importância pôde ser constatada, inclusive, após as análises de dados com base na pesquisa realizada com pessoas que já tiveram oportunidade de pilotar um protótipo Baja SAE.

Por fim, a utilização de todas as ferramentas desenvolvidas com base nas escolhas de projeto, de forma conjunta, tendo estas atingido os resultados esperados, a proposta de construção da bancada ergonômica para veículos Baja SAE se faz validada, portanto, pode-se afirmar que o objetivo geral do trabalho foi atingido.

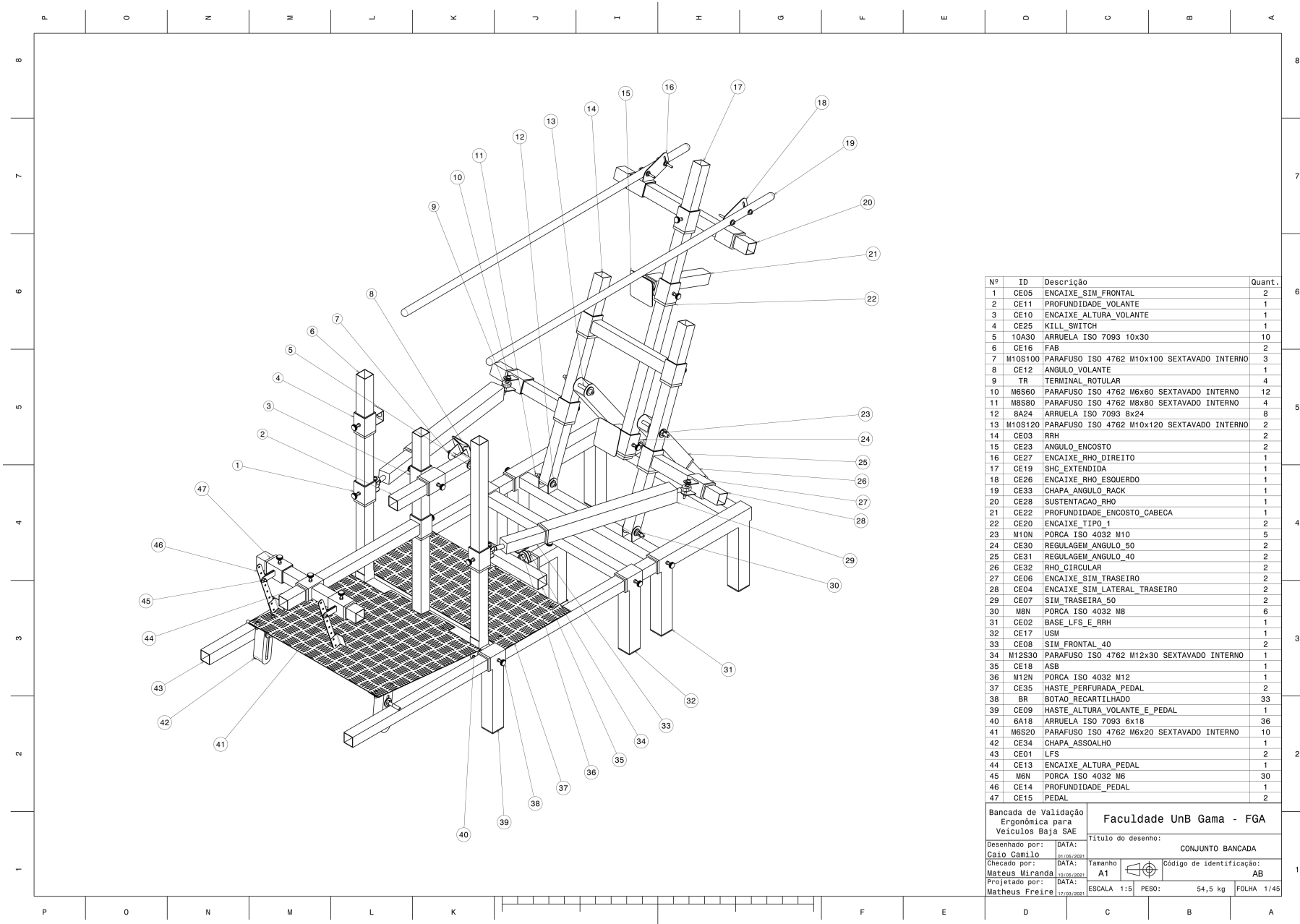
## Referências

- ABERGO. *A certificação do ergonômista brasileiro - Editorial do Boletim 1/2000*. 2000. Citado na página 24.
- CATIA DOCUMENTATION,C2009. *Human Activity Analysis in a Nutshell*. Disponível em: <[http://catiadoc.free.fr/online/CATIAfr\\_C2/haaugCATIAfrs.htm](http://catiadoc.free.fr/online/CATIAfr_C2/haaugCATIAfrs.htm)>. Acesso em: 26 Nov. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 74.
- CATIA DOCUMENTATION,C2009. *Human Builder in a Nutshell*. Disponível em: <[http://catiadoc.free.fr/online/CATIAfr\\_C2/hbrugCATIAfrs.htm](http://catiadoc.free.fr/online/CATIAfr_C2/hbrugCATIAfrs.htm)>. Acesso em: 26 Nov. 2020. Citado na página 35.
- DESSAULT SYSTEMES. *CATIA: V5. R21*. Vélizy-Villacoublay, França, 2011. Citado 5 vezes nas páginas 7, 31, 32, 33 e 34.
- DREYFUSS H. ; TILLEY, A. *The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design: Revised Edition*. Rio de Janeiro: John Wiley Sons, 2001. Emenda 03. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 28.
- ERGONOMICS RESEARCH SOCIETY. 1949. Citado na página 24.
- FERREIRA, D. M. P. R. *Pesquisa antropométrica e biomecânica dos operários da indústria de transformação*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, 1988. 128 p. Citado 2 vezes nas páginas 7 e 26.
- FIRST-RATE. *Which industries use CATIA?* 2010. Disponível em: <<https://firstratemold.com/which-industries-use-catia/#:~:text=Many%20automotive%20companies%20use%20CATIA,motors%20and%20Mahindra%20%26%20Mahindra%20Limited>>. Acesso em: 29 Nov. 2020. Citado na página 53.
- IIDA, I. *Ergonomia: projeto e produção*. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. v. 2. ed. Citado 5 vezes nas páginas 7, 23, 24, 25 e 27.
- LENHARDT J.P.D. E ARAÚJO, L. *Desenvolvimento de uma bancada para avaliação de package veicular integrando realidade virtual e validação ergonômica*. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2017. Citado na página 28.
- LISBOA L. E RODRIGUES, M. e. F. R. e. A. R. *Metodologia de desenvolvimento do sistema de suspensão para um protótipo Baja SAE. Projeto Final de Graduação*. Rio de Janeiro: Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2018. Citado na página 62.
- MEDEIROS, C. R. P. X. *Avaliação do cockpit de veículos automotores do transporte de carga: Método apoiado na ergonomia e na usabilidade*. 2004. Citado na página 19.
- MIRANDA, M. *Desenvolvimento de bancada para simulação veicular integrando realidade virtual e medição de dados fisiológicos. Tese de Doutorado em Ciências Mecânicas*, Brasília, DF, 2014. Citado 3 vezes nas páginas 23, 24 e 27.

- MOHAMED Z. E YUSUFF, R. M. *Automotive Ergonomics: Passenger Cars Interior Dimension Parameters and Comfort*. 2007. Citado na página 29.
- MORAES A. E MONT'ALVÃO, C. *Ergonomia: conceitos e aplicações*. Rio de Janeiro: 2AB, 1998. v. 2. ed. Citado na página 24.
- ROEBUCK, J. A. *Anthropometric methods: designing to fit the human body*. [S.l.]: Human Factors and Ergonomics Society, 1995. Citado na página 53.
- SAE. *SAE Surface Vehicle Recommended Practice - J287. Driver Hand Control Reach*. 1988. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 41.
- SAE. *SAE Surface Vehicle Recommended Practice - J1050. Describing and Measuring the Driver's Field of View*. 1994. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 82.
- SAE. *SAE Surface Vehicle Recommended Practice - J1100. Motor Vehicle Dimension*. 1995. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 40.
- SAE. *SAE Surface Vehicle Recommended Practice - J826. Devices for use in Defining and Measuring Vehicle Seating Accommodation*. 1995. Citado na página 29.
- SAE. *SAE Surface Vehicle Recommended Practice - J1052. Motor Vehicle Driver and Passenger Head Position*. 2005. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 82.
- SAE BRASIL. *Regulamento Administrativo e Técnico BAJA SAE Brasil*. 2019. Citado 8 vezes nas páginas 7, 23, 37, 44, 45, 48, 49 e 50.

# Apêndices

# APÊNDICE A – Desenhos técnicos



Nº	ID	Descrição	Quant.
1	CE05	ENCAIXE_SIM_FRONTAL	2
2	CE11	PROFUNDIDADE_VOLANTE	1
3	CE10	ENCAIXE_ALTURA_VOLANTE	1
4	CE25	KILL_SWITCH	1
5	10A30	ARRUELA ISO 7093 10x30	10
6	CE16	FAB	2
7	M10S100	PARAFUSO ISO 4762 M10x100 SEXTAVADO INTERNO	3
8	CE12	ANGULO_VOLANTE	1
9	TR	TERMINAL_ROTULAR	4
10	M6S60	PARAFUSO ISO 4762 M6x60 SEXTAVADO INTERNO	12
11	M6S80	PARAFUSO ISO 4762 M6x80 SEXTAVADO INTERNO	4
12	6A24	ARRUELA ISO 7093 8x24	8
13	M10S120	PARAFUSO ISO 4762 M10x120 SEXTAVADO INTERNO	2
14	CE03	RRH	2
15	CE23	ANGULO_ENCOSTO	2
16	CE27	ENCAIXE_RHO_DIREITO	1
17	CE19	SHC_EXTENDIDA	1
18	CE26	ENCAIXE_RHO_ESQUERDO	1
19	CE33	CHAPA_ANGULO_RACK	1
20	CE28	SUSTENTACAO_RHO	1
21	CE22	PROFUNDIDADE_ENCOSTO_CABECA	1
22	CE20	ENCAIXE_TIPO_1	2
23	M10N	PORCA ISO 4032 M10	5
24	CE30	REGULAGEM_ANGULO_50	2
25	CE31	REGULAGEM_ANGULO_40	2
26	CE32	RHO_CIRCULAR	2
27	CE06	ENCAIXE_SIM_TRASEIRO	2
28	CE04	ENCAIXE_SIM_LATERAL_TRASEIRO	2
29	CE07	SIM_TRASEIRA_50	2
30	M8N	PORCA ISO 4032 M8	6
31	CE02	BASE_LFS_E_RRH	1
32	CE17	USM	1
33	CE08	SIM_FRONTAL_40	2
34	M12S30	PARAFUSO ISO 4762 M12x30 SEXTAVADO INTERNO	1
35	CE18	ASS	1
36	M12N	PORCA ISO 4032 M12	1
37	CE35	HASTE_PERFURADA_PEDAL	2
38	BR	BOTAO_RECARTEILHADO	33
39	CE09	HASTE_ALTURA_VOLANTE_E_PEDAL	1
40	6A18	ARRUELA ISO 7093 6x18	36
41	M6S20	PARAFUSO ISO 4762 M6x20 SEXTAVADO INTERNO	10
42	CE34	CHAPA ASSOALHO	1
43	CE01	LFS	2
44	CE13	ENCAIXE_ALTURA_PEDAL	1
45	M6N	PORCA ISO 4032 M6	30
46	CE14	PROFUNDIDADE_PEDAL	1
47	CE15	PEDAL	2

Bancada de Validação Ergonômica para Veículos Baja SAE		Faculdade UnB Gama - FGA	
Desenhado por:	DATA:	Título do desenho:	
Caio Camilo	01/05/2021	CONJUNTO BANCADA	
Checkado por:	DATA:	Tamanho:	Código de identificação:
Matheus Miranda	02/09/2021	A1	AB
Projetado por:	DATA:	ESCALA:	PESO:
Matheus Freire	02/09/2021	1:5	54,5 kg
			FOLHA 1/45

Figura 77 – Desenho técnico do conjunto montado. Fonte: Autores (2021).



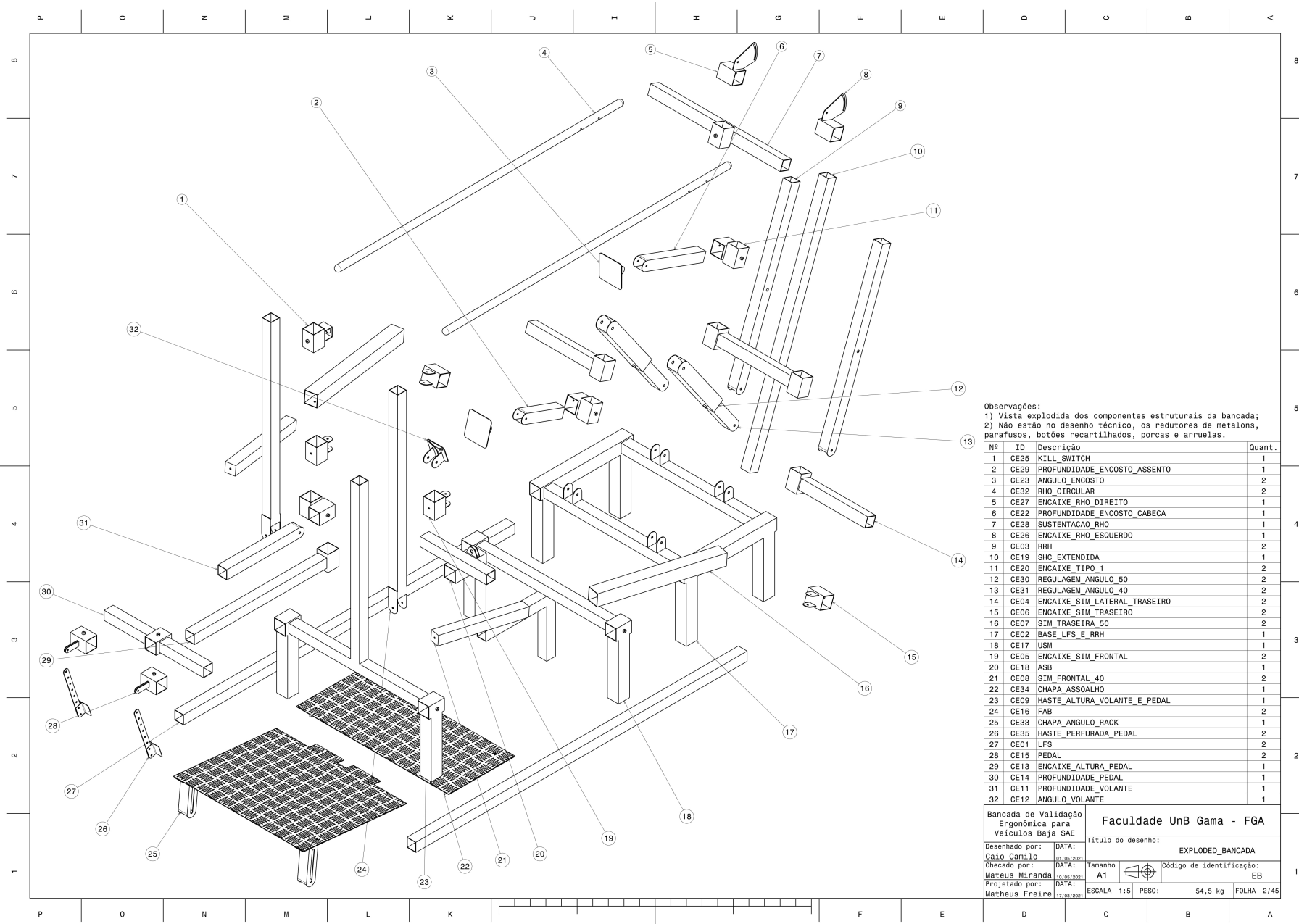


Figura 78 – Desenho técnico do conjunto explodido. Fonte: Autores (2021).

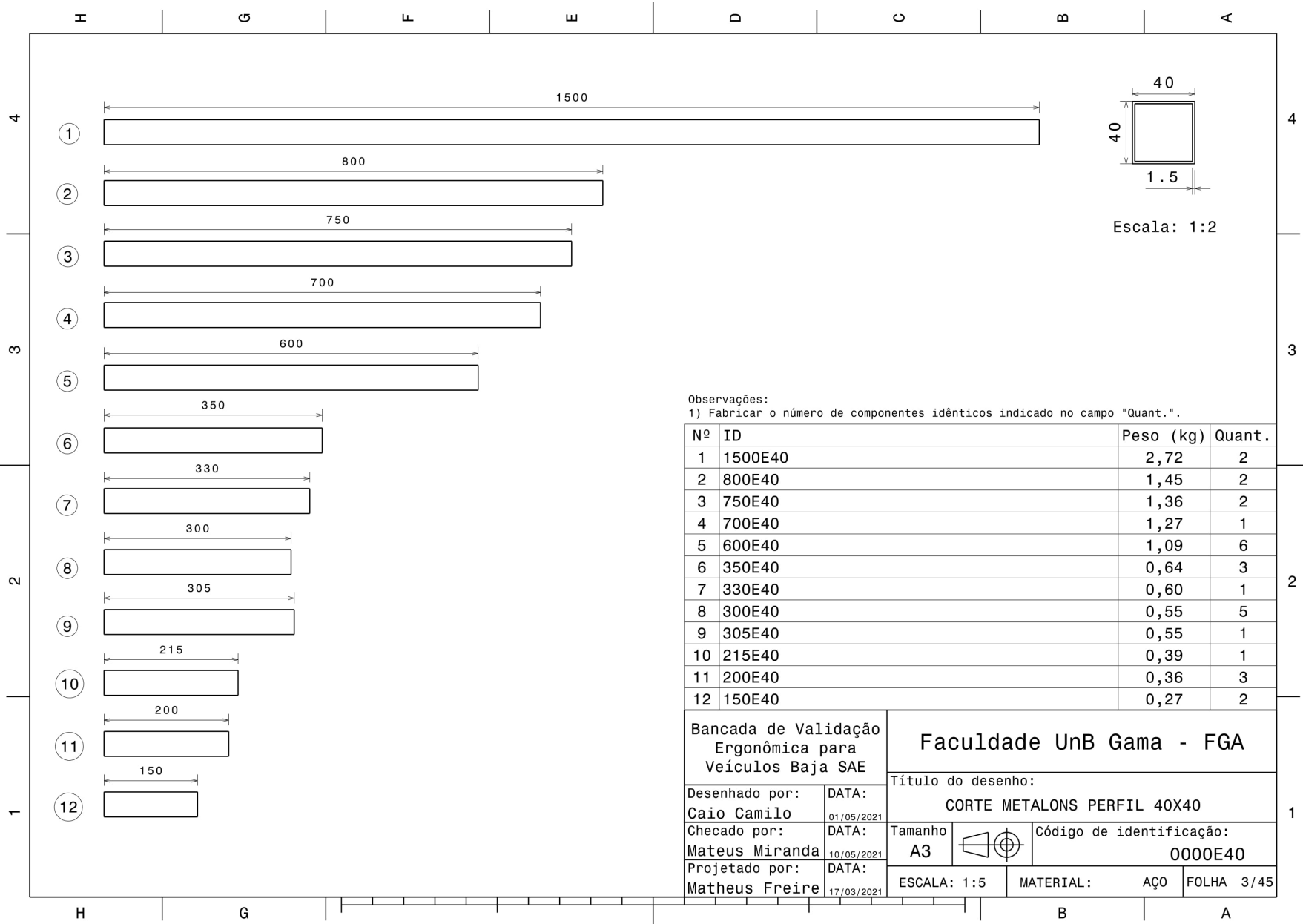


Figura 79 – Desenho técnico 0000E40. Fonte: Autores (2021).

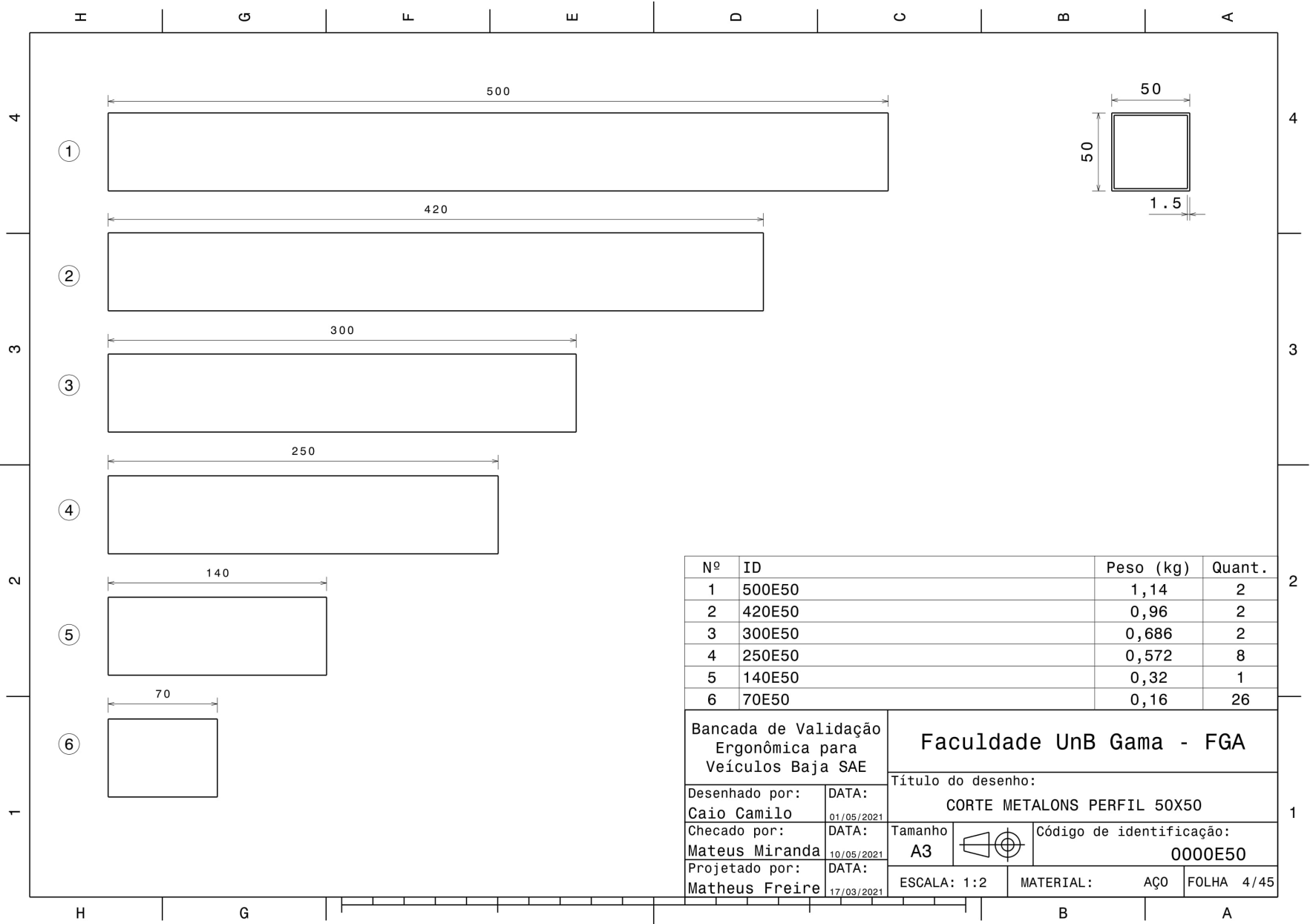


Figura 80 – Desenho técnico 0000E50. Fonte: Autores (2021).

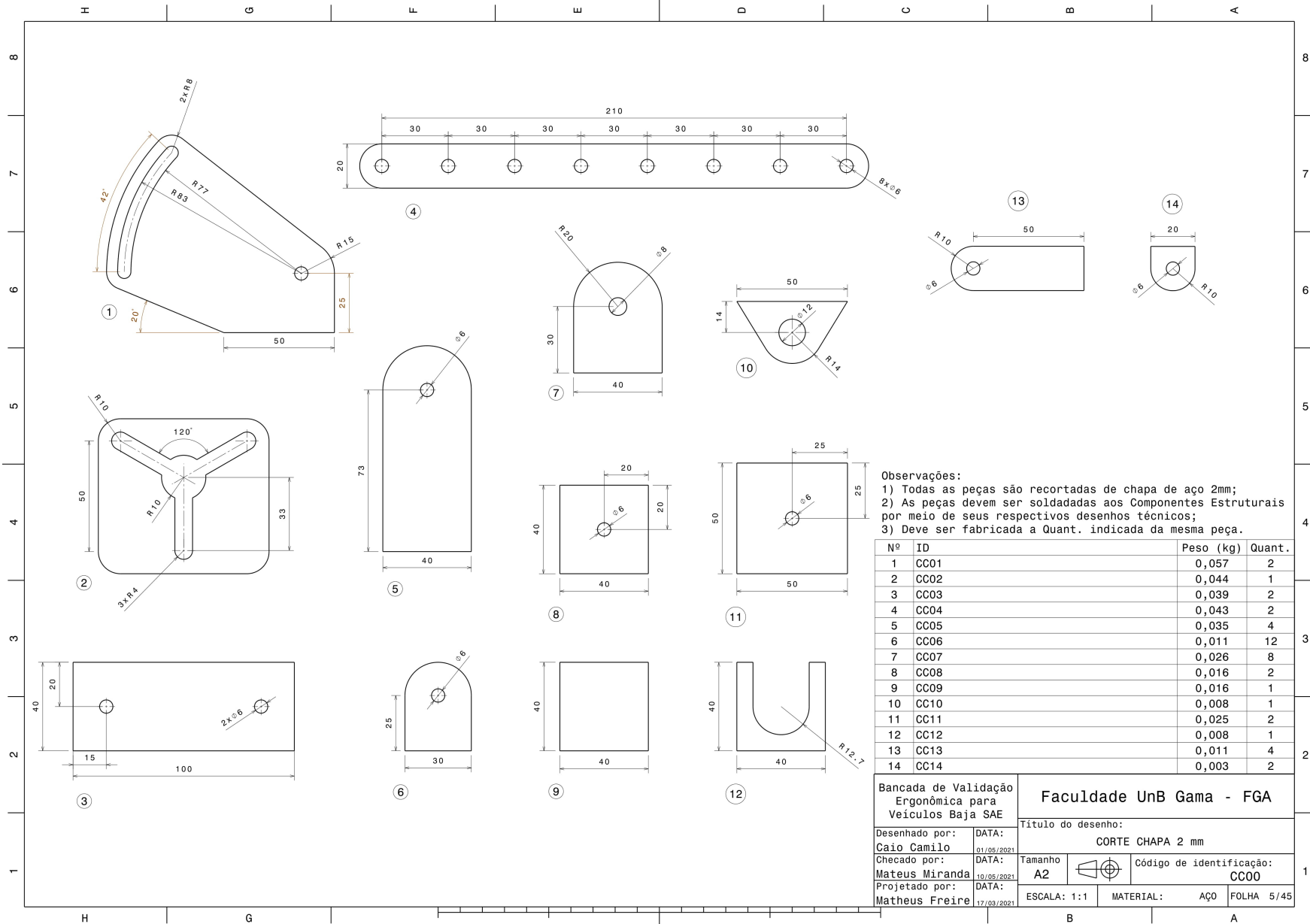


Figura 81 – Desenho técnico CC00. Fonte: Autores (2021).

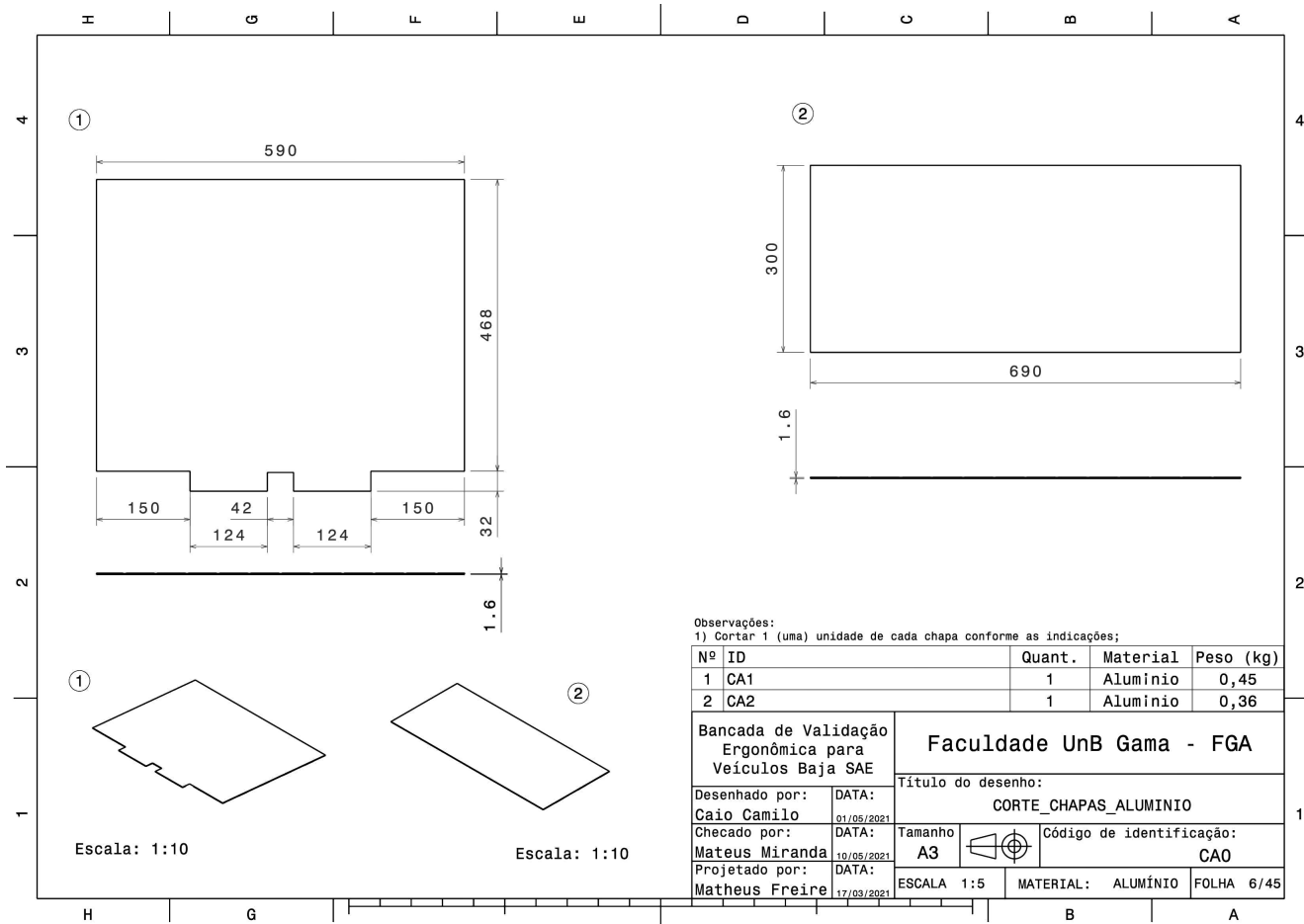


Figura 82 – Desenho técnico da CA0. Fonte: Autores (2021).

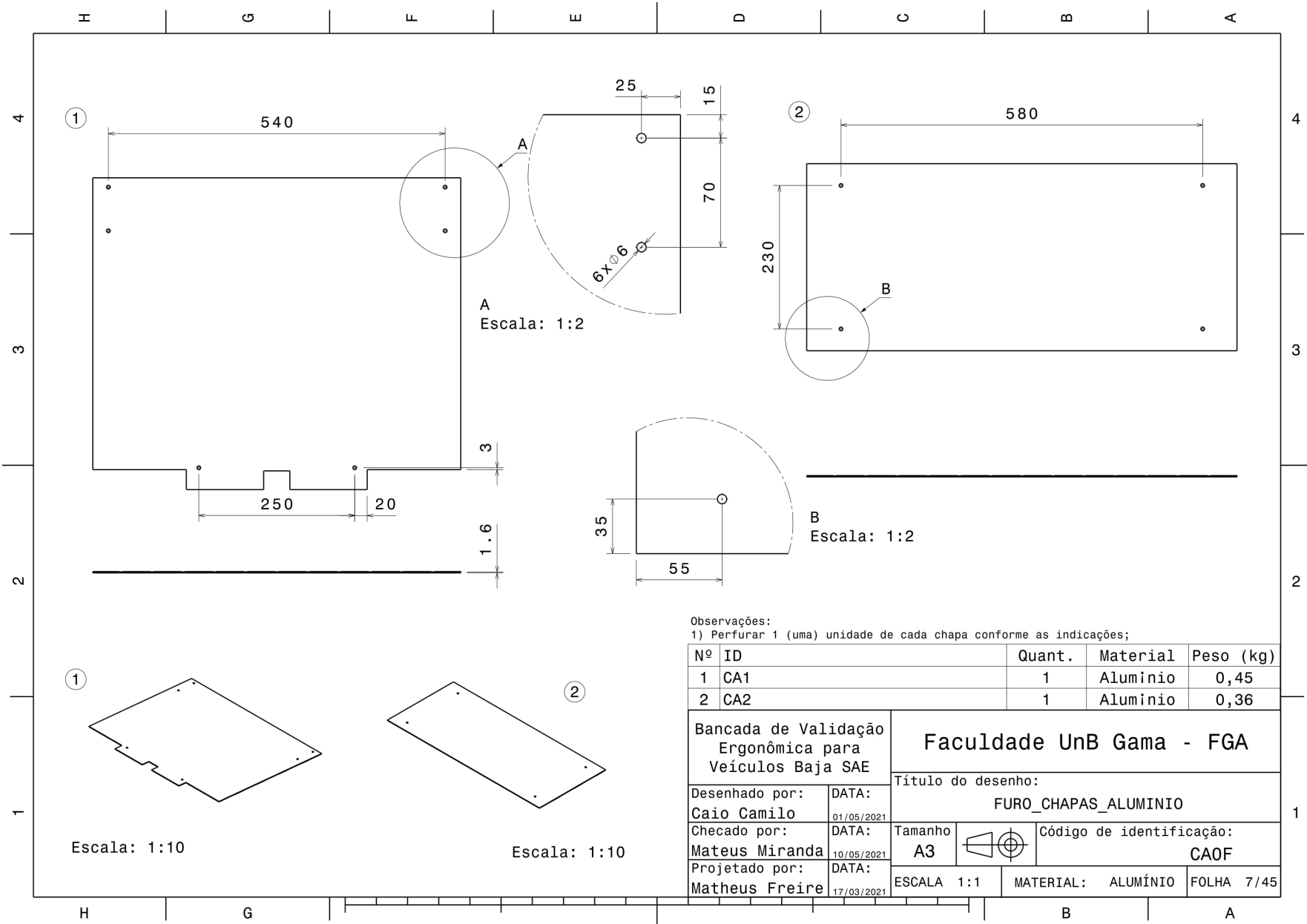


Figura 83 – Desenho técnico CA0F. Fonte: Autores (2021).

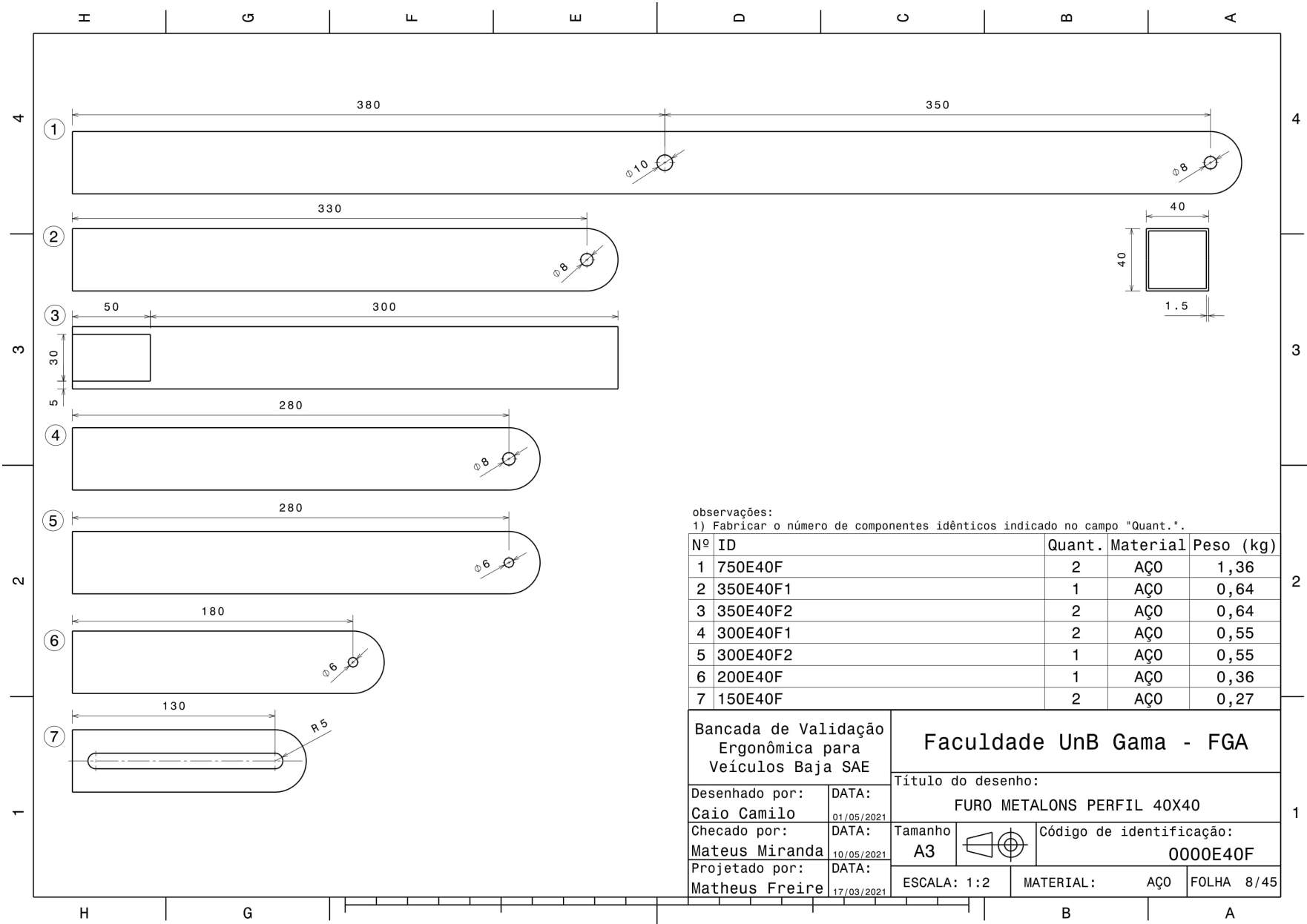


Figura 84 – Desenho técnico da 0000E40F. Fonte: Autores (2021).

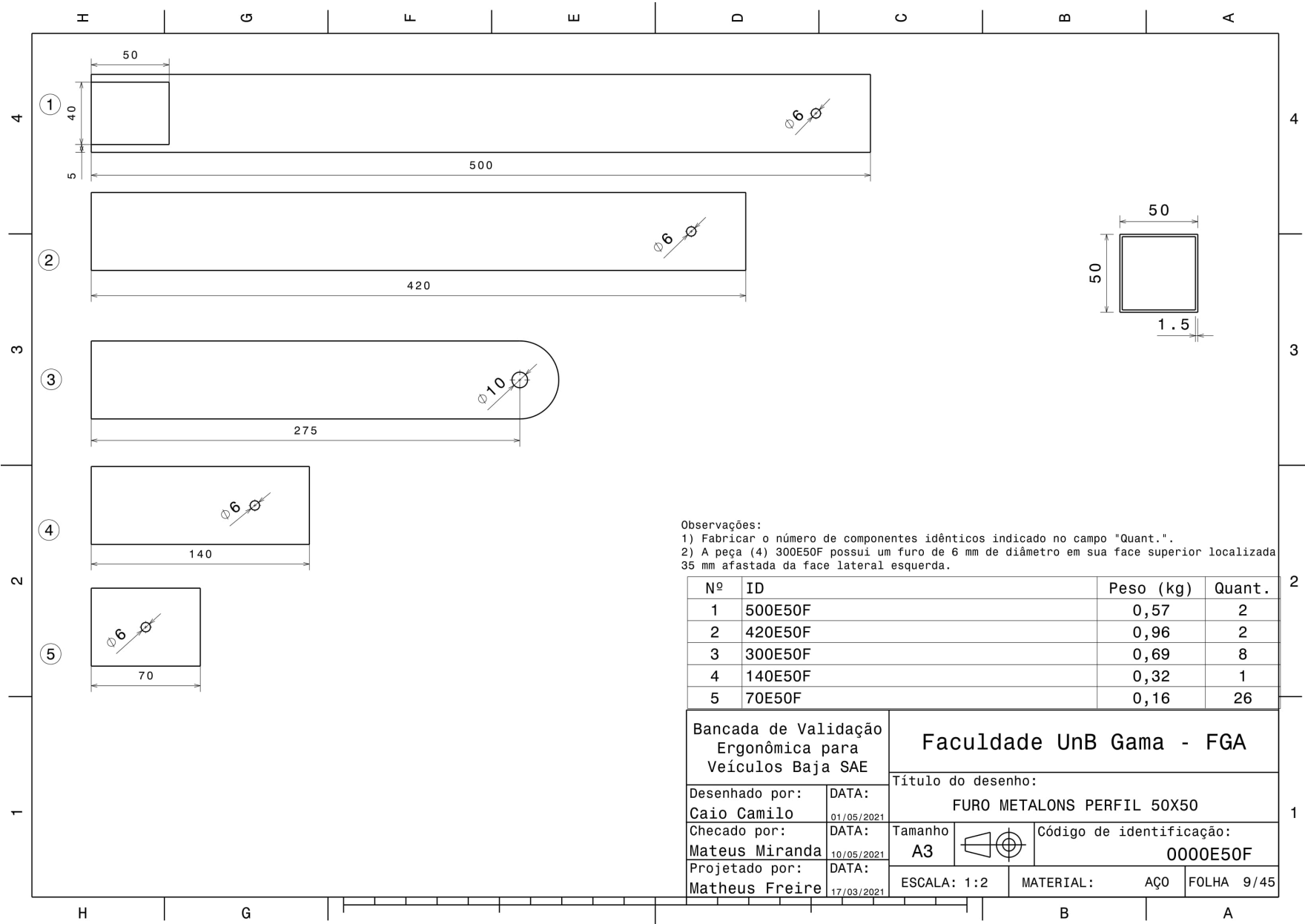


Figura 85 – Desenho técnico da 0000E50F. Fonte: Autores (2021).



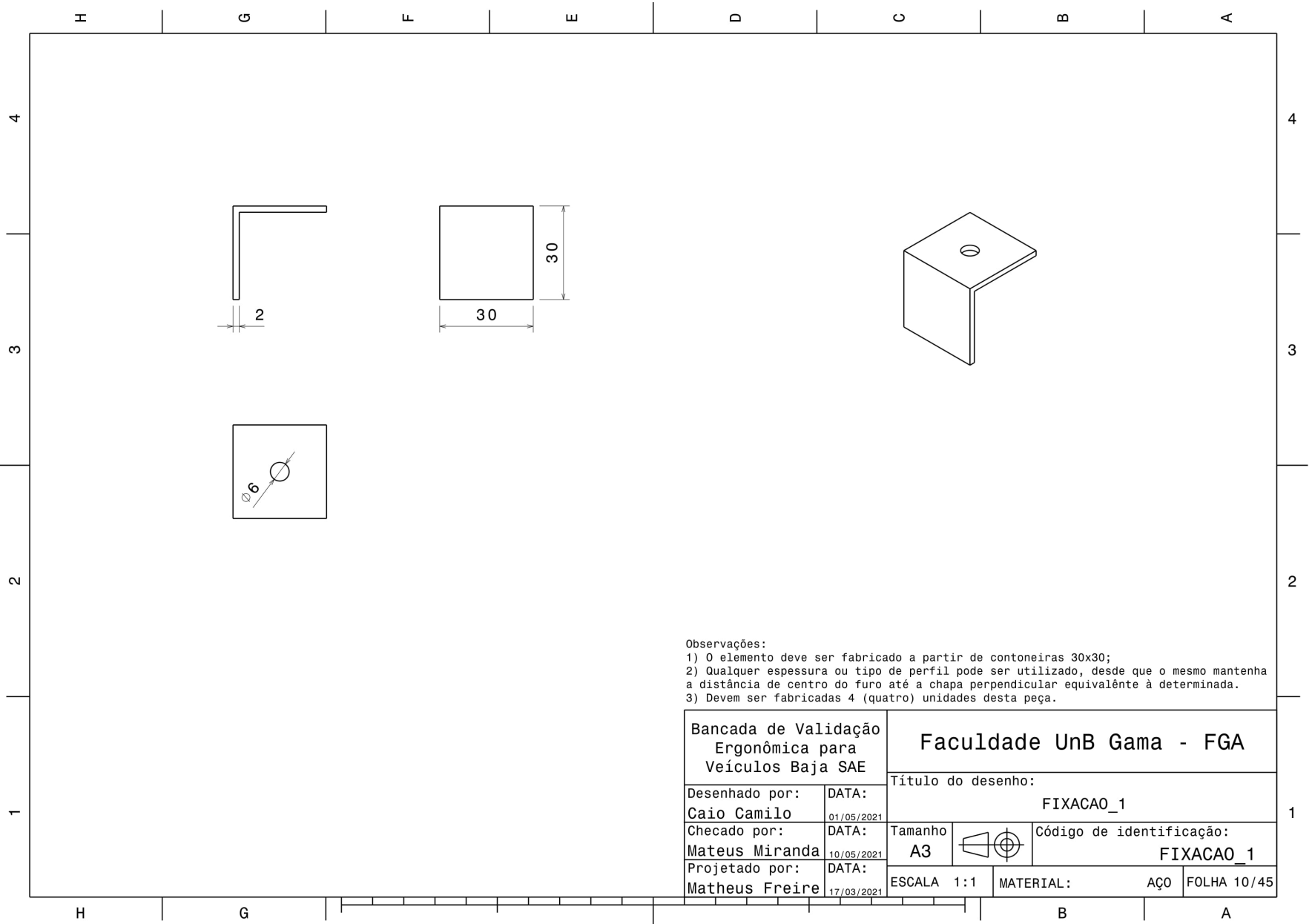


Figura 86 – Desenho técnico da fixação 1. Fonte: Autores (2021).

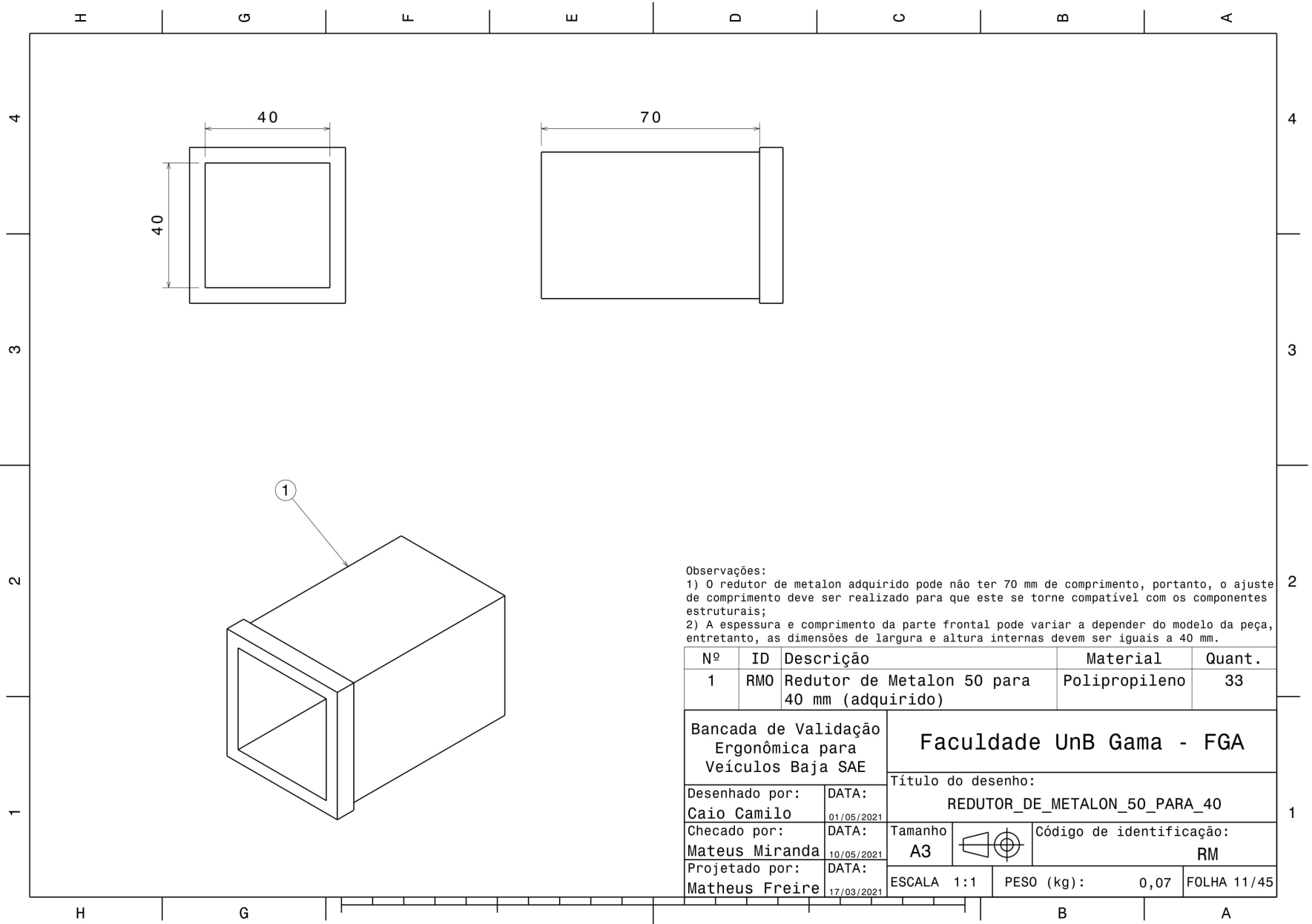


Figura 87 – Desenho técnico da RM. Fonte: Autores (2021).

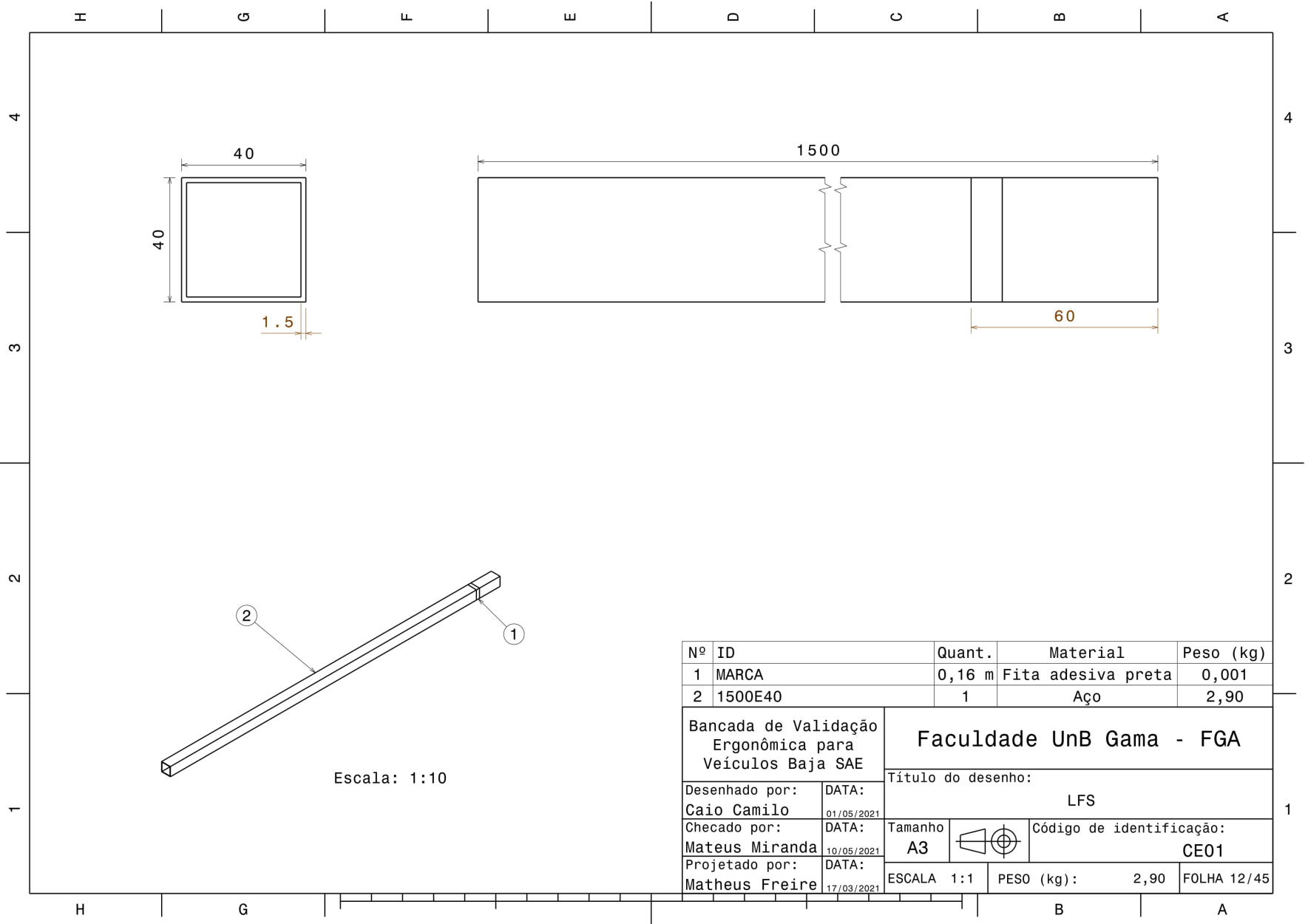


Figura 88 – Desenho técnico da CE01. Fonte: Autores (2021).

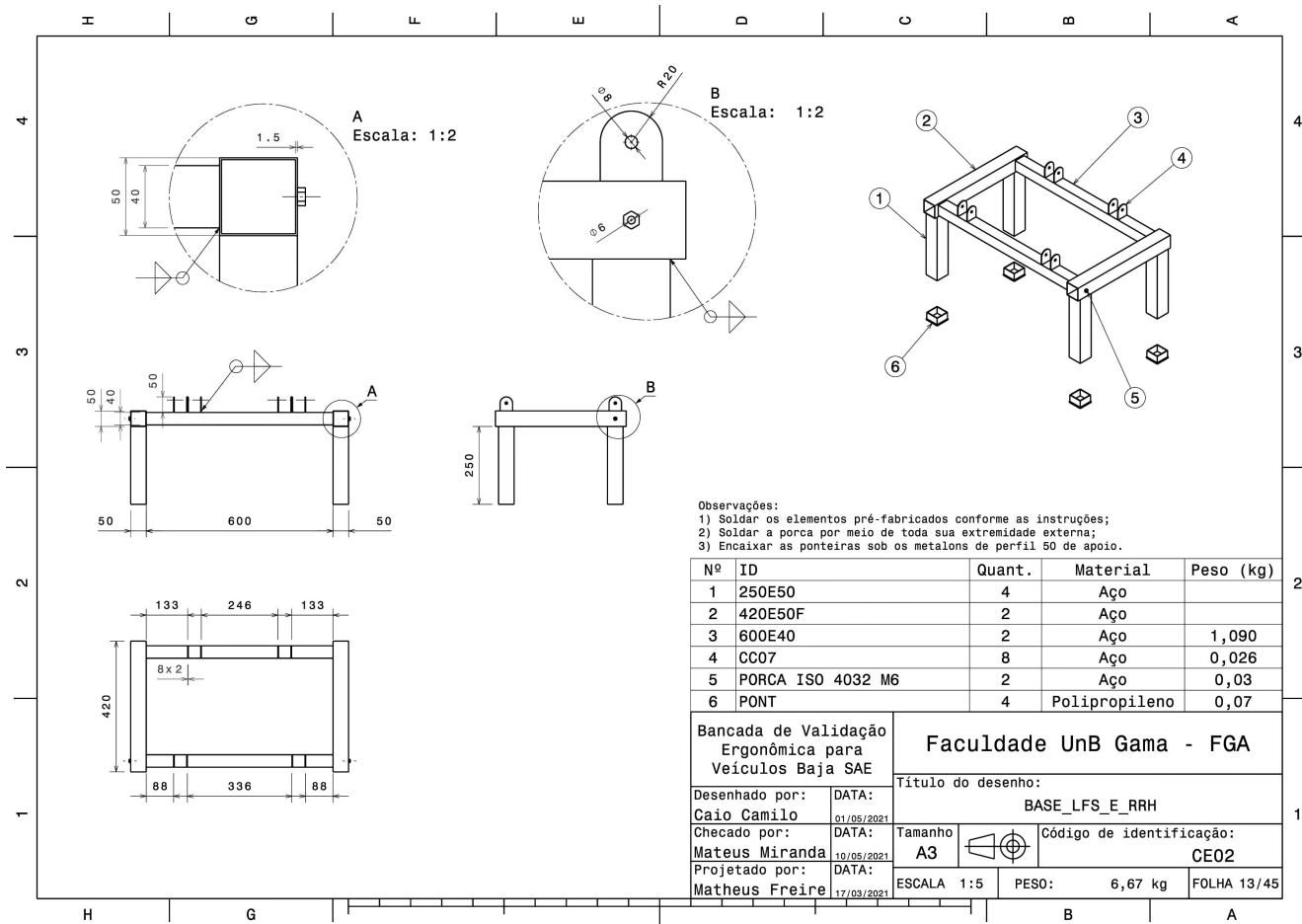


Figura 89 – Desenho técnico CE02. Fonte: Autores (2021).

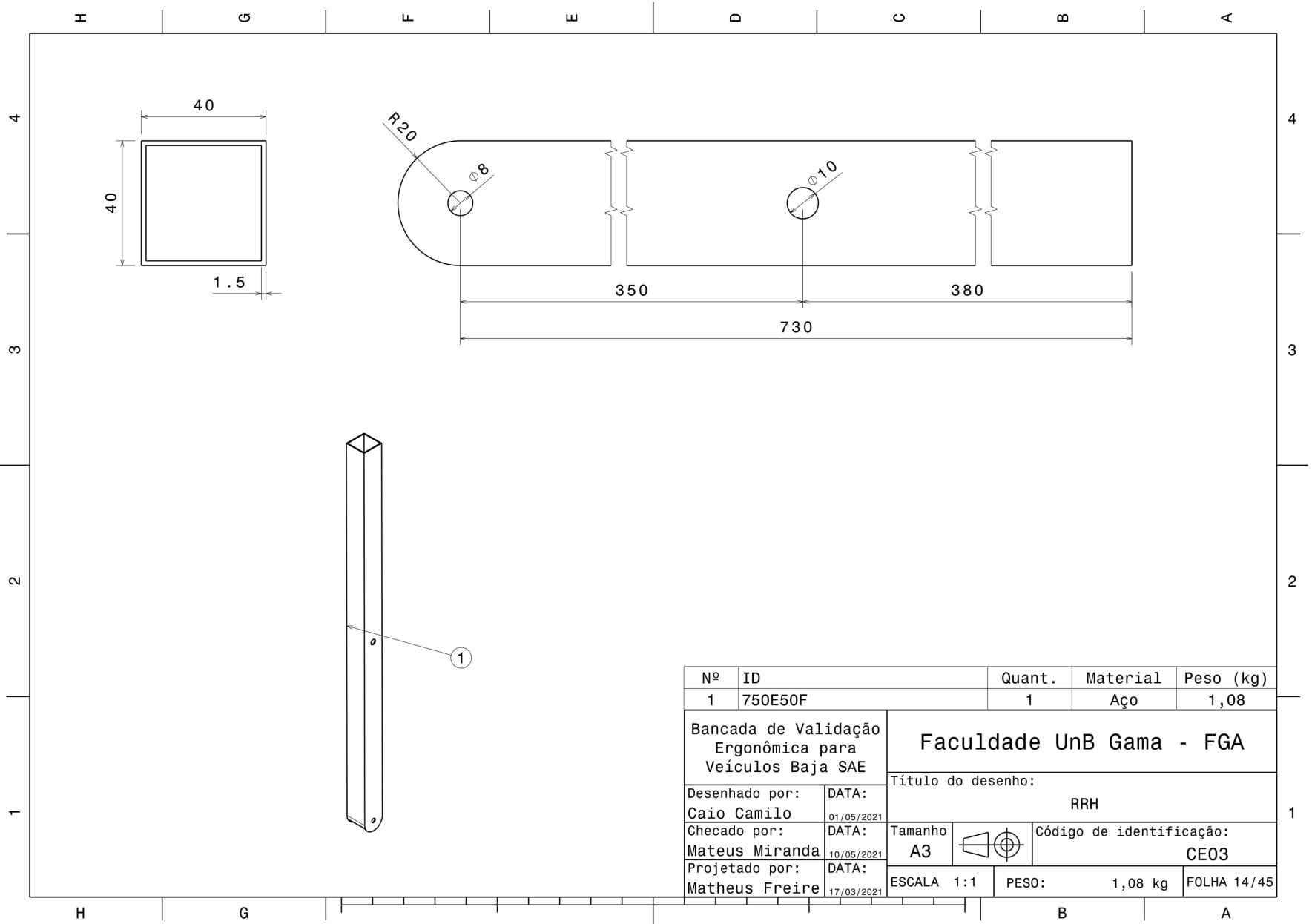


Figura 90 – Desenho técnico CE03. Fonte: Autores (2021).

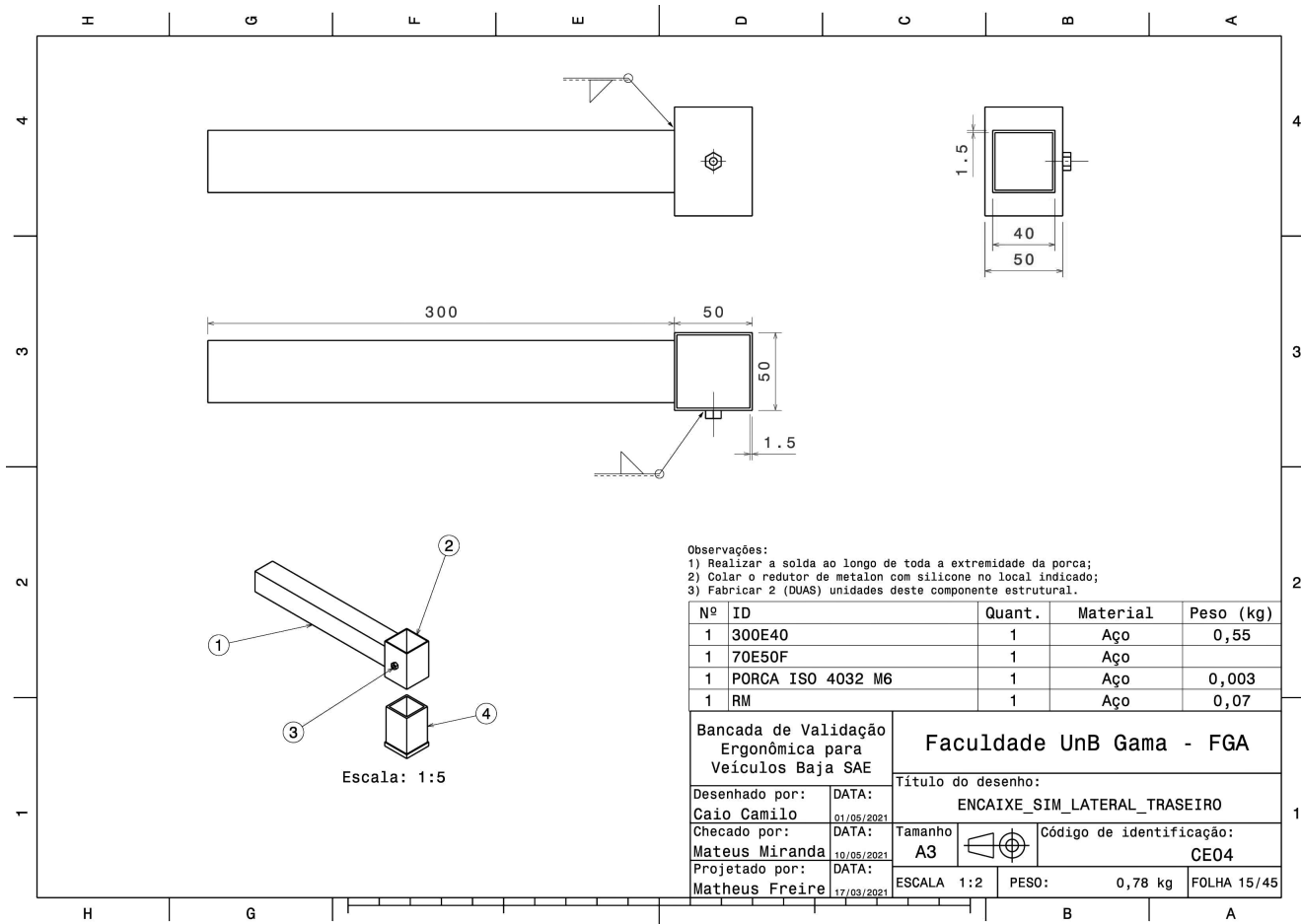


Figura 91 – Desenho técnico CE04. Fonte: Autores (2021).

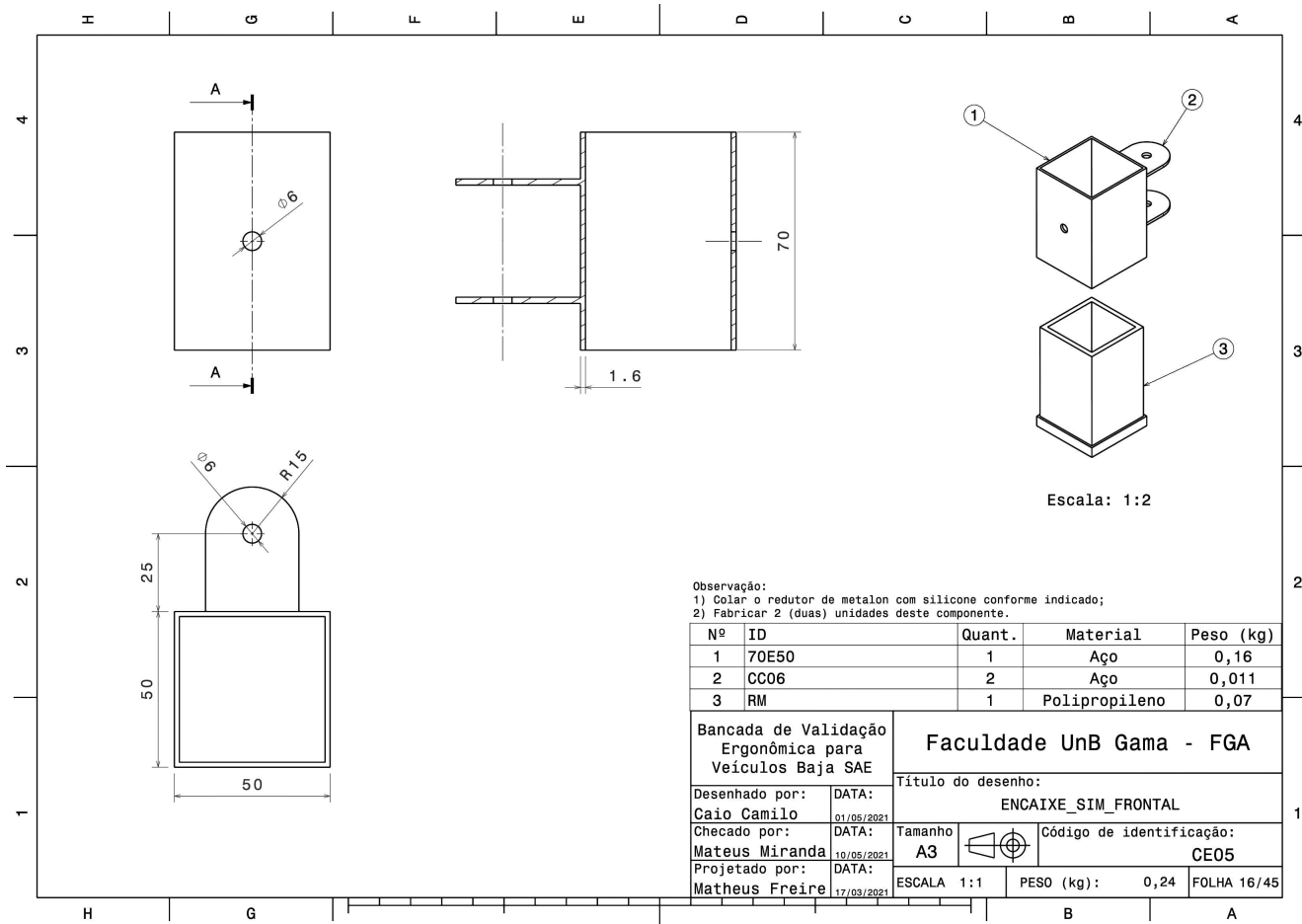


Figura 92 – Desenho técnico CE05 Fonte: Autores (2021).

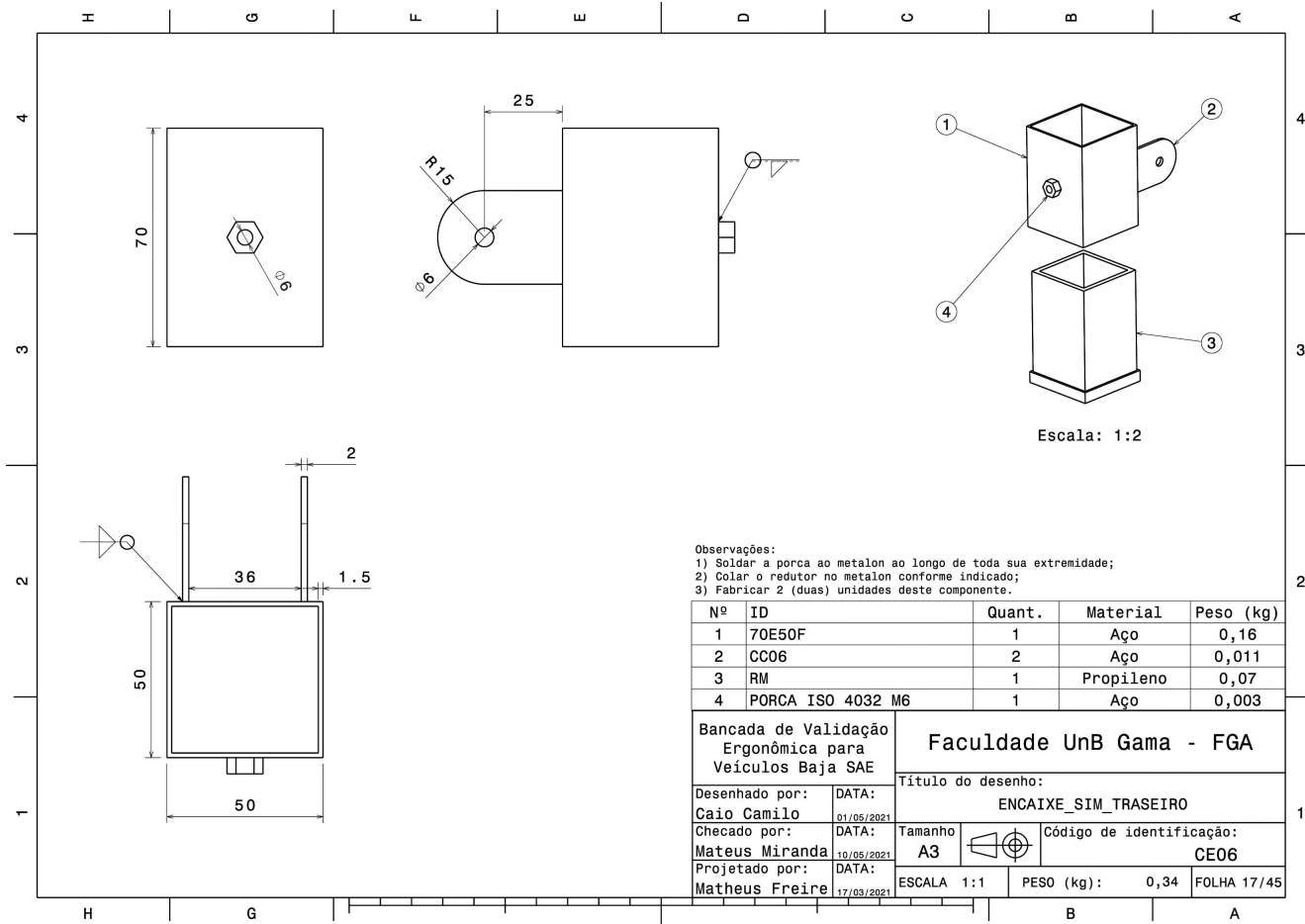


Figura 93 – Desenho técnico CE06. Fonte: Autores (2021 ).



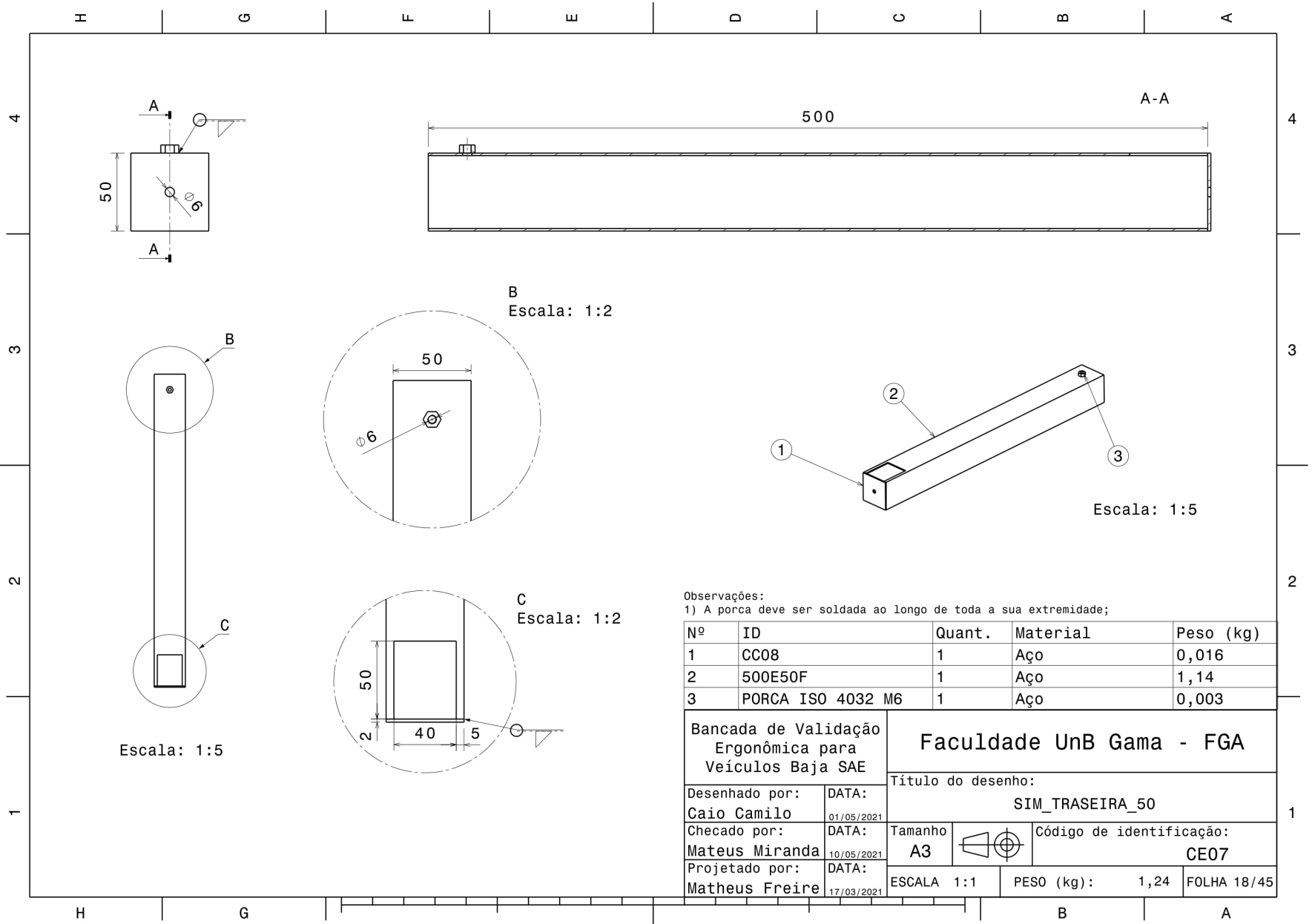


Figura 94 – Desenho técnico CE07. Fonte: Autores (2021).

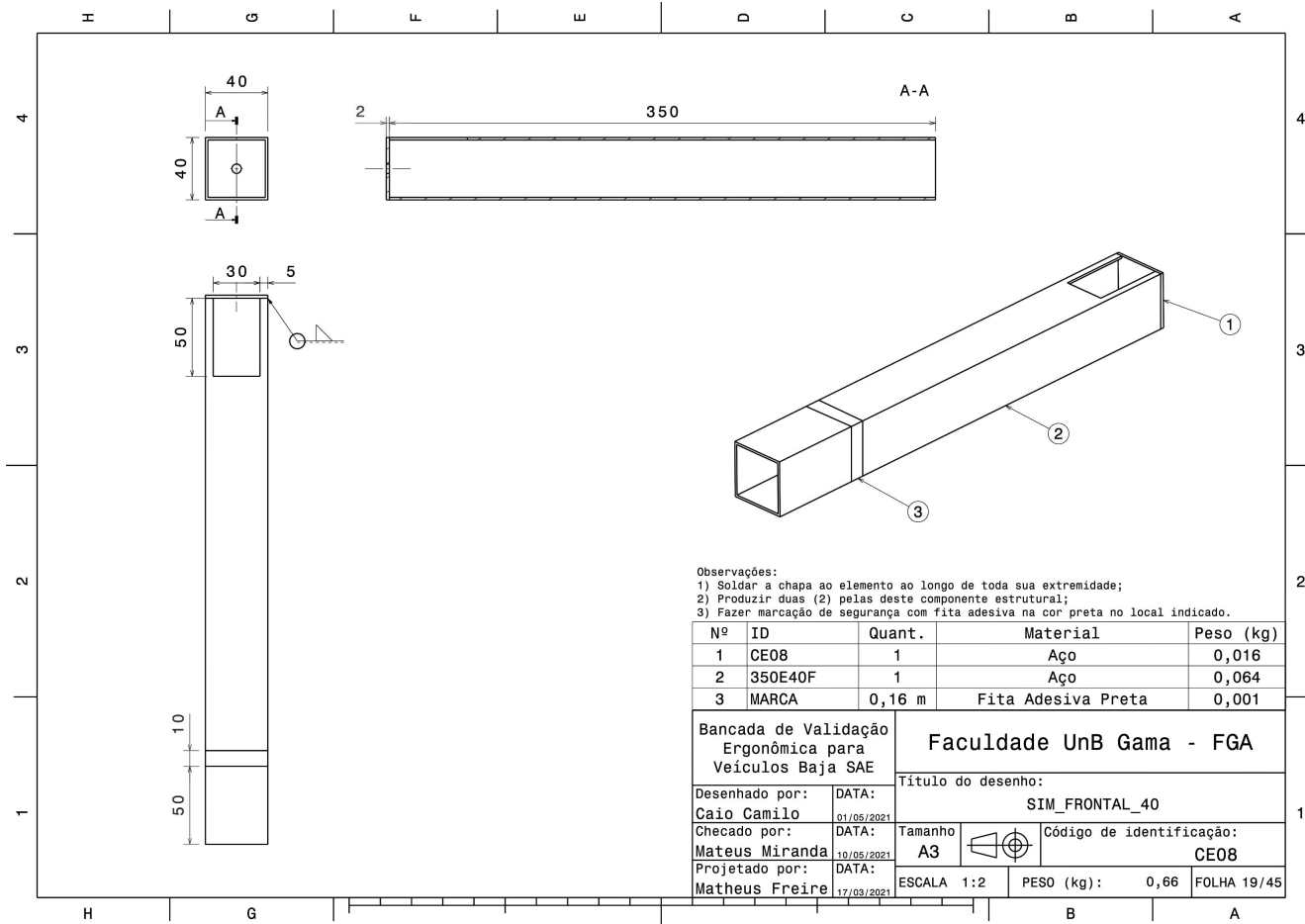


Figura 95 – Desenho técnico CE08. Fonte: Autores (2021).

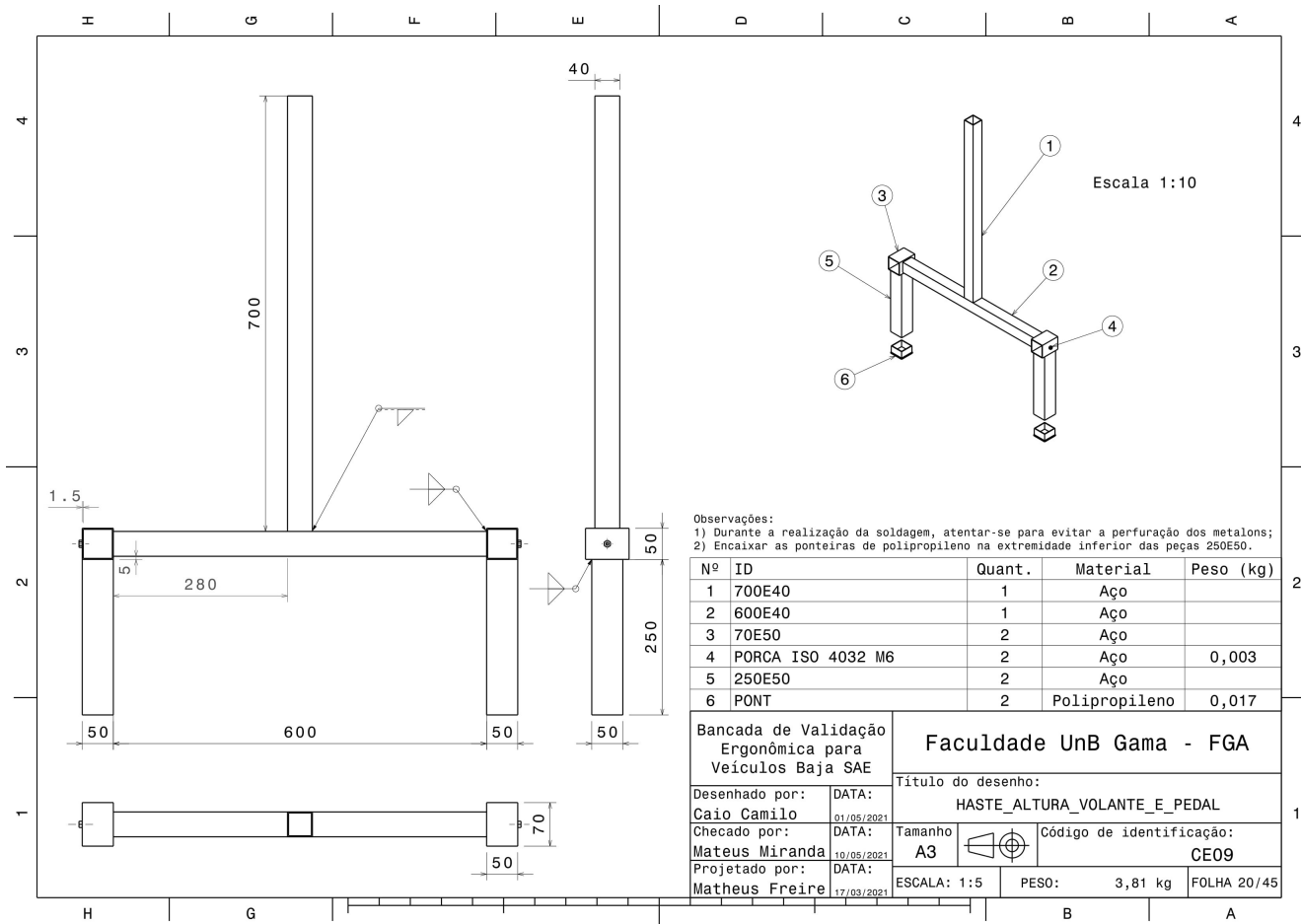
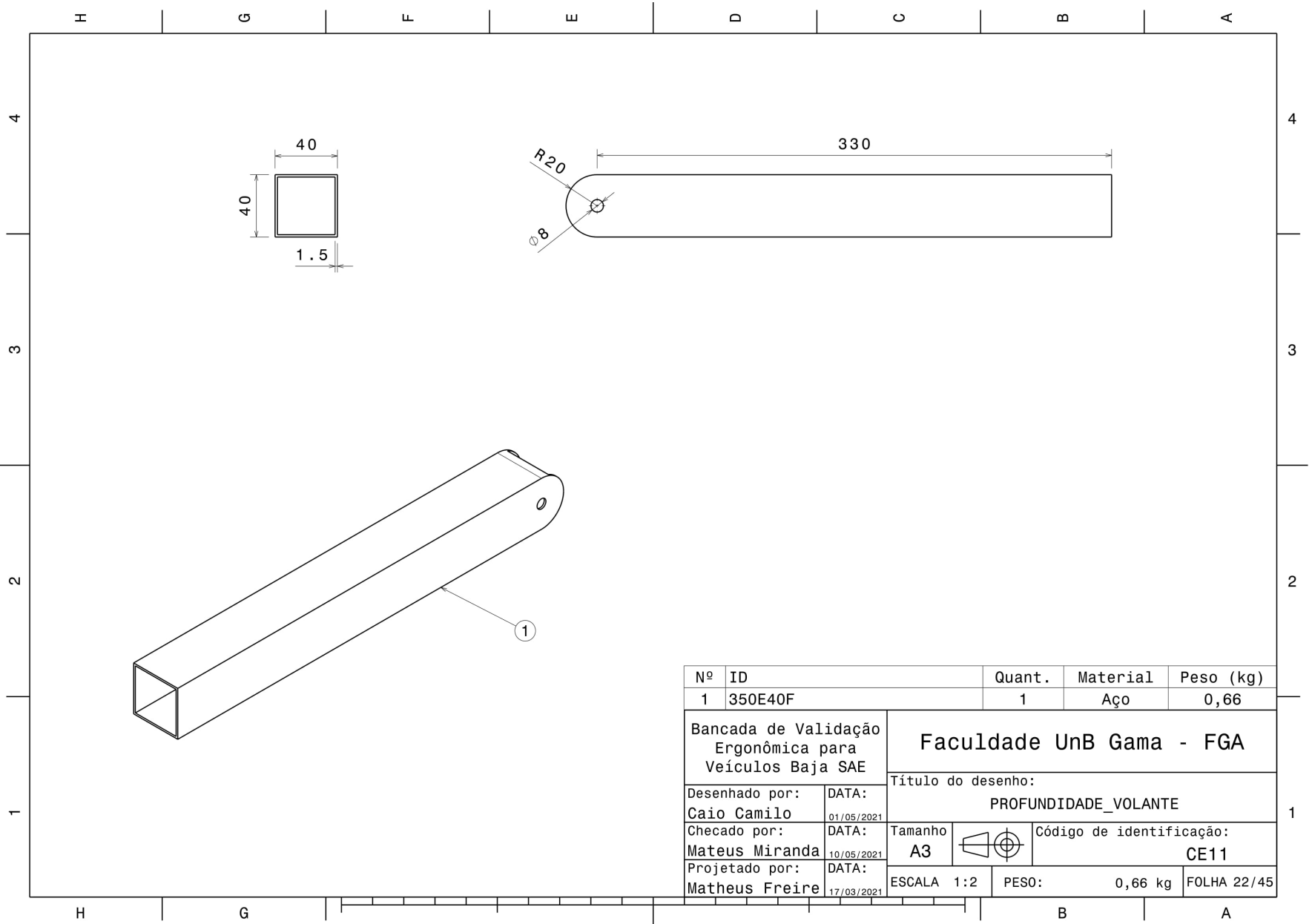


Figura 96 – Desenho técnico CE09. Fonte: Autores (2021).



Nº	ID	Quant.	Material	Peso (kg)
1	350E40F	1	Aço	0,66
Bancada de Validação Ergonômica para Veículos Baja SAE		Faculdade UnB Gama - FGA		
Desenhado por: Caio Camilo		Título do desenho: PROFUNDIDADE_VOLANTE		
DATA: 01/05/2021		Código de identificação: CE11		
Checado por: Mateus Miranda		Tamanho A3	ESCALA 1:2	
DATA: 10/05/2021		PESO: 0,66 kg		
Projetado por: Matheus Freire		FOLHA 22/45		
DATA: 17/03/2021				

Figura 97 – Desenho técnico CE11. Fonte: Autores (2021).

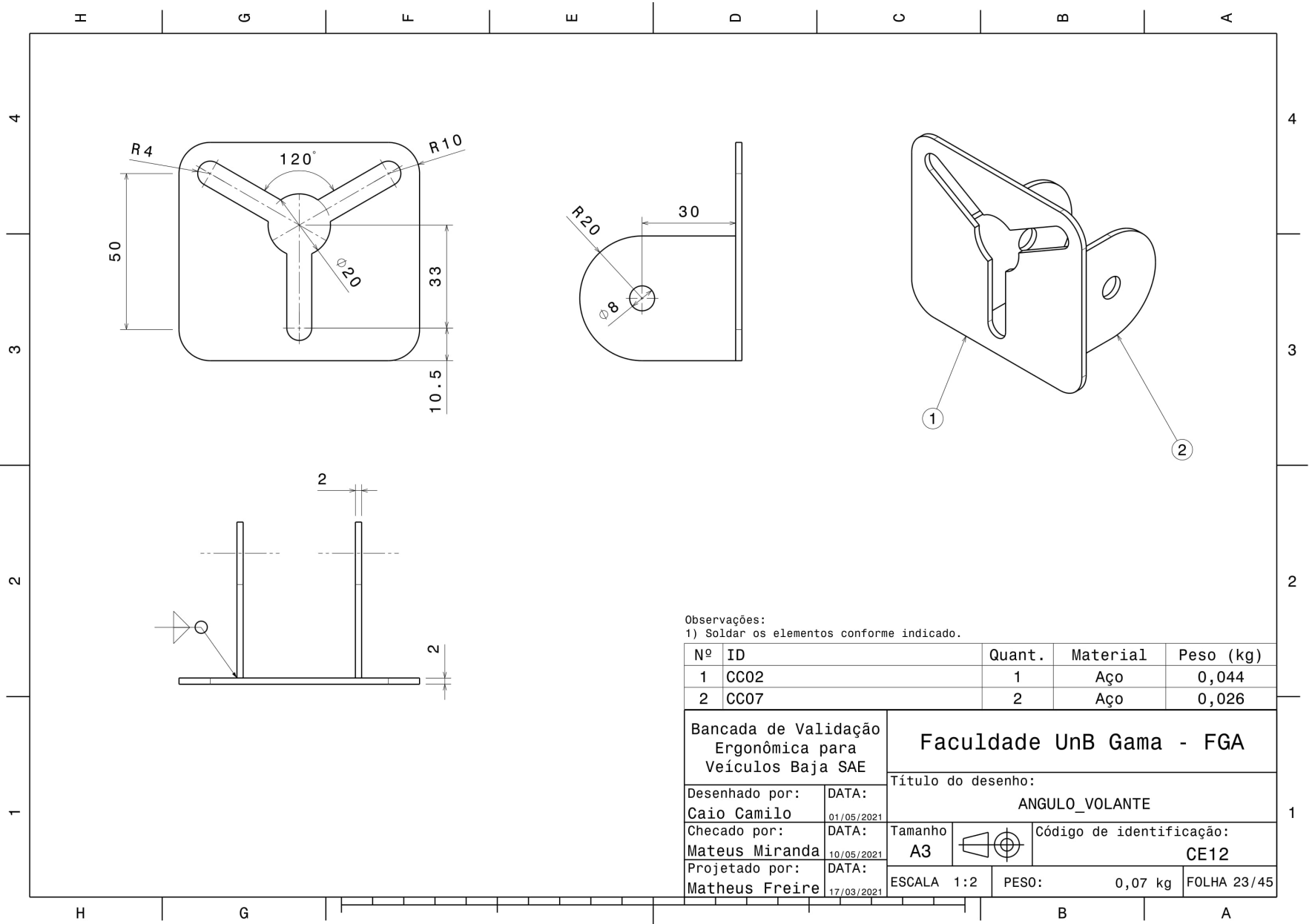


Figura 98 – Desenho técnico CE12. Fonte: Autores (2021).

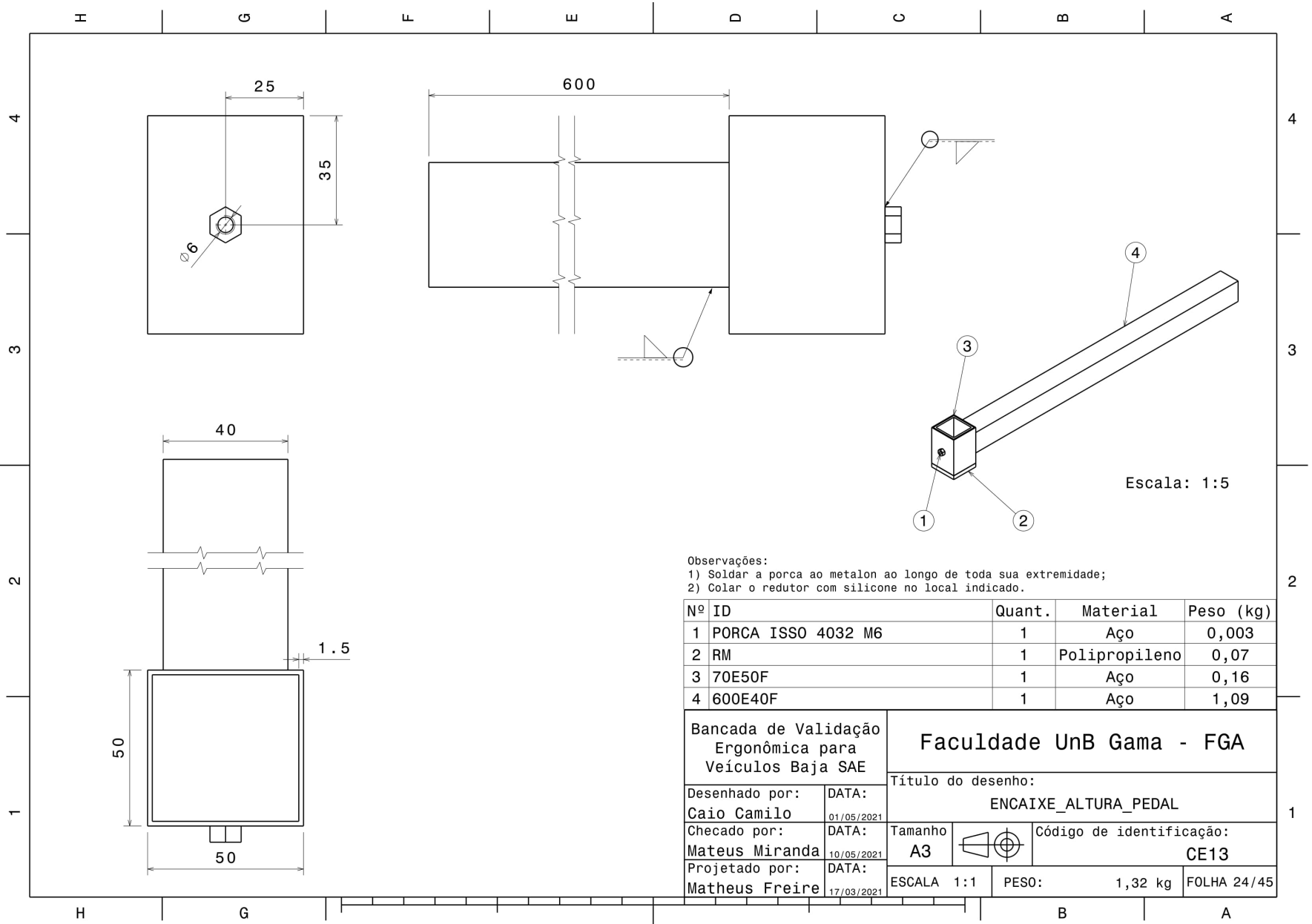


Figura 99 – Desenho técnico CE13. Fonte: Autores (2021).

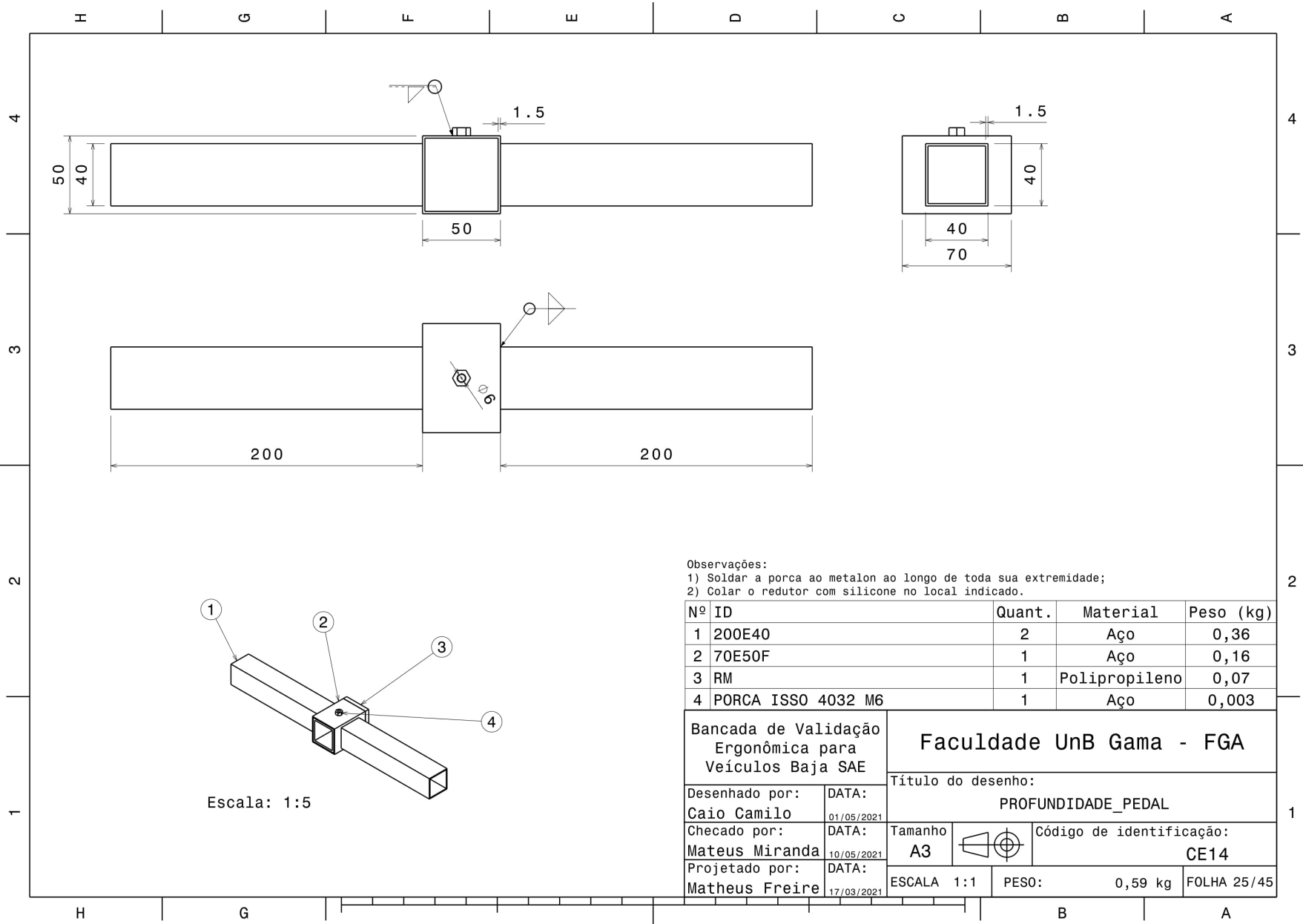
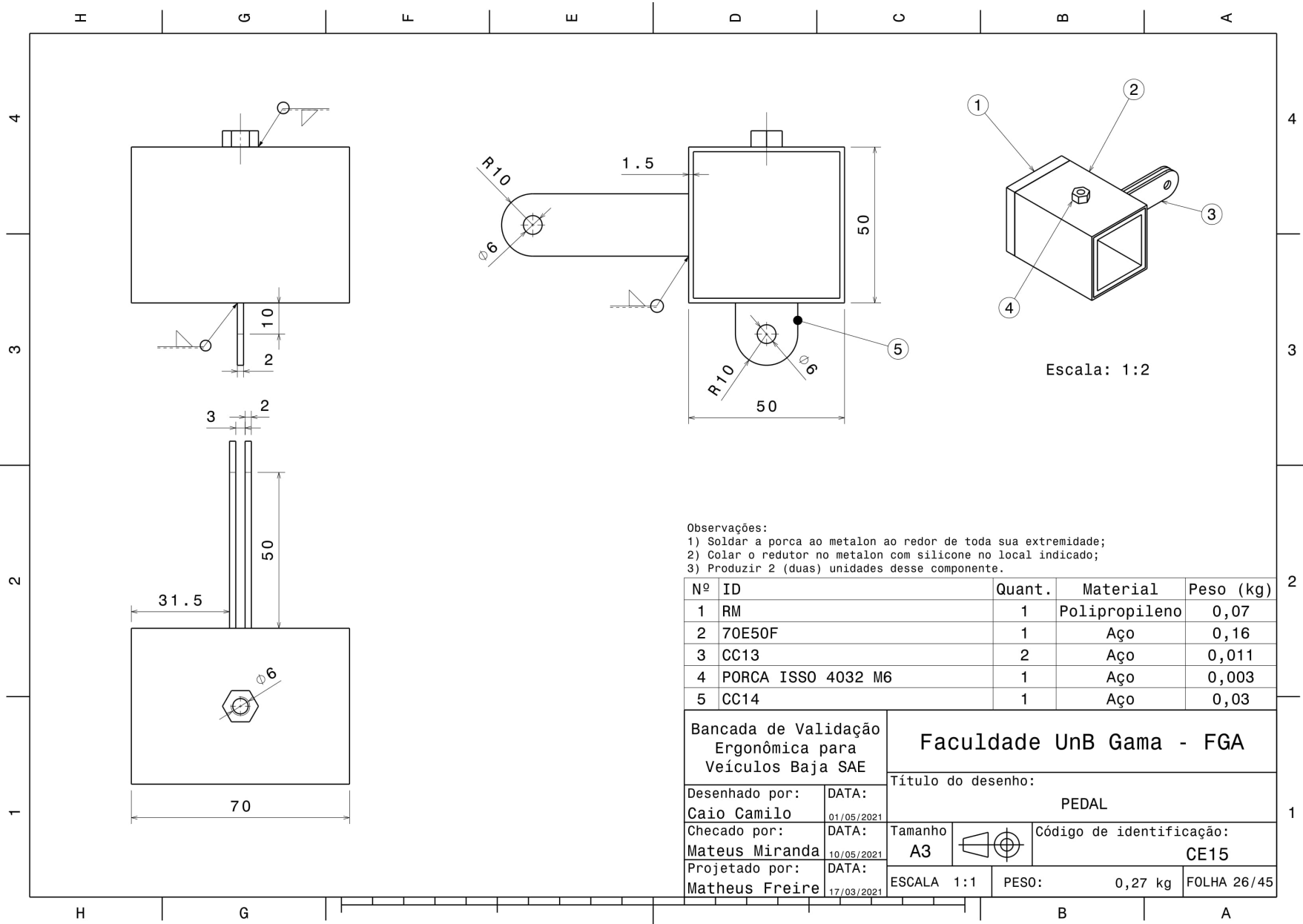


Figura 100 – Desenho técnico da CE14. Fonte: Autores (2021).



Observações:

- 1) Soldar a porca ao metalon ao redor de toda sua extremidade;
- 2) Colar o redutor no metalon com silicone no local indicado;
- 3) Produzir 2 (duas) unidades desse componente.

Nº	ID	Quant.	Material	Peso (kg)
1	RM	1	Polipropileno	0,07
2	70E50F	1	Aço	0,16
3	CC13	2	Aço	0,011
4	PORCA ISSO 4032 M6	1	Aço	0,003
5	CC14	1	Aço	0,03

Bancada de Validação Ergonômica para Veículos Baja SAE		<b>Faculdade UnB Gama - FGA</b>		
Desenhado por: <b>Caio Camilo</b>		Título do desenho: <b>PEDAL</b>		
Checado por: <b>Mateus Miranda</b>		Tamanho <b>A3</b>	Código de identificação: <b>CE15</b>	
Projetado por: <b>Matheus Freire</b>		ESCALA 1:1	PESO: 0,27 kg	FOLHA 26/45

Figura 101 – Desenho técnico da CE15. Fonte: Autores (2021).



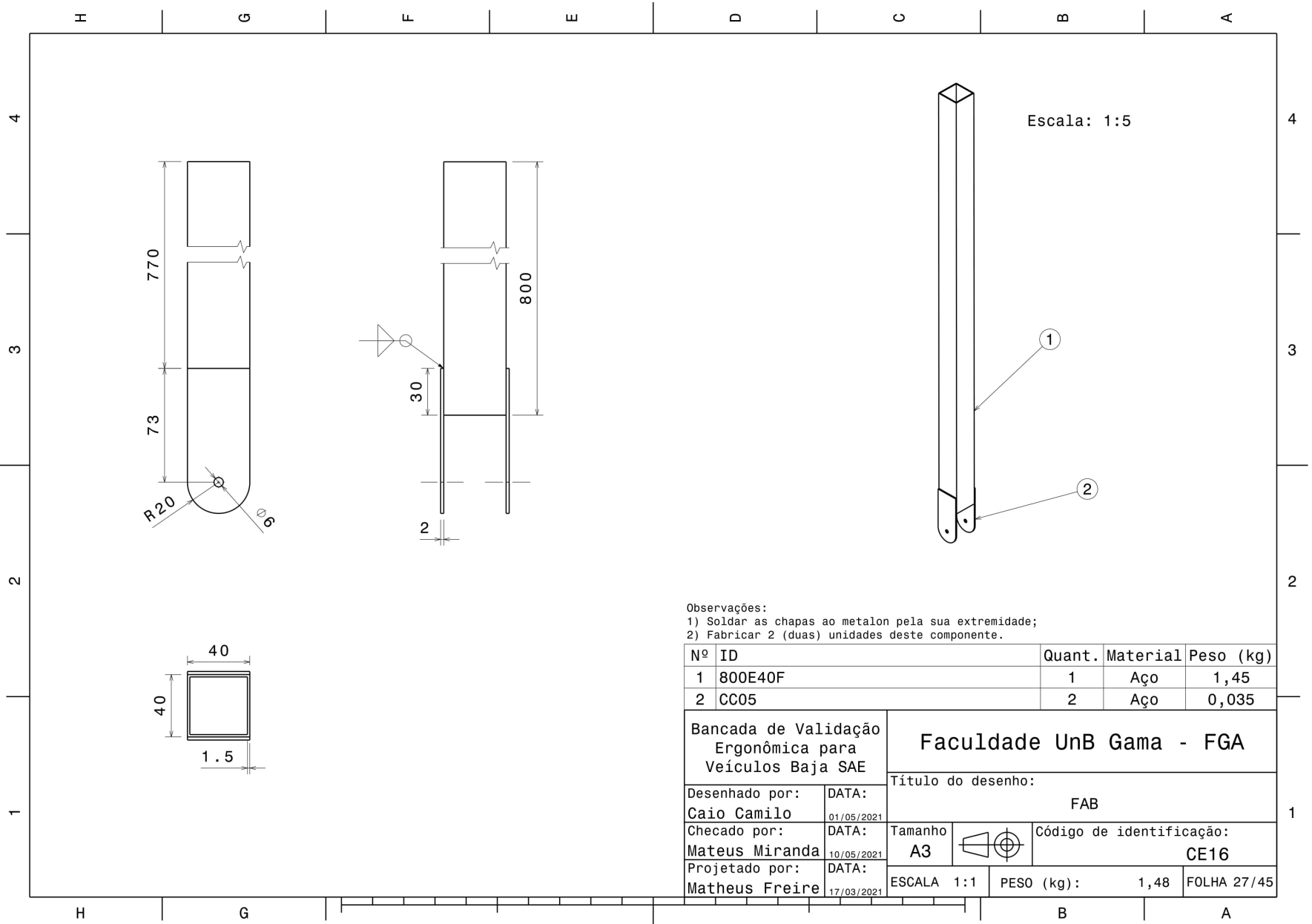


Figura 102 – Desenho técnico da CE16. Fonte: Autores (2021).

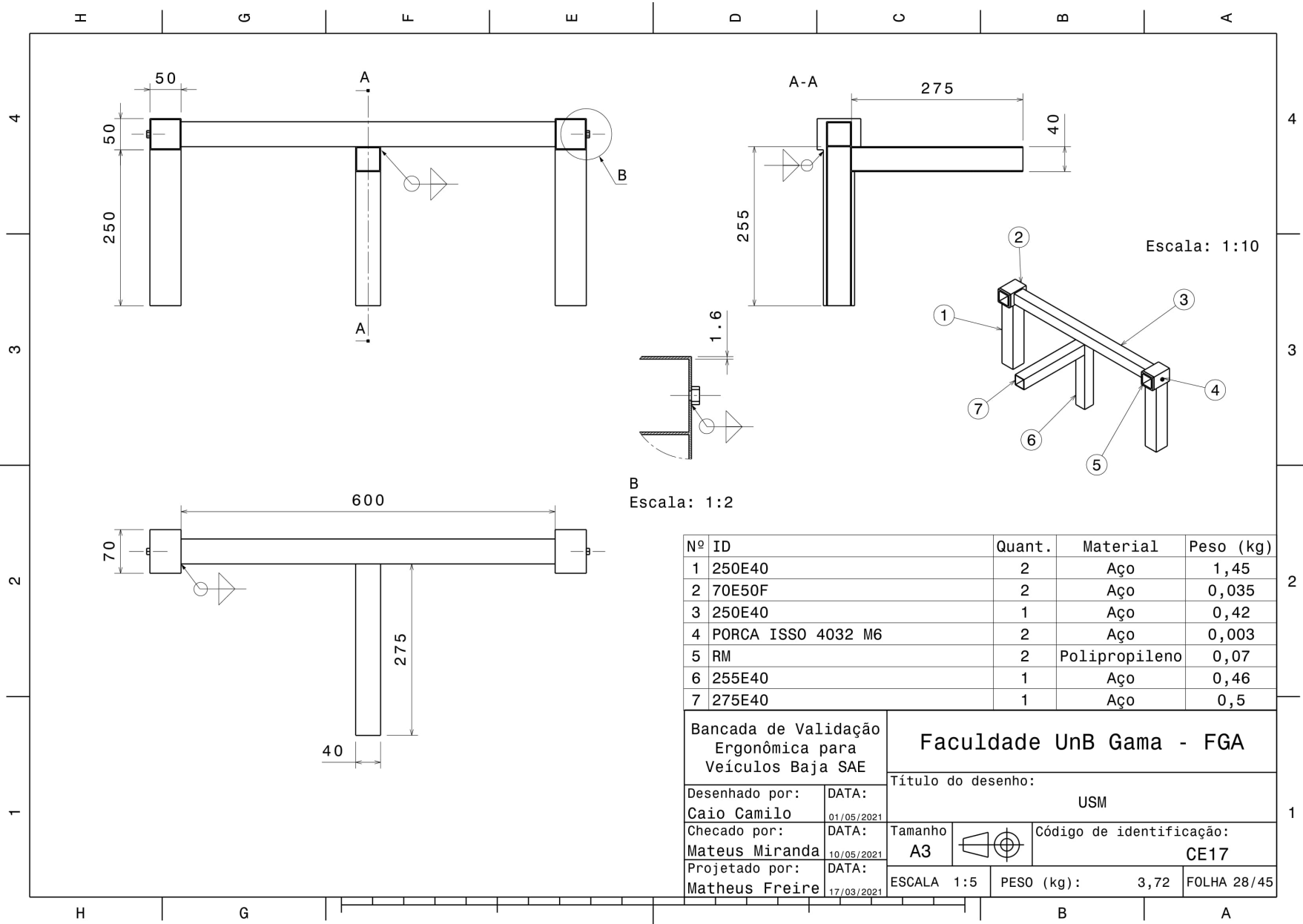


Figura 103 – Desenho técnico da CE17. Fonte: Autores (2021).

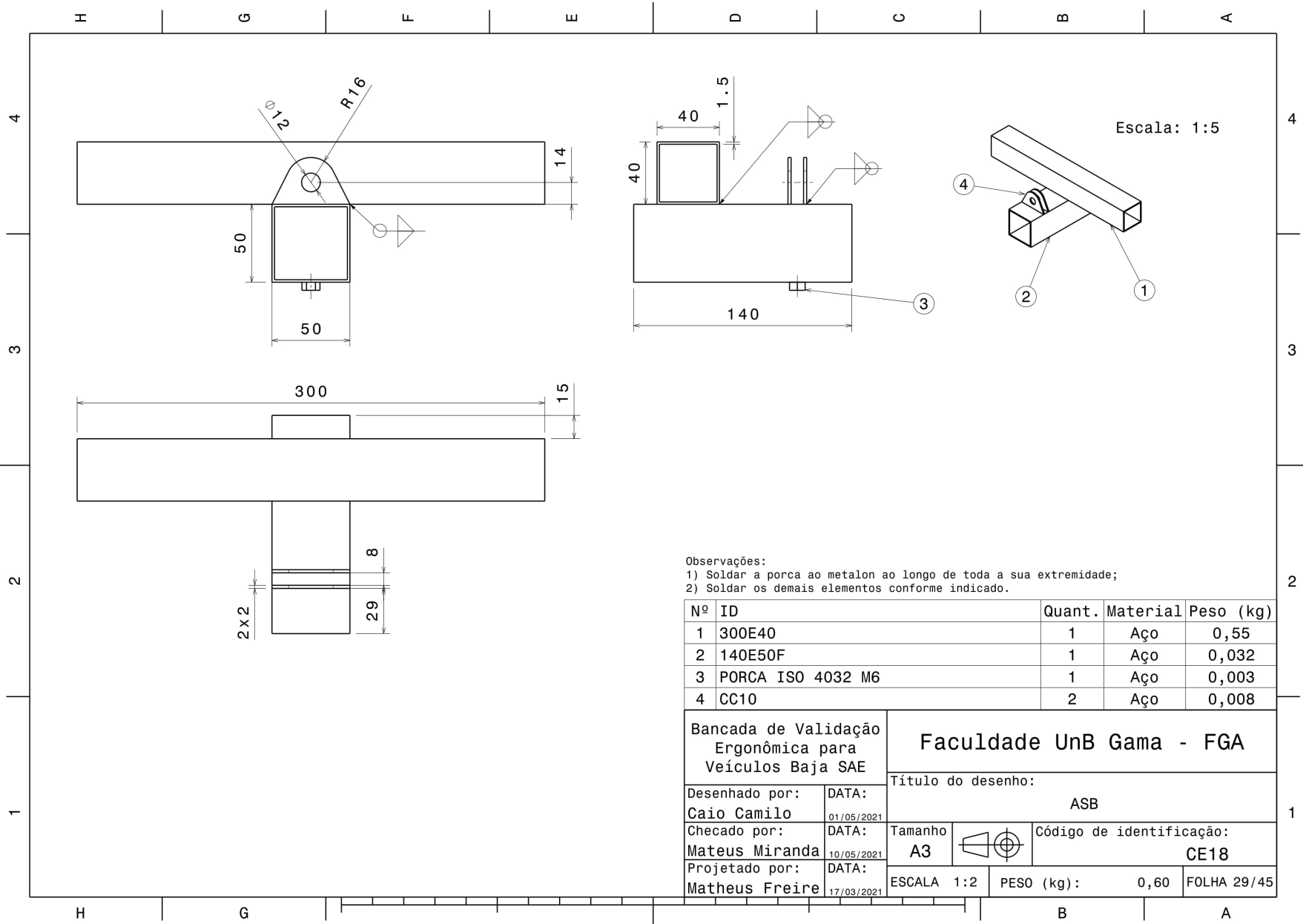


Figura 104 – Desenho técnico da CE18. Fonte: Autores (2021).

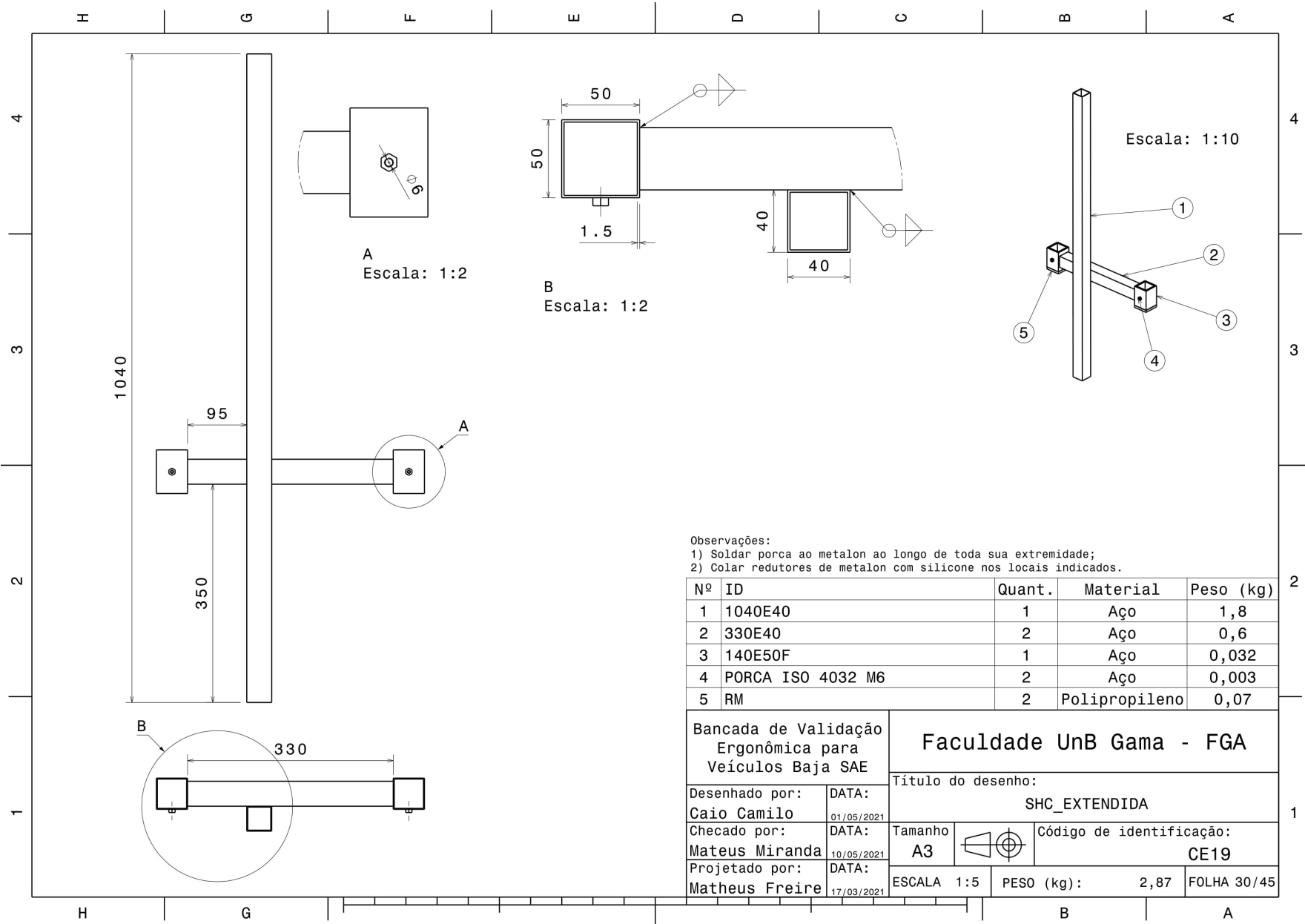


Figura 105 – Desenho técnico da CE19. Fonte: Autores (2021).

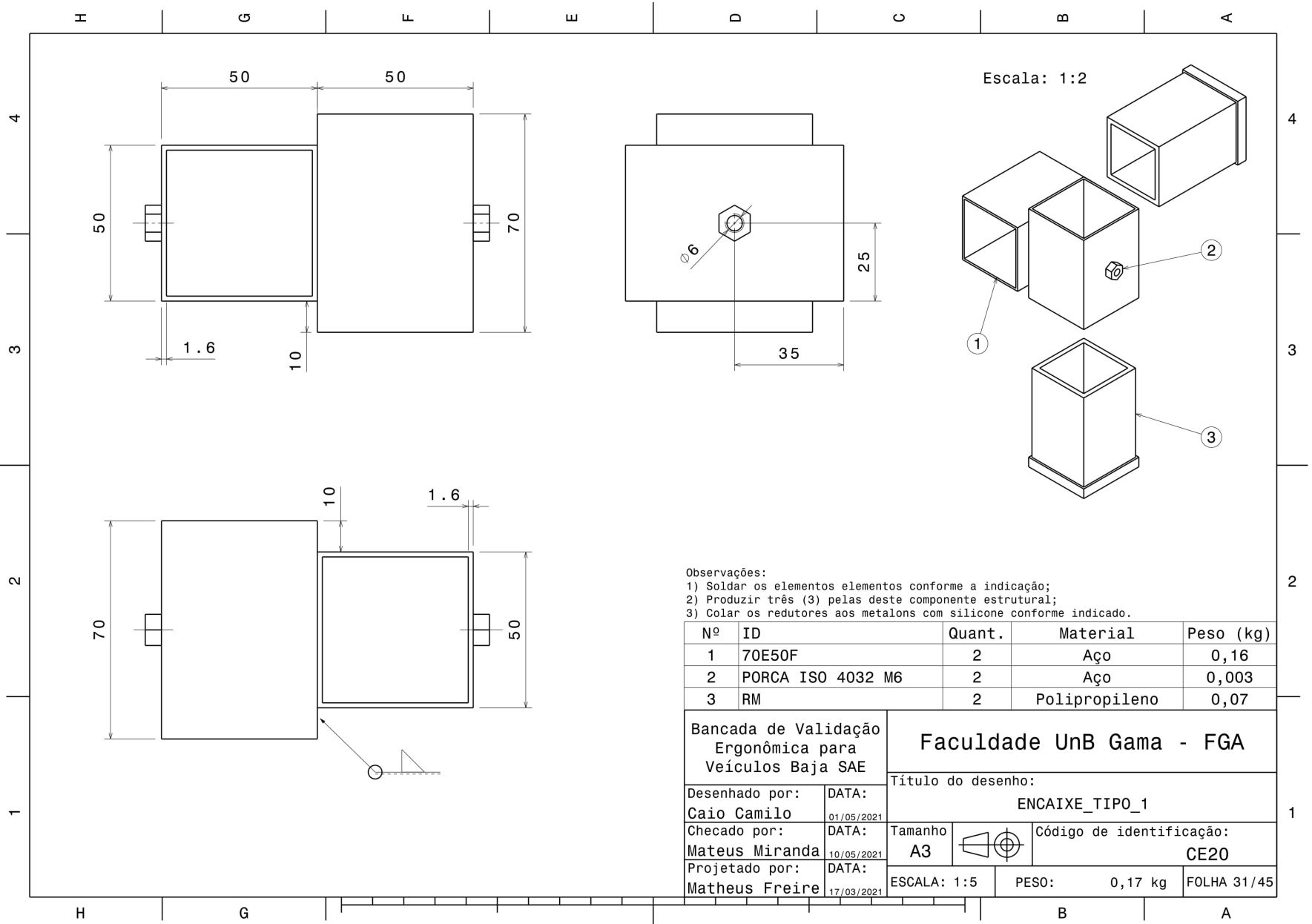


Figura 106 – Desenho técnico da CE20. Fonte: Autores (2021).

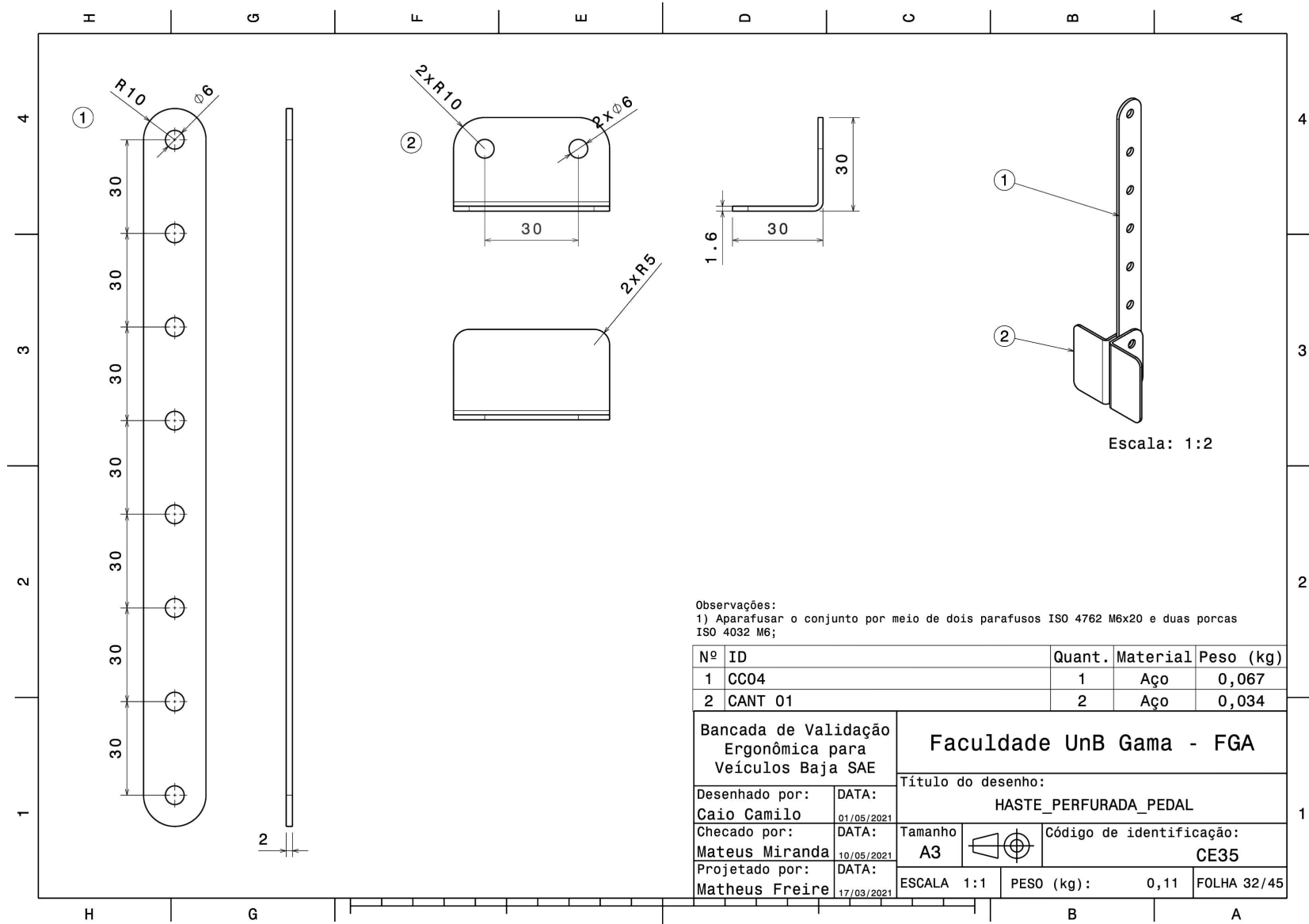
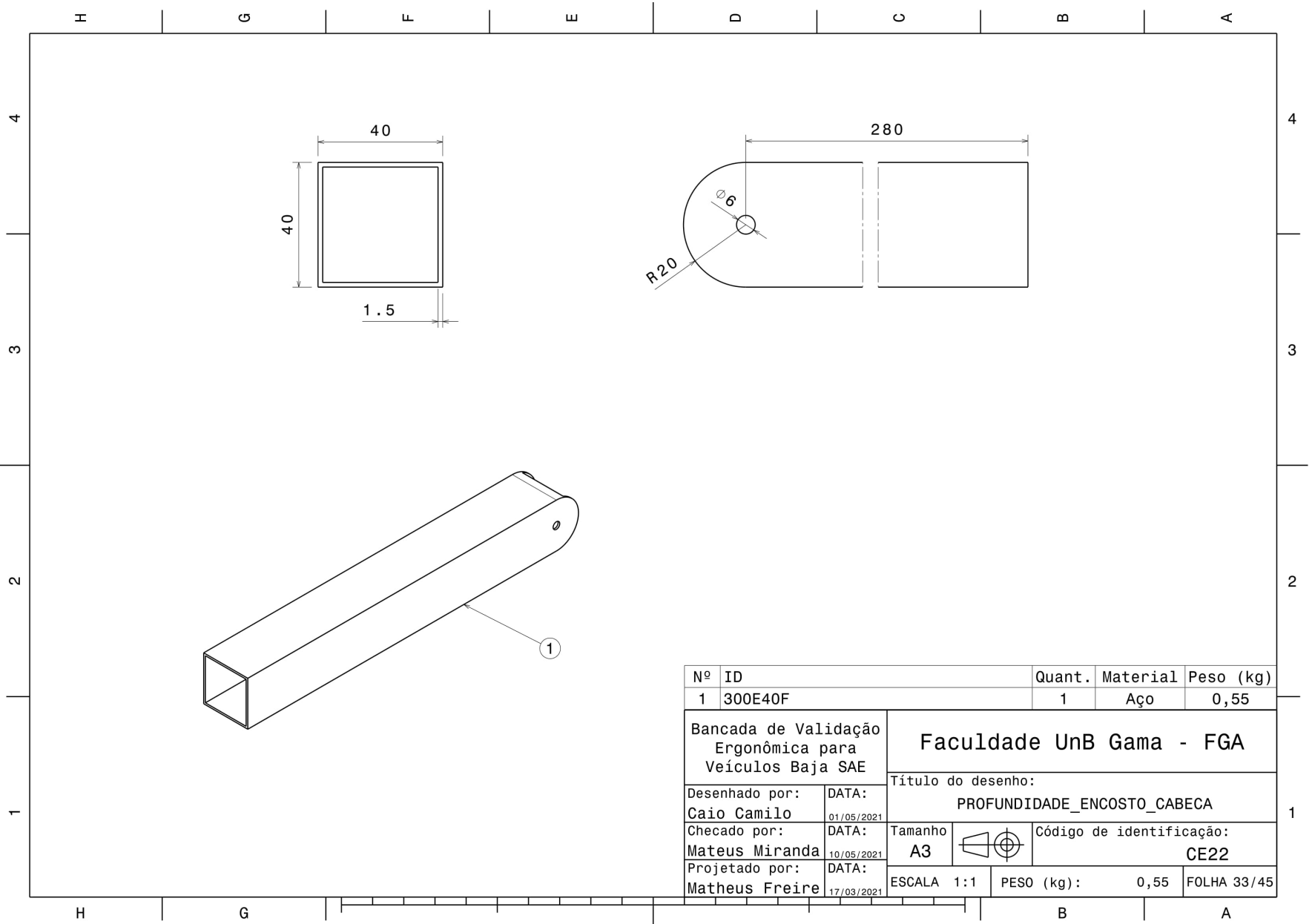


Figura 107 – Desenho técnico da CE35. Fonte: Autores (2021).



Nº	ID	Quant.	Material	Peso (kg)
1	300E40F	1	Aço	0,55

Bancada de Validação Ergonômica para Veículos Baja SAE		Faculdade UnB Gama - FGA		
Desenhado por: Caio Camilo		Título do desenho: PROFUNDIDADE_ENCOSTO_CABECA		
Checado por: Mateus Miranda		Tamanho A3	Código de identificação: CE22	
Projetado por: Matheus Freire		ESCALA 1:1	PESO (kg): 0,55	FOLHA 33/45

Figura 108 – Desenho técnico da CE22. Fonte: Autores (2021).

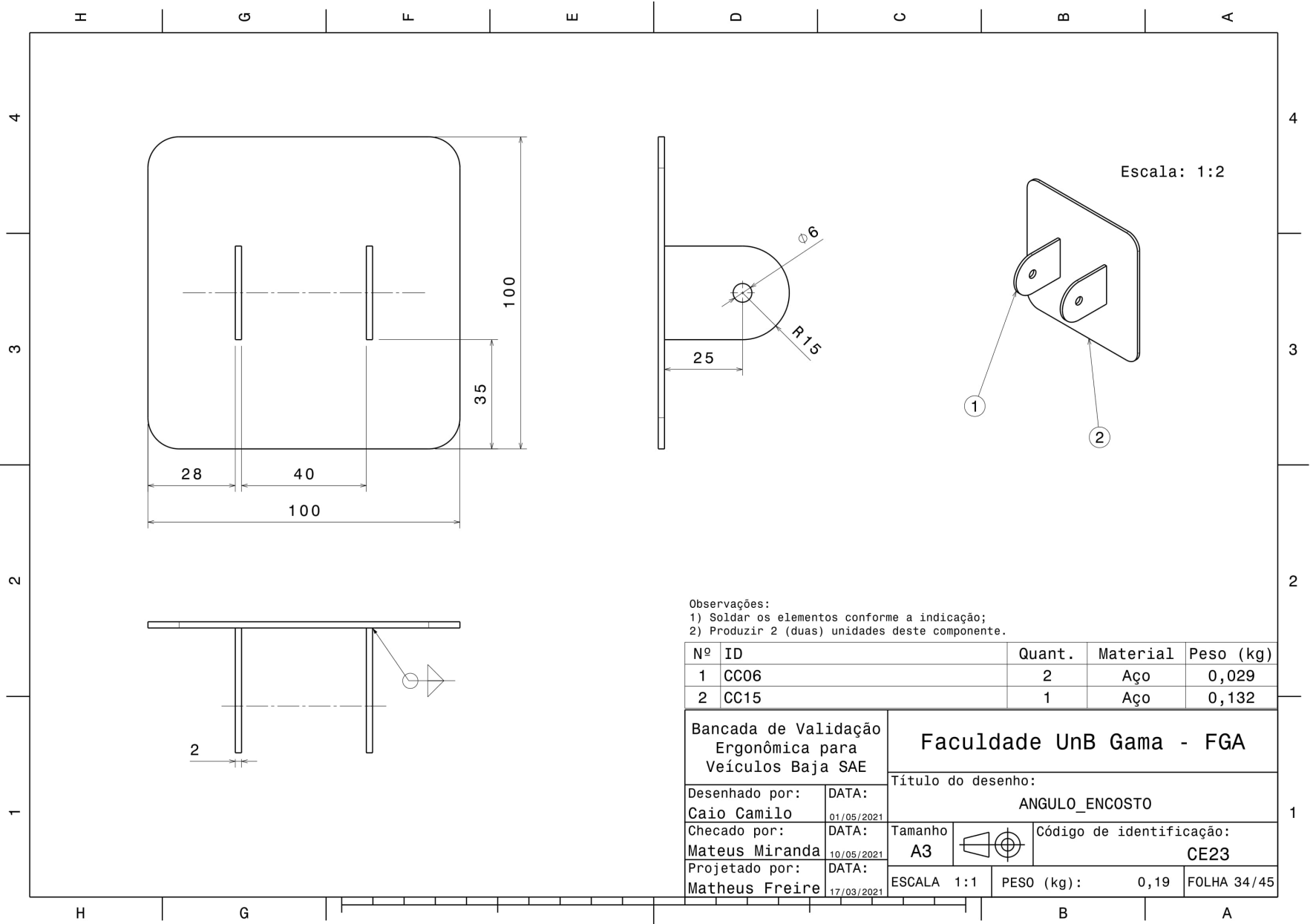


Figura 109 – Desenho técnico da CE23. Fonte: Autores (2021).



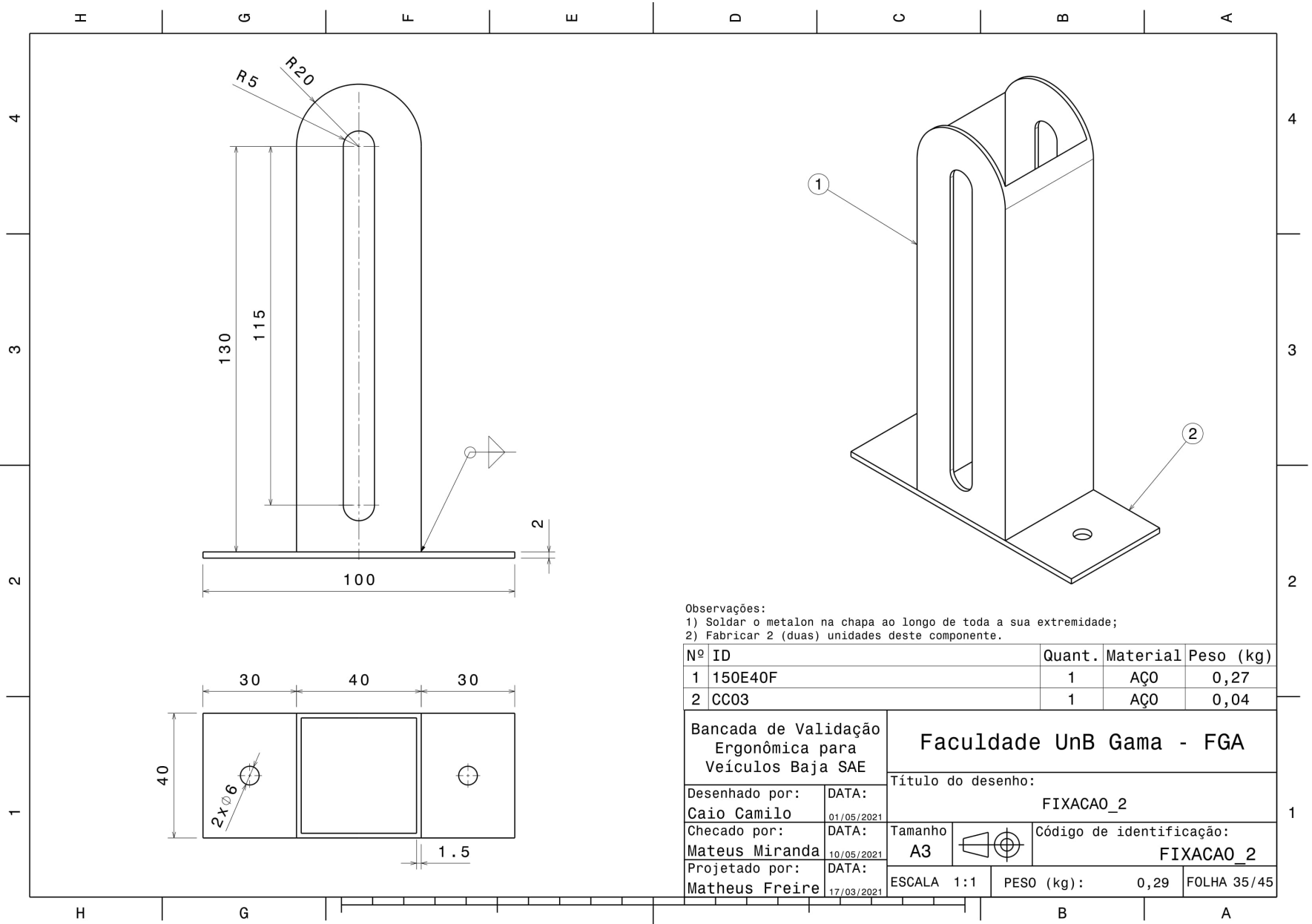


Figura 110 – Desenho técnico da fixação 2. Fonte: Autores (2021).

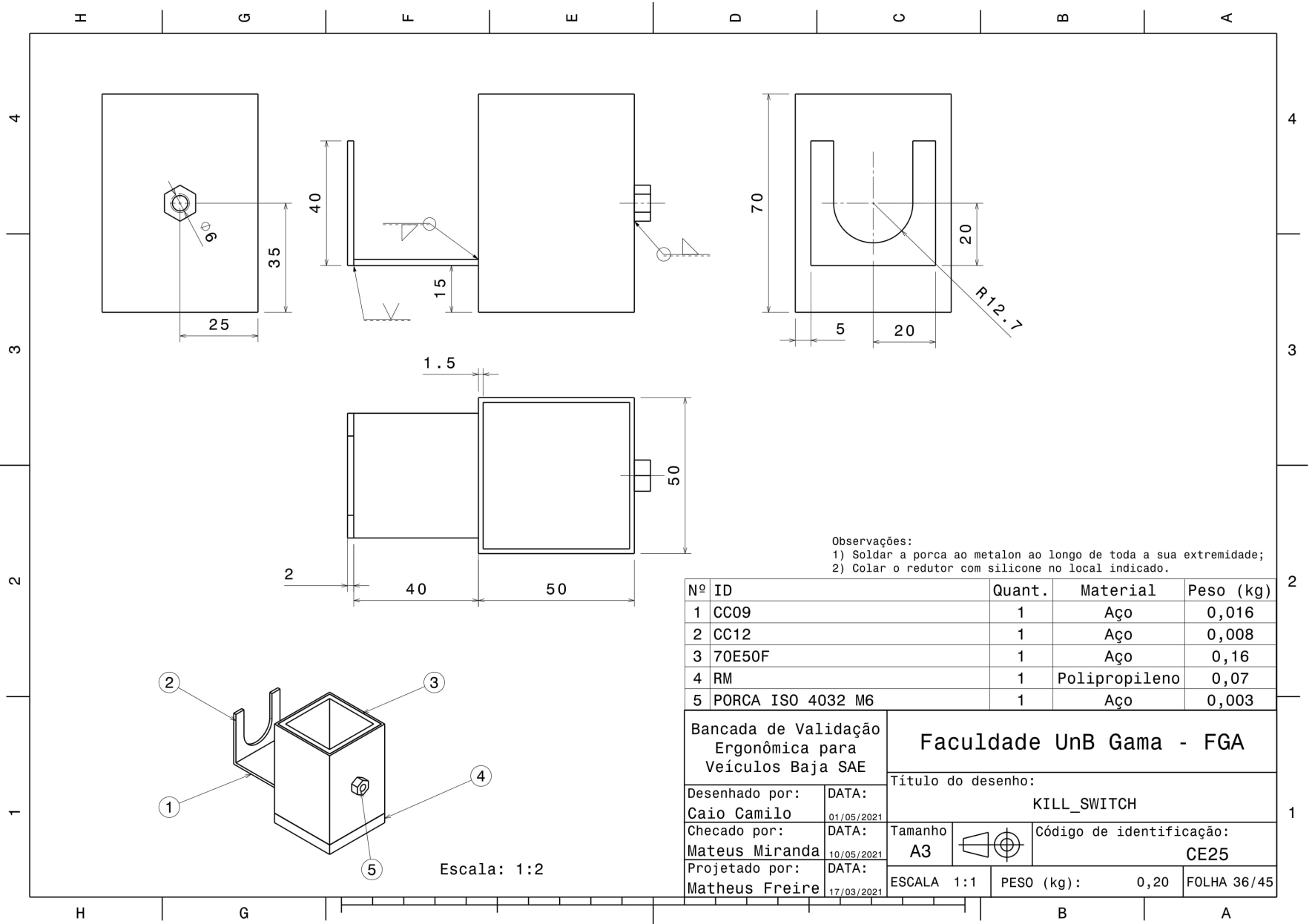


Figura 111 – Desenho técnico da CE25. Fonte: Autores (2021).

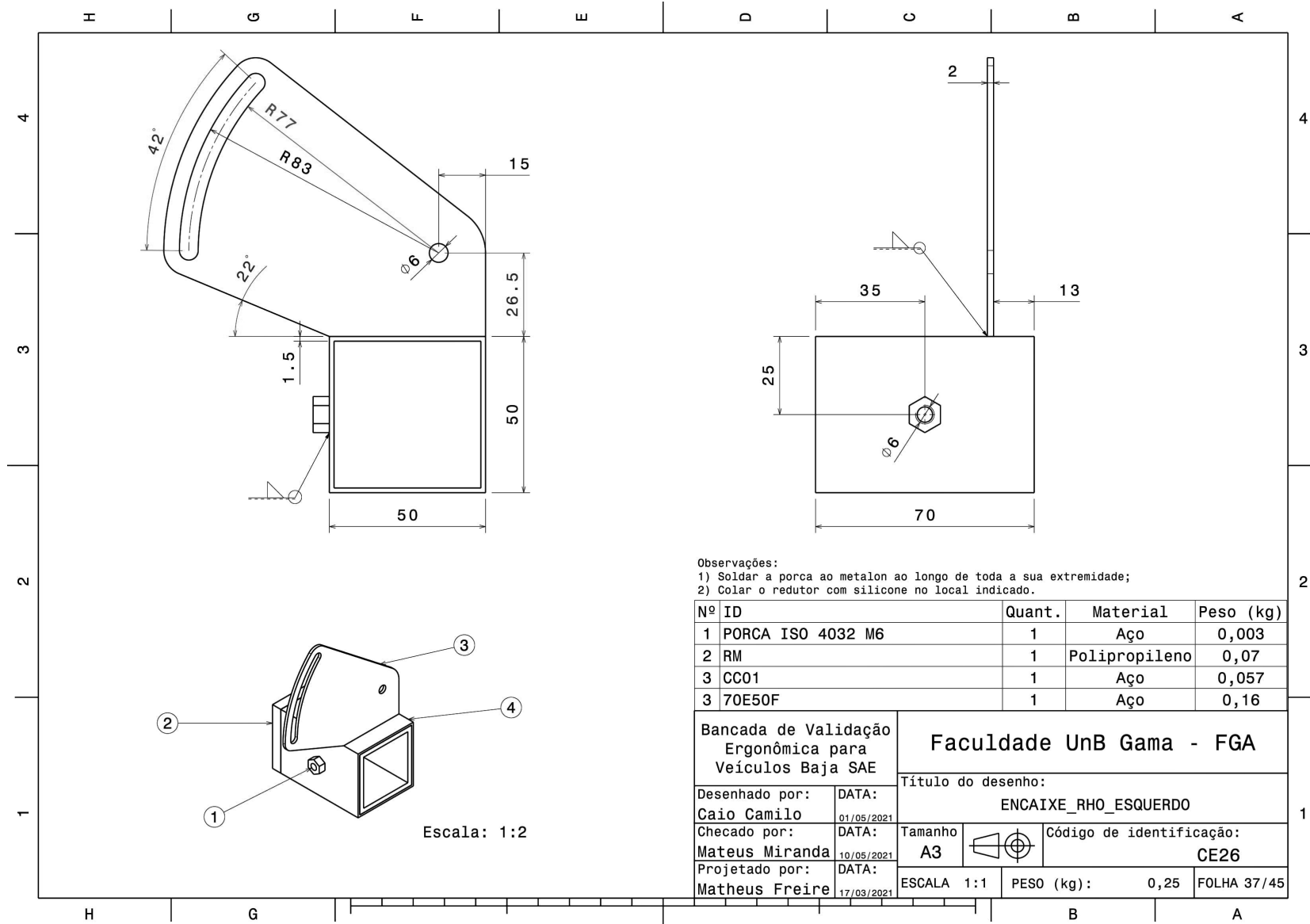


Figura 112 – Desenho técnico da CE26. Fonte: Autores (2021).

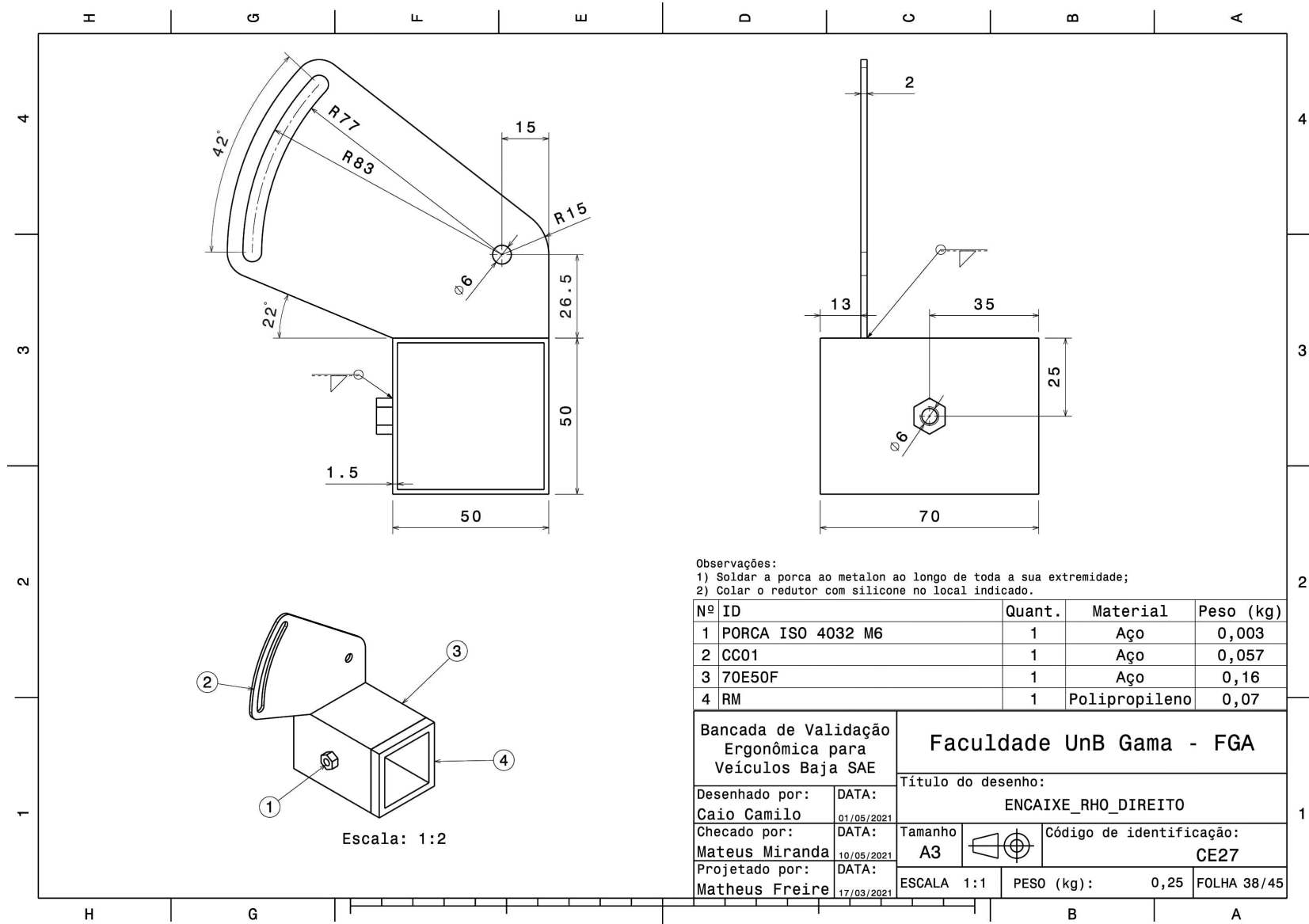


Figura 113 – Desenho técnico da CE27. Fonte: Autores (2021).

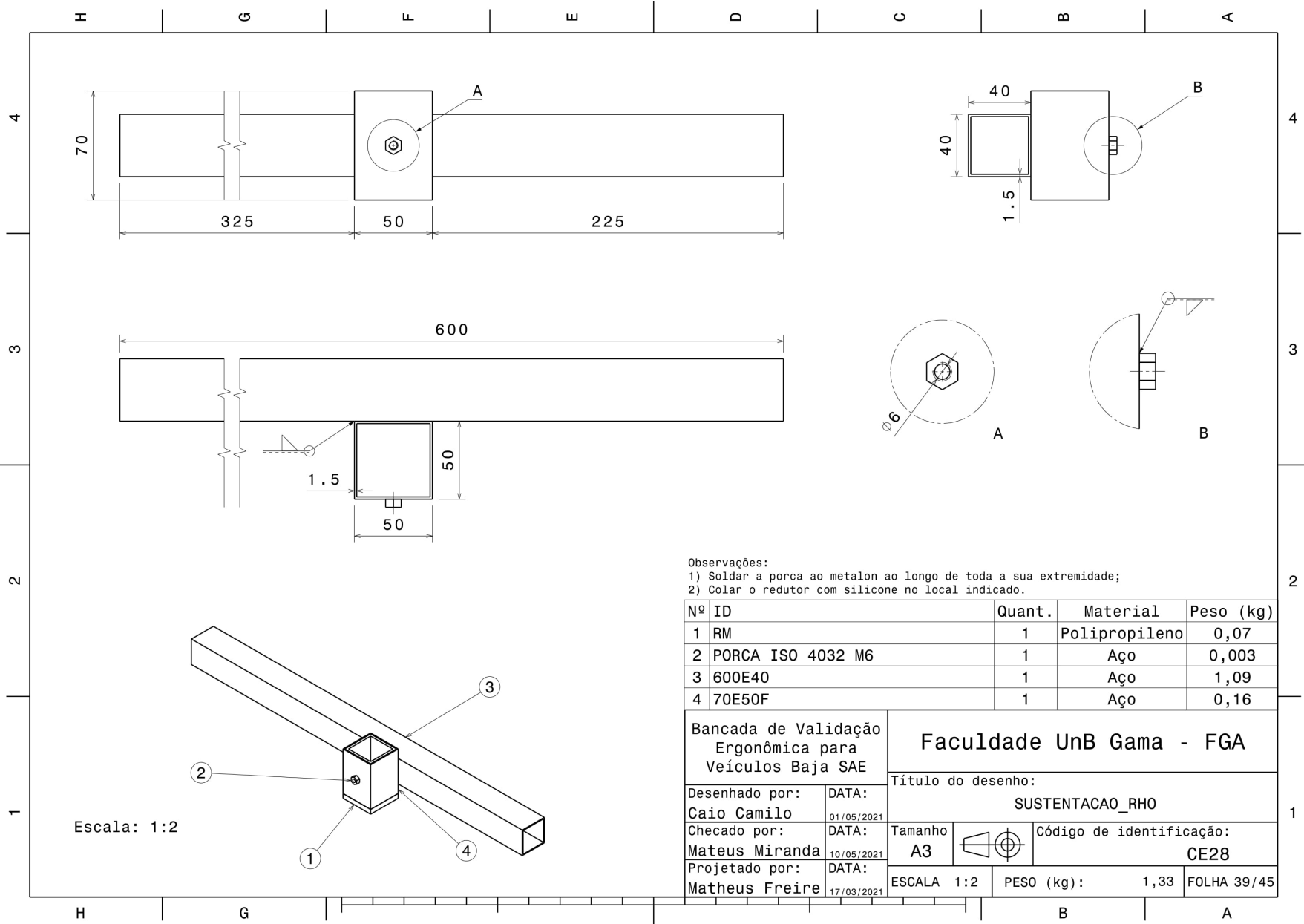


Figura 114 – Desenho técnico da CE28. Fonte: Autores (2021).

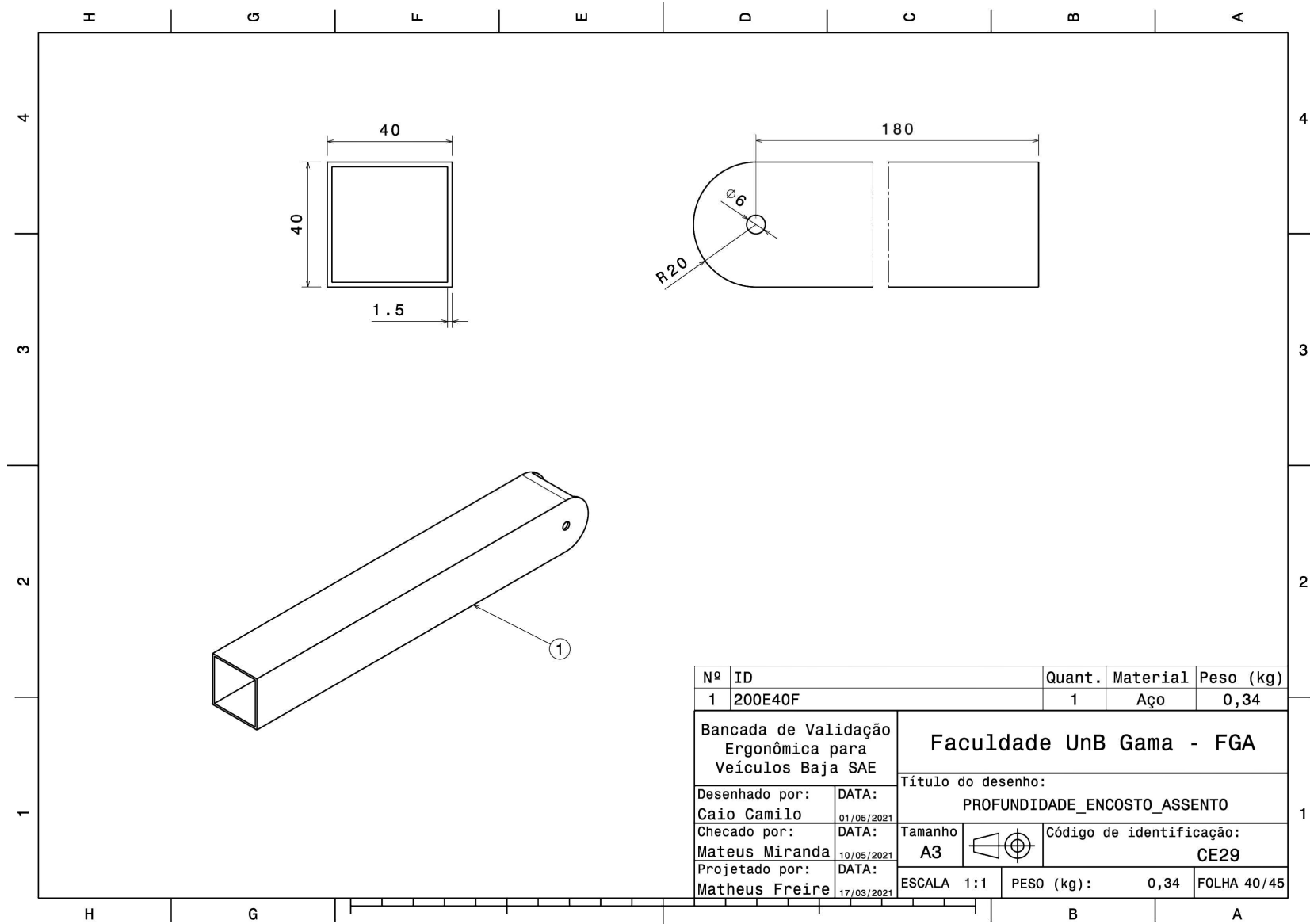


Figura 115 – Desenho técnico da CE29. Fonte: Autores (2021).

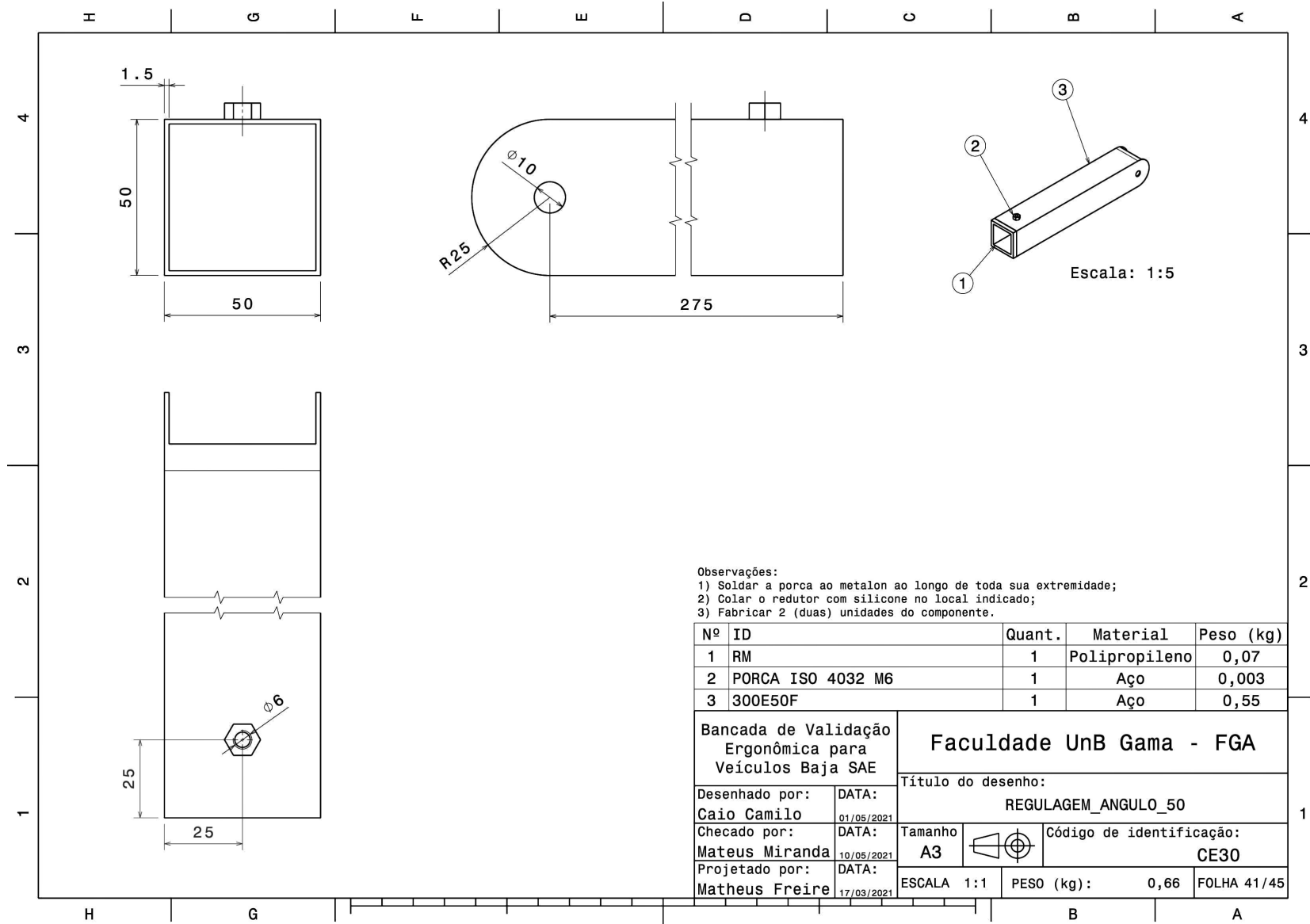


Figura 116 – Desenho técnico da CE30. Fonte: Autores (2021).

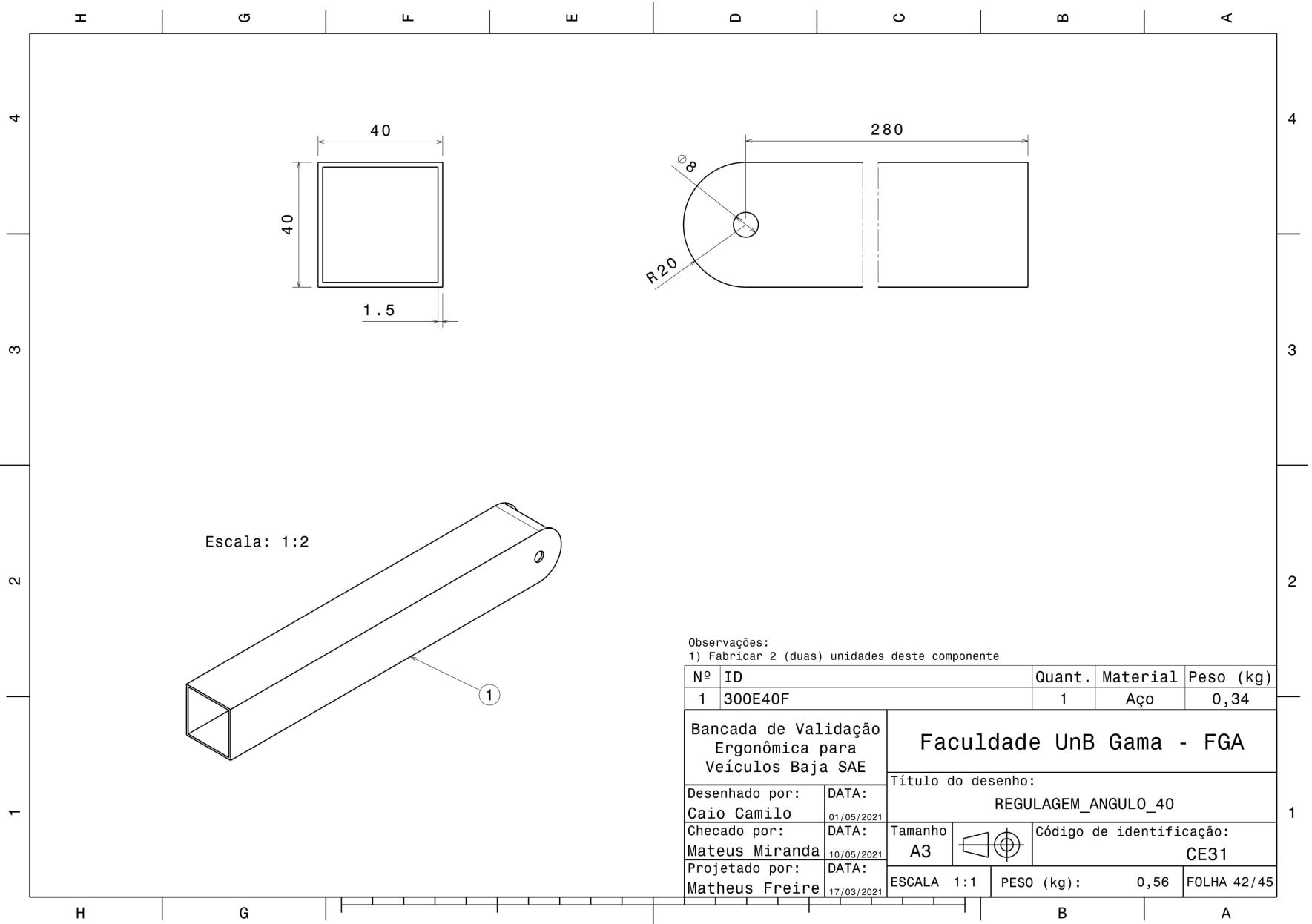


Figura 117 – Desenho técnico da CE31. Fonte: Autores (2021).



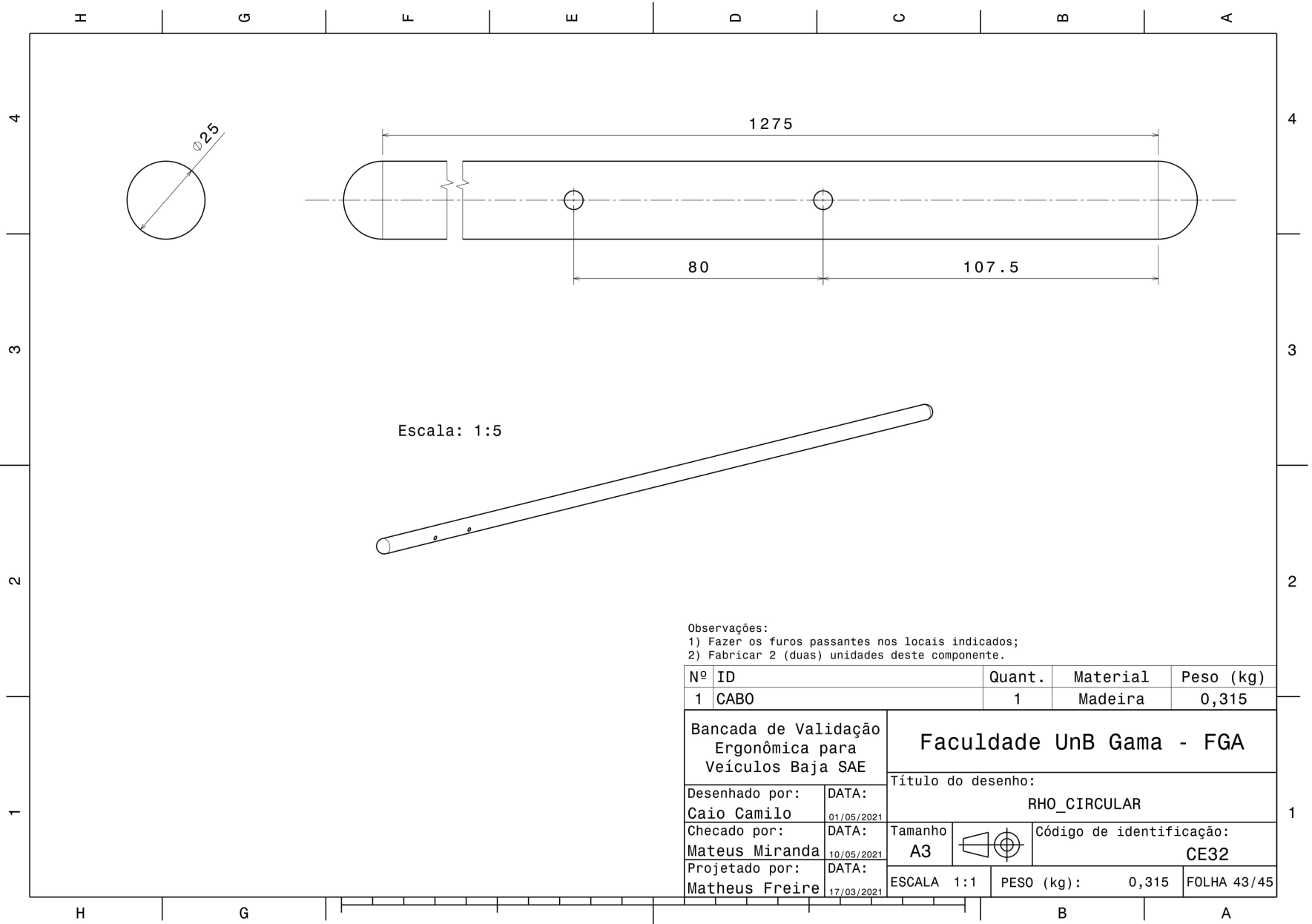


Figura 118 – Desenho técnico da CE32. Fonte: Autores (2021).

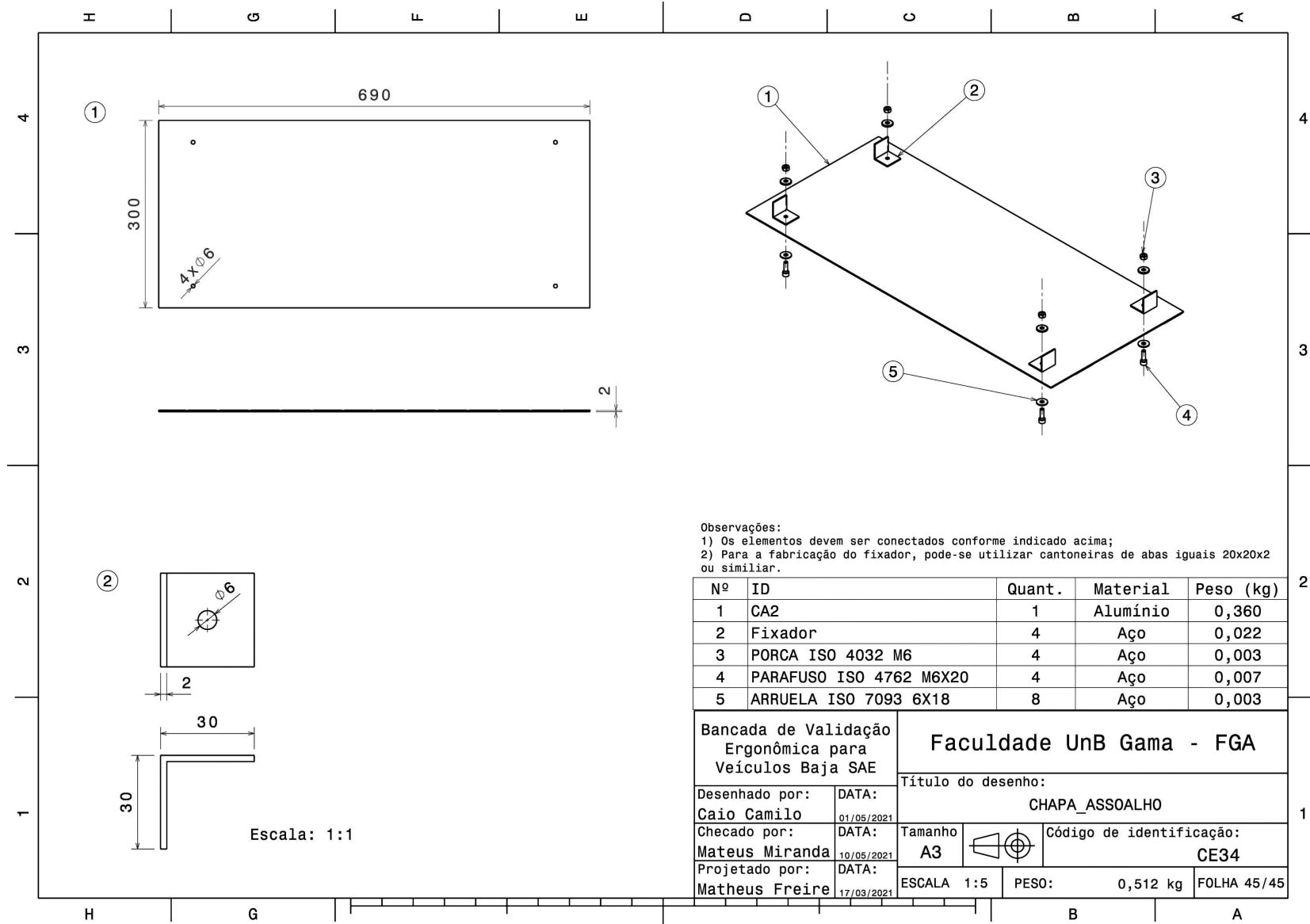


Figura 119 – Desenho técnico da CE34. Fonte: Autores (2021).

## APÊNDICE B – Planilha de custos

Tabela 13 – Planilha de custos. Fonte: Autores (2021).

Elemento	Quantidade	Unidade	Preço unidade	Total preço
Metalon (40x40x1.5) mm	13.0	m	R\$20.00	R\$260.00
Metalon (50x50x1.5) mm	7.0	m	R\$24.00	R\$168.00
Chapa de aço carbono 2 mm	0.1	m <sup>2</sup>	R\$279.00	R\$27.90
Chapa de alumínio xadrez 1.2 mm	0.7	m <sup>2</sup>	R\$220.00	R\$154.00
Botao recartilhado M6	33	17*unid.	R\$0.72	R\$23.76
Parafuso M6x30 Sextavado Interno	10		R\$0.35	R\$3.50
Parafuso M6x70 Sextavado Interno	10		R\$1.25	R\$12.50
Parafuso M8x80	4		R\$2.00	R\$8.00
Parafuso M10x100	5		R\$2.70	R\$13.50
Parafuso M12x30	1		R\$3.60	R\$3.60
Porca M6	61		R\$0.30	R\$18.30
Porca M8	6		R\$0.34	R\$2.04
Porca M10	5		R\$0.70	R\$3.50
Porca M12	1		R\$0.70	R\$0.70
Redutor De Tubo 50x50 Para 40x40 Pvc Com Trava	33		R\$3.80	R\$125.40
Ponteira Sapata Externa para Metalon 50x50	6		R\$3.50	R\$21.00
Terminal Rotular M6 fêmea	4		R\$20.00	R\$80.00
Arruela M6	28.0		R\$0.03	R\$0.84
Arruela M8	6.0		R\$0.06	R\$0.36
Arruela M10	5.0	R\$0.10	R\$0.50	
Arruela M12	1.0	R\$0.13	R\$0.13	
			<b>Total:</b>	<b>R\$927.53</b>

## APÊNDICE C – Questionário de validação

**QUESTIONÁRIO SUBJETIVO**  
**SIMULAÇÃO ERGONÔMICA VEICULAR DE UM VEÍCULO BAJA SAE**

<b>Termo de compromisso:</b>	
Eu _____ estou ciente que os dados coletados e gerados nesta simulação realizada no dia ____ de _____ de _____, são apenas para fins acadêmicos e verídicos. Me responsabilizo por qualquer acidente ou injúria contra a minha pessoa, não sendo atribuídos valores monetários em nenhum momento da pesquisa.	
Pesquisadores:	_____ Assinatura
	_____ Assinatura
Voluntário:	_____ Assinatura

Favor preencher os campos abaixo como complemento do questionário para a avaliação subjetiva deste experimento.

Horário de início do ensaio: \_\_\_\_:\_\_\_\_.

**Dados Individuais**

Nome: \_\_\_\_\_

Sexo:  Masculino  Feminino

Idade: \_\_\_\_\_

Você é:  Destro  Canhoto

Grau de Instrução:  Ensino Médio  Ensino Superior  Pós-graduação

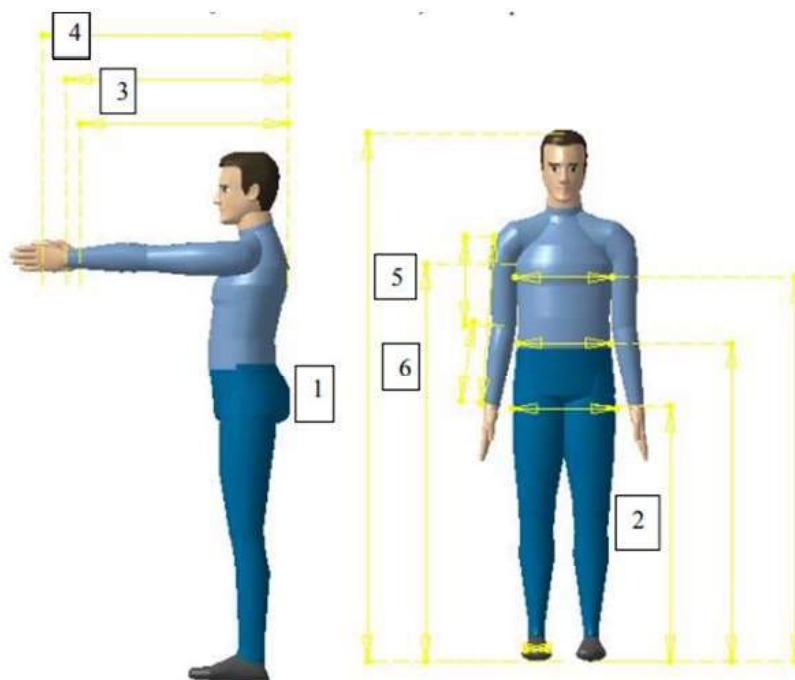
Se graduado/graduando, qual o curso: \_\_\_\_\_

Você é ou já foi piloto da equipe *UnBaja* ou semelhante?  Sim  Não

Se sim, qual? \_\_\_\_\_.

Figura 120 – Questionário subjetivo de simulação ergonômica em um veículo Baja SAE p.1. Fonte: Autores (2021).

**Dados Antropométricos**



Medida	Resposta
Peso (kg)	
1. Altura (m)	
2. Altura quadril (chão até a pelve)	
3. Comprimento dos membros superiores?(costas ao pulso).	
4. Comprimento dos membros superiores? (costas a palma).	
5. Altura braço (chão até a pelve)	
6. Altura antebraço (chão até a pelve)	

Figura 121 – Questionário subjetivo de simulação ergonômica em um veículo Baja SAE p.2. Fonte: Autores (2021).

**Questionário Pré-Condução**

- 1) Você já dirigiu um veículo do tipo baja SAE?
- Sim       Não
- 2) Como se sente hoje?
- Cansado ou  Disposto  
 Com sono ou  Sem sono
- 3) Você ingeriu bebida alcoólica durante as últimas 24 horas?
- Sim       Não
- 4) Quantas horas você dormiu na última noite, aproximadamente?
- Até 4 horas    5 horas    6 horas    7 horas    8 horas    Mais de 8 horas
- 5) Com qual frequência você dirige em:
- |                   | Nunca/                   | Quase nunca/             | Às vezes/                | Quase sempre/            | Sempre                   |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Trecho urbano:    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Rodovia:          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Calçamento:       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Estrada de terra: | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
- 6) Quanto tempo, em média, você dirige por dia, aproximadamente?  
\_\_\_\_\_ (minutos) .
- 7) Em quantos dias por semana você dirige? \_\_\_\_\_ (dias)
- 8) Por quanto tempo você está dirigindo?
- Menos de 1 ano    Entre 1-5 anos    Entre 5-15 anos    Mais de 15 anos
- 9) Qual hora do dia que você costuma dirigir? (Marcar todos os aplicáveis)
- Amanhecer    Durante o dia    Anoitecer    Noite
- 10) Qual o tipo de veículo que você dirige na maioria das vezes?  
(marque um).
- |                                      |   |                                  |
|--------------------------------------|---|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Motocicleta | <input type="checkbox"/> Carro de Passeio | <input type="checkbox"/> Motor   |
| <input type="checkbox"/> SUV         | <input type="checkbox"/> Van ou Minivan   | <input type="checkbox"/> Pick-Up |
- Outros: \_\_\_\_\_

Figura 122 – Questionário subjetivo de simulação ergonômica em um veículo Baja SAE p.3. Fonte: Autores (2021).

- 11) Como você descreveria a si mesmo em termos de experiência de condução?
- Muito inexperiente
  - Inexperiente
  - Nem inexperiente, nem experiente.
  - Experiente
  - Muito experiente
- 12) Você tem alguma experiência com simuladores de veículos?
- Sim       Não
- 13) Por favor, se for positiva a resposta, qual a estimativa de tempo de condução em simulador: \_\_\_\_\_ horas.
- 14) Quais tipos de simulador você já usou? (marcar todos os aplicáveis).
- Baixo nível (ex: vídeo game com controle de mão/joystick);
  - Estático/semi dinâmico (ex: vídeo game com volante/pedal/cambio);
  - Dinâmico (ex: simuladores com volante/pedal/cambio e movimento de assento);
  - Realidade Virtual (ex simuladores 3D, 4D, com movimentação).
- 15) Alguma vez você experimentou desconforto/enjoo devido a movimentos realizados (trepidação, giro, etc) ou enquanto usando simuladores?
- Sim       Não
- 16) Em caso positivo, quando foi a última vez que você experimentou tal desconforto devido a movimentos?
- Recentemente
  - Nos últimos 5 anos
  - Mais de 5 anos

Figura 123 – Questionário subjetivo de simulação ergonômica em um veículo Baja SAE p.4. Fonte: Autores (2021).



**Questionário Pós-Condução  
Avaliação ergonômica da bancada**

Duração da simulação (min:seg): \_\_\_\_\_

- 1) Dê uma nota de 1 a 5 para classificar a posição dos seguintes componentes: banco, volante e pedais.

<b>Alcance</b>	0	1	2	3	4	5
Banco						
Volante						
Pedais						

0 - Muito ruim / 1- Ruim / 2- Aceitável / 3- Bom / 4-Muito Bom / 5- Excelente

- 2) Dê uma nota de 1 a 5 para classificar o alcance dos seguintes componentes: banco, volante e os pedais.

<b>Altura</b>	0	1	2	3	4	5
Banco						
Volante						
Pedais						

0 - Muito ruim / 1- Ruim / 2- Aceitável / 3- Bom / 4-Muito Bom / 5- Excelente

- 3) Dê uma nota de 1 a 5 para classificar a utilização dos seguintes componentes: botão de emergência, alavanca do cinto e pedais.

<b>Altura</b>	0	1	2	3	4	5
Banco						
Volante						
Pedais						

0 - Muito ruim / 1- Ruim / 2- Aceitável / 3- Bom / 4-Muito Bom / 5- Excelente

- 4) As posições do assento, volante e pedais foram devidamente ajustadas para as suas medidas?

Sim       Não

- 5) O cinto e os restritores de braços foram devidamente ajustados para as suas medidas?

Sim       Não

Figura 124 – Questionário subjetivo de simulação ergonômica em um veículo Baja SAE p.5. Fonte: Autores (2021).

6) A simulação gerou algum desconforto ou dor? Se sim, diga a região marcando no local e indique na escala ao lado o nível de desconforto de 1(leve desconforto), 5 (desconforto mediano) e 10 (extremo desconforto). Abaixo, descreva brevemente, segundo a sua visão, quais foram os pontos críticos e o que poderia ser evitado a fim de eliminar ou atenuar tais dores ou desconfortos.

**VISTA DE COSTAS**

LADO ESQUERDO

LADO DIREITO

**Nível de desconforto**

1    5    10

1	Pescoço	1	5	10
11	Ombros	1	5	10
2	Costas-superior	1	5	10
12	Braços	1	5	10
13	Costas-médio	1	5	10
3	Antebraços	1	5	10
4	Costas-inferior	1	5	10
14	Funhos	1	5	10
15	Bacia	1	5	10
19	Mãos	1	5	10
16	Coxas	1	5	10
20	Pernas	1	5	10
17	Tornozelo e pés	1	5	10
21				
18				

---



---



---



---



---



---

Figura 125 – Questionário subjetivo de simulação ergonômica em um veículo Baja SAE p.6. Fonte: Autores (2021).

# APÊNDICE D – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

### **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE**

O (a) senhor (a) está sendo convidado (a) a participar do projeto "BANCADA ERGONÔMICA PARA VEÍCULOS BAJA SAE".

O nosso objetivo é o projeto, construção e validação de uma bancada para análise ergonômica de um veículo BAJA SAE. O conforto do condutor dentro do cockpit será analisado por meio das análises fisiológicas e mostrando de acordo com sua correlação se existiria modificações e soluções possíveis na busca da otimização do próprio projeto da bancada e no ato de direção.

O (a) senhor (a) receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa.

A sua participação será através de:

- a) avaliação antropométrica simplificada (peso e altura);
- b) avaliação usando um questionário subjetivo com o intuito de obter informações sobre o seu estado emocional no momento anterior e posterior ao experimento e a sua percepção sobre o experimento em si.
- c) Instrumentação dos sensores fisiológicos ao longo do corpo do voluntário;
- d) Realização dos experimentos no simulador veicular com duração média de 10 minutos.

Vale ressaltar que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação na pesquisa. Você também não receberá nenhuma cobrança pela participação neste estudo. A qualquer momento, caso se sinta desconfortável, você poderá desistir de participar da pesquisa, sem nenhum prejuízo para o (a) senhor (a).

Todos os dados coletados serão usados para fins acadêmicos e você será informado (a) sobre o andamento do estudo. Os resultados da pesquisa serão divulgados na Universidade de Brasília – Faculdade Gama, podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais utilizados na pesquisa ficarão sobre a guarda do pesquisador. Ao final da pesquisa, se for do seu interesse, você terá livre acesso ao conteúdo da mesma, podendo discutir os dados com os pesquisadores.

A equipe não possui seguro para este projeto, mas, ficam resguardados todos os direitos dos voluntários, sendo que o (a) senhor (a) poderá pleitear indenização caso ocorra algum dano ou se sinta lesado decorrente de sua participação nesta pesquisa. A sua participação neste estudo não acarreta nenhum dano físico, psicológico ou material.

O voluntário poderá sentir algum desconforto ou sensação de tontura durante o experimento por conta da proximidade do simulador à tela de projeção, mas este cessará tão logo o experimento termine. Ressaltando que o aparato experimental foi projetado para permitir toda a segurança ao voluntário, com o assento dotado de cinto de segurança e o campus do Gama detém de uma ambulância para eventuais emergências.

Os pesquisadores envolvidos são responsáveis pelo desenvolvimento da pesquisa de forma confidencial, garantindo a manutenção do sigilo e da privacidade dos participantes da pesquisa durante todas as fases da pesquisa e revelando os resultados aos voluntários, cumprindo as exigências da Resolução CNS 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde.

Figura 126 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido p.1. Fonte: Autores (2021).

Para perguntas, dúvidas ou problemas referentes à pesquisa, por favor ligue para (61)98109-7894 chamando por Caio César Curvelo Camilo ou (61) 98164-2598 chamando por Matheus Avelino Freire. Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o voluntário da pesquisa.

Tendo lido, compreendido e aceitado tais esclarecimentos e, por estar de pleno acordo com o teor deste documento, eu, \_\_\_\_\_ aprovo a minha participação na pesquisa "BANCADA ERGONÔMICA PARA VEÍCULOS BAJA SAE", assinando e datando este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Voluntário

Gama - DF, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020.

\_\_\_\_\_  
Caio César Curvelo Camilo

Pesquisador Responsável

\_\_\_\_\_  
Matheus Avelino Freire

Pesquisador Responsável

\_\_\_\_\_  
Orientador da Pesquisa

Figura 127 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido p.2. Fonte: Autores (2021).

APÊNDICE E – Questionário para  
experimentação da ergonomia por pilotos de  
Baja SAE

## Questionário para experimentação da ergonomia por pilotos de Baja SAE

1. "Nome e sobrenome:"
2. "Sexo:"
  - Feminino;e
  - Masculino.
3. "Em qual faixa de altura (em metros) você se encaixa?"
  - Menor que 1.50;
  - De 1.50 a 1.59;
  - De 1.60 a 1.69;
  - De 1.70 a 1.79;
  - De 1.80 a 1.89;e
  - Igual ou maior que 1.90.
4. "Em qual faixa se encaixa seu peso (em quilogramas)?"
  - Menor que 60;
  - De 60 a 70;
  - De 70 a 80;
  - De 80 a 90;e
  - Igual ou maior que 90.
5. "Quantos semestres você permaneceu na equipe?"
  - 1 semestre;
  - 2 semestres;
  - 3 semestres;
  - 4 semestres;e
  - Mais de 5 semestres.
6. "Como você descreveria a si mesmo em termos de experiência com condução (em geral) de 1 a 5, sendo 1 nada experiente e 5 muito experiente?"
7. "Qual protótipo você pilotou? (Se você conduziu mais de um protótipo, escolha um para preencher este formulário, caso possível, preencha outros formulários para os demais)."

Figura 128 – Questionário para experimentação da ergonomia por pilotos de Baja SAE p.1. Fonte: Autores (2021).

- UnB5;
  - UnB4;
  - Tupã - Yatho;
  - Wasabi;e
  - Suicida.
8. “Qual o tempo de condução estimado ao total (em minutos) que você pilotou?”
- até 15 minutos;
  - 16 a 30 minutos;
  - 31 a 60 minutos;
  - 61 a 120 minutos;e
  - mais de 120 minutos.
9. “Sob quais condições extremas de terreno você pilotou o veículo?”
- Valas;
  - Manilhas;
  - Aclives e declives;
  - Pisos deslizantes;
  - Terra batida;
  - Saltos;
  - Alagamentos;
  - Costeletas (Costelas de Vacas); e
  - Slalom (Ziguezague)
10. “Visto que escolhas de projeto de outras áreas podem impactar na ergonomia do veículo, quais os pontos você considera forte do protótipo que você pilotou?”
- Aceleração;
  - Velocidade;
  - Retomada;
  - Tração;
  - Frenagem;
  - Suspensão;
  - Manobrabilidade;
  - Eletrônica;
  - Ergonomia;
  - Espaço interno;e
  - Segurança;

Figura 129 – Questionário para experimentação da ergonomia por pilotos de Baja SAE p.2. Fonte: Autores (2021).



“Dê uma nota de 1 a 5 nos tópicos abaixo, sendo 1 muito ruim e 5 muito bom.”

11. “Classifique o POSICIONAMENTO dos seguintes componentes:”

- Pedais;
- Volante;e
- Botão de emergência.

12. “Classifique o ALCANCE dos seguintes componentes:

- Pedais;
- Volante;e
- Botão de emergência.

13. “Classifique a UTILIZAÇÃO dos seguintes componentes:

- Pedais;
- Volante;e
- Botão de emergência.

14. “Avalie o conforto do ASSENTO de acordo os seguintes quesitos :”

- Base do assento;
- Encosto do assento;
- Encosto de cabeça;e
- Estofamento.

15. “Avalie as restrições de movimento impostas e contato do corpo com elementos da gaiola:”

“Dada as situações 1 e 2 abaixo:

- Situação 1: Sem o cinto atado e sem os equipamentos de segurança.
- Situação 2: Com o cinto atado e com os equipamentos de segurança colocados.”

16. “Avalie o conforto nas duas situações de 1 a 5, sendo 1 muito ruim e 5 muito bom:”

17. “Facilidade para entrar e sair do veículo (1 sendo muito difícil e 5 sendo muito fácil):”

Figura 130 – Questionário para experimentação da ergonomia por pilotos de Baja SAE p.3. Fonte: Autores (2021).

“Utilize a imagem abaixo para realizar a seguinte avaliação.”

VISTA DE COSTAS

LADO ESQUERDO LADO DIREITO

Nível de desconforto  
1 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

1 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

2 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

3 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

4 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

5 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

6 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

7 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

8 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

9 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

10 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

11 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

12 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

13 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

14 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

15 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

16 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

17 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

18 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

19 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

20 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

21 \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_ 10

Pescoço

Ombros

Costas-superior

Braços

Costas-médio

Antebraços

Costas-inferior

Punhos

Bacia

Mãos

Coxas

Pernas

Tornozelo e pés

18. “Ao término da condução você sentiu desconforto em alguma região corporal específica? Marque 0 se sentiu nenhum desconforto e 10 se sentiu muito desconforto.”

- Pescoço;
- Ombros;
- Costas-superior;
- Costas-médio;
- Costa-Inferior;
- Braços;
- Antebraço;
- Punhos;
- Mãos;
- Bacia;

Figura 131 – Questionário para experimentação da ergonomia por pilotos de Baja SAE p.4. Fonte: Autores (2021).

- Coxas;
- Pernas;e
- Tornozelo e pés

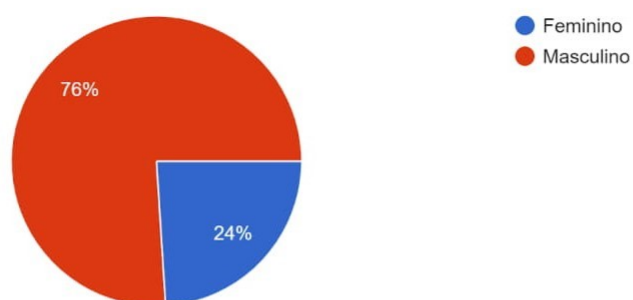
19. “De modo geral, qual nota você daria para ergonomia do protótipo, sendo 1 muito ruim e 5 muito boa?”

Figura 132 – Questionário para experimentação da ergonomia por pilotos de Baja SAE p.5. Fonte: Autores (2021).

## APÊNDICE F – Resultados dos questionário

Sexo:

25 respostas



Em qual faixa de altura (em metros) você se encaixa?

25 respostas

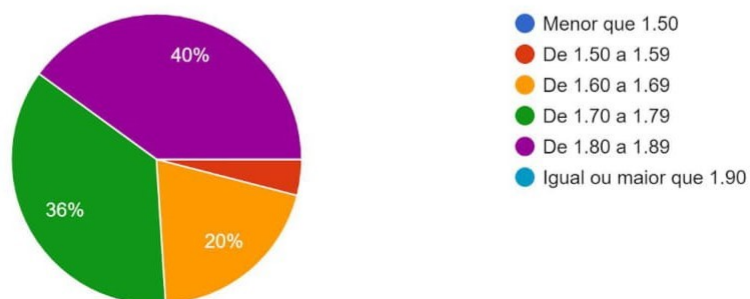
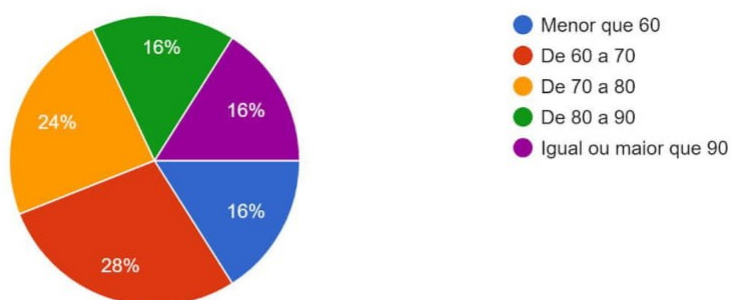


Figura 133 – Resultados do Questionário p.1. Fonte: Autores (2021).

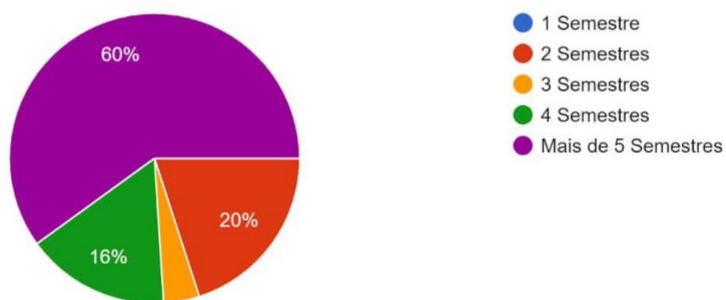
Em qual faixa se encaixa o seu peso (em quilogramas)?

25 respostas



Quantos semestres você permaneceu na equipe?

25 respostas



Como você descreveria a si mesmo em termos de experiência com condução (em geral) de 1 a 5, sendo 1 nada experiente e 5 muito experiente?

25 respostas

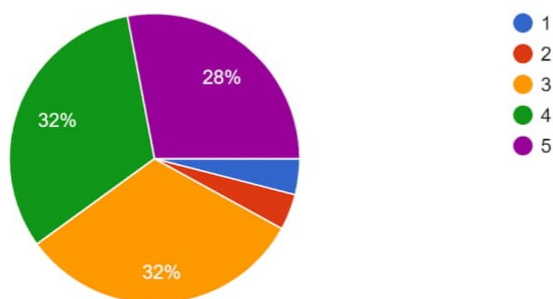
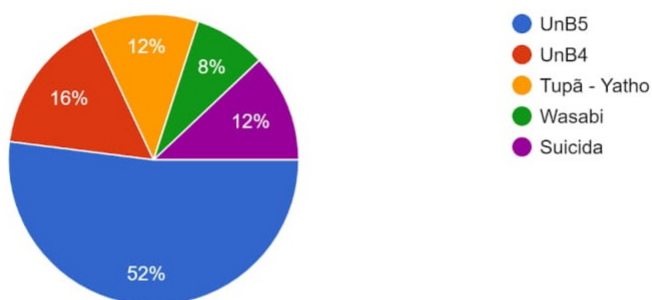


Figura 134 – Resultados do Questionário p.2. Fonte: Autores (2021).

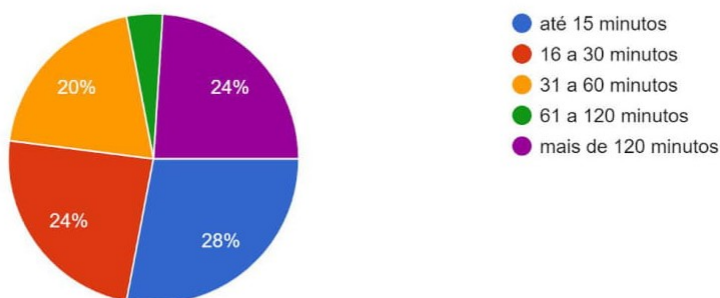
Qual protótipo você pilotou? (Se você conduziu mais de um protótipo, escolha um para preencher este formulário, caso possível, preencha outros formulários para os demais).

25 respostas



Qual o tempo de condução estimado ao total (em minutos) que você pilotou?

25 respostas



Sob quais condições extremas de terreno você pilotou o veículo?

25 respostas

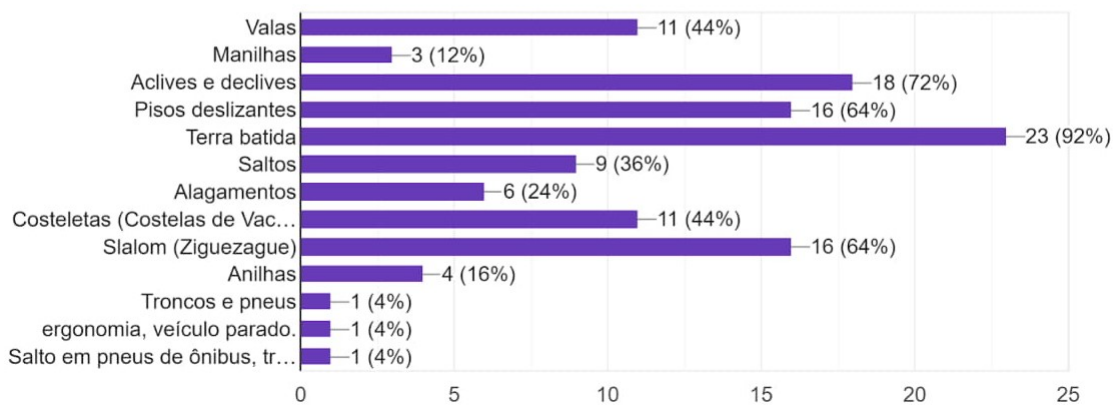
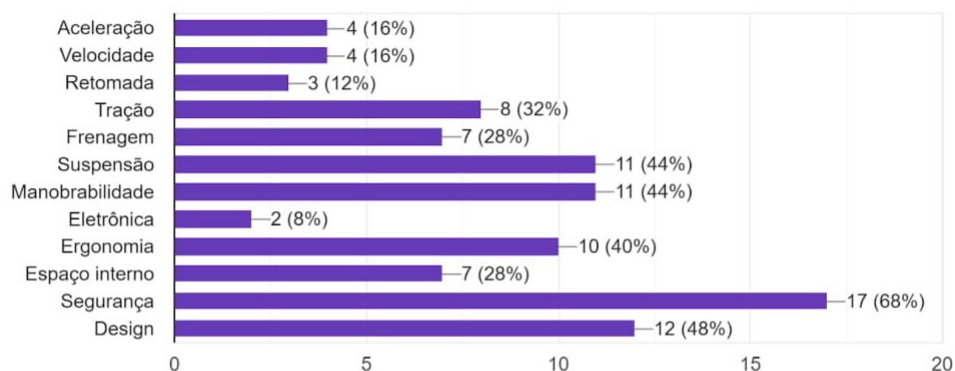


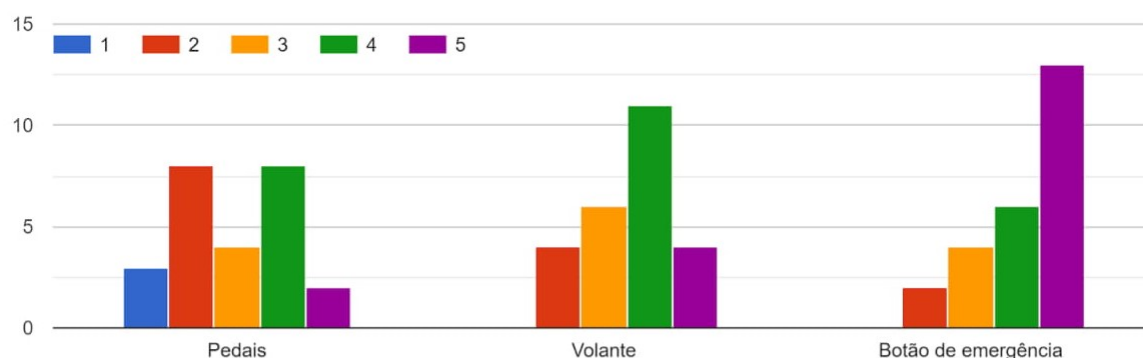
Figura 135 – Resultados do Questionário p.3. Fonte: Autores (2021).

Visto que escolhas de projeto de outras áreas podem impactar na ergonomia do veículo, quais os pontos você considera forte do protótipo que você pilotou?

25 respostas



Classifique o POSICIONAMENTO dos seguintes componentes:



Classifique o ALCANCE dos seguintes componentes:

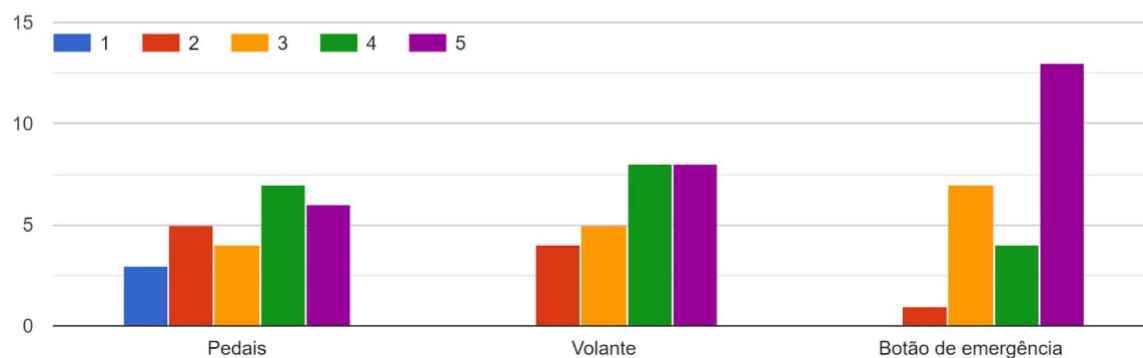
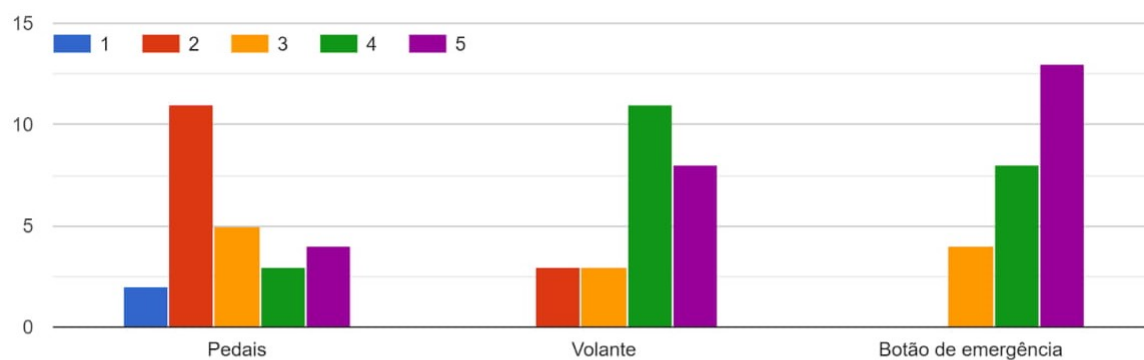


Figura 136 – Resultados do Questionário p.4. Fonte: Autores (2021).

Classifique a UTILIZAÇÃO dos seguintes componentes:



Avalie o conforto do ASSENTO de acordo os seguintes quesitos :

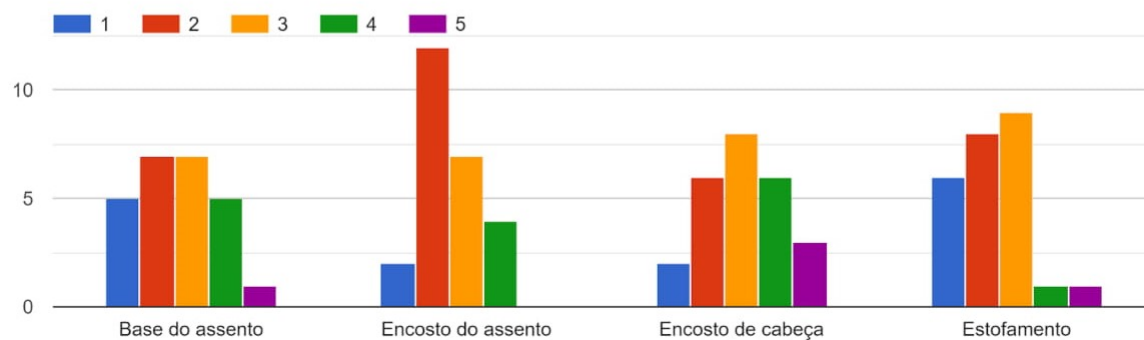
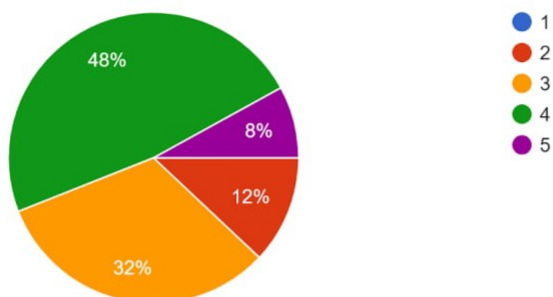


Figura 137 – Resultados do Questionário p.5. Fonte: Autores (2021).

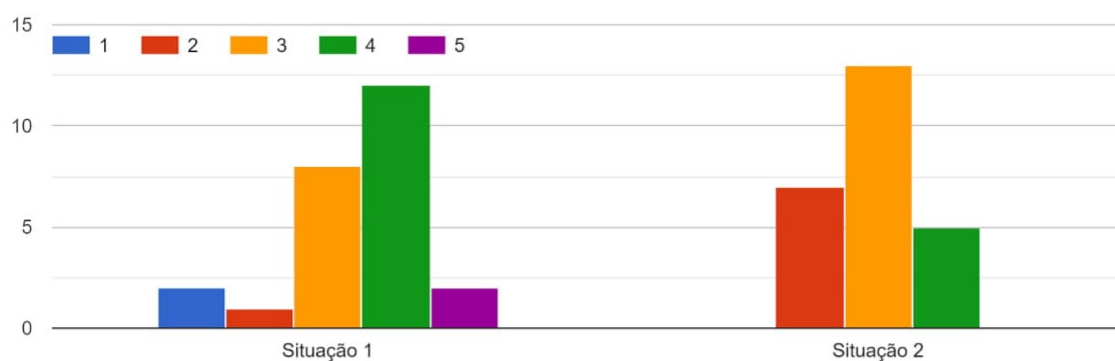


Avalie as restrições de movimento impostas e contato do corpo com elementos da gaiola:

25 respostas



Avalie o conforto nas duas situações:



Facilidade para entrar e sair do veículo (1 sendo muito difícil e 5 sendo muito fácil):

25 respostas

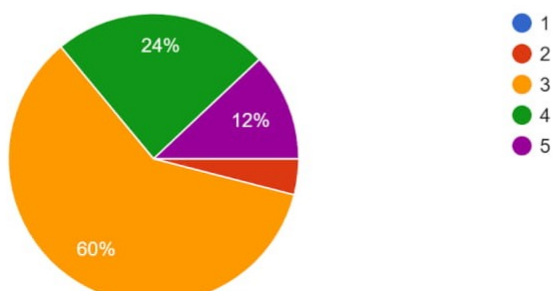


Figura 138 – Resultados do Questionário p.6. Fonte: Autores (2021).

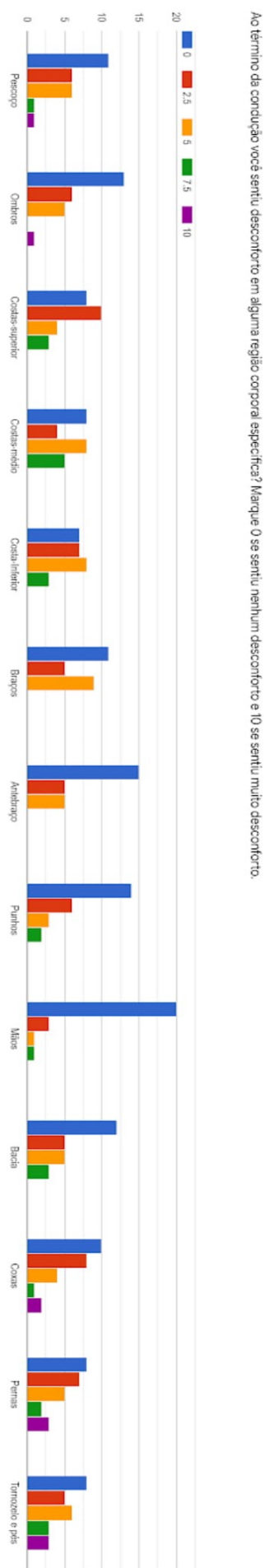


Figura 139 – Resultados do Questionário p.7. Fonte: Autores (2021).

De modo geral, qual nota você daria para ergonomia do protótipo, sendo 1 muito ruim e 5 muito boa?

25 respostas

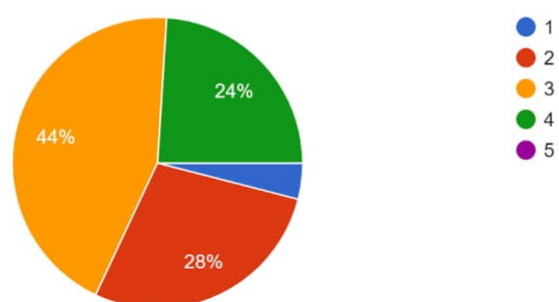


Figura 140 – Resultados do Questionário p.8. Fonte: Autores (2021).

## APÊNDICE G – Manual de fabricação

## Bancada Ergonômica para Veículos Baja SAE

### GUIA DE FABRICAÇÃO

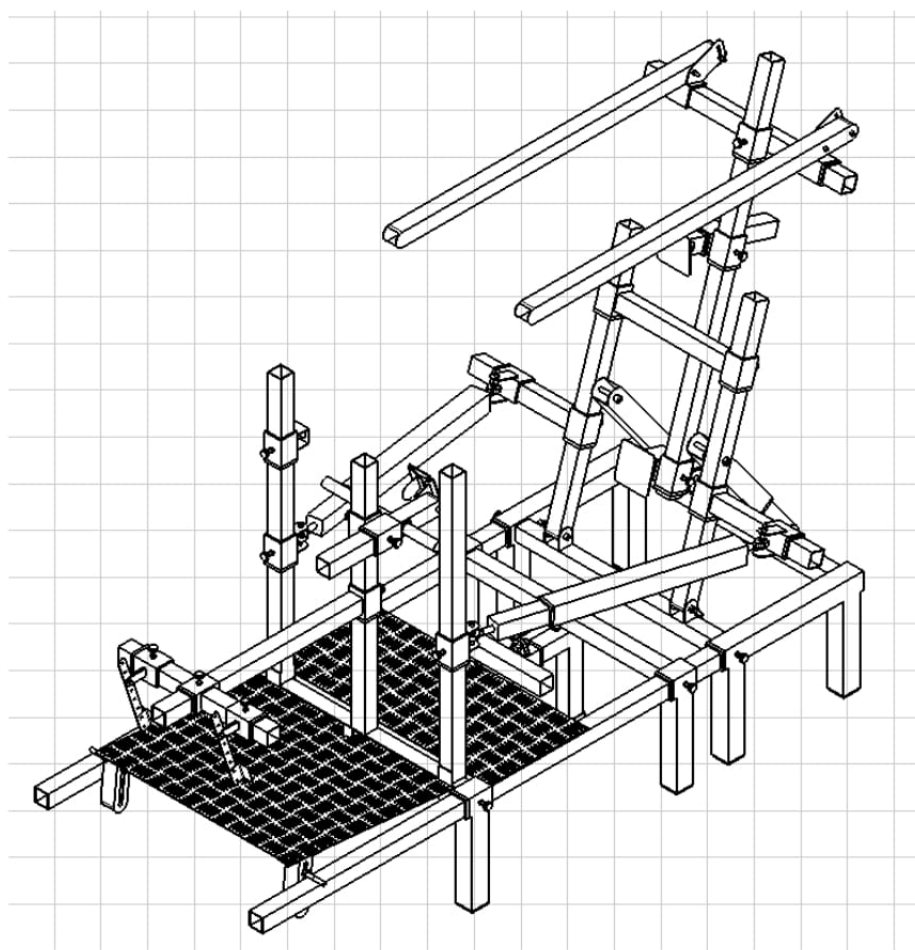


Figura 141 – Manual de Fabricação p.1. Fonte: Autores (2021).

Este guia contempla informações acerca da etapa de fabricação.



O guia de **fabricação** será útil nas seguintes situações:

- Os componentes da bancada devem ser construídos;
- Ocorreu alguma avaria com os componentes e eles precisam de reparo;
- Adaptações do projeto para usos específicos;
- Substituição de componentes.

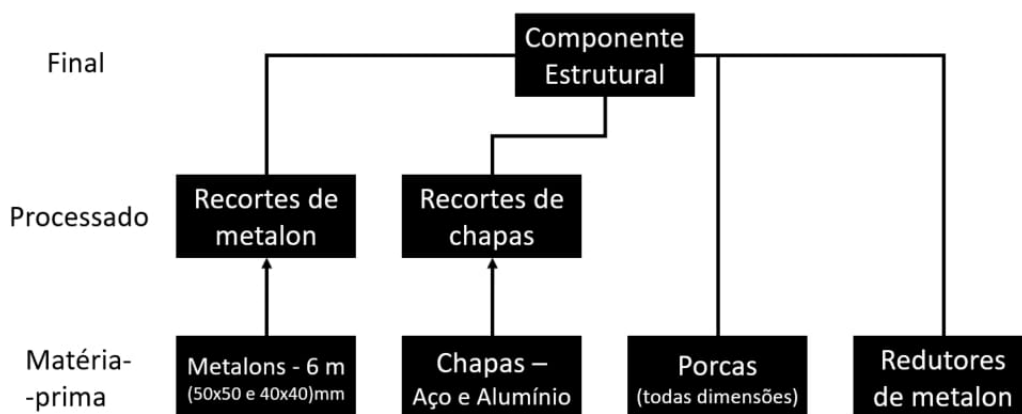
<b>Índice</b>	
<b>Componentes da Bancada</b>	<b>4</b>
Identificação (Legenda)	5
Componentes estruturais	8
Chapas	14
Redutores de Metalon	14
Porcas	15
<b>Instruções básicas</b>	<b>16</b>
<b>Instruções para as etapas de fabricação</b>	<b>17</b>
Medição	20
Cortes de tubos	20
Cortes de chapas	21
Furação	22
Soldagem	22
Soldagem de tubos	23
Soldagem de porcas	24
Acabamento	24
Encaixe dos redutores de metalon	24
<b>Lista de desenhos técnicos e processos de fabricação envolvidos</b>	<b>25</b>
<b>Lista de componentes para montagem</b>	<b>28</b>

### Componentes da Bancada

Os **componentes estruturais** são peças que integram a bancada em sua forma final, e devem ser fabricados a partir da aplicação dos processos de fabricação em metalon, chapas, porcas e demais componentes.

A matéria-prima antes de passar pelos processos de fabricação, deve ser comprada e algumas destas permanecerão não modificadas até sua colocação no conjunto montado.

Portanto, a matéria-prima deve ser processada, obtendo-se os recortes que também devem ser processados para então obter-se o elemento final - o componente estrutural; caracterizando o seguinte fluxo:



A ilustração completa da bancada montada não será aqui contemplada visto que não é de interesse deste guia. A ilustração em questão pode ser vista no manual de montagem.

Confira a tabela a seguir com o número total de elementos envolvidos, bem como sua posição na linha de produção.

\*MP = Matéria-prima.

\*\*Proces. = Processado.



Posição	Quant.	Componentes	ID
Final	48	Componente estrutural	CEXX
MP*	1	Metalons; perfis (40 e 50) mm x 6 m	-
MP*	2	Chapas (aço e alumínio) para corte	-
MP*	36	Porcas	MXN
MP*	33	Redutores de melaton	RM
Proces.**	33	Recortes de metalon	DDDESS
Proces.**	15	Recortes de chapa	CCXX
	2		CAX

### Identificação (Legenda)

Para consultar o guia processo de construção e seus desenhos técnicos, utilize a identificação específica de cada elemento. As ilustrações correspondentes aos elementos finais estão disponíveis após a legenda.

CEXX	Componente estrutural
CE	Indica que este é um componente estrutural.
XX	É o número do conjunto.

*	Matérias primas
-	Elemento definido no desenho técnico: Metalons, chapas, porcas e redutores de metalon.

DDDMSS Recortes de metalon	
DDDD	Indica o comprimento da peça cortada.
M	Indica que é um metalon.
SS	Indica a largura da seção transversal.

CCXX/CAXX Recortes de chapa	
CC	Indica que é uma peça proveniente de chapa de aço.
CA	Indica que é uma peça proveniente de chapa de alumínio.
XX	É o número da peça extraída da chapa.

DDDDESSF Furação e acabamento	
DDDDESS	Identificação padrão de pedaço cortado de metalon.
F	Ao final de qualquer identificação, indica que é uma peça que passou pelo processo de furação e acabamento.

### **Instruções básicas**

Os desenhos técnicos utilizados como base para a fabricação, devem ser consultados à parte deste manual por meio das versões digitais ou impressas, de acordo com o código de identificação mencionado no tópico anterior.

Sugere-se também adotar uma metodologia de organização entre o pessoal envolvido na construção e de controle de andamento para que não haja desperdício de materiais, insumos, trabalho desnecessário ou erros.

Antes de iniciada a fabricação, as seções deste guia que explicam os processos de fabricação envolvidos devem ser lidas e compreendidas.

Visto que o projeto da bancada visa a maior simplificação possível para o construção, os processos como corte e soldagem possuem pouquíssimas variações, as quais estão explicadas nos tópicos a seguir.

Assim que compreendidas as diretrizes de cortes e soldagem, a etapa de fabricação pode ser iniciada. A fim de otimizar o processo, a ordem de procedimentos estabelecida deve ser seguida, mas para tal, é importante que todo o material a ser utilizado já tenha sido adquirido e esteja disponível para uso.

Cabe ao utilizador selecionar os equipamentos e contabilizar os insumos necessários de acordo com as estratégias a serem utilizadas, contanto que estes entreguem as peças mantendo suas características de projeto.

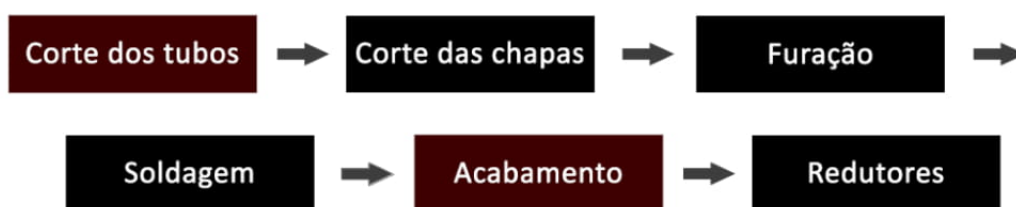
Foi elaborada uma lista relacionando os desenhos técnicos de cada componente, sua quantidade a ser construída e os processos de fabricação envolvidos para facilitar o entendimento, a organização e a fluidez da construção. Essa lista pode ser encontrada após a seção que aborda as instruções para as etapas de fabricação.

### Instruções para as etapas de fabricação

Devem ser utilizadas técnicas de medição, corte, soldagem e furação.

Os desenhos técnicos elaborados consideram os componentes em suas versões finais, ou seja, já cortados, furados e soldados. Neles estão identificados os procedimentos e informações necessárias, bem como componentes utilizados.

A fim de agrupar os procedimentos realizados em etapas, para que os processos possam ser realizados sem interrupções, foi feito um fluxograma.



Conforme o fluxograma, o processo de fabricação será caracterizado pela seguinte ordem:

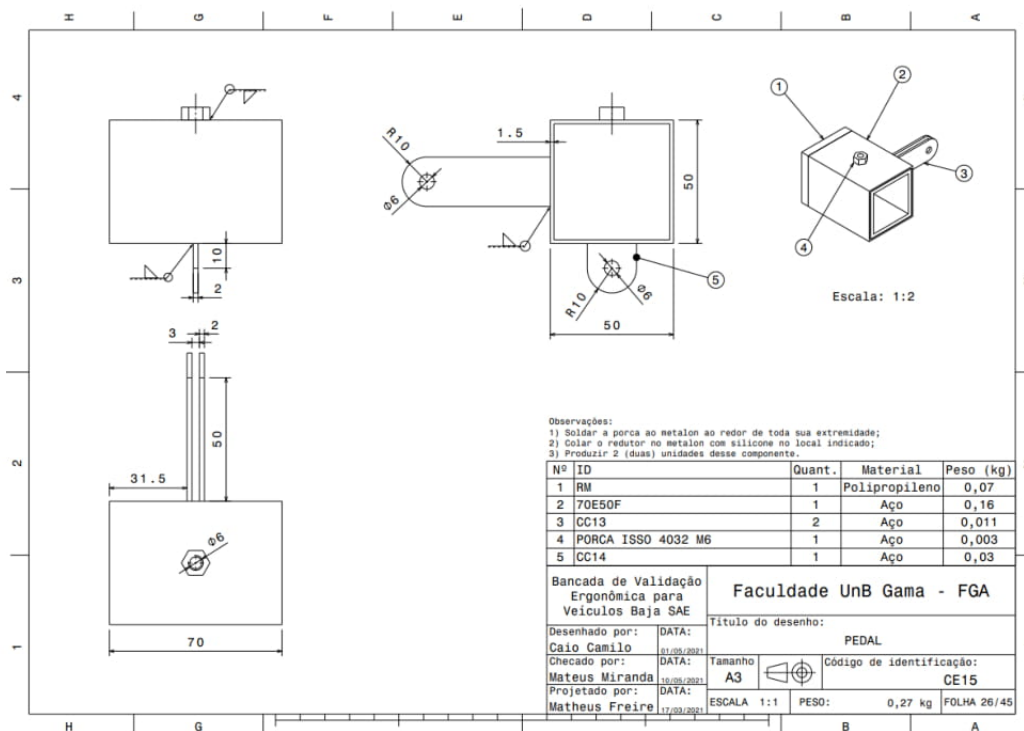
1. Verificar **todos** os desenhos técnicos de produto final, organizá-los e verificar os processos envolvidos na página 24;
2. Realizar **todos** os cortes em tubos de perfil quadrado com base nas dimensões determinadas nos desenhos técnicos 0000E40 e 0000E50;
3. Realizar os recortes na chapa de aço indicada como CC00 e CA0 para extrair os elementos recortados que fazem parte dos componentes estruturais;
4. Realizar a furação em **todos** os elementos com F no código de identificação;
5. Fazer a união entre os tubos de perfil quadrado e as chapas por meio da soldagem conforme indicam os desenhos CEXX;

6. Verificar quais resquícios de material indesejado, removê-los e pintar os componentes se optado; e
7. Fazer a colagem dos redutores junto aos elementos já soldados como indicam os respectivos desenhos CEXX.

Note que o padrão deve ser seguido de acordo com a atividade e que o mesmo processo; exceto a medição, que será realizada constantemente; será realizado somente em uma única etapa abrangendo vários elementos, podendo estes serem os tubos quadrados, as chapas ou demais.

**Portanto, vale ressaltar que cada desenho técnico deve ser analisado pelo fabricante e devem ser identificados quais dos procedimentos indicados devem ser realizados e em qual momento, conforme o exemplo na página seguinte.**

Segue o exemplo:



O desenho técnico de identificação CE15 tem como objeto principal o componente estrutural 15 nomeado PEDAL. Nele podem ser identificados:

- Informações acerca das características da peça;
- A lista componentes necessários para finalizar as peças;
- Cotas para os processos de fabricação;
- Número de unidades a serem fabricadas; e
- Indicação de soldagem nos componentes que devem ser soldados.

### Medição

Cada elemento que compõe o projeto têm uma medida específica; se esta não for mantida, o funcionamento da bancada pode ficar comprometido ou desconfortável.

Todas as medições devem ser feitas com o auxílio de uma trena, visto que há elementos extensos no projeto, ou, uma régua, ambas milimetradas, que atendam aos tamanhos e requisitos de qualidade.

As tolerâncias e perda de material envolvidos nos processos de usinagem também devem ser considerados a fim de manter o comprimento desejado.

### **Cortes de tubos**

Todos os ângulos entre dois ou mais tubos presentes no modelo são ângulos de 90°, portanto, somente cortes paralelos à seção transversal do tubo serão feitos.

Os cortes podem ser feitos por meio do auxílio de um policorte, serra para metais ou em caso de ausência destes - uma cegueta ou esmerilhadeira, desde que possibilite a obtenção da qualidade necessária. A utilização destes dois últimos não é recomendada.

O fabricante deve assegurar que o comprimento indicado e o ângulo reto sejam obtidos.

**Observação:** ressalta-se que devido ao elevado número de peças sob mesmo procedimento, o erro humano se torna mais suscetível, portanto, certifique-se que DO PRIMEIRO AO ÚLTIMO CORTE não haja perda de qualidade, pois diferenças podem resultar no empenamento ou mal assentamento do conjunto.

Os cortes resultam em componentes identificados como DDDDESS e serão mencionados novamente na etapa de soldagem e montagem.

### **Cortes de chapas**

Todas as peças que são construídas a partir de chapas foram padronizadas com espessura de 2 mm, portanto, basta imprimir em escala 1:1 o gabarito de impressão presente no desenho técnico de identificação CC00, como ilustrado na página a seguir, para ter referência durante o corte.

Os cortes podem ser realizados com os instrumentos adequados de preferência do fabricante, entretanto, processos automatizados são recomendados, se possível, visto que minimizam as chances de erros.





**Observação:** A furação deve seguir rigorosamente o posicionamento proposto a fim de evitar desalinhamento dos componentes da bancada. Atentar-se à furação dos perfis quadrados visto que há furos passantes.

### **Soldagem**

A fim de garantir a união das peças, o processo de soldagem também interfere na segurança e durabilidade do equipamento. Recomenda-se a utilização do processo de soldagem tipo TIG (*Tungsten Inert Gas*). Entretanto, pode-se utilizar o processo de soldagem que for mais conveniente.

Os objetos a serem soldados devem ser lixados para uma melhor aderência entre os materiais devido à retirada de impurezas que podem contaminar a solda, dessa forma garante-se uma maior qualidade do resultado.

### **Soldagem de tubos**

Os elementos tubulares devem ser soldados de maneira perpendicular entre si. Para garantir o alinhamento e facilitar o processo é recomendado a utilização de esquadros magnéticos.

### **Soldagem de porcas**

Alguns elementos requerem a soldagem de porcas e para estas deve-se atentar o posicionamento com relação aos furos. O centro de porca deve estar alinhado com o furo.

Primeiramente, posicione a porca e faça apenas um ponto de solda. Na sequência, aguarde um pouco o resfriamento e verifique, com o auxílio de um parafuso, se o centro da porca coincide com o centro do respectivo furo. Se estiver alinhado, finalize o processo de soldagem; caso contrário, rompa o ponto de solda e refaça o processo.

Evite excesso de temperatura nas porcas visto que pode ocasionar o empenamento. Se verificado, remova a porca e reinicie o processo. Caso necessário, remova o excesso de material proveniente da solda.

**Acabamento**

Durante a fase de acabamento, será realizada uma verificação peça a peça e será feita a remoção de material excedente, caso haja, por meio do desbaste e depois deve ser feita a pintura adequando às estratégias do método selecionado, se optado por realizá-la.

**Encaixe dos redutores de metalon**

Depois da soldagem, para finalizar os componentes, deve-se encaixar e fixar os redutores de metalon nas extremidades correspondentes. Visto que todos os redutores possuem a mesma dimensão, estes não possuem identificação específica e devem seguir os posicionamentos indicados nos desenhos técnicos correspondentes.

A colagem deve ser feita por meio de cola para pára-brisas. Para tal, espalhe um filme da cola de até 1mm uniformemente sobre as quatro superfícies externas dos redutores, então encaixe-os dentro dos tubos quadrados e utilize sua própria estrutura para mantê-los levemente pressionados por aproximadamente duas horas.

### Lista de desenhos técnicos e processos de fabricação envolvidos

Os componentes representados nos desenhos técnicos a seguir, possuem ao longo do seu processo de construção, os seguintes processos de fabricação, os quais devem ser repetidos para quantidade de peças a ser confeccionada. Processos que demandam redutor ou ponteira estão na mesma coluna.

ID	Quant.	Corte	Furação	Soldagem	Red/Pont	Marcação
CE01	2	✓	-	-	-	✓
CE02	1	✓	✓	✓	✓	-
CE03	2	✓	✓	-	✓	-
CE04	2	✓	✓	✓	✓	-
CE05	2	✓	-	-	✓	-
CE06	2	✓	✓	✓	✓	-
CE07	2	✓	✓	✓	-	-
CE08	2	✓	✓	✓	-	✓
CE09	1	✓	✓	✓	✓	-
CE10	-	-	-	-	-	-
CE11	1	✓	✓	-	-	-
CE12	1	✓	✓	✓	-	-

ID	Quantidade	Corte	Furação	Soldagem	Redutor
CE13	1	✓	✓	✓	-
CE14	1	✓	✓	✓	✓
CE15	2	✓	✓	✓	✓
CE16	2	✓	✓	✓	-
CE17	1	✓	✓	✓	-
CE18	1	✓	✓	✓	✓
CE19	1	✓	✓	✓	✓
CE20	3	✓	✓	✓	✓
CE21	-	-	-	-	-
CE22	1	✓	✓	-	-
CE23	2	✓	✓	✓	-
CE24	-	-	-	-	-
CE25	1	✓	✓	✓	✓
CE26	1	✓	✓	✓	✓
CE27	1	✓	✓	✓	✓

ID	Quantidade	Corte	Furação	Soldagem	Redutor
CE28	1	✓	✓	✓	✓
CE29	1	✓	✓	-	-
CE30	2	✓	✓	✓	✓
CE31	2	✓	✓	-	-
CE32	2	-	✓	-	-
CE33	1	✓	✓	✓	-
CE34	1	✓	✓	-	-
CE35	2	✓	✓	-	-

### Lista de componentes para montagem

A etapa seguinte consiste em utilizar o **Manual de Montagem**. Para mais informações, consulte-o.

Para adentrar esta etapa, é necessário que a fabricação de todos os elementos tenha sido finalizada, portanto, a lista de todos os componentes que o utilizador deve ter em mãos pode ser encontrada na página 5 e abrange todos os elementos, não só os em negrito.

# APÊNDICE H – Manual de montagem

## Bancada Ergonômica para Veículos Baja SAE

### MANUAL DE MONTAGEM

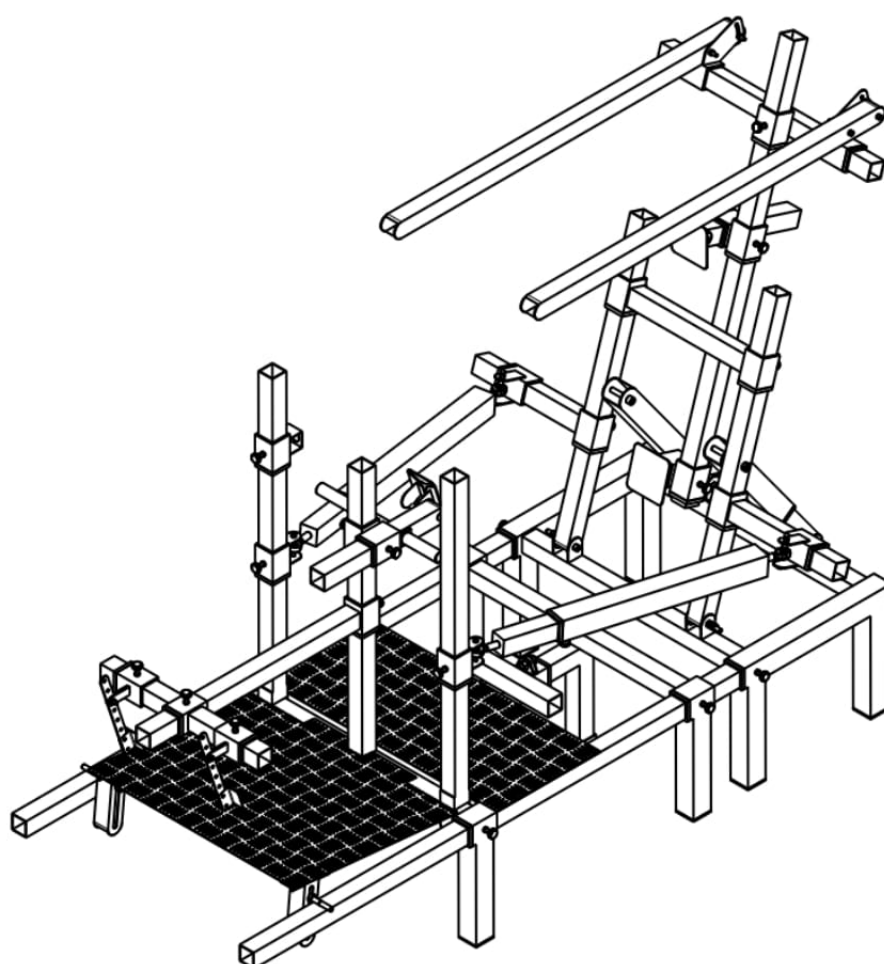


Figura 158 – Manual de montagem p.1. Fonte: Autores (2021).

Este guia contempla informações acerca da etapa de montagem.



O manual de **montagem** será útil nas seguintes situações:

- Os componentes da bancada já estão fabricados e precisam ser montados para que possa ser feito seu uso;
- Há componentes faltosos ou dúvidas sobre encaixes pontuais no conjunto montado;
- A bancada será desmontada e deve ser verificada a melhor forma de armazenamento;
- O utilizador busca informações sobre cuidados com o manuseio de peças do equipamento ou do ambiente.



## Índice

<b>Componentes e montagem</b>	<b>4</b>
Lista de todos os componentes da bancada	4
Conjunto da bancada de validação	6
Bancada de validação em vista explodida - componentes estruturais	7
Lista dos componentes estruturais da bancada	8
<b>Cuidados com as peças e como evitar acidentes</b>	<b>9</b>
<b>Mecanismos de aperto e regulagens</b>	<b>9</b>
Rotação livre	10
Rotação restrita	10
Botão recartilhado	11
<b>Seções da bancada</b>	<b>12</b>
<b>Procedimento de montagem</b>	<b>13</b>
Base	14
Encosto	16
Direção	21
Elementos de apoio	25
<b>Precauções para desmontagem e armazenamento</b>	<b>30</b>

### Componentes e montagem

A contabilização do número total e classificação de elementos que constituem a bancada, sem distinção de dimensionamento, pode ser observada na tabela abaixo. Na legenda, X é a variação do identificador e os algarismos em negrito determinam seu tipo.

Legenda	Tipo de componente
<b>CEXX</b>	Componente estrutural
<b>BR</b>	Botão recartilhado
<b>MXSX</b>	Parafuso
<b>MXN</b>	Porca
<b>XAX</b>	Arruela

### Lista de todos os componentes da bancada

As ilustrações com identificação de componentes da bancada e em suas versões montada e explodida estão a seguir.

A lista de referência para identificação das partes se encontra após as imagens.

Nº	ID	Descrição	Quant.
1	CE05	ENCAIXE_SIM_FRONTAL	2
2	CE11	PROFUNDIDADE_VOLANTE	1
3	CE10	ENCAIXE_ALTURA_VOLANTE	1
4	CE25	KILL_SWITCH	1
5	10A30	ARRUELA ISO 7093 10x30	10
6	CE16	FAB	2
7	M10S100	PARAFUSO ISO 4762 M10x100 SEXTAVADO INTERNO	3
8	CE12	ANGULO_VOLANTE	1
9	TR	TERMINAL_ROTULAR	4
10	M6S60	PARAFUSO ISO 4762 M6x60 SEXTAVADO INTERNO	12
11	M8S80	PARAFUSO ISO 4762 M8x80 SEXTAVADO INTERNO	4
12	8A24	ARRUELA ISO 7093 8x24	8
13	M10S120	PARAFUSO ISO 4762 M10x120 SEXTAVADO INTERNO	2
14	CE03	RRH	2
15	CE23	ANGULO_ENCOSTO	2
16	CE27	ENCAIXE_RHO_DIREITO	1
17	CE19	SHC_EXTENDIDA	1
18	CE26	ENCAIXE_RHO_ESQUERDO	1
19	CE33	CHAPA_ANGULO_RACK	1
20	CE28	SUSTENTACAO_RHO	1
21	CE22	PROFUNDIDADE_ENCOSTO_CABECA	1
22	CE20	ENCAIXE_TIPO_1	2
23	M10N	PORCA ISO 4032 M10	5
24	CE30	REGULAGEM_ANGULO_50	2
25	CE31	REGULAGEM_ANGULO_40	2
26	CE32	RHO_CIRCULAR	2
27	CE06	ENCAIXE_SIM_TRASEIRO	2
28	CE04	ENCAIXE_SIM_LATERAL_TRASEIRO	2
29	CE07	SIM_TRASEIRA_50	2
30	M8N	PORCA ISO 4032 M8	6
31	CE02	BASE_LFS_E_RRH	1
32	CE17	USM	1
33	CE08	SIM_FRONTAL_40	2
34	M12S30	PARAFUSO ISO 4762 M12x30 SEXTAVADO INTERNO	1
35	CE18	ASB	1
36	M12N	PORCA ISO 4032 M12	1
37	CE35	HASTE_PERFURADA_PEDAL	2
38	BR	BOTAO_RECARTILHADO	33
39	CE09	HASTE_ALTURA_VOLANTE_E_PEDAL	1
40	6A18	ARRUELA ISO 7093 6x18	36
41	M6S20	PARAFUSO ISO 4762 M6x20 SEXTAVADO INTERNO	10
42	CE34	CHAPA ASSOALHO	1
43	CE01	LFS	2
44	CE13	ENCAIXE_ALTURA_PEDAL	1
45	M6N	PORCA ISO 4032 M6	30
46	CE14	PROFUNDIDADE_PEDAL	1
47	CE15	PEDAL	2

**Ilustração - conjunto da bancada de validação**

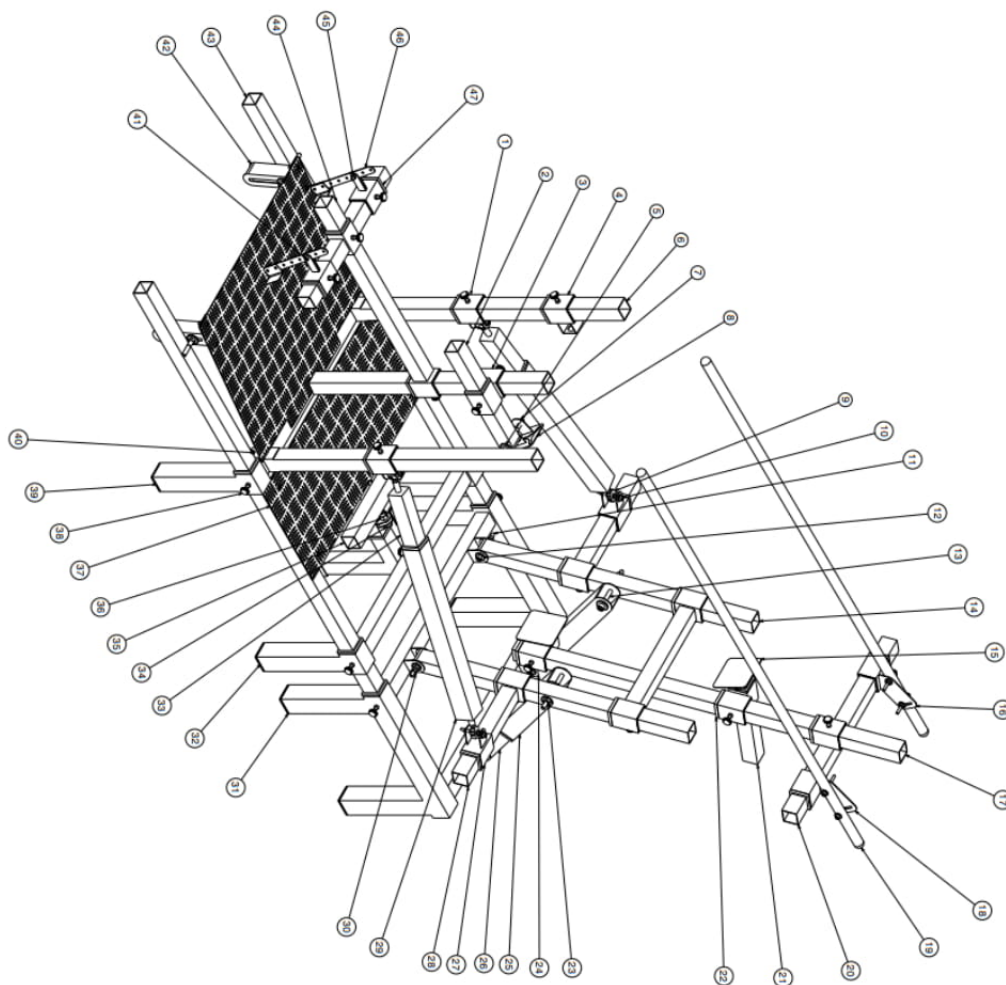


Figura 163 – Manual de montagem p.6. Fonte: Autores (2021).

### Lista dos componentes estruturais da bancada

Nº	ID	Descrição	Quant.
1	CE25	KILL_SWITCH	1
2	CE29	PROFUNDIDADE_ENCOSTO_ASSENTO	1
3	CE23	ANGULO_ENCOSTO	2
4	CE32	RHO_CIRCULAR	2
5	CE27	ENCAIXE_RHO_DIREITO	1
6	CE22	PROFUNDIDADE_ENCOSTO_CABECA	1
7	CE28	SUSTENTACAO_RHO	1
8	CE26	ENCAIXE_RHO_ESQUERDO	1
9	CE03	RRH	2
10	CE19	SHC_EXTENDIDA	1
11	CE20	ENCAIXE_TIPO_1	2
12	CE30	REGULAGEM_ANGULO_50	2
13	CE31	REGULAGEM_ANGULO_40	2
14	CE04	ENCAIXE_SIM_LATERAL_TRASEIRO	2
15	CE06	ENCAIXE_SIM_TRASEIRO	2
16	CE07	SIM_TRASEIRA_50	2
17	CE02	BASE_LFS_E_RRH	1
18	CE17	USM	1
19	CE05	ENCAIXE_SIM_FRONTAL	2
20	CE18	ASB	1
21	CE08	SIM_FRONTAL_40	2
22	CE34	CHAPA ASSOALHO	1
23	CE09	HASTE_ALTURA_VOLANTE_E_PEDAL	1
24	CE16	FAB	2
25	CE33	CHAPA_ANGULO_RACK	1
26	CE35	HASTE_PERFURADA_PEDAL	2
27	CE01	LFS	2
28	CE15	PEDAL	2
29	CE13	ENCAIXE_ALTURA_PEDAL	1
30	CE14	PROFUNDIDADE_PEDAL	1
31	CE11	PROFUNDIDADE_VOLANTE	1
32	CE12	ANGULO_VOLANTE	1

**Ilustração - componentes estruturais em vista explodida**

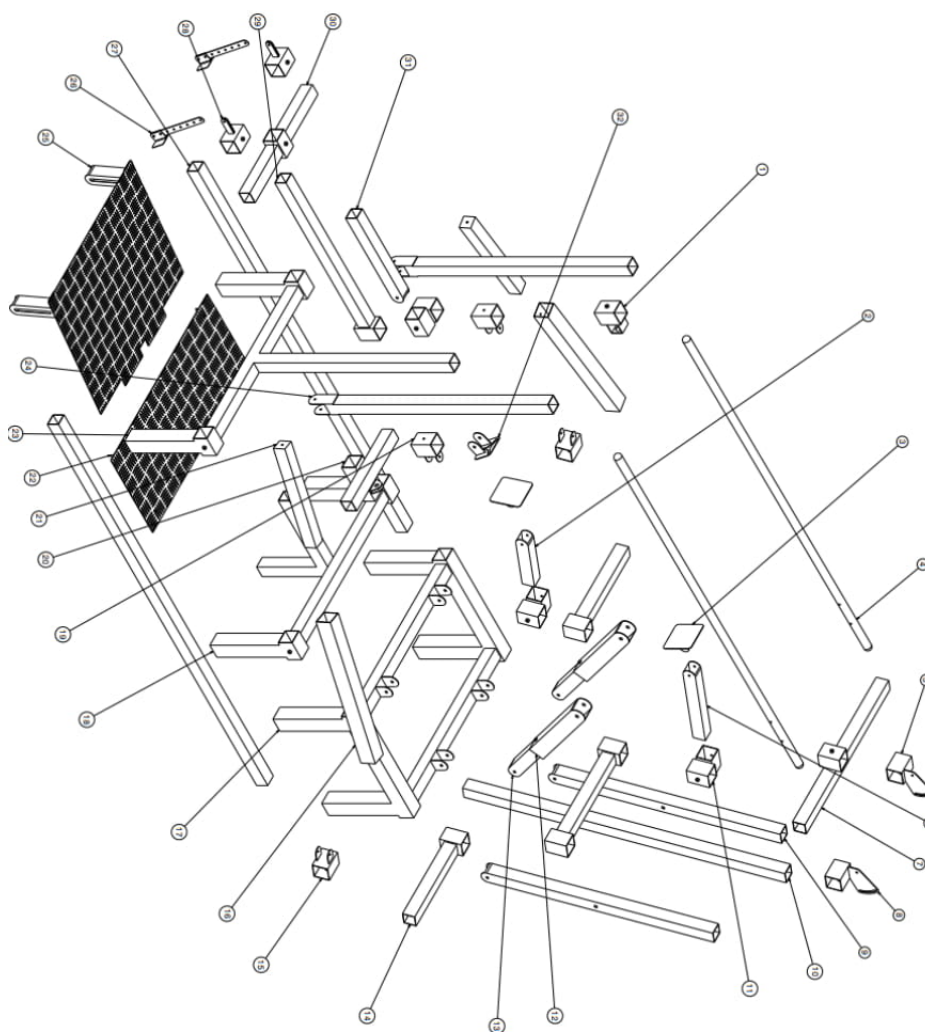


Figura 165 – Manual de montagem p.8. Fonte: Autores (2021).

## Cuidados com as peças e como evitar acidentes

Tenha ciência de que:

- A bancada é constituída de **partes metálicas grandes e algumas pontiagudas**, portanto, reforça-se a necessidade da atenção e cuidado ao manuseio para evitar injúrias aos envolvidos no processo de montagem e danos ao ambiente.
- Devido ao tamanho das peças, evite girar os componentes, arremessá-los ou fazer quaisquer outros movimentos que possam ser danosos, tanto para o equipamento, quanto para o espaço ou pessoas próximas.
- Atente-se às pontas e às arestas de menor espessura que podem se tornar arestas cortantes se feito uso inadequado, **evite**, dessa forma, **desgastes ou arranhões em pisos e paredes nos arredores**.

## Mecanismos de aperto e regulagens

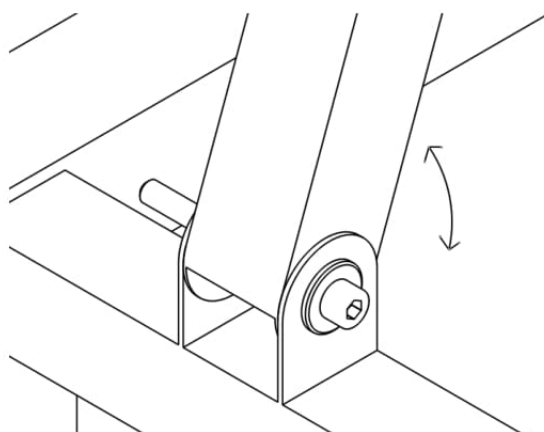
Durante a etapa de montagem, o responsável irá realizar o posicionamento e aperto das juntas e mecanismos de regulagem por meio de dispositivos de aperto.

Há na bancada alguns tipos de conjuntos de elementos rosqueáveis que tem como objetivo proporcionar os ajustes correspondentes.

Verifique-os a seguir para entender seu funcionamento e montá-los na seção a seguir.

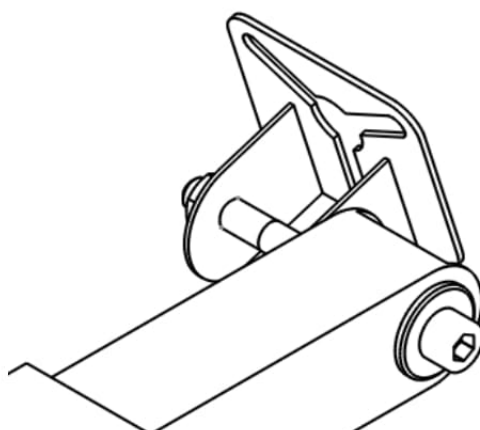
### Rotação livre

É composto por 1 parafuso, 2 arruelas e 1 porca que serão utilizadas em juntas com movimento rotacional, a fim de permitir a rotação em relação a um plano de referência. Seu aperto deve ser suficiente para impedir que a porca se solte, entretanto, permita seu movimento rotacional.



### Rotação restrita

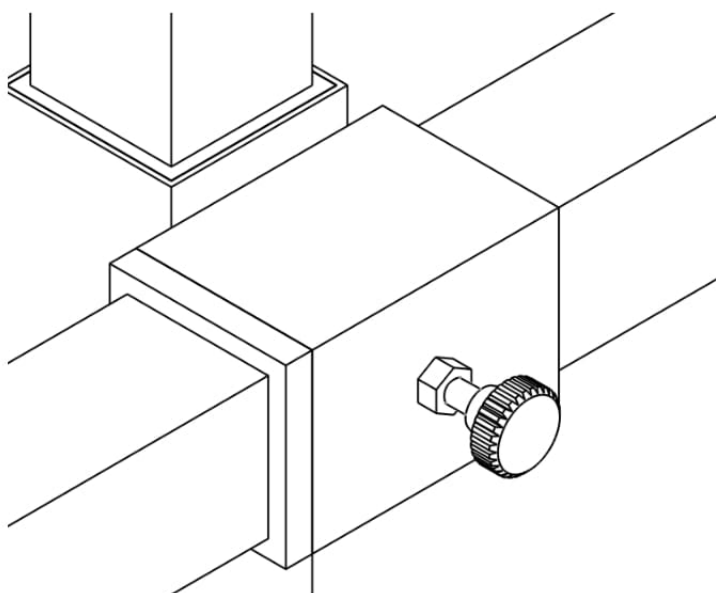
É composto por um mecanismo semelhante ao anterior, entretanto, atuando sob pressão, ou seja, o contato da porca com a superfície será responsável por impedir o movimento em torno do eixo do parafuso, portanto, deve ser reapertado a cada regulagem até que haja restrição da rotação.





### Botão recartilhado

O mais comum dentre os tipos, é constituído por 1 porca soldada ao elemento e 1 botão recartilhado. Estes atuam como parafusos que contam com um mecanismo de auxílio para o aperto manual. Seu curso em contato com a porta aproximará a ponta (plana) do parafuso contra o redutor e o metalon, criando assim uma pressão que evita a translação ou rotação do componente em questão.



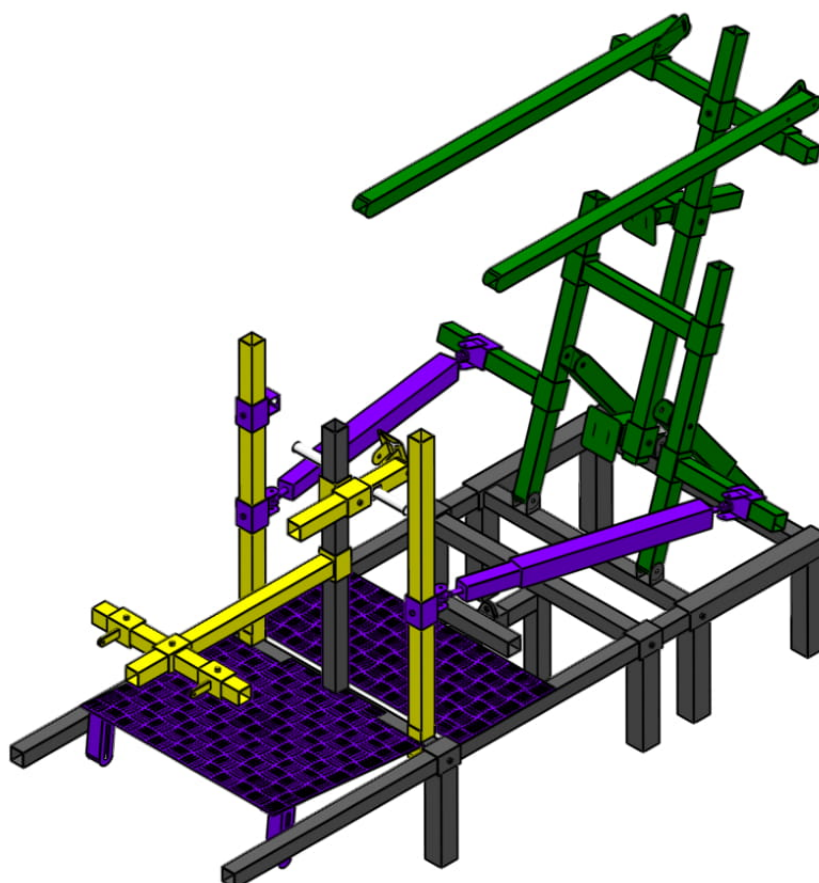
Seu aperto é fundamental para a robustez da bancada, portanto, sempre que um elemento que necessita do mecanismo for acoplado à bancada, o botão deve ser posicionado e rosqueado até o aperto correto.

### Seções da bancada

A bancada é dividida em três seções:

- Base (na cor cinza);
- Direção (na cor amarela);
- Encosto (na cor verde);
- Elementos de apoio (na cor azul).

Estão representadas em cores diferentes na ilustração abaixo.



## Procedimento de montagem

A ordem de montagem deve seguir as seções pré-estabelecidas, atentando-se aos cuidados particulares de cada uma. A identificação dos componentes e suas quantidades estão listadas nas páginas seguintes, assim como as orientações e sequências para cada encaixe.



A **base** é constituída pelos elementos inferiores que ficam em contato com o solo, portanto, deve ser a primeira seção a ser montada, visto que suporta os demais componentes.

O **encosto** consiste em todos os elementos da parte traseira da bancada. Sustenta toda a estrutura suspensa da parte traseira. Demanda atenção extra nos mecanismos de travamento e aperto visto que há muitos elementos dependentes entre si.

A **direção** é formada por elementos da parte dianteira, incluindo a FAB, e por elementos de regulagem do volante e pedais. A seção deve ser montada após a base, visto que esta utiliza a haste de altura do volante e pedal como apoio.

Caracterizam-se **elementos de apoio** as chapas do assoalho, os elementos laterais que correspondem à SIM e o botão de emergência. Estes estão sujeitos a cargas consideráveis, principalmente durante testes de entrada e saída do veículo.

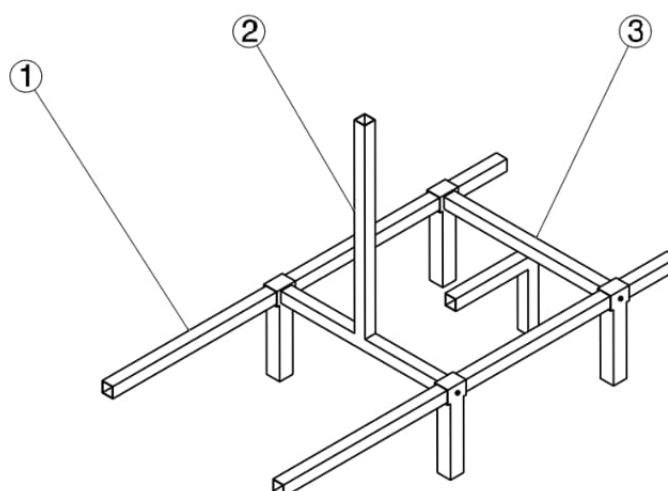
### Observações:

- 1) Em todos os casos, após inserir na bancada os elementos que demandam aperto do **botão recartilhado**, estes devem ser colocados em suas posições e rosqueados até que haja resistência perceptível ao tentar movimentar os elementos envolvidos. Sua listagem não ocorre em todas as seções, somente na base para exemplificação;
- 2) As **marcações de referência** devem estar sempre voltadas para cima em elementos longitudinais e para frente em elementos verticais.

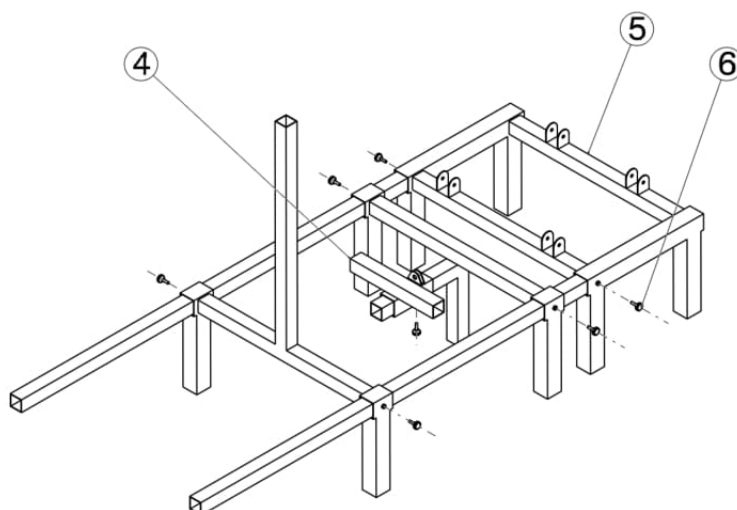
**Base**

Nº	ID	Nome	Quant.
1	CE01	LFS	2
2	CE09	HASTE_ALTURA_VOLANTE_E_PEDAL	1
3	CE17	USM	1
4	CE18	ASB	1
5	CE02	BASE_LFS_E_RRH	1
6	BR	BOTÃO_RECARTILHADO	7
6.1	M12S30	PARAFUSO ISO 4762 M12x30	1
6.2	M12N	PORCA ISO 4032 M12	1

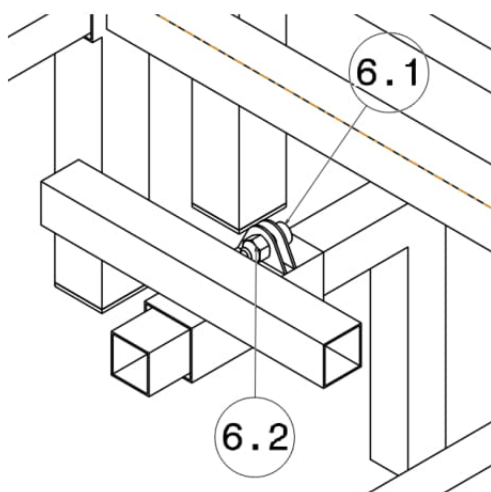
- Realize o encaixe dos elementos de sustentação e apoie-os sobre o solo conforme a ilustração a seguir.



- Após encaixar os componentes estruturais, rosqueie os botões recartilhados nas porcas até sentir uma leve resistência e o movimento se mostrar restrito.



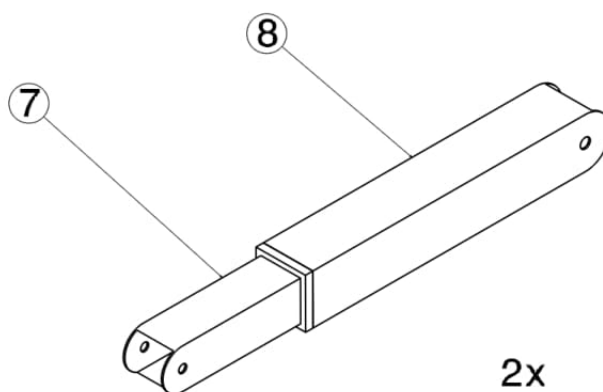
- Coloque o parafuso fixador da tira central do cinto que atua como rotação livre. Neste elemento não é feita a utilização de arruelas.



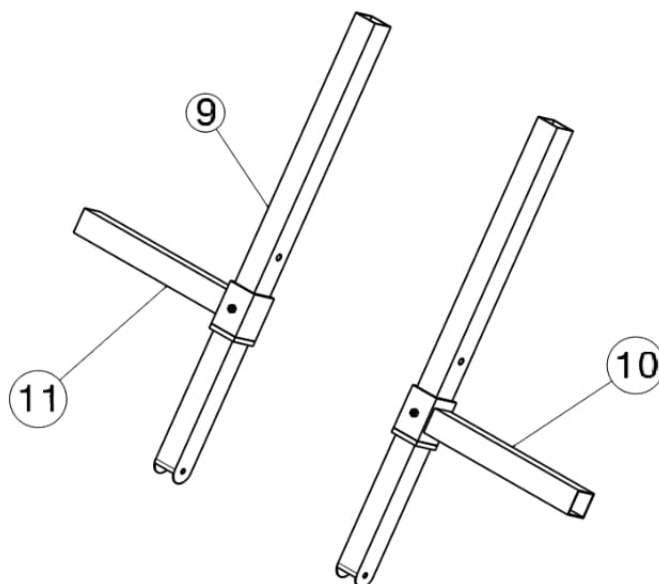
**Encosto**

Nº	ID	Descrição	Quant.
7	CE31	REGULAGEM_ANGULO_40	2
8	CE30	REGULAGEM_ANGULO_50	2
9	CE03	RRH	2
10	CE04.1	ENCAIXE_SIM_LATERAL_TRASEIRO	1
11	CE04.2	ENCAIXE_SIM_LATERAL_TRASEIRO	1
12	MXSX	PARAFUSOS ISO 4762 M6X60/M8X80/M10X120	6/4/2
13	XAX	ARRUELAS ISO 7093 M6/M8/M10	12/8/4
14	MXN	PORCA ISO 4032 M6/M8/M10	6/4/2
15	CE19	SHC_EXTENDIDA	1
16	CE20	ENCAIXE_TIPO_1	2
17	CE22	PROFUNDIDADE_ENCOSTO_CABECA	1
18	CE29	PROFUNDIDADE_ENCOSTO_ASSENTO	1
19	CE23	ANGULO_ENCOSTO	2
20	CE28	SUSTENTACAO_RHO	1
21	CE27	ENCAIXE_RHO_DIREITO	1
22	CE26	ENCAIXE_RHO_ESQUERDO	1
23	CE32	RHO_CIRCULAR	2

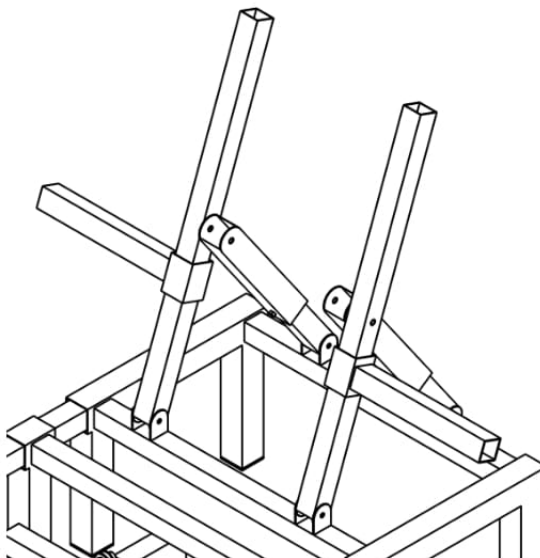
- Elabore dois conjuntos encaixados dos seguintes elementos e rosqueie seus respectivos botões recartilhados na parte inferior.



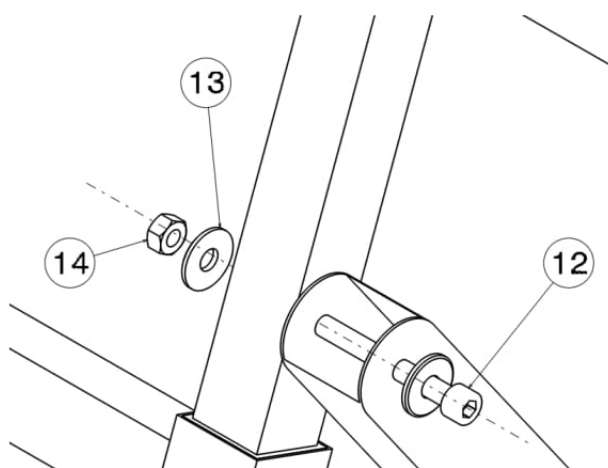
- Encaixe os seguintes componentes atentando-se para manter para o mesmo lado ambos botões recartilhados, na sequência, rosqueio-os.



- Apoie os dois conjuntos idênticos montados sobre suas posições de encaixe, com os botões recartilhados voltados para trás, conforme a ilustração a seguir.

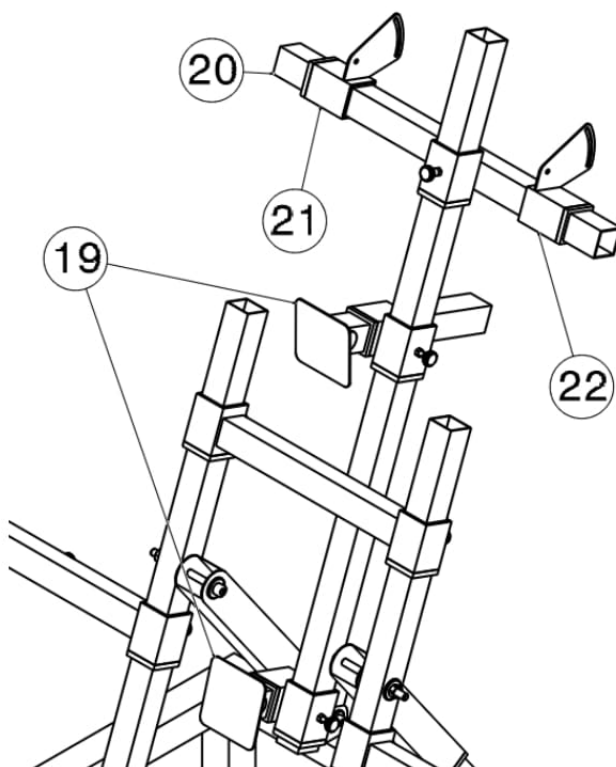


- O conjunto a seguir trata-se de um mecanismo de rotação livre. Encaixe os conjuntos nos furos de acordo com o diâmetro exigido.

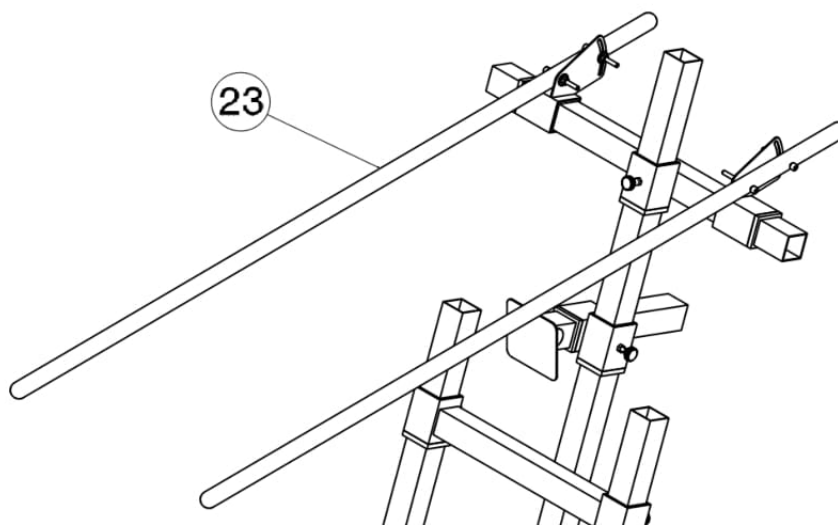




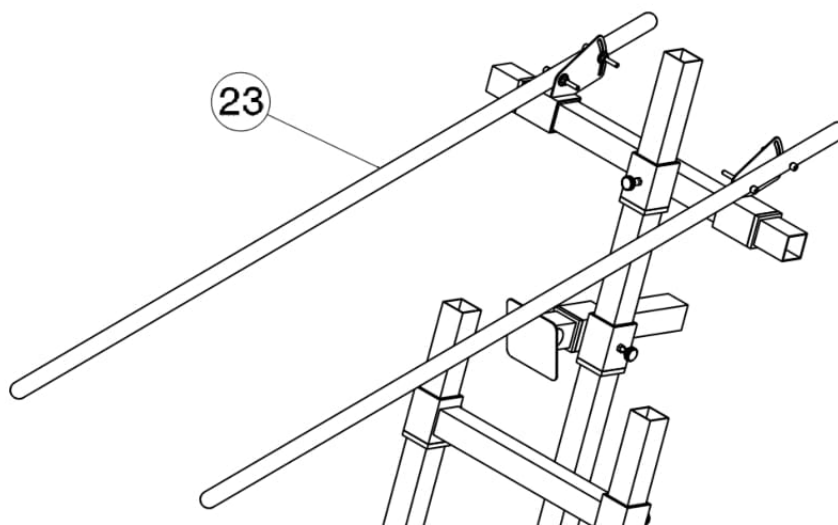
- Encaixe os seguintes elementos colocando e apertando seus botões recartilhados;
- Acople as regulagens de ângulo de cabeça e encosto do assento e fixe-os por meio do conjunto porca, parafuso e arruela, exatamente conforme o exemplo apresentado;
- Encaixe os suportes da RHO direito e esquerdo em seus respectivos lados e rosqueie os seus botões recartilhados.



- Posicione ambas RHOs coincidindo com os parafusos de rótula e regulagem. Adicione os mecanismos do tipo rotação restrita no arco de regulagem e de rotação livre no ponto de rótula. Atente-se à colocação das arruelas visto que estas são fundamentais para o encaixe do componente.



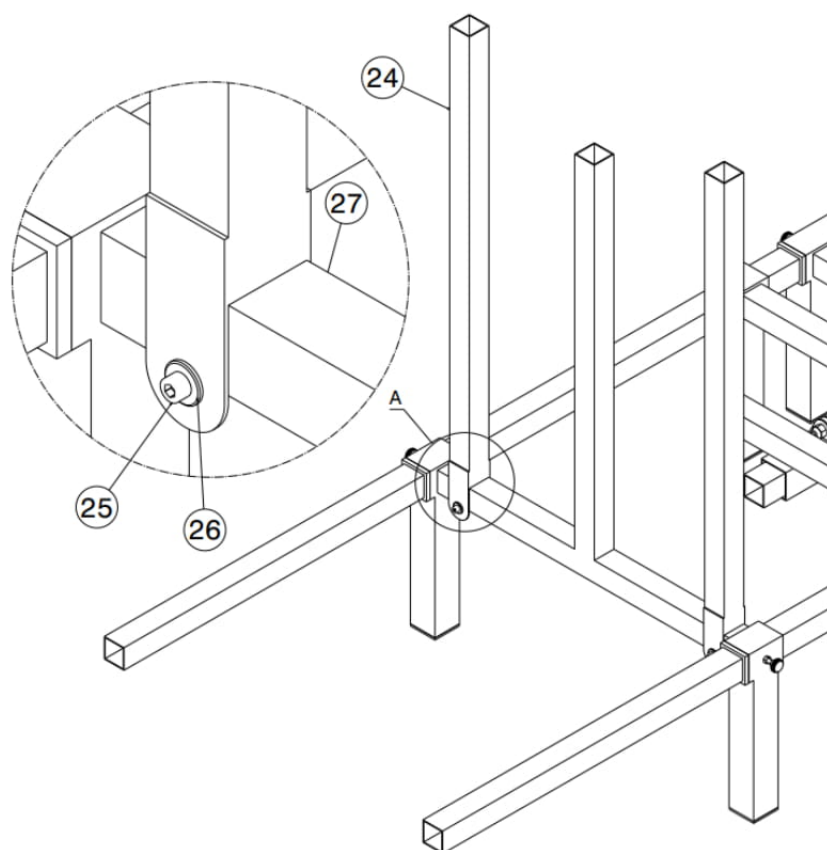
- Posicione ambas RHOs coincidindo com os parafusos de rótula e regulagem. Adicione os mecanismos do tipo rotação restrita no arco de regulagem e de rotação livre no ponto de rótula. Atente-se à colocação das arruelas visto que estas são fundamentais para o encaixe do componente.



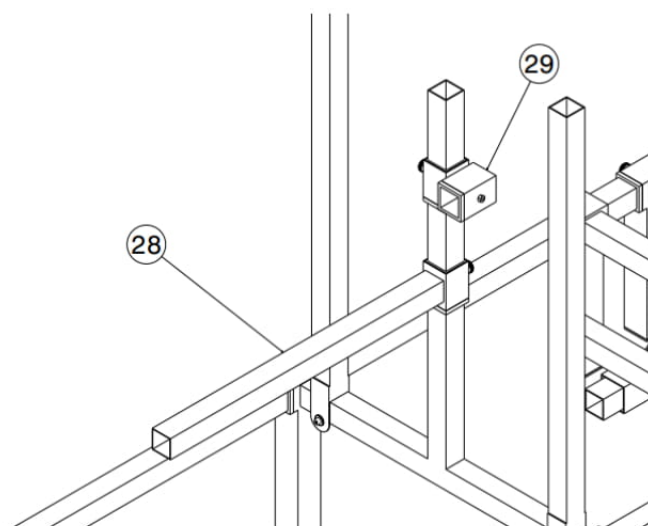
**Direção**

Nº	ID	Descrição	Quant.
24	CE16	FAB	2
25	MXSX	PARAFUSOS ISO 4762 M6X20/M6X60/M10X100	2/2/1
26	XAX	ARRUELAS ISO 7093 M6/M10	4/2
27	MXN	PORCA ISO 4032 M6/M10	4/1
28	CE13	ENCAIXE_ALTURA_PEDAL	1
29	CE20	ENCAIXE_TIPO_1	1
30	CE14	PROFUNDIDADE_PEDAL	1
31	CE11	PROFUNDIDADE_VOLANTE	1
32	CE15	PEDAL	2
33	CE35	HASTE_PERFURADA_PEDAL	2
34	CE12	ANGULO_VOLANTE	1

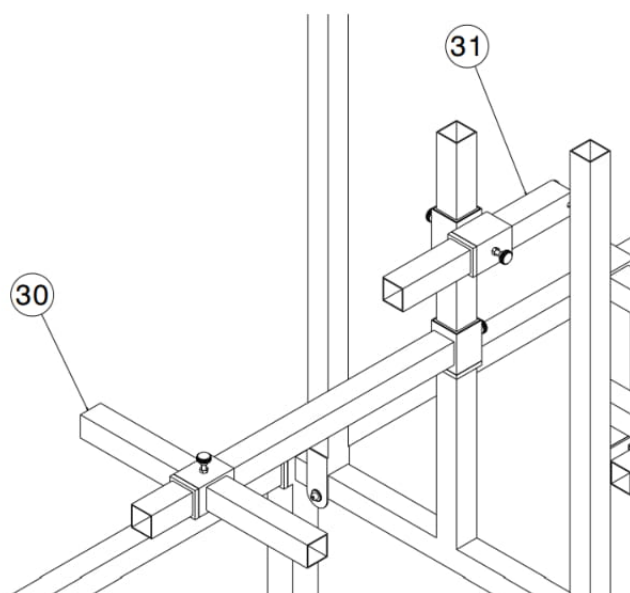
- Posicione as duas FABs e fixe-as exatamente como um mecanismo de rotação restrita (a porca em contato com a arruela se contrapõe ao parafuso M6x60 e sua arruela e seu aperto deve ser suficiente para impedir a movimentação do elemento).



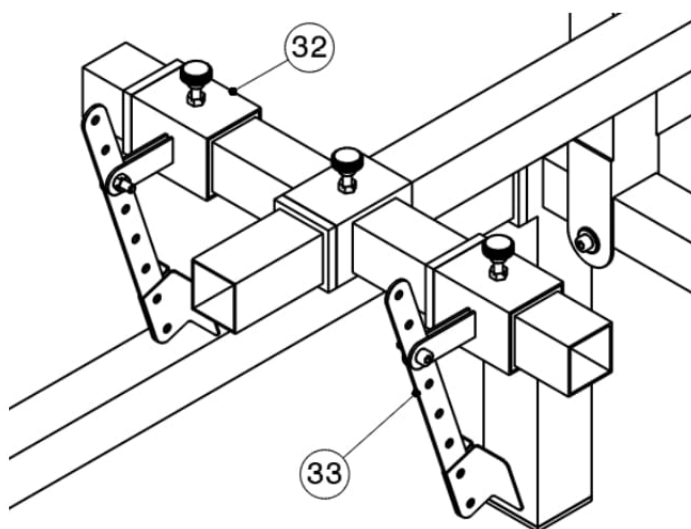
- Posicione os componentes e rosqueie seus respectivos botões recartilhados



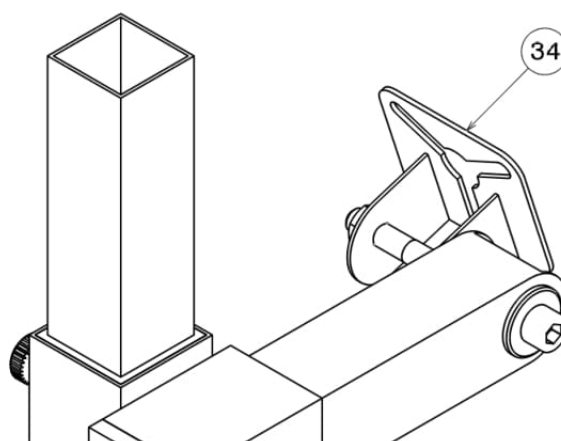
- Encaixe os componentes e rosqueie seus respectivos botões recartilhados.



- Encaixe os suportes dos pedais com seus botões recartilhados; então encaixe os pedais e aplique o mecanismo de rotação livre com os parafusos M6x20.
- Utilize o furo passante da aba inferior do suporte do pedal e qualquer um dos furos restantes da haste do pedal para posicionar as molas dos pedais.



- Posicione o regulador de angulação do volante e acople o mecanismo de rotação restrita do diâmetro compatível.

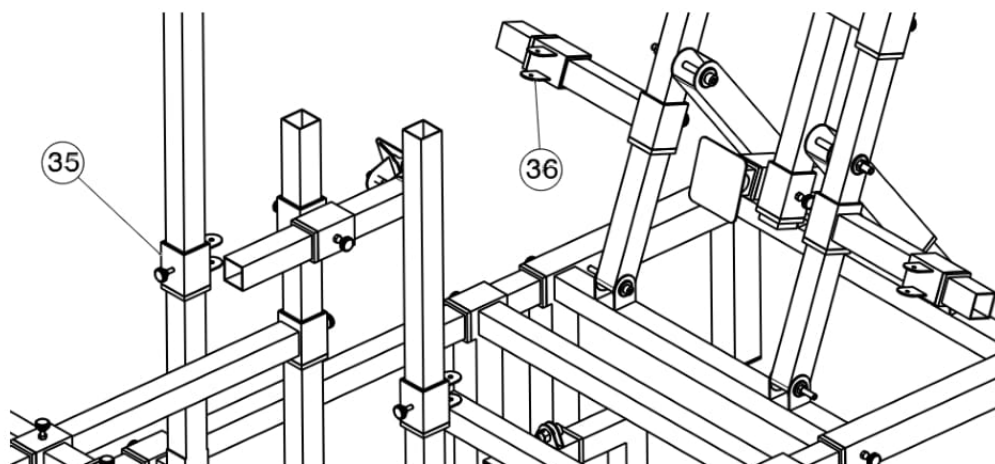


**Elementos de apoio**

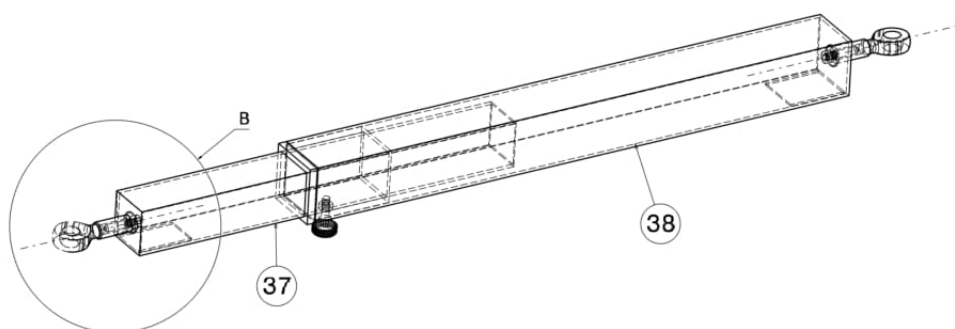
Nº	ID	Descrição	Quant.
35	CE05	ENCAIXE_SIM_FRONTAL	2
36	CE06	ENCAIXE_SIM_TRASEIRO	2
37	CE07	SIM_TRASEIRO_50	2
38	CE08	SIM_FRONTAL_40	2
39	TR	TERMINAL ROTULAR FÊMEA M6	4
40	MXSX	PARAFUSOS ISO 4762 M6X25/M6X60/M10X100	4/4
41	XAX	ARRUELAS ISO 7093 6X18	12
42	MXN	PORCA ISO 4032 M6	12
43	CE25	KILL_SWITCH	1
44	CE33	CHAPA_ANGULO_RACK	1
45	CE34	CHAPA_ASSOALHO	1



- Posicione os encaixes da sim e seus botões recartilhados.

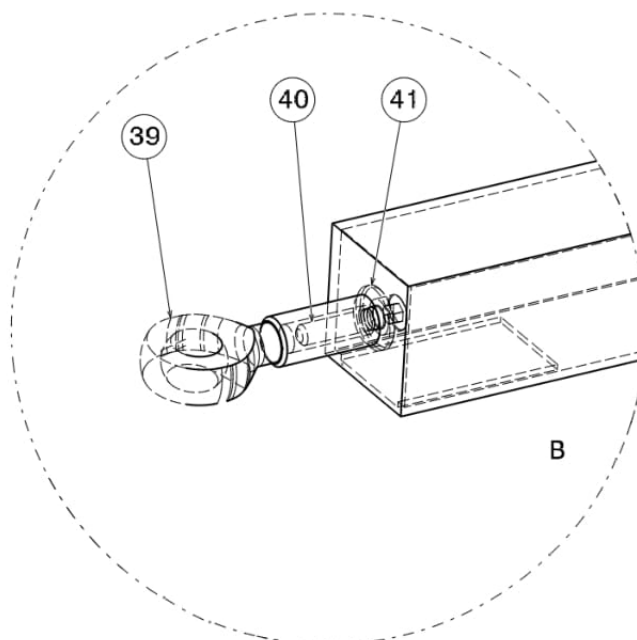


- Elabore dois conjuntos que representam a sim conforme as instruções a seguir.



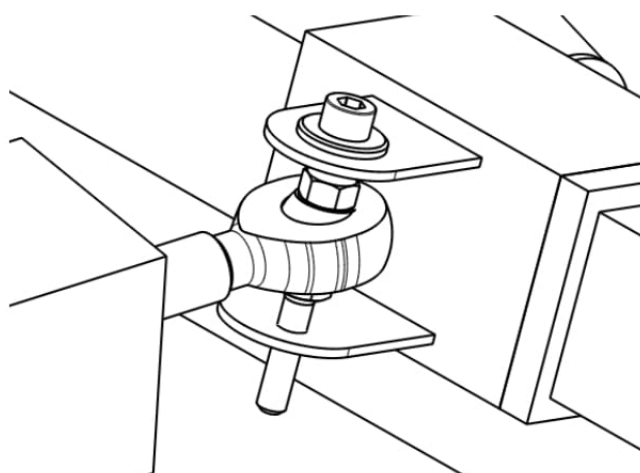
2x

- Posicione os terminais rotulares fêmea (juntas esféricas) nas extremidades e fixe-os com duas arruelas contrapostas e o parafuso de fixação. Para realizar o aperto, utilize o vão inferior na peça.

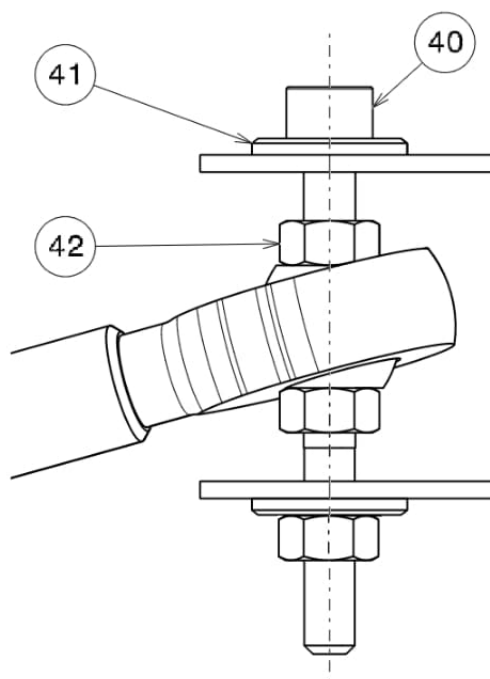


2x

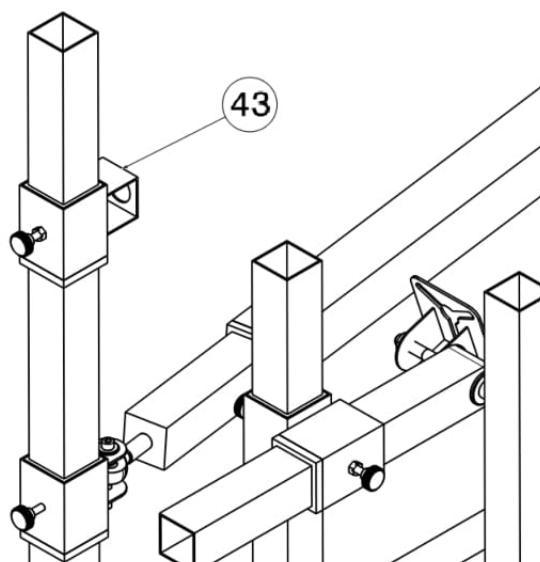
- Adicione o subconjunto montado à bancada e fixe-o por meio do mecanismo do tipo rotativo, entretanto, adequando-o para o apoio do terminal rotular por meio das porcas e arruelas, conforme indicado nas duas figuras a seguir.



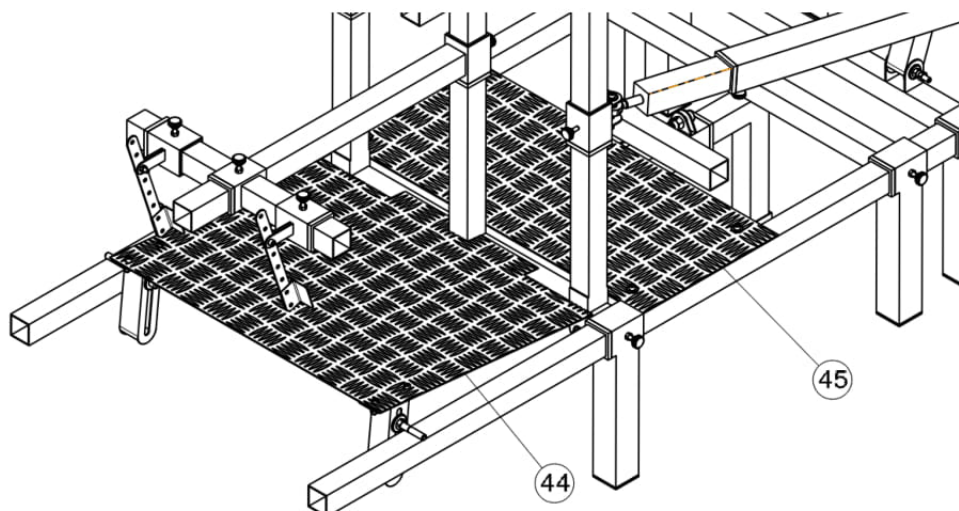
Página | 27



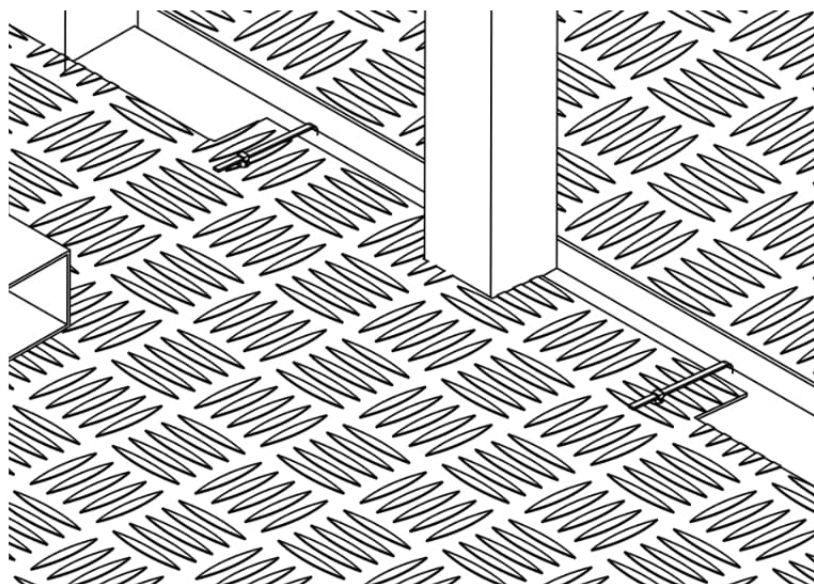
- Encaixe o suporte do botão de emergência.



- Apoie as chapas do assoalho e verifique o aperto dos parafusos.



- Prenda a chapa dianteira com duas abraçadeiras passando pelos furos na parte traseira da mesma.



### **Precauções para desmontagem e armazenamento**

Para o armazenamento, reserve um espaço de aproximadamente 0,4 x 0,4 m<sup>2</sup> longe de umidade se for armazenar verticalmente os elementos da bancada; se for fazê-lo horizontalmente, reserve aproximadamente 1,5 x 0,3 m<sup>2</sup>. Em ambos os casos, utilize a base da RRH para agrupar todos os elementos.

Ao desmontar a bancada, não mantenha atravessado aos respectivos furos cada conjunto de parafuso, arruela e porca para evitar danos. Guarde-os separadamente em caixas organizadas junto aos componentes desmontados.

Se guardados na horizontal, não utilize os elementos de grande dimensão como mesa ou suporte para outras atividades visto que estas podem ocasionar o seu empenamento.

Se guardados na vertical, amarre-os com uma corda ou fita a fim de evitar sua queda, danos e injúrias e não escore objetos aos componentes.

Se possível, cubra a parte mais acessível do conjunto para proteger de umidade e sujeira.

# APÊNDICE I – Manual de utilização

## Bancada Ergonômica para Veículos Baja SAE

# MANUAL DE UTILIZAÇÃO

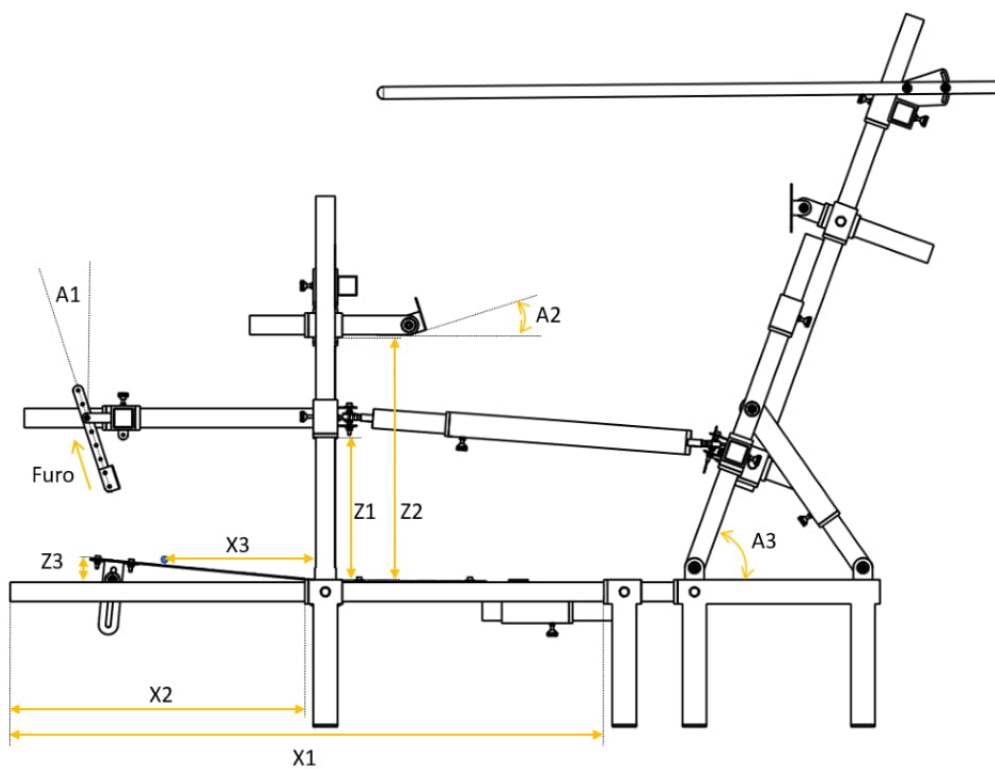


Figura 189 – Manual de utilização p.01. Fonte: Autores (2021).

Este guia contempla informações acerca da etapa de utilização.



O guia de **utilização** será útil nas seguintes situações:

- Como regular os componentes da bancada;
- Como medir as distâncias para replicar as cotas na bancada/CAD;
- Dúvida sobre o método de utilização da planilha de conversão;
- Dúvida sobre a utilização de elementos externos na bancada.



## Índice

<b>Descrição do funcionamento</b>	<b>4</b>
<b>Pré-utilização e limites de segurança</b>	<b>5</b>
<b>Regulagens</b>	<b>5</b>
Profundidade, altura e largura	6
Ângulos	6
<b>Apertos</b>	<b>6</b>
Elementos de pressão	6
Elementos rosqueáveis	7
<b>Referências e medições</b>	<b>8</b>
<b>Procedimento de utilização</b>	<b>9</b>
<b>Interação bancada-software</b>	<b>10</b>
Planilha de conversão	10
Entrada de dados	10
Saída de dados	11
Interação Bancada-CATIA	12
Interação CATIA-Bancada	13
Células bloqueadas	14
<b>Adaptação de elementos externos</b>	<b>14</b>

### **Descrição do funcionamento**

A utilização da bancada tem como objetivo verificar pontos críticos de um habitáculo correspondente ao de um veículo Baja SAE, melhorá-los por meio de ajustes de acordo com as configurações estruturais desejadas, tudo isso visando atender os percentis alvo.

Fica possibilitada a verificação prática de alcances, posicionamentos, utilização e outros parâmetros que estão relacionados ao cockpit.

Uma das funcionalidades da bancada é a possibilidade de fácil interpretação de distâncias correspondentes às cotas estabelecidas pelas normas de posicionamento do piloto no habitáculo. Esse posicionamento pode ser verificado na prática, convertido e aplicado em modelos tridimensionais desenvolvidos via software.

As instruções de interação bancada-software contidas neste guia, visam a utilização de ferramentas de *Ergonomics Design & Analysis* dentro dos ambientes de *Human Builder*, *Human Activity Analysis* e *Human Posture Analysis*.

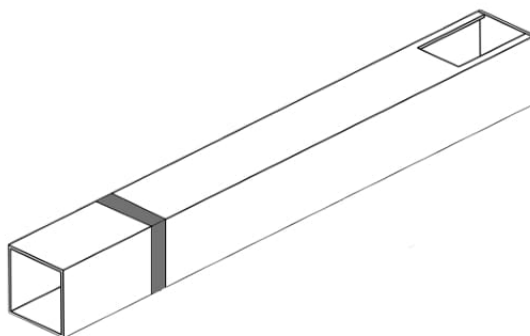
### Pré-utilização e limites de segurança

Sempre antes de utilizar a bancada, certifique-se de que:

- Todos os componentes estão bem encaixados e estáveis;
- As marcações dos limites de segurança não estão visíveis.

As marcações dos limites de segurança são os sinais presentes em elementos internos de encaixe (principalmente nos tubos de seção quadrada (40 x 40) mm) que indicam o posicionamento máximo permitido para este componente.

Os elementos LFS e SIM, ambos de encaixe, possuem cada uma a sua marcação feita em fita adesiva ao redor de todo seu perímetro, a qual **deve ficar oculta**. Se em algum momento, a marcação for visualizada, pare de utilizar a bancada e ajuste-a a fim de manter a segurança durante os ensaios ergonômicos.



### Regulagens

A representação de packages por meio da bancada ergonômica é realizada por meio dos mecanismos de ajuste. Para possibilitar o dimensionamento correspondente à configuração desejada, diferentes modos de aperto constituem a ferramenta.

**Profundidade, altura e largura**

Regulagem de elementos translacionais em diferentes componentes paralelos nos eixos:

- X: Longitudinal;
- Y: Transversal;
- Z: Altura.

**Observação:** Um mesmo mecanismo pode ser responsável por prover mais de um tipo de regulagem.

**Ângulos**

São originados por algum eixo, normalmente de um parafuso.

Podem ser:

- Restritivos: após regulados devem ser apertados até que o movimento seja limitado;
- Não restritivos: sua posição de funcionamento não requer alteração após a etapa de montagem da bancada.

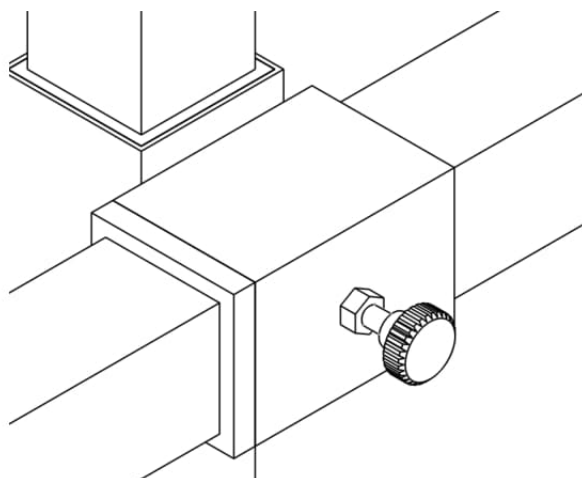
**Apertos**

Determinam a restrição dos movimentos após o ajuste.

**Elementos de pressão**

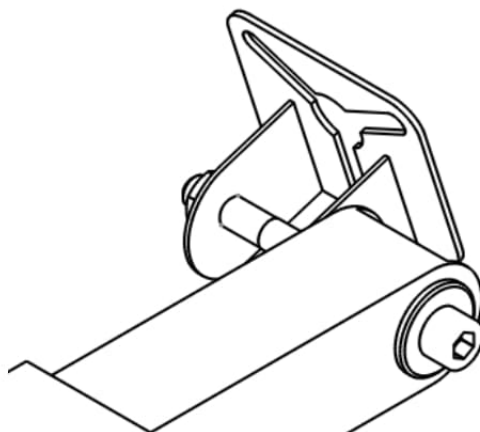
Podem ser:

- Botão recartilhado e porca;



- Parafuso, arruelas e porca de pressão;

Ambos devem ser apertados até que seja verificada a resistência e restrição do movimento.

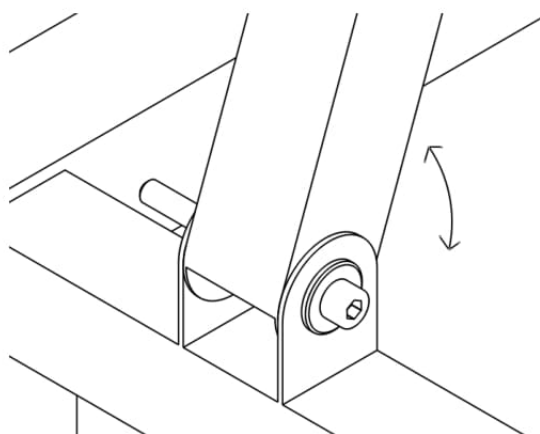


### **Elementos rosqueáveis**

É constituído de um conjunto parafuso-porca.

Proporcionam movimento de rotação aos respectivos componentes.

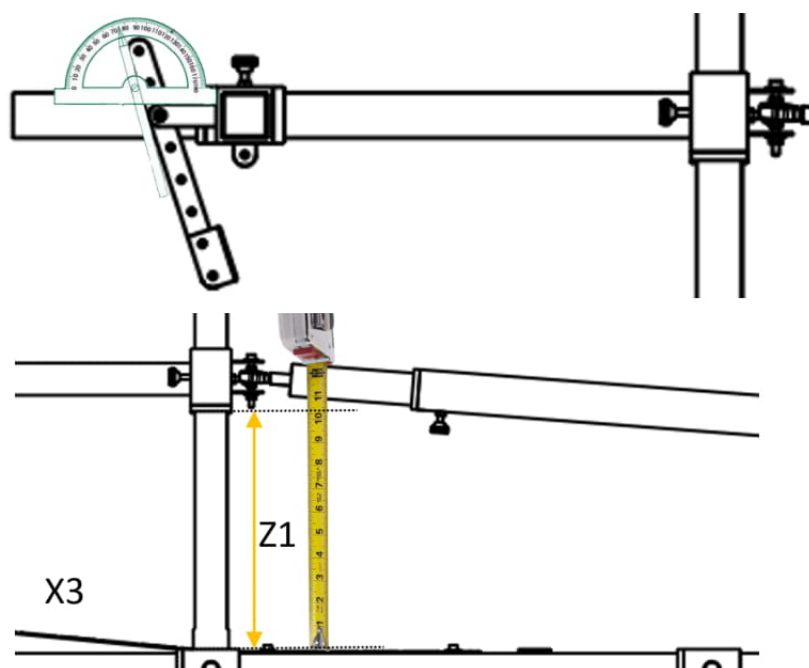
Sua mobilidade deve ser preservada, portanto, não requer aperto excessivo durante a utilização.



### Referências e medições

Utilize uma trena para realizar as medições de distâncias e um **transferidor ou goniômetro** para verificação de ângulos conforme as imagens ilustrativas.

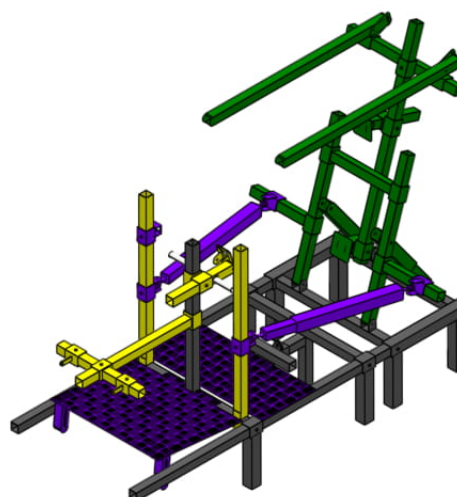
Para fazer extrair os valores das cotas referentes às normas, consulte a seção “**planilha de conversão**” neste manual, oriente-se pelas ilustrações da planilha e meça nas extremidades dos componentes indicados.



### Procedimento de utilização

A regulagem dos elementos da bancada deve ser realizada na mesma ordem de montagem a fim de otimizar sua utilização e evitar violações de segurança, sendo esta:

- Base (na cor cinza);
- Direção (na cor amarela);
- Encosto (na cor verde);
- Elementos de apoio (na cor azul).

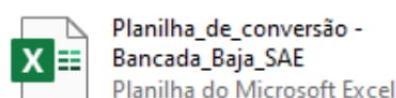


## Interação bancada-software

Utilize a planilha de conversão como instrumento de auxílio; converta as medidas extraídas dos elementos de referência na prática para adequação às cotas determinadas pelas normas SAE. Para isso, siga as instruções abaixo.

### Planilha de conversão

Abra o arquivo no Excel:



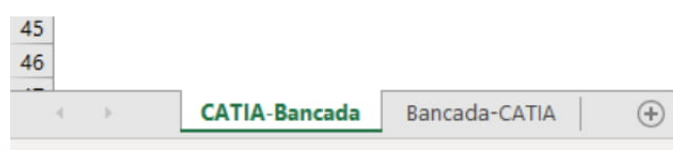
Abra o arquivo no CATIA V5:



A planilha possui dois modos de conversão das cotas:

- **Interação Bancada-CATIA;**
- **Interação CATIA-Bancada;**

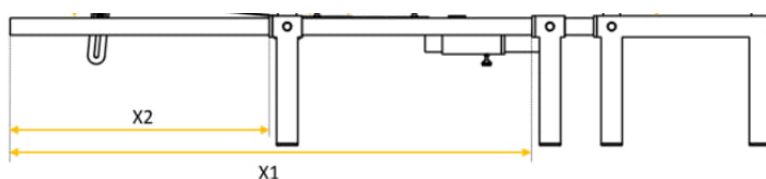
A alternância entre os modos pode ser realizada na parte inferior esquerda de sua tela, por meio das abas.



### Entrada de dados

Para utilizar, complete as células brancas ao lado ou acima das células amarelas com os valores referentes às medições nela solicitadas, como no exemplo:





Medições realizadas na bancada (Insira os valores em mm)													
X1	X2	X3	Z1	Z2	Z3	A1	A2	A3	X4	X5	Y1	Y2	Furo
		100		250									

Atente-se para o modo de conversão que será realizado para que seja selecionado o correto e os dados sejam inseridos nos campos adequados.

### Saída de dados

Obtenha os valores desejados nos campos de saída de dados ao lado das células na cor cinza.

	Seat Section		Accelerator Pedal Section			Steering Wheel Section			Foot Rest Section		
SgRP	L31	35	Rotation Axis Position	RAX	-15	Frame SW	L11	160	FRP	L98	-100
	W20	0		RAY	35		W7	0		W98	0
	H30	Proj.		RAZ	35		H17	25		H98	0
Travel Path	A19	-	AHP	L8	-100	Grip	A18	0	FPA	A48	-0,7
	TL2	-		W8	0		W9	Proj.		Y1 e Y2 representados no sentido contrário visto que todas as medições devem ser realizadas pelo lado esquerdo da bancada;	
Cushion	TL18	-	PRP	H8	0	Observações:					
	A27	Proj.		L1	-15						
Back	A40	0		W1	35						
				H1	65						

Lembre-se durante a realização das medições, de utilizar as ilustrações para se orientar. As distâncias devem ser medidas exatamente com base nos pontos ilustrados que correspondem às extremidades do componente estrutural;

Instruções e observações breves sobre o funcionamento da planilha podem ser encontradas em sua parte inferior.

Utilize o **modo de conversão de medidas** de acordo com o uso que será feito, isto é:





### Células bloqueadas

Com a finalidade de evitar danos às fórmulas ou à estrutura das células, estas foram trancadas e permaneceram desbloqueadas somente as que correspondem aos campos de entrada de dados.

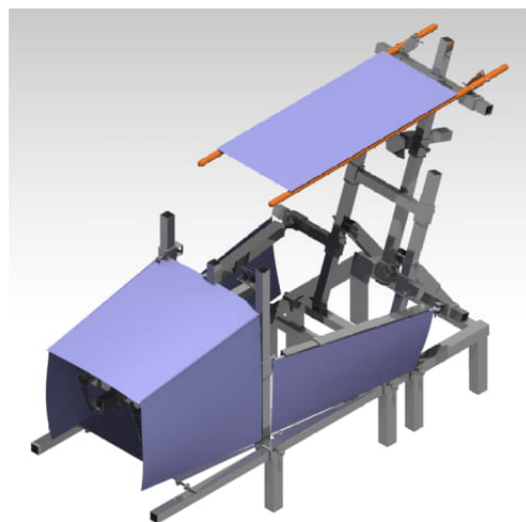
Caso deseje realizar alterações ou entender seu funcionamento, desbloqueie a planilha com a senha:

*bancadabaja*

### Adaptação de elementos externos

Elementos externos podem ser acoplados à bancada a fim de representar outros elementos presentes no habitáculo, por exemplo:

- Carenagens;
- Painéis;
- Extintor de incêndio;
- Revestimentos de segurança; e
- Outros.



Para isso:

- Faça uso de elementos fixadores como cordas, abraçadeiras e fitas colantes;
- Utilize também a estrutura da bancada para apoiar os novos elementos; e
- Não faça furos, cortes ou modificações que possam interferir no bom funcionamento da bancada.

## APÊNDICE J – Tabela de Conversão

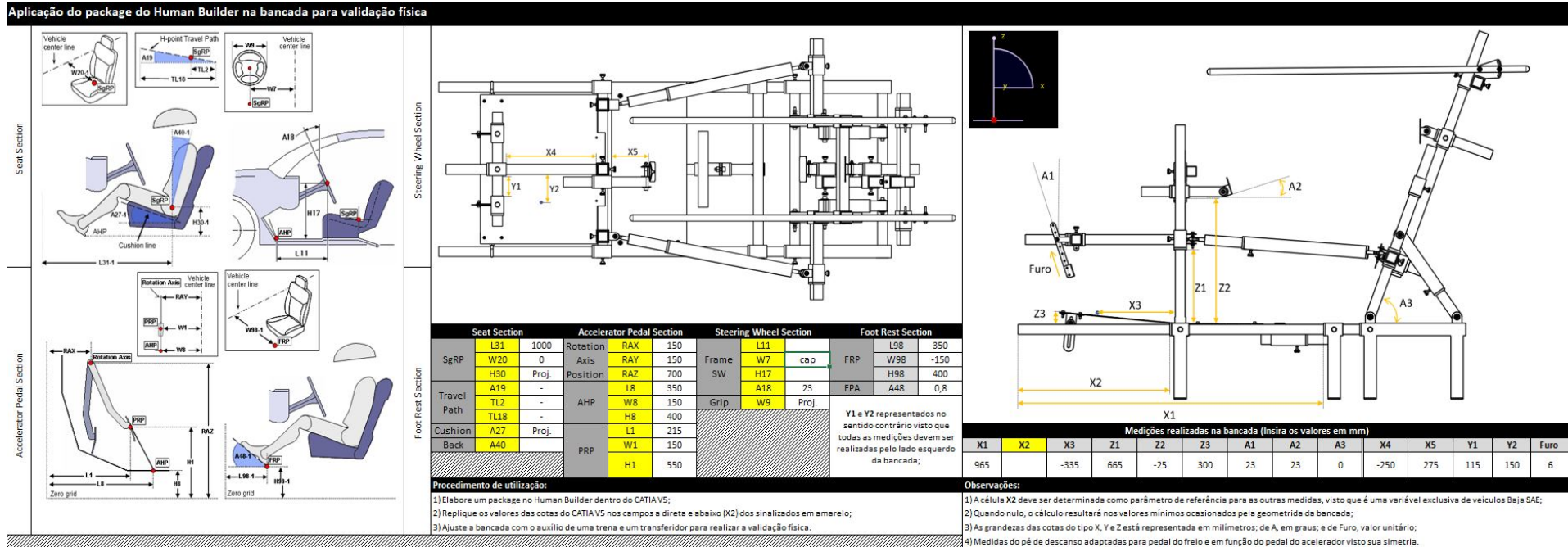


Figura 203 – Aplicação do package do Human Builder na bancada para validação física. Fonte: Autores (2021).

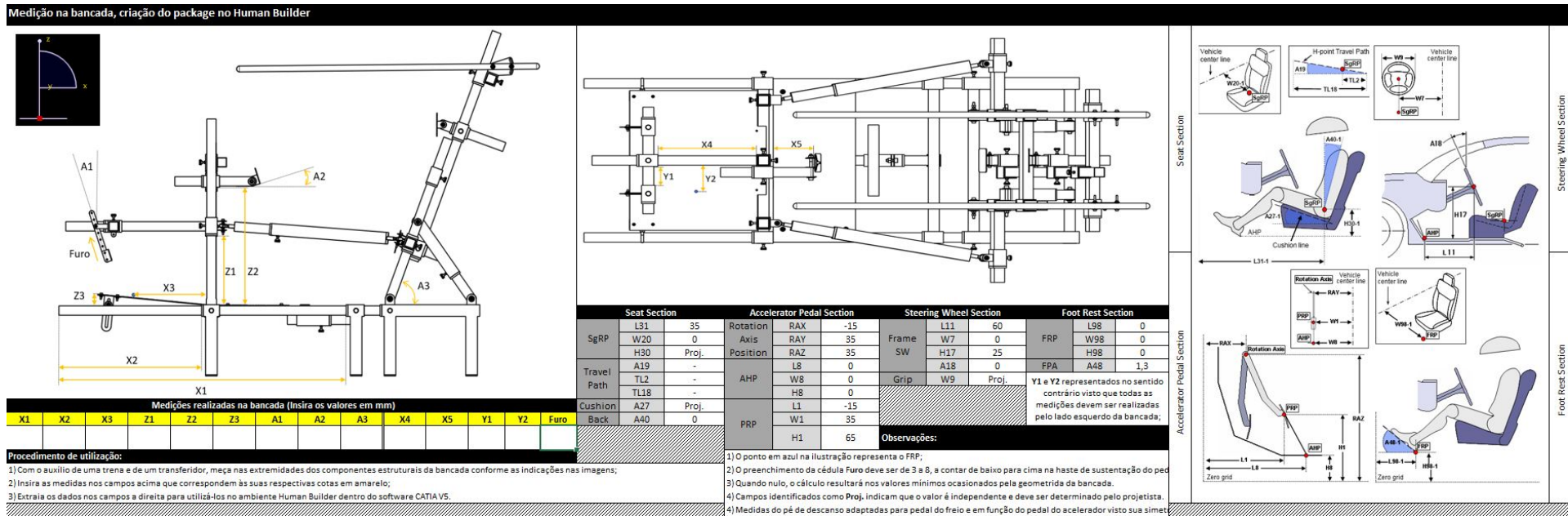


Figura 204 – Medição na bancada, criação do package no Human Builder. Fonte: Autores (2021).

# Anexos



# ANEXO A – Planilha de recheck



## Baja® SAE BRASIL Inspeção Técnica e de Segurança

### Campo exclusivo para Juízes!

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Ref.: RBSB 1 emd.0 / RBSB 3 emd.0 / RBSB 5 emd.2 / RBSB 7 emd.3 / RBSB 9 emd.3 / RBSB 11 emd.3

Esta planilha é apresentada somente como um documento de referência. Os veículos devem cumprir todas as regras, presentes ou não nesta planilha. Os juízes poderão a qualquer momento adicionar ou modificar os itens desta planilha para garantir o cumprimento da regra.

Veículos que se apresentarem para a inspeção de segurança com mais de três itens, que de acordo com esta planilha, ou com os juizes de segurança, não cumprem com a regra, serão enviados ao fim da fila de inspeção e serão deduzidos 15 pontos da equipe como penalização. (Ver RBSB 9 – seção 9.4.1.1). A cada re-check com mais de três itens discrepantes serão deduzidos 15 pontos adicionais.

Escola:	Equipe/N° carro:
Capitão:	Horário de entrada:

	1ª inspeção	1º re-check	2º re-check	3º re-check	Total	Horário de término da 1ª inspeção:	Visto do capitão da equipe:
Pontos a deduzir							

Referências para avaliação da janela de re-check

Juiz: \_\_\_\_\_ Aprovação: \_\_\_\_\_ Total de pontos a deduzir: \_\_\_\_\_

Itens iniciais							
Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check	
-	Verificar se equipe está dentro do horário ou se é "re-check"						
3.11	Consultar a equipe sobre a data da primeira participação do carro apresentado em competições nacionais BAJA SAE Brasil.						
9.4.1.1.3	Verificar as 5 fotos do veículo. Recolher as fotos e anexá-las à pasta do veículo.						
9.4.1.1.1	Verificar preenchimento da coluna "Equipe" dessa ficha.						
5.4	Veículo possui 4 rodas (ou mais).						
5.5	Largura máxima do veículo	≤1,62m					
5.17	Haste da bandeira laranja deve ter a extremidade cega.						
5.17	Medir altura da bandeira laranja.	Entre 2,20m e 2,50m					
5.16	Numeração do carro na frente, nas laterais e acima dos 4 pontos superiores da gaiola de proteção.						
5.16	Logotipo SAE e nome ou iniciais da escola.						



**Baja® SAE BRASIL**  
Inspeção Técnica e de  
Segurança

**Campo exclusivo para Juizes!**

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Equipe/Nº carro: \_\_\_\_\_ Juiz: \_\_\_\_\_ Aprovação: \_\_\_\_\_

Piloto dentro do carro						
Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check
7.6.2	Verificar cinto de segurança: tiras sobre os ombros fixadas em volta do tubo da gaiola, com restrição lateral de movimento e sem desvios no banco.					
7.6.4.1	Medir distância perpendicular à coluna no nível dos ombros do piloto até o tubo de fixação do cinto. Cinto não pode ser montado acima do nível dos ombros de qualquer piloto.	≤4" (102mm)				
7.6.3	Verificar posicionamento sub-abdominal do cinto de segurança.					
7.4.1 / 7.4.3.1	Medir distância entre o capacete do maior piloto e o envelope formado pela gaiola.	≥6" (152,4mm)				
7.4.1	Medir distância entre o corpo do piloto e o envelope formado pela gaiola.	≥3" (76,2mm)				
7.4.4.3	Medir distância máxima do capacete do piloto até o encosto de cabeça.	≤1" (25,4mm)				
7.6.1 / 7.6.1.1	Verificar cinto de segurança: tiras de 3" com 4 pontos de fixação e mecanismo de trava adequado.	Tipo Latch & Link é permitido, tipo Cam-Lock é proibido				
7.6.6	Verificar fixação dos restritores de braço no cinto de segurança.					
7.6.6.1	Verificar restritores de braço: braços no envelope da gaiola.					
7.5.8.1	Chave geral interna: deve estar localizada na parte frontal do cockpit, dentro do campo de ação do piloto. Não pode ser montada em volante removível.					
7.4.2.6	Verificar posicionamento dos pés do piloto (atrás do plano AF <sub>R</sub> , AF <sub>L</sub> , SF <sub>R</sub> e SF <sub>L</sub> ). Caso os pés estejam acima dos pontos SFR <sub>L</sub> , mais um tubo LC é requerido.					
7.5.6	Verificar se subsistemas estão isolados dos pés e pernas do piloto. Observar tamanho máximo de abertura/furo admissível.	≤6,35mm				
7.5.10	Verificar funcionamento do pedal do acelerador: dimensionamento, curso, batente positivo, retorno, cabo coberto dentro do cockpit.					
7.5.10	Verificar se motor vai para marcha lenta em caso de falha de sistema.					
7.5.9	Verificar posição do extintor: lado direito do carro, ao menos metade acima do tubo SIM, abaixo da cabeça do piloto.					
7.5.9	Fixação do extintor deve impedir que este se solte com trepidação e deve permitir fácil acesso por qualquer pessoa.					
7.5.9	Fixação do extintor deve ser de metal e deve ser rigidamente presa à gaiola.					
7.5.9	Verificar classificação do extintor de incêndio.	Mínimo UL 5 B-C.				
7.5.9	Verificar validade e nível de pressão do extintor.					
7.5.9	Extintores reserva são fortemente recomendados. Caso o extintor seja usado será necessário substituí-lo por outro que atenda às regras.					
7.5.9	Verificar identificação do extintor com nome da escola e número do carro.					
-	A instalação de câmeras deve atender a todas as regras de distância ao piloto (7.4.1 e 7.4.3.1). É proibida instalação de câmeras no capacete. Verificar e colar adesivo.	De acordo com Informativo 18 (Nacional 2015)				
-	O rádio de comunicação com o piloto e todos seus componentes devem estar fixados somente no seu corpo. Verificar e colar adesivo.	De acordo com Informativo 18 (Nacional 2015)				
7.5.2	Verificar tempo de saída do piloto	≤5s				
-	Colocar pulseira correspondente aos pilotos nos aprovados nessa prova.					





**Baja® SAE BRASIL**  
**Inspeção Técnica e de**  
**Segurança**

**Campo exclusivo para Juízes!**

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Equipe/Nº carro: \_\_\_\_\_ Juiz: \_\_\_\_\_ Aprovação: \_\_\_\_\_

Material e estrutura da gaiola de proteção							
Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check	
9.4.1.1.2	Verificar o preenchimento da "Ficha de Especificação da Gaiola".						
7.4.4.6	Verificar documentação da composição e nota fiscal do material da gaiola.	≥0,18% de carbono					
7.4.4	Tubos com material padrão: elementos estruturais da gaiola de proteção (tubos fortes) RRH, RHO, LFS, FBM, LC, FLC e tubos de fixação dos cintos de segurança. Medir diâmetro externo e espessura.	Diâmetro externo: ≥25,4mm Espessura: ≥3,0mm					
7.4.4	Tubos com materiais alternativos: precisam ter rigidez a flexão (EI) e resistência a flexão (Sy.I/c) equivalentes. Medir espessura.	Espessura ≥1,57mm					
7.4.4	Elementos adicionais (tubos fracos) LDB, SIM,USM,FAB e RLC. Medir diâmetro externo e espessura.	Diâmetro externo: ≥25,4mm Espessura: ≥0,89mm					
7.4.2.2	Arco traseiro - RRH: tubos verticais podem ter dobras, mas não serem seccionados.						
7.4.2.2	O assento não pode ultrapassar o plano formado pelos tubos do RRH.						
7.4.2.3	Contraventamento diagonal - LDB: extremidades necessariamente são ligadas aos tubos verticais do RRH. Pode ser feito com mais de um tubo.						
7.6.2	Tubo das tiras sobre-ombros do cinto de segurança deve ser contínuo.						
7.4.2.4	Elementos superiores - RHO: tubo contínuo com elementos dianteiros FBMup, início da dobra no ponto C e elemento transversal LC nesse ponto.						
7.4.2.8	Elementos dianteiros - FBMup: contínuo com RHO, se liga aos elementos de proteção lateral SIM no ponto 3F. Elemento transversal LC nesse ponto.						
7.4.2.8	Elementos dianteiros - FBMwr: pode ser contínuo com FBMup e RHO, se liga aos elementos laterais inferiores LFS no ponto AF. Elemento transversal LC nesse ponto.						
7.4.2.8	Caso FBMup se ligue à SIM ≥2" atrás do ponto SF, requer-se tubo forte adicional entre FBMup/SIM e LFS.						
7.4.2.5	Elementos laterais inferiores - LFS: devem se estender à frente dos calcanhares do piloto.						
7.4.2.9	Contraventamento lateral - FAB: qualquer das duas opções pode ser utilizada Dianteiro ou Traseiro. Indicar na coluna ao lado.	Contraventamento utilizado:					

Figura 208 – Planilha da Inspeção Técnica e de Segurança. Página 4. Fonte: SAE BRASIL (2016).



**Baja® SAE BRASIL**  
Inspeção Técnica e de  
Segurança

**Campo exclusivo para Juízes!**

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Equipe/Nº carro: \_\_\_\_\_ Juiz: \_\_\_\_\_ Aprovação: \_\_\_\_\_

Medições e Qualidade de fabricação							
Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check	
7.4.2.1	Comprimento não-suportado dos tubos que possuem dobras $\geq 6"$ de raio.	$\leq 28"$ (711,2mm)					
7.4.2.3	Distância das extremidades do LDB até os tubos inferior e superior do RRH.	$\leq 5"$ (127mm) vertical					
7.4.2.4	Verificar distância máxima de 2 polegadas da fixação dos RHO na parte superior do RRH.	$\leq 2"$ (50,8mm)					
7.4.2.9.1	Caso contraventamento dianteiro: medir distância da extremidade do FABup até o ponto C.	$\leq 5"$ (127mm) vertical					
7.4.2.9.2	Caso contraventamento traseiro: medir comprimento dos elementos.	$\leq 32"$ (812,8mm)					
7.4.2.9.2	Caso contraventamento traseiro: medir comprimento dos elementos em arco (apenas raio contínuo é permitido).	$\leq 28"$ (711,2mm)					
7.4.2.9.2	Caso contraventamento traseiro: medir distância dos pontos de ligação com o RRH do FABup, FABmid e FABlwr até pontos B, S e A, respectivamente.	$\leq 2"$ (50,8mm)					
7.4.2.9.2	Caso contraventamento traseiro: posicionamento do elemento transversal traseiro RLC em relação ao centro da triangulação do contraventamento traseiro.	$\leq 15"$ (381mm)					
7.4.2.2	Ângulo do plano RRH com a vertical.	$\pm 20^\circ$					
7.4.2.3	Ângulo entre LDB e RRH.	$\geq 20^\circ$					
7.4.2.8	Ângulo do FBMup com a vertical.	$\leq 45^\circ$					
7.4.2.9.1	Caso contraventamento dianteiro: medir ângulo entre FABup e FBMup.	$\geq 30^\circ$					
7.4.2.9.1	Caso contraventamento dianteiro: medir ângulo entre elementos FABup e FABlwr, caso apenas um elemento FABlwr seja utilizado.	$\leq 15^\circ$ (em projeção lateral)					
7.4.2.9.1	Caso contraventamento dianteiro: medir ângulo entre os elementos FABlwr, caso dois elementos FABlwr sejam utilizados.	$\leq 90^\circ$					
7.4.2.9.2	Caso contraventamento traseiro: medir ângulo entre elementos FABup, FABmid e FABlwr.	$\geq 25^\circ$					
5.15	Medir requisitos da placa do ponto de reboque traseiro: espessura, diâmetro do furo e distância do furo à borda.	Espessura $\leq 9,5$ mm Diâmetro $\geq 25,4$ mm Distância $\leq 25,4$ mm					
5.14	Ponto de reboque dianteiro pode ser tubular (diâmetro $\leq 1"$ ) ou placa com as características do ponto de reboque traseiro.						
7.4.2.2	Geralção: largura do RRH em altura acima do assento.	$\geq 29"$ (736,6mm) de largura a $27"$ (685,8mm) de altura					
7.4.2.4	Geralção: distância do ponto C à frente do assento.	$\geq 12"$ (304,8mm)					
7.4.2.6	Geralção: altura do SIM acima do assento.	Entre $8"$ (203,2mm) e $14"$ (355,6mm)					
7.4.2.7	Geralção: distância do tubo de proteção sob o banco do piloto USM à frente do ponto mais baixo do assento.	$\leq 2"$ (50,8mm)					
7.4.2.10	Verificar qualidade de fabricação da gaiola. Inspeccionar soldas, sinais de trincas em dobras e regiões com sinais de escoamento e de possível falha.						
7.4.5	Gaiolas com elementos parafusados.	Aplicar requisito próprio.					
7.5.3.1	Motor lateral ou frontal.	Aplicar requisito próprio.					

Figura 209 – Planilha da Inspeção Técnica e de Segurança. Página 5. Fonte: SAE BRASIL (2016).



**Baja® SAE BRASIL**  
**Inspeção Técnica e de**  
**Segurança**

**Campo exclusivo para Juízes!**

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Equipe/Nº carro: \_\_\_\_\_ Juiz: \_\_\_\_\_ Aprovação: \_\_\_\_\_

Proteção do piloto e Fixadores						
Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check
7.4.4.2	Revestimento dos tubos ao redor do piloto deve cobrir: RHO, FAB, SIM e qualquer tubo que possa entrar diretamente em contato com o piloto no caso de falha mecânica da estrutura, à exceção do RRH.					
7.4.4.2	Revestimento deve deixar espaço livre de 25.4mm nas extremidades dos tubos para inspeção das soldas.					
7.4.4.2	Revestimento dos tubos deve ser de material resiliente como Polietileno ou similar. Medir espessura mínima.	≥12mm				
7.4.4.3	Encosto de cabeça deve ser de material com absorção de energia suficiente como Ethafoam, Ensolite ou similar. Medir espessura mínima e área.	Espessura ≥38mm Área ≥232cm²				
7.4.4.3	Encosto de cabeça deve estar rigidamente fixo à gaiola de proteção. Verificar resistência da fixação à força normal de 890N.					
7.5.3	Parede corta-fogo deve ser de metal e deve isolar completamente o compartimento do motor/tanque do cockpit, inclusive qualquer porção do cinto que passe além da parede.					
7.5.3	Medir espessura mínima da parede corta-fogo.	≥0,5mm				
7.5.4	Carenagem lateral deve ser de plástico, fibra de vidro, metal ou material similar.					
7.5.4	Carenagem lateral deve cobrir toda a região entre os tubos LFS e SIM. Observar tamanho máximo de abertura/furo admissível.	≤6,35mm				
7.5.5	Assoalho deve ser de metal, fibra de vidro, plástico ou similar. Metal expandido, tecido e painéis perfurados são proibidos.					
7.5.5	Assoalho deve cobrir toda a extensão do cockpit e impedir que detritos entrem em contato com o piloto.					
7.5.7	Para o "chapéu", recomendam-se fixações rígidas e geometria que permita flexibilidade. Recomendam-se materiais como plásticos flexíveis. Caso a peça caia (ex. em um capotamento), uma substituta precisa atender às regras.					
7.4.4.5	Verificação de arestas cortantes no interior de habitáculo e no exterior do veículo (frente, laterais, traseira)					
7.10.1	Verificar se fixação dos sistemas de direção, suspensão, freios, acelerador e cintos de segurança possuem mecanismos de travamento (porca auto-travante, contra porca ou arame de freio).	Arruelas de pressão e travantes químicos são proibidos				
7.10.1.1	Verificar instalação dos arames de freio, observando os requisitos do item 7.10.1.1 do regulamento.					
7.10.2	Verificar se parafusos cumprem a especificação de classe de resistência. Qualquer solução que não está de acordo com as condições requeridas deve estar acompanhado de documentação.	SAE classe 5, métrico M8.8 ou especificação militar				
7.10.3	Verificar se os parafusos possuem 2 (dois) filetes de rosca expostos após a porca.					
7.10.4	Verificar se todas conexões em cisalhamento simples possuem arruelas de proteção.					

Figura 210 – Planilha da Inspeção Técnica e de Segurança. Página 6. Fonte: SAE BRASIL (2016).



**Baja® SAE BRASIL**  
**Inspeção Técnica e de**  
**Segurança**

**Campo exclusivo para Juízes!**

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Equipe/Nº carro: \_\_\_\_\_ Juiz: \_\_\_\_\_ Aprovação: \_\_\_\_\_

Sistema elétrico						
Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check
5.9	Bateria selada, seca (alcalina) ou do tipo gel. Verificar capacidade da bateria.	≤13Ah				
5.9	Qualquer controle dos sistemas de suspensão, transmissão ou combustível deve ser feito com energia provinda do motor.					
5.1	Dispositivos acumuladores de energia são proibidos, à exceção dos hidráulicos.					
5.12	Luz e alarme sonoro obrigatórios em veículos com marcha ré. Devem atender a norma.	SAE J759 para luz SAE J1741 ou J994 para alarme				
7.5.8	Chaves gerais: devem desligar todo o sistema elétrico do carro, à exceção da luz de freio.					
7.5.8.1	Chave geral externa: deve ser do tipo emergencial, quando acionada deve permanecer no estado desligado.					
7.5.8.2	Chave geral externa: deve estar localizada no lado direito do veículo, entre os tubos do RRH e do contraventamento traseiro. Verificar altura limite abaixo do ponto B.	≤7" (177,8mm)				
7.5.8.1	Chave geral interna: não pode ser do tipo de atuação momentânea e não pode requerer ação contínua do piloto.					
7.5.8.3	Chaves gerais: devem mostrar os procedimentos para ligar e desligar. Devem estar identificadas como CHAVE GERAL e mostrar as posições LIGA e DESLIGA claramente.					
7.5.8.4	Chaves gerais: os fios precisam estar selados, protegidos ou fixados à gaiola. Nenhuma parte dos fios pode estar exposta a ponto de enrolar-se no piloto ou em obstáculos da pista.					
7.7.3	Luz de freio, preferencialmente, deve possuir classificação SAE "S" ou "U". Caso não possua, deve atender ou exceder a norma. Peças automotivas podem ser utilizadas. Deve ser fornecida documentação que comprove o atendimento à norma.	SAE J759				
7.5.8 / 7.7.3	Verificar se luz de freio permanece acesa mesmo com as chaves gerais acionadas. Fazer o teste para as duas chaves separadamente					

Figura 211 – Planilha da Inspeção Técnica e de Segurança. Página 7. Fonte: SAE BRASIL (2016).



Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Equipe/Nº carro: \_\_\_\_\_ Juiz: \_\_\_\_\_ Aprovação: \_\_\_\_\_

Freios, suspensão, direção, trem de força						
Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check
7.7.1 / 7.7.2	O sistema de freios deve possuir um reservatório de fluido para cada uma das duas linhas hidráulicas. Estas devem ser independentes e devem atuar nas quatro rodas do veículo. Linhas de plástico são proibidas.					
7.9.2	Um para-choque deve ser instalado caso as barras de direção estejam muito expostas.					
7.9.3	Barras de direção ajustáveis devem estar travadas.					
7.9	Verificar sistema de direção: dimensionamento, curso livre de batente a batente considerando o movimento da suspensão.					
7.9.4	Verificar qualidade de fabricação, resistência e funcionalidade dos componentes de suspensão e direção.					
7.11.1	Proteção de aço (ou de material alternativo) de partes rotativas devem impedir que forças centrífugas projetem componentes como correias, correntes, pinhões etc. em caso de falha.					
7.11.1	Medir espessura da chapa de aço das proteções dos sistemas rotativos. Recolher relatório de equivalência de absorção de energia caso material alternativo.	Espessura $\geq 1,5\text{mm}$ Materiais alternativos $\geq 3\text{mm}$				
7.11.1.1	Proteções laterais de partes rotativas devem impedir qualquer acesso a esses componentes.					

### Referência



Figura 212 – Planilha da Inspeção Técnica e de Segurança. Página 8. Fonte: SAE BRASIL (2016).



**Baja® SAE BRASIL**  
**Inspeção Técnica e de**  
**Segurança**

**Campo exclusivo para Juízes!**

Controle de tempo:	
Horário de início da página	
Horário de término da página	

Equipe/Nº carro: \_\_\_\_\_ Juiz: \_\_\_\_\_ Aprovação: \_\_\_\_\_

Sistema de combustível						
Seção	Regra	Observações	Equipe	Juiz	Problema? Qual?	Re-Check
7.8.1	Motor, tanque e todo sistema de combustível devem estar completamente no interior do envelope da gaiola, protegidos contra impacto e capotamento.					
7.8.1	Verificar se a fixação do tanque não irá soltar com trepidação.					
7.8.3	Verificar ausência de interferências das mangueiras de combustível com arestas cortantes do veiculos, partes quentes do motor e contato que gere atrito contínuo, mesmo considerando o veiculo em movimento. Verificar fixação da linha de combustível de forma segura.					
7.8.3	Verificar ausência de linhas de combustível no cockpit.					
7.8.3	Verificar a instalação de ilhós (grommeting) caso a linha de combustível passe através de qualquer peça do veiculo.					
7.8.3	Verificar se todas as linhas de combustível são aprovadas para uso automotivo.					
7.8.3	Verificar diâmetros da linha de combustível.	Diâmetro externo ≤ 1/2" (12,7mm) Diâmetro interno ≤ 1/4" (6,35mm)				
7.8.3	Filtro de combustível, caso seja usado, deve ser original Briggs & Stratton.					
7.8.2	Apenas um tanque original Briggs & Stratton, sem qualquer modificação ou reparo.					
7.8.2.1 / 7.8.4.2	Verificar funcionamento da válvula unidirecional e existência da vedação adicional na tampa do tanque.					
7.8.4	Medir proteção do tanque contra respingos: diâmetro externo (ou área equivalente 324,3 cm²) e distância entre aresta superior do tanque até o topo da proteção.	Diâmetro ≥ 8" (203,2mm) Distância ≥ 1,5" (38,1mm)				
7.8.4	Verificar estanqueidade e drenagem da proteção do tanque contra respingos. Não poderá haver acúmulo de combustível.	Diâmetro interno ≥ 1/4" (6,35 mm)				
7.8.4	Verificar se fixação não está diretamente no tanque ao redor da tampa de combustível.					
7.5.3	Testar o isolamento do corta-fogo e proteção contra respingos no cockpit e partes quentes, respectivamente.					
7.11.3	Verificar sistema de escapamento do motor quanto ao aquecimento das superfícies adjacentes. Medir distância entre a superfície mais próxima do veiculo e a borda do bocal. Caso a distância mínima não seja respeitada, verificar isolação da superfície afetada.	Em relação à borda do bocal: ≥80mm Ou em relação à linha de centro do bocal: ≥30mm				
7.8.7	Verificar material do dispositivo de reabastecimento. Garrafa PET é proibida.					
7.8.7	Simular reabastecimento sem combustível. Verificar ergonomia, possíveis interferências (tanque, proteção contra respingo, dispositivo de reabastecimento etc.)					
7.8.7	Realizar reabastecimento com água. O tanque de teste deve ser posicionado em altura próxima à do tanque do carro e começar parcialmente preenchido. Deve ser abastecido com água suficiente para o transbordamento. Todo o processo deve ser realizado com o dispositivo de reabastecimento da equipe e não pode depender de controle visual para cortar o fluxo de combustível. Apenas algumas gotas serão toleradas como vazamento.					

**Final da inspeção. Caso equipe tenha sido aprovada, colar a adesivo da prova.**

Figura 213 – Planilha da Inspeção Técnica e de Segurança. Página 9. Fonte: SAE BRASIL (2016).