



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Projeto Integrador de Engenharias 2

A2P2: Analisador de Ambiente Para Plantações

Brasília, DF
2020



Caio César Curvelo Camilo, Cauê Mateus Oliveira, Daniel de Paiva Rath,
Eduardo Aben-Athar de Freitas, Francisca Raiane Gomes Pessoa, Gabriela
Medeiros da Silva, Geovana Ramos Sousa Silva, Igor de Alcantara Rabelo,
Juliana Torri dos Santos, Lidiane Laís Silva Santos, Luyza Lorennna Lacerda
Lopes, Matheus Avelino Freire, Thiago Ribeiro Pereira, Vinícius Rodrigues
Oliveira, Wilton Miro Barros Junior

A2P2: Analisador de Ambiente Para Plantações

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Alex Reis, Jose Felicio da Silva, Paolo Gessini, Ricardo
Matos Chaim e Rhander Viana

Brasília, DF

2020

Caio César Curvelo Camilo, Cauê Mateus Oliveira, Daniel de Paiva Rath, Eduardo Aben-Athar de Freitas, Francisca Raiane Gomes Pessoa, Gabriela Medeiros da Silva, Geovana Ramos Sousa Silva, Igor de Alcantara Rabelo, Juliana Torri dos Santos, Lidiane Laís Silva Santos, Luyza Lorenna Lacerda Lopes, Matheus Avelino Freire, Thiago Ribeiro Pereira, Vinícius Rodrigues Oliveira, Wilton Miro Barros Junior

A2P2: Analisador de Ambiente Para Plantações/ Caio César Curvelo Camilo, Cauê Mateus Oliveira, Daniel de Paiva Rath, Eduardo Aben-Athar de Freitas, Francisca Raiane Gomes Pessoa, Gabriela Medeiros da Silva, Geovana Ramos Sousa Silva, Igor de Alcantara Rabelo, Juliana Torri dos Santos, Lidiane Laís Silva Santos, Luyza Lorenna Lacerda Lopes, Matheus Avelino Freire, Thiago Ribeiro Pereira, Vinícius Rodrigues Oliveira, Wilton Miro Barros Junior. – Brasília, DF, 2020-

205 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Alex Reis, Jose Felicio da Silva, Paolo Gessini, Ricardo Matos Chaim e Rhander Viana

Projeto Integrador de Engenharia 2 – Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA , 2020.

1. Internet das coisas. 2. Agricultura de precisão.. I. Alex Reis, Jose Felicio da Silva, Paolo Gessini, Ricardo Matos Chaim e Rhander Viana. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. A2P2: Analisador de Ambiente Para Plantações

Resumo

Atualmente, os agricultores possuem o desafio de produzir mais sem aumentar o espaço de plantio, devido ao crescimento populacional e às questões ambientais. Para isso, é preciso investir na agricultura de precisão para que um maior percentual da produção seja aproveitado, considerando o mesmo espaço de plantação. Pensando nisso, este trabalho apresenta como proposta o uso de estações informatizadas de monitoramento climático e do solo para que o agricultor se mantenha informado sobre as condições do seu campo e tome as medidas necessárias para corrigir índices não ideais. O diferencial dessa proposta está nas duas interfaces de apresentação dos dados: uma plataforma web e um chatbot. Portanto, o agricultor não precisa se locomover até sua plantação, pois tem acesso aos dados instantaneamente na palma da sua mão, seja conversando com o chatbot ou visualizando os gráficos da plataforma web.

Palavras-chaves: Internet das coisas, agronegócio, agricultura de precisão.

Listas de ilustrações

Figura 1 – Módulo ESP32. Fonte: USINAINFO 2020	28
Figura 2 – Sensor de umidade do solo. Fonte: ELETROGATE 2020	30
Figura 3 – Sensor de pH do solo. Fonte: AMERICANAS 2020	31
Figura 4 – Anemômetro. Fonte: USINAINFO 2020	32
Figura 5 – Pluviômetro. Fonte: USINAINFO 2020	33
Figura 6 – Sensor BME280. Fonte: AMERICANAS 2020	34
Figura 7 – Modulo GSM SIM808. Fonte: FILIPEFLOP 2020	34
Figura 8 – Leituras com V_{ref} diferentes. Autor: MORAIS 2020	38
Figura 9 – Teste 1 - Formato da curva em $0dB$. Autor: MORAIS 2020	39
Figura 10 – Teste 1 - Formato da curva de erro em $0dB$. Autor: MORAIS 2020	39
Figura 11 – Teste 2 - Representação das curvas em $11dB$. Autor: MORAIS 2020	40
Figura 12 – Teste 2 - Representação do erro das curvas em $11dB$. Autor: MORAIS 2020	40
Figura 13 – Diagrama de fluxo lógico da estação Solo.	41
Figura 14 – Diagrama de fluxo lógico da estação climática.	42
Figura 15 – Diagrama de fluxo lógico de todo o sistema	43
Figura 16 – Diagrama dos teste eletrônicos	44
Figura 17 – Diagrama dos teste eletrônicos	45
Figura 18 – Esquemático da estação solo	48
Figura 19 – Esquemático da estação Clima-Solo	49
Figura 20 – PCB da estação Solo.	50
Figura 21 – PCB da estação Clima-Solo.	51
Figura 22 – Composição do sistema de alimentação	52
Figura 23 – Baterias. Fonte: UNIPOWER 2020 e REISBATERIAS 2020	57
Figura 24 – Conversores de carga. Fonte: MERCADOLIVRE, 2020 e SUNHOME, 2020	58
Figura 25 – Sistema de condicionamento de potência como conexão entre os sistemas de geração, armazenamento e carga.	59
Figura 26 – Conversores CC/CC. Fonte: CURTOCIRCUITO, 2020 e ELETROGATE, 2020.	59
Figura 27 – Chave geral 3 polos. Fonte: ELETRODEX 2020	60
Figura 28 – Porta fusível 5x20 AS-06. Fonte: ELETRICA 2020	61
Figura 29 – Blocos de distribuição SIBRATEC. Fonte: SIBRATEC, 2020	62
Figura 30 – Quadro de comando e proteção da Estação Solo.	63
Figura 31 – Quadro de comando e proteção da Estação Clima-Solo.	64

Figura 32 – Terminal de compressão para cabos de 1,5mm ² . Fonte: SOUZACUS-TONS 2020	65
Figura 33 – Diagrama unifilar da Estação Solo	66
Figura 34 – Diagrama unifilar da Estação Clima-Solo	67
Figura 35 – Irradiação mensal do local de teste	68
Figura 36 – Inclinação do módulo fotovoltaico	68
Figura 37 – Consumo diário	69
Figura 38 – de desempenho.	70
Figura 39 – Termômetro infravermelho. Fonte: CRESESB, 2014	73
Figura 40 – Medições através do conector MC4. Fonte: CANALSOLAR, 2020	74
Figura 41 – Posicionamento e dimensões dos componentes no interior do quadro de proteção e comando.	76
Figura 42 – Posicionamento dos cabos no interior do quadro de proteção e comando e as seções transversais de cada trecho.	77
Figura 43 – Cabos crimpados conectados na caixa de junção na parte traseira do painel solar. Fonte:MERCADOLIVRE, 2020. Adaptado.	78
Figura 44 – Conceito da Estação Clima-Solo.	79
Figura 45 – Conceito da Estação Solo.	80
Figura 46 – Distância entre pluviômetro e objeto de obstrução. Fonte: (TUCCI, 2004) (Adaptado)	83
Figura 47 – Dimensões da broca a ser utilizada no mecanismo de perfuração.	85
Figura 48 – Esforços aplicados dados pelas massas dos componentes.	87
Figura 49 – Diagrama de corpo livre da estação clima-solo devido aos momentos.	88
Figura 50 – Diagrama de momento fletor da estação clima-solo.	89
Figura 51 – Trecho da tabela de coeficientes de arrasto, Ca, para corpos de seção constante. Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 22.	92
Figura 52 – Trecho da tabela de coeficientes de força, Cf, para muros e placas retangulares. Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 32.	92
Figura 53 – esforços aplicados aos componentes devido ao vento.	93
Figura 54 – diagrama de corpo livre da estação meteorológica com aplicação do vento.	94
Figura 55 – Diagrama de esforço cortante da estação meteorológica.	95
Figura 56 – Diagrama de momento fletor da estação meteorológica.	96
Figura 57 – Forças aplicadas nas pontas das alças.	97
Figura 58 – Parafuso utilizado.	99
Figura 59 – Porca utilizada.	99
Figura 60 – Abraçadeira V-band utilizada.	99
Figura 61 – Tampa de acabamento para metalon.	100

Figura 62 – Modelo de caixa utilizada para distribuição, eletrônicos e baterias.	100
Figura 63 – Malha refinada.	103
Figura 64 – Tensões provenientes dos esforços estáticos.	104
Figura 65 – Tensões provenientes dos esforços da ação do vento.	105
Figura 66 – Tensões provenientes dos esforços nas alças rotacionais.	106
Figura 67 – Plano de fabricação estação clima-solo e estação solo.	107
Figura 68 – EAP do Produto	111
Figura 69 – Protótipo da aplicação Web no Figma	112
Figura 70 – Protótipo do chatbot no Botsociety	112
Figura 71 – Autenticação	113
Figura 72 – Funcionalidades do Perfil	113
Figura 73 – Tela <i>Dashboard</i>	114
Figura 74 – Tela de Exportação de Relatórios	114
Figura 75 – Tela de gerenciar parâmetros	115
Figura 76 – Diagrama Geral de Software	115
Figura 77 – Diagrama de API. Fonte: MVC	116
Figura 78 – Funcionamento do React com Redux. Fonte: MVC	117
Figura 79 – Chatbot	118
Figura 80 – Diagrama de Casos de Uso	120
Figura 81 – Diagrama Entidade Relacionamento	128
Figura 82 – Diagrama de Pacotes <i>Frontend</i>	129
Figura 83 – Diagrama de Pacotes <i>Backend</i>	130
Figura 84 – NFR de confiabilidade	131
Figura 85 – NFR de disponibilidade	132
Figura 86 – NFR de interoperabilidade	132
Figura 87 – NFR de performance	133
Figura 88 – NFR de privacidade	133
Figura 89 – NFR de segurança	134
Figura 90 – NFR de usabilidade	134
Figura 91 – Estação Clima-solo	135
Figura 92 – Estação Solo	136
Figura 93 – Representação arquitetural da A2P2	137
Figura 94 – Representação arquitetural da A2P2 por meio de blocos parte 1.	138
Figura 95 – Representação arquitetural da A2P2 por meio de blocos parte 2.	138
Figura 96 – Integração do Módulo GSM com a API e Camada Visual do Software	139
Figura 97 – Simulação de alerta a partir de dados enviados pelo microcontrolador	140
Figura 98 – Logotipo	151
Figura 99 – Metodologia Kanban. Fonte: Kan+ban	154
Figura 100 – Metodologia SCRUM. Fonte: SCRUM	155

Figura 101 – Estrutura Analítica do Projeto	157
Figura 102 – Cronograma	162
Figura 103 – Esquema de componentes da Estação Clima-solo.	164
Figura 104 – Esquema de componentes da Estação Solo.	165
Figura 105 – Desenho técnico da haste central da Estação Clima-solo.	166
Figura 106 – Desenho técnico da haste central da Estação Solo.	167
Figura 107 – Desenho técnico do encaixe inferior da Estação Clima-solo.	168
Figura 108 – Desenho técnico do encaixe superior da Estação Clima-solo.	169
Figura 109 – Desenho técnico da tampa inferior.	170
Figura 110 – Desenho técnico da tampa superior.	171
Figura 111 – Desenho técnico da broca de perfuração do solo.	172
Figura 112 – Desenho técnico da regulagem de apoio.	173
Figura 113 – Cortes Chapas 2mm	174
Figura 114 – Cortes Chapas 3mm	175
Figura 115 – Camadas PCB - Estação Solo	180
Figura 116 – Vistas 2D PCB - Estação Solo	181
Figura 117 – Assembly e vista superior PCB estação solo	182
Figura 118 – Camadas PCB estação Clima-solo	183
Figura 119 – Vistas 2D PCB estação Clima-solo	184
Figura 120 – Assembly e vista superior da estação Clima-solo	185
Figura 121 – Pinagem ESP32	187
Figura 122 – Manual de Montagem - página 1	190
Figura 123 – Manual de Montagem - página 2	191
Figura 124 – Manual de Montagem - página 3	192
Figura 125 – Manual de Montagem - página 4	193
Figura 126 – Manual de Montagem - página 5	194
Figura 127 – Manual de Montagem - página 6	195
Figura 128 – Manual de Montagem - página 7	196
Figura 129 – Manual de Montagem - página 8	197
Figura 130 – Manual de Montagem - página 9	198
Figura 131 – Manual de Montagem - página 10	199
Figura 132 – Manual de Montagem - página 11	200
Figura 133 – Manual de Montagem - página 12	201
Figura 134 – Manual de Montagem - página 13	202
Figura 135 – Manual de Montagem - página 14	203
Figura 136 – Manual de Montagem - página 15	204
Figura 137 – Manual de Montagem - página 16	205

Lista de tabelas

Tabela 1 – Levantamento de custos da estação solo e clima-solo	20
Tabela 2 – SWOT	22
Tabela 3 – Riscos de Projeto	22
Tabela 4 – Medidas preventivas e corretivas	23
Tabela 5 – Especificação ESP32	29
Tabela 6 – Erros nos componentes	36
Tabela 7 – Relação parâmetros de requisição e sensores	44
Tabela 8 – Relação tempo de resposta e tempo de funcionamento dos componentes de cada estação	53
Tabela 9 – Demanda energética da Estação Solo	54
Tabela 10 – Demanda energética da Estação Meteorológica	54
Tabela 11 – Irradiação solar diária mensal em (kWh/m^2)	55
Tabela 12 – Características dos painéis solares da A2P2.	55
Tabela 13 – Características das baterias do A2P2.	57
Tabela 14 – Conversor CC-CC Step-Down e Step-Up.	60
Tabela 15 – Lista de componentes para montagem do quadro de proteção e controle e instalação do cabeamento crimpado.	75
Tabela 16 – Cálculo do comprimento da broca.	84
Tabela 17 – Valores de força resultante da ação das massas dos componentes.	86
Tabela 18 – Momentos aplicados devido à massas dos componentes	86
Tabela 19 – Valores de área frontal efetiva Ae.	91
Tabela 20 – Valores de força resultante da ação do vento.	93
Tabela 21 – Consumo diário da estação solo do A2P2 para o período de operação de 24 horas	141
Tabela 22 – Consumo diário da estação clima-solo do A2P2 para o período de operação de 24 horas	141
Tabela 23 – Integrantes do grupo e respectivas atribuições	152
Tabela 24 – Ferramentas de comunicação	153
Tabela 25 – Levantamento de custos da estação solo	159
Tabela 26 – Levantamento de custos da estação clima-solo	160
Tabela 27 – Levantamento de Custo Mensal - Máquina para hospedagem do sistema	161
Tabela 28 – Ferramentas de comunicação	163
Tabela 29 – Funcionalidades do A2P2	176
Tabela 30 – Principais decisões	177
Tabela 31 – Microcontroladores	178
Tabela 32 – Especificações dos Sensores	179

Tabela 33 – Lista de materiais - Estação solo	186
Tabela 34 – Lista de materiais - Estação clima-solo	186
Tabela 35 – Matriz de decisão do material estrutural	188
Tabela 36 – Propriedades do AISI 316L (ASM, 2020)	189

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
2	PROBLEMÁTICA	17
2.1	Justificativa	17
2.2	Objetivos do Projeto	18
2.2.1	Geral	18
2.2.2	Específicos	18
3	GERENCIAMENTO DE PROJETO	19
3.1	Tempo	19
3.1.1	Estrutura Analítica do Projeto	19
3.2	Levantamento de custos	19
3.2.1	Recursos materiais necessários	19
3.2.2	Custos com recursos humanos	21
3.3	Riscos	21
3.3.1	Análise S.W.O.T	21
3.3.2	Riscos do projeto	22
3.3.3	Medidas preventivas e corretivas	22
4	REQUISITOS DE PROJETO	24
4.1	Requisitos do Sistema	24
4.2	Requisitos do Subsistema	24
4.2.1	Alojamento e sustentação	24
4.2.2	Controlador	25
4.2.3	Sensoriamento	25
4.2.4	Transmissão de dados	25
4.2.5	Localização do equipamento	26
4.2.6	Alimentação	26
4.2.7	Interação com usuários	26
4.3	Metas Arquiteturais	27
5	SISTEMA ELETRÔNICO	28
5.1	ESP32	28
5.2	Sensores da Estação Solo	29
5.2.1	Umidade do solo	29
5.2.2	Potencial Hidrogeniônico (pH) do solo	30

5.3	Sensores da Estação Clima-Solo	31
5.3.1	Anemômetro	31
5.3.2	Pluviômetro	32
5.3.3	Sensor BME280	33
5.3.4	Módulo GSM GPS Bluetooth SIM808	34
5.4	Comunicação do sistema embarcado	35
5.4.1	UART	35
5.4.2	RS-485	35
5.4.3	I2C	35
5.5	Erros do Sistema embarcado	36
5.6	Erros nos canais Analógico/Digital da ESP32	36
5.6.1	Testes realizados nos canais ADC	38
5.6.1.1	Teste 1	38
5.6.1.2	Teste 2	39
5.7	Diagramas de fluxo	41
5.8	Códigos e Simulações	43
5.9	Testes do sistema eletrônico	45
5.9.1	Métodos de testes eletrônicos	45
5.10	Plano de fabricação e montagem de subsistemas	47
5.10.1	Montagem do circuito eletrônico	47
5.10.2	Projeto de Fabricação da PCB	49
6	SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO	52
6.1	Composição do sistema de alimentação	52
6.2	Determinação do tempo de medição	53
6.3	Demandas energéticas	54
6.4	Dimensionamento do módulo fotovoltaico	54
6.5	Autonomia	55
6.6	Dimensionamento da bateria	56
6.7	Dimensionamento do controlador de carga	57
6.8	Sistema de condicionamento de potência	58
6.9	Sistema de proteção elétrica	60
6.10	Dimensionamento do cabeamento	65
6.11	Esquemático do sistema	66
6.12	Simulação	67
6.13	Plano de testes	71
6.13.1	Inspeção visual	71
6.13.2	Testes operacionais	72
6.13.2.1	Medição da tensão de circuito aberto e corrente de curto-circuito	73
6.14	Plano de Fabricação	75

7	ESTRUTURA	79
7.1	Posicionamento dos equipamentos nas estruturas	80
7.1.1	Estação Solo	80
7.1.2	Estação Clima-solo	81
7.1.2.1	Sensor de temperatura, umidade do ar e pressão atmosférica	81
7.1.2.2	Anemômetro	82
7.1.2.3	Pluviômetro	82
7.2	Mecanismo de perfuração	83
7.3	Esforços	85
7.3.1	Esforço devido à massa dos próprios componentes e apoios externos	85
7.3.2	Forças devido à ação do vento	89
7.3.3	Esforços devido à utilização das alças	96
7.4	Materiais e componentes secundários	98
7.5	Validação do projeto	100
7.5.1	Plano de validação	101
7.5.2	Validação computacional	101
7.5.2.1	Qualidade da malha	102
7.5.2.2	Tensões provenientes dos esforços estáticos	104
7.5.2.3	Tensões provenientes dos esforços de ação do vento	105
7.5.2.4	Tensões provenientes dos esforços nas alças rotacionais	106
7.6	Plano de fabricação	107
7.6.1	Estação Clima-solo	108
7.6.2	Estação Solo	108
7.7	Procedimento de montagem	109
8	SOFTWARE	111
8.1	Arquitetura da Informação	111
8.1.1	Concepção do Projeto	111
8.1.2	EAP do produto	111
8.1.3	Protótipos	112
8.1.4	Fluxo de Informação	113
8.2	Arquitetura de Software	115
8.2.1	Fluxo de Dados	115
8.2.2	API	116
8.2.3	Aplicação Web	116
8.2.3.1	Chatbot	117
8.2.4	Ferramentas Auxiliares	119
8.3	Modelagem	120
8.3.1	Diagrama de Casos de Uso	120
8.3.1.1	Descrição dos Casos de Uso	121

8.3.2	Banco de Dados	128
8.3.3	Diagrama de Pacotes	129
8.3.3.1	Diagramas NFR	131
9	INTEGRAÇÃO DO SISTEMA	135
9.1	Integração Software e Sensores	139
9.2	Módulos e alimentação	140
10	PLANO DE MANUTENÇÃO PERIÓDICA	142
10.1	Manutenções estruturais	142
10.2	Manutenções de embarcados	142
10.3	Manutenções do sistema de alimentação	144
REFERÊNCIAS		145
APÊNDICES		150
APÊNDICE A – TERMO DE ABERTURA		151
APÊNDICE B – RECURSOS HUMANOS		152
B.1	Origem dos recursos	152
B.2	Equipe e Responsabilidades	152
B.3	Professores	153
B.4	Comunicação	153
B.4.1	Ferramentas	153
B.4.2	Atas de Reunião	153
APÊNDICE C – METODOLOGIA		154
C.1	Metodologias Ágeis	154
C.1.1	Kanban	154
C.1.2	Adaptação SCRUM e SAFe	155
C.2	Processo de engenharia de requisitos	156
C.3	Processo de desenvolvimento	156
APÊNDICE D – ESTRUTURA ANALITICA		157
APÊNDICE E – PLANILHAS DE CUSTOS INDIVIDUAIS		158
APÊNDICE F – CRONOGRAMA		162
APÊNDICE G – TABELA É VS NÃO É		163

APÊNDICE H – DESENHOS TÉCNICOS	164
H.1 Esquema de componentes da Estação Clima-solo	164
H.2 Esquema de componentes da Estação Solo	165
H.3 Haste central da Estação Clima-solo	166
H.4 Haste central da Estação Solo	167
H.5 Encaixe inferior	168
H.6 Encaixe superior da Estação Clima-solo	169
H.7 Tampa inferior	170
H.8 Tampa superior	171
H.9 Broca de perfuração	172
H.10 Regulagem de apoio	173
H.11 Cortes em chapas	174
H.11.1 Cortes em chapas 2mm	174
H.11.2 Cortes em chapas 3mm	174
APÊNDICE I – FUNCIONALIDADES DO PRODUTO DE SOFTWARE	176
APÊNDICE J – PRINCIPAIS DECISÕES DE SOFTWARE	177
APÊNDICE K – COMPARATIVO TÉCNICO MICROCONTROLDORES	178
APÊNDICE L – ESPECIFICAÇÕES SENSORES	179
APÊNDICE M – PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO	180
M.1 Layouts da estação solo	180
M.2 Layouts da estação clima-solo	183
APÊNDICE N – LISTA DE MATERIAIS - PCI	186
APÊNDICE O – PINAGEM ESP32	187
APÊNDICE P – MATRIZ DE DECISÃO DO MATERIAL ESTRUTURAL	188
APÊNDICE Q – PROPRIEDADES DO MATERIAL ESCOLHIDO	189
APÊNDICE R – MANUAL DE MONTAGEM	190

1 Introdução

O agronegócio é um dos negócios mais lucrativos do mundo, ainda mais com o crescimento populacional mundial cuja a taxa só cresce com o passar dos anos. O Brasil, por ser um país predominantemente agrário, tem muito a ganhar com este crescimento. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) prevê um novo recorde de safra nacional de grãos em 2020: 247 milhões de toneladas, um aumento de 2,3% em relação à colheita do ano anterior ([IBGE, 2020](#)). É notável que o país ocupa relevante e crescente posição no cenário mundial agrícola, alimentando cerca de 1,5 bilhões de pessoas segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária ([EMBRAPA, 2019](#)). Tal destaque é fruto da privilegiada localização geográfica do país: nas faixas tropical e subtropical do planeta, consideradas as mais apropriadas para a agricultura convencional ([GOMES, 2019](#)). A grande quantidade de safras obtidas por ano é reflexo desse fato.

Enquanto o país se destaca no cenário agrícola mundial, a demanda externa só cresce. A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que a produção de alimentos deve crescer 70% até 2050 para suprir a necessidade mundial, considerando a previsão de aumento populacional. Por outro lado, dados, também da ONU, indicam que, mesmo atualmente, 820 milhões de pessoas são atingidas pela fome no mundo ([ONU, 2019](#)).

Um aumento de produção tradicionalmente necessitaria de um aumento de áreas agricultáveis. Entretanto, o país também é signatário de compromissos internacionais para a redução substancial do desmatamento, como o assinado em 2009 na Convenção-Quadro da ONU sobre mudanças climáticas. Além disso, a preservação ambiental é fator determinante para o estabelecimento de novos acordos comerciais, como entre o Mercosul e Europa ([UOL, 2020](#)). Ante o exposto, na perspectiva futura para a produção agrícola, considerando a crescente demanda e a necessidade de preservação ambiental, só há uma saída: produzir mais alimentos na mesma área.

Enquanto que na perspectiva mundial vê-se a necessidade de um aumento na produtividade, uma nova demanda tem se tornado cada vez mais notável entre os agricultores: a agricultura de precisão ([MIRANDA, 2017](#)). A agricultura de precisão é a resposta para a escassez de dados por parte do agricultor. Ela elimina muitas decisões de serem tomadas na "tentativa e erro" e provê uma análise mais técnica, baseada na disponibilidade de muitos dados. Ela provê o monitoramento de dados mesmo que à distância, não necessitando do deslocamento a diversos pontos da propriedade para a realização de medições e, por ser um sistema fixo de coleta de dados, possibilita a criação de gráficos e análise de tendências ao longo do tempo.

A Agricultura de Precisão é definida como um sistema de gestão agrícola baseado em tecnologia da informação (BANU, 2015). Apresenta como finalidade a análise, gerência e tomada de decisões de forma rápida e eficiente para a realização de correções em parâmetros do solo ou mitigação de efeitos decorrentes do clima. Busca-se garantir a uniformidade de parâmetros em cada metro quadrado de manejo, diminuindo as deficiências provenientes da variabilidade espacial no território a fim de se obter o melhor da produção (MIRANDA, 2017). Aumentando-se a eficácia e a eficiência da produção, acaba-se economizando também água, fertilizantes e corretivos químicos. Com a precisão nos dados, aplicar-se-á a exata quantidade necessária de tais insumos, evitando desperdícios e excessos, potencializando-se ainda mais os resultados da produção (BROOK, 2020). Assim como empresas desenvolvem processos para mitigação de riscos e antecipação de resultados para tomada de decisão de forma mais ágil, o desenvolvimento tecnológico recente possibilitou a implementação de tais conceitos na gestão agrícola.

A implementação da Agricultura de Precisão só foi possível a partir da criação do Sistema de Posicionamento Global (GPS, Global Positioning System, sigla em inglês) lançado em 1978 pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, entrando completamente em operação no ano de 1993 (FLOWSENSE, 2019). Paralelamente a isso, deu-se o desenvolvimento de sensores para análise de parâmetros do clima e do solo, bem como microcontroladores. Em conjunto, é possível monitorar, em um sistema, os valores de tais parâmetros em tempo real e a variação em um determinado período de tempo a partir de diversos pontos de coleta de dados espalhados pela propriedade agrícola.

A Agricultura de Precisão é a tendência no mercado agrícola e tema de diversas publicações científicas (MIRANDA, 2017), seguindo em constante aprimoramento. Atualmente, tem sido crescente a integração dela aos conceitos de “Internet das Coisas”, sendo denominada tal união: Agricultura 4.0. Nela, cada base composta pelos sensores de análise espalhadas pela propriedade agrícola é conectada de forma independente às bases de dados do sistema por meio da Internet.

2 Problemática

O agricultor experimenta, durante o plantio, uma escassez de informações do solo e do clima que interferem em tomadas de decisões, estando sujeito às incertezas de quais áreas apresentam melhores condições naturais para cultivo, se é necessário corrigir o pH do solo, ou se o nível de umidade está adequado para o plantio. Além das incertezas do solo, o agricultor lida com incertezas climáticas nas quais o vento e a chuva podem interferir de forma decisiva na produtividade da lavoura.

As incertezas do agricultor podem ser mitigadas através do uso adequado de recursos tecnológicos. No mercado, há disponibilidade de sensores que são capazes de notificar variáveis do solo e do clima, sendo necessário o deslocamento na região onde é realizado o plantio para implantação dos sensores e mapeamento dos dados na região, sendo o esforço da extração dos dados de forma manual proporcional ao tamanho da região e frequência da captação dos dados.

2.1 Justificativa

O uso de GPS nas estações é útil para correlacionar os dados extraídos com as respectivas áreas mapeadas da propriedade, atribuindo uma determinada informação de fertilidade ou produção em uma localização exata possibilitando classificar áreas que apresentam melhores condições para cultivo ([ALIGUER, 2019](#))([STARTAGRO, 2017](#)).

Compreender a acidez adequada do solo para um determinado plantio e extrair a medida do grau de acidez da região da propriedade é benéfico para tomadas de decisões de correção do pH do solo ([FOGAÇA, 2020](#)). Assim, para corrigir o pH do solo, é comum adicionar calcário (carbonato de cálcio, CaCO₃), processo denominado calagem, na qual irá influenciar na eficiência de absorção dos nutrientes ([HIDROSENSE, 2019](#)).

As plantas não crescerão nem se desenvolverão de forma apropriada com uma umidade inadequada do solo, pois tais níveis de umidade afetam o conteúdo de ar da região. A concentração de sais e a presença de substâncias tóxicas também regulam a estrutura, a ductilidade e a densidade do solo. Também influenciam na temperatura, na capacidade térmica e evita o desgaste ([SYSTEM, 2020](#)). O excesso de água - estresse hídrico nas plantas - pode aumentar a perda de nutrientes por lixiviação, ou seja, ocorre um processo erosivo consequente da lavagem da camada superficial do solo. É proveitoso monitorar a umidade do solo para auxiliar agricultores no gerenciamento de quando devem ou não colocar equipamentos e máquinas pesadas na região devido ao risco de atolamento ([GEOAGRI, 2019](#)).

A estação meteorológica é uma tecnologia decisiva para monitorar as condições meteorológicas na lavoura com mais assertividade e, assim, ajudar agricultores a tomarem decisões melhores. Com os parâmetros atmosféricos extraídos, é possível mensurar a direção predominante dos ventos, a precipitação acumulada na safra, a temperatura média em um período e ajuda no manejo de irrigação, pois, através dos dados registrados na estação, é possível quantificar as principais formas de entrada e saída de água para a planta, ([AGROBLOG, 2020](#)) é possível realizar o planejamento do plantio com muito mais segurança com a previsão de chuvas localizadas e auxilia a otimização da aplicação de fertilizantes ([METOSBRASIL, 2020](#)).

2.2 Objetivos do Projeto

2.2.1 Geral

Potencializar resultados da agricultura de precisão por meio do monitoramento remoto de parâmetros, agilizando a análise de dados do solo e do clima e na tomada de decisões para melhor uso de recursos.

2.2.2 Específicos

- Extrair, em tempo real, dados do solo e do clima na região;
- Alertar, de forma automatizada, dados com base em parâmetros customizáveis;
- Visualizar dados dos sensores de forma remota, não sendo necessário se deslocar até as estações de monitoramento para efetuar as medições;
- Reduzir impactos no meio ambiente através da otimização da produtividade (A agricultura de precisão possibilita um aumento na produção: plantar e colher mais em uma mesma área), pois tal efeito diminui as demandas por novas áreas agricultáveis;
- Otimizar o uso de recursos naturais, financeiros e humanos. Sabendo-se a quantidade exata de insumos demandados, torna-se possível tal otimização;

3 Gerenciamento de Projeto

Aqui tratar-se-á da gestão e andamento do projeto conforme os requisitos sejam expostos e como se dará sua execução.

3.1 Tempo

Para determinação de prazos e cumprimento dos objetivos, foi determinado pela gestão que cada área elencasse suas atividades a fim de colocá-las em ordem cronológica e verificar seu posicionamento perante o andamento do projeto. Pode-se verificar quais atividades deveriam ser consideradas críticas e quais interferiam, de algum modo, no andamento de atividades externas à sua responsabilidade. Para isso, foi solicitado aos diretores técnicos o estabelecimento de uma Estrutura Analítica do Projeto (EAP) para cada área e, a partir dessas, foi originado um cronograma geral de atividades.

3.1.1 Estrutura Analítica do Projeto

A Estrutura Analítica do Projeto, ilustrada no Apêndice D, foi feita baseando-se nos afazeres competentes a cada área. Cada diretor técnico, junto à sua equipe, definiu o que deveria ser feito com base no andamento do projeto como um todo. Inicialmente, assim que definidos os requisitos correspondentes de abrangência total do protótipo, cada área realizou suas atribuições até que a etapa de junção e integração física total fosse atingida.

3.2 Levantamento de custos

Pesquisas de materiais e estimativas de custo foram feitas para se obter o custo total da produção do equipamento e a integração das áreas de Engenharia como um todo.

3.2.1 Recursos materiais necessários

Foi realizado um levantamento de custos para estimar os gastos aproximados com materiais utilizados na construção. Cada área baseou-se nos valores comerciais dos itens listados. O custo total que foi atingido considera os principais componentes e materiais de maior significância para o projeto, que são os listados na tabela a seguir.

Tabela 1 – Levantamento de custos da estação solo e clima-solo

Elemento	Número de peças	Quantidade	Unidade	Preço unidade	Total preço
Tubo haste central 3,5"	1	2,08	m	R\$ 445,00	R\$ 925,60
Tubo de apoios externo superior 3,7"	1	0,50		R\$ 480,00	R\$ 240,00
Tubo de apoios externo inferior 3,7"	1	0,40		R\$ 480,00	R\$ 192,00
Tubo alavanca 1"	2	0,24		R\$ 75,00	R\$ 18,00
Metalon 6 m (40x20X1,2) mm	1	2,16		R\$ 215,00	R\$ 463,54
Metalon pluviômetro e bme	1	0,49		R\$ 215,00	R\$ 104,28
Metalon anemômetro	1	0,86		R\$ 215,00	R\$ 183,83
Metalon placa solar	2	0,12		R\$ 215,00	R\$ 49,88
Metalon placa solar transversal	2	1,36		R\$ 215,00	R\$ 292,40
Metalon placa solar apoio	2	0,02		R\$ 215,00	R\$ 8,60
Metalon apoio inferior (60x60) mm	6	1,50	m	R\$ 203,00	R\$ 609,00
Metalon pé (50x50) mm	6	1,20		R\$ 192,00	R\$ 460,80
Arranjo dos cortes em chapa 2 mm	2	0,22	m ²	R\$ 1.929,00	R\$ 839,12
Chapa antena	2	0,05			
Chapa fundo	2	0,04			
Chapa caixas fixação	4	0,03			
Chapa caixas lateral tubo	8	0,04			
Chapa caixas bocal de lobo tubo	8	0,02			
Chapas das alavancas	8	0,04			
Arranjo dos cortes em chapa 3 mm	2	0,06			
Chapa batente do tubo da haste central	4	0,03	m ²	R\$ 2.893,00	R\$ 354,39
Chapa batente do tubo de apoio	4	0,03			
Chaveta aço para broca	2	-	unid.	R\$ 80,20	R\$ 160,40
Broca Escavadeira 90x300 mm	2	1,00			
Abraçadeira V-band 3,5"	4	2,00			
Parafuso M6x16 Sextavado Interno	16	8,00			
Parafuso M6x30 Sextavado Interno	12	6,00			
Parafuso M6x50 Sextavado Interno	2	1,00			
Parafuso M8x70 Sextavado Interno	6	3,00			
Porca M6	28	14,00			
Porca M8	6	3,00			
Anel vedativo 3,5"	2	1,00			
Caixa de distribuição	2	1,00			
Tampa de acabamento para metalon 40x20	12	6,00			
Caixa de baterias	2	1,00			
Organizador de Fios 12,4 mm	2	5,00			
Termo retrátil 5 mm	2	5,00			
Conversor CC/CC Sstep-Down LM2596	1	2,00			
Conversor CC/CC Sstep-Up Mt3608	1	1,00			
Chave seccionadora KPO-20-3P-METALTEX	1	2,00			
Fusível de vidro 2A	1	2,00			
Fusível de vidro 3A	1	3,00			
Fusível de vidro 7A	1	1,00			
Porta fusível 5x20 AS-06	1	12,00			
Bloco de distribuição S112-034 2 Polos/7 Vias	1	1,00			
Bloco de distribuição S112-034 4 Polos/7 Vias	1	1,00			
Canaleta PVC 30x30mm	1	2,00			
Cabo preto 0,5mm ²	1	5,00			
Cabo preto 1,5mm ²	1	5,00			
Cabo vermelho 0,5mm ²	1	5,00			
Cabo vermelho 1,5mm ²	1	4,00			
Conector MC4	1	2,00			
Terminal de Compressão 1,5mm ²	1	24,00			
Sensor de pH do solo	1	2,00			
Sensor de Umidade do solo	1	2,00			
Anemômetro	1	1,00			
Pluviômetro	1	1,00			
Sensor bme280	1	1,00			
Esp 32	1	2,00			
Módulo GSM	1	2,00			
Painel fotovoltaico	1	2,00			
Bateria	1	2,00			
Controlador de carga	1	2,00			
Metalon (30 x 30 x 2) mm	1	6,00			
Metalon (60 x 60 x 2) mm	1	6,00			
Tinta Anticorrosiva	1	1,00			
Chapa de aço	1	1,00			
Kit Parafusos e porcas	1	1,00			
Termo retrátil isolante	1	1,00			
Total					R\$ 9.318,55

Como exposto acima, para a base de cálculo, tomou-se como referência a construção de uma estação clima-solo e uma estação solo, que resultam no valor exposto.

Considerando a proposta do projeto de serem oferecidas soluções personalizadas para cada cliente a depender do tamanho da área agricultável a ser monitorada, o orçamento para cada uma dessas estações está apresentado no [Apêndice E](#). Cada solução é composta por uma estação clima-solo e pelo número de estações solos desejáveis, proporcionais ao tamanho da área a ser monitorada. Separadamente, também se tem os custos mensais com uma máquina para hospedagem do sistema e dos dados coletados a partir dos sensores.

3.2.2 Custos com recursos humanos

O custo da parte de recursos humanos (RH) é calculado levando em consideração que o grupo é composto por 15 membros, sendo 1 diretor geral, 2 diretores técnicos, 1 diretor de qualidade e 10 desenvolvedores. O valor do trabalho-hora foi definido o mesmo para todos trabalhando por conta própria, considerando que o trabalho para o desenvolvimento do produto final será realizado durante 15 semanas com um tempo de trabalho médio de 10 horas semanais por membro, sendo realizado 100% remoto.

Para fins de cálculo de valor/hora, será utilizado o valor médio de um engenheiro trainee, já com os encargos ([DIAS, 2018](#)), que é de R\$ 7.092,00, correspondente a uma média de 160 horas trabalhadas no mês.

Tendo o custo de R\$ 44,32/hora com 15 membros no grupo que trabalharão uma média de 10 horas/semana por 15 semanas, o custo total de recursos humanos se dá pelo produto desses elementos, cujo valor calculado está descrito abaixo:

$$Custo\ RH = 44,32 \times 10 \times 15 \times 15 \quad (3.1)$$

$$Custo\ RH = R\$ 99,720 \quad (3.2)$$

Logo, o custo final com RH para desenvolvimento do produto final é de R\$ 99,720. Esse custo também deverá ser embutido no preço final dos sensores de análise, assim como a margem de lucro para que, com o tempo, a venda do produto vá se pagando.

3.3 Riscos

3.3.1 Análise S.W.O.T

Método utilizado para analisar pontos fortes e fracos, senso de oportunidade e ameaças ao desenvolver o projeto ([TREASY, 2015](#)). O SWOT. (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) é uma ferramenta prática para analisar o sucesso do projeto.

Tabela 2 – SWOT

STRENGTHS (Pontos fortes)	OPPORTUNITIES (Oportunidades)
<ul style="list-style-type: none"> • Produto com bastante utilidade para o público alvo; • Equipe com bastante conhecimento em transmissão de dados; • Organização da equipe; • Envolvimento da equipe no projeto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produto de interesse do público alvo; • Praticidade de utilização; • Baixo custo de aquisição;
WEAKNESSES (Pontos Fracos)	THREATS (Ameaças)
<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade de encontros presenciais; • Orçamento limitado; • Pouca familiaridade com preparação de solo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas dos sensores; • Falta de cuidado ao transportar o equipamento; • Problemas de conectividade;

3.3.2 Riscos do projeto

A tabela a seguir estão apresentados os riscos de projeto da estrutura.

Tabela 3 – Riscos de Projeto

Nº	Risco	Causa	Consequência
1	Insuficiência energética	Mau dimensionamento dos painéis solares	Funcionamento do produto por tempo limitado
2	Falha na estrutura	Mau dimensionamento dos componentes estruturais	Quebra dos elementos do conjunto e não funcionamento
3	Dano grave à estrutura	Estrutura subdimensionada	Mau funcionamento ou não funcionamento do componente
4	Defeito nos componentes eletrônicos	Mau uso, peça com defeito ou falha estrutural	Dados incompletos ou ausentes
5	Dimensionamento incorreto do sistema de alimentação	Falha na alimentação	Não funcionamento do sistema
6	Falha na comunicação entre as estações	Mau dimensionamento do sistema de transmissão	Ausência de dados para análise
7	Erro na leitura dos sensores	Má calibração dos sensores, peças com defeito	Correção indevida no solo

3.3.3 Medidas preventivas e corretivas

A seguir, encontra-se a tabela de medidas preventivas e corretivas

Tabela 4 – Medidas preventivas e corretivas

Nº	Medidas Preventivas	Medidas Corretivas
1	Testar o aparelho em pleno funcionamento para testar o sistema de recarga	Aumentar as baterias ou os painéis solares
2	Teste de esforço nos componentes estruturais	Redimensionamento dos componentes estruturais
3	Ter componentes reserva	Efetuar a troca do componente defeituoso
4	Ter um bom conhecimento do dimensionamento do sistema fotovoltaico	Revisar os cálculos e revisar a bibliografia
5	Testar o alcance das antenas	Trocar as antenas por de maior alcance
6	Testar os sensores antes de implementação	Recalibragem dos sensores ou substituição

4 Requisitos de Projeto

A fim de atingir os objetivos propostos, uma série de condições e restrições foram elencadas. Requisitos do sistema e dos subsistemas foram considerados nas etapas de conceito, as quais foram determinadas metas arquiteturais e de desenvolvimento do projeto para a solução atender os resultados esperados.

4.1 Requisitos do Sistema

- Resistir a agentes externos como variações climáticas acentuadas, vendavais, chuvas em abundância, interações com animais de pequeno e médio porte e a impactos suscetíveis à ocorrência no campo;
- Manter os componentes internos isolados de danos ou de qualquer interação indesejada com o meio externo;
- Possuir sensores de medição de umidade e pH do solo para obter parâmetros necessários para identificar se o solo está apto a fazer plantações, assim como indicar eventuais medidas corretivas;
- Possuir sensores climáticos a fim de obter dados para o agricultor identificar se o ambiente está apresentando alguma intempérie que poderá inadequar a produção;
- Os dados enviados dos sensores para o website deverão ser utilizados para o agricultor usar procedimentos adequados caso precise alterar as propriedades do solo;
- O sistema deve ter modo sleep para redução e otimização do uso de energia.

4.2 Requisitos do Subsistema

4.2.1 Alojamento e sustentação

- Garantir a fixação dos componentes como painel fotovoltaico, antena, baterias, sensores de clima e solo e circuitos eletrônicos;
- Não interferir na transmissão de dados;
- Resistir a possíveis acréscimos de massa e pequenos impactos;

- Ser constituída de elementos simples, de fácil construção e materiais acessíveis;
- Não possuir arestas cortantes ou quaisquer características que possam vir a causar injúria corporal;
- Possuir espaço suficiente e geometria compatível para proporcionar fácil acesso aos componentes internos;
- Os componentes chave do sistema estrutural devem ter alto grau de semelhança a fim de simplificar a fabricação dinamizando a aplicação de acordo com o objetivo;
- Permitir regulagem do posicionamento dos sensores para garantir a leitura otimizada dos dados e estejam de acordo com o uso;
- Ser passível de instalação sem causar danos à própria estrutura.

4.2.2 Controlador

- O microcontrolador deve entrar no modo de economia de energia sempre que não estiver realizando as medições e deve, através de um algoritmo, realizar a interação entre todos os sensores e módulos GSM.

4.2.3 Sensoriamento

- Na estação solo devem identificar se o solo está seco ou úmido demais e se o solo está com o pH baixo (ácido), neutro ou alto (básico).
- Na estação clima-solo devem identificar a umidade do ar e temperatura ambiente e pressão no local do equipamento; bem como identificar o índice pluviométrico das chuvas no local do equipamento.

4.2.4 Transmissão de dados

- O GSM deve fazer a transmissão dos dados através da internet do chip de celular conectado no módulo;
- Todos os dados obtidos pelos sensores serão enviados via módulo GSM(IoT) para um website e depois processado pelo algoritmo criado;
- Pode enviar e receber informações por mensagem SMS via celular; e
- Pode fazer e receber ligação de celular.

4.2.5 Localização do equipamento

- Devem ser obtidos os dados específicos acerca do local onde está o equipamento; e
- Deve ser obtida a localização em tempo real do equipamento pelo GPS que vem integrado ao módulo GSM.

4.2.6 Alimentação

- Ser autorrecarregável;
- Ser capaz de suprir a demanda energética dos dispositivos eletrônicos;
- Deve ser autônomo e duradouro; e
- Ter um sistema de proteção com o objetivo de evitar que falhas no sistema, como o curto-circuito, possam danificar equipamentos e materiais.

4.2.7 Interação com usuários

- Apresentar uma interface web;
- Cadastrar usuário;
- Editar cadastro;
- Fazer login;
- Adicionar um funcionário a uma conta de monitoramento;
- Mostrar valores absolutos mais recentes de cada parâmetro coletado;
- Mostrar gráficos dos parâmetros coletados;
- Exportar relatórios de dados de cada parâmetro;
- Adicionar estações de monitoramento;
- Habilitar chatbot por meio do usuário Telegram cadastrado na plataforma;
- Atualizar valor de referência para cada parâmetro via plataforma web e chatbot;
- Apresentar últimos dados coletados via plataforma web e chatbot;
- O chatbot deve responder os cumprimentos básicos; e
- Notificar via Telegram quando houver valores fora dos valores de referência.

4.3 Metas Arquiteturais

Para que o funcionamento ocorra de acordo com o propósito estipulado, além do cumprimento dos requisitos, foi necessário impor restrições, determinações e metas conjuntas. A primeira determinação é a de que haverá mais de um tipo de estação para coleta de dados. Isto é, haverá uma estação meteorológica, também chamada de estação clima-solo, e uma estação responsável por coleta de dados do solo, também chamada de estação solo.

Na primeira, o sistema de obtenção de dados do solo será implementado em conjunto com uma estação meteorológica capaz de fornecer também os dados climáticos acerca do local. Na segunda, o sistema de coleta de dados será voltado exclusivamente para o solo. Busca-se por meio dessa definição, a existência de dois sistemas com objetivos diferentes, entretanto, com alto grau de semelhança. Com isso, haverá mais de um ponto de coleta dos dados do solo e estes serão fornecidos adequadamente para análise do agricultor.

As variáveis do solo que serão obtidas são pH e umidade do solo, e as variáveis climáticas que serão obtidas são umidade do ar, pressão atmosférica, temperatura local, velocidade do vento e índice pluviométrico.

Para o funcionamento do sistema, será necessário ao menos uma estação clima-solo no local. De acordo com o tamanho da área a serem colhidas as informações, serão necessárias mais estações solo. Ambos os sistemas, após obter os dados correspondentes em sua localidade, irão enviá-los via internet, bem como suas coordenadas de localização.

Cada ponto de verificação possuirá um sistema fotovoltaico, cada um com seu próprio gerenciamento de energia, a fim de manter o sistema sempre disponível para quando for realizada a leitura dos parâmetros desejados do solo. A central de exposição de dados, a qual somente recebe as informações, poderá estar conectada a um computador ou em um celular. Nela serão mostrados os valores medidos e será possível fazer uma consulta da biblioteca de plantio.

A cultura escolhida para a área deverá poder ser indicada pelo agricultor na estação de exposição. Neste caso, os dados medidos poderão ser comparados com os do banco de dados da biblioteca de plantio. Serão mostrados os índices ideais e, caso necessário, os procedimentos corretivos para adequação do solo.

5 Sistema Eletrônico

O presente capítulo apresenta a proposta de solução da A2P2 fazendo o uso de sensores eletrônicos para coleta de níveis de acidez, umidade e temperatura do solo, além de coleta de informações meteorológicas da região desejada para o agricultor. Todos os componentes eletrônicos necessários para a estação Clima-Solo e a estação solo estão listados nesta subseção, além de explicações acerca do funcionamento dos sensores e do microcontrolador.

5.1 ESP32

A ESP32 que está representada na Figura 1 é utilizada para o controle dos sensores de monitoramento do solo e do ambiente e, junto com o módulo GSM, os dados serão enviados para o website. Esse processo é realizado por meio de um algoritmo que é usado para organizar os dados e fazer os devidos cálculos. Esse microcontrolador também é o responsável pelas operações do modo sleep que é usado para o menor consumo de energia possível do sistema.



Figura 1 – Módulo ESP32. Fonte: [USINAINFO 2020](#)

A tabela 5 apresenta as especificações técnicas do microcontrolador ESP32. A relação de pinagem está no [Apêndice O](#)

Tabela 5 – Especificação ESP32

Arquitetura	32 bits	FLASH	16 Mb
Clock	160 MHz	GPIO	36
WiFi	Sim	Interface	SPI/ I2C/ UART/ I2S/CAN
Bluetooth	Sim	A/D	18 portas
RAM	512 KB	D/A	2 portas

Como apresentado na tabela 5, dentre as demais características técnicas, destaca-se que este microcontrolador apresenta 18 portas para a conversão de sinais analógicos para digitais (A/D) e 2 portas para a conversão de sinais digitais para analógicos (D/A).

5.2 Sensores da Estação Solo

Para analisar o solo para plantio, serão usados sensores de umidade para coletar a quantidade de água contida e outro de pH para medir seu nível de acidez.

5.2.1 Umidade do solo

Para obter informações sobre o solo estar seco ou úmido, existem duas maneiras seja por método direto ou indireto. O método direto consiste em obter uma amostra do solo, retirar toda a água contida nesta amostra e quantificar o volume de água retirado, já o método indireto utiliza propriedades físicas como capacidade e resistência elétrica que variam de acordo com a quantidade de água presente no solo. Para nosso sistema embarcado, é preciso utilizar o sensor de umidade do solo pelo método indireto como o representado na figura 2.

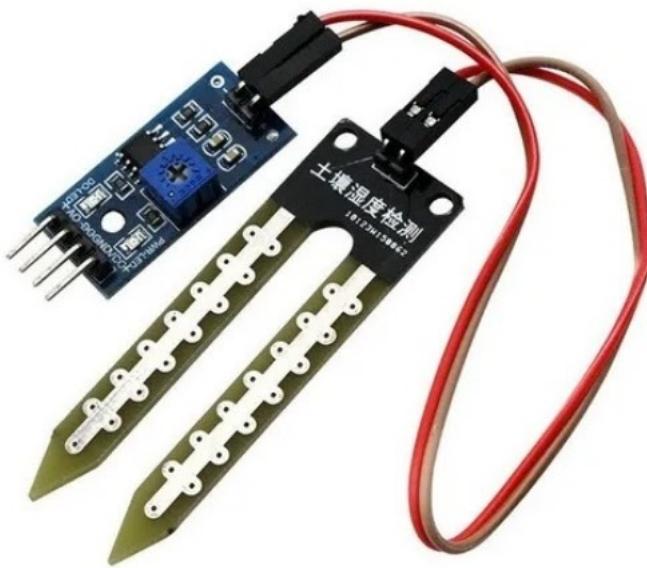


Figura 2 – Sensor de umidade do solo. Fonte: [ELETROGATE 2020](#)

Este sensor consiste em duas partes: uma sonda resistiva que entra em contato com o solo e um pequeno módulo contendo chip comparador LM393 que recebe os dados da sonda e envia para a ESP 32.

A lista abaixo apresenta as especificações técnicas do sensor de umidade do solo:

- Tensão de Operação: 3,3-5V
- Sensibilidade ajustável via potenciômetro
- Saída Digital e Analógica

Como apresentado na lista acima, o sensor captura dados analógicos ou digitais do solo, sendo possível concluir se o mesmo está apto ou não para o plantio ([ELIAS et al., 2014](#)). No caso do presente projeto, usar-se-á a saída digital do sensor como base.

5.2.2 Potencial Hidrogeniônico (pH) do solo

O Sensor de pH representado na figura 3 é indicado para verificar e permitir a manutenção dos níveis de pH dentro de escalas seguras de uso em diversos lugares, inclusive no solo para plantios, permitindo manter proporções aceitáveis para as plantas e evitar efeitos nocivos que poderiam acabar com partes, ou até mesmo com uma plantação inteira ([RUARO; NETO; MOTTA, 2010](#)).

A lista abaixo apresenta as especificações técnicas de pH do solo:

- Fonte de alimentação DC (padrão): 12-24V DC



Figura 3 – Sensor de pH do solo. Fonte: [AMERICANAS 2020](#)

- Precisão da medida: 0.03 (pH)
- Escala da medida do pH: 3-9 (pH)
- Sinal de saída (digital): saída rs485
- Sinal de saída (análogica) 0-5V/0-10V/4-20MA
- Temperatura de funcionamento: 0-55 °C

5.3 Sensores da Estação Clima-Solo

Para analisar o tempo e o clima da região, serão usados um anemômetro e um pluviômetro para captar velocidade e direção do vento e a capacidade volumétrica de chuva, respectivamente, junto ao auxílio do sensor BME280 e um Módulo GSM. Cabe ressaltar que a Estação Clima-Solo também fará uso de componentes da estação solo, todavia não aplicar-se-á o contrário para a estação solo.

5.3.1 Anemômetro

O anemômetro (figura 4) é o sensor responsável pelo monitoramento da velocidade do vento. Desta forma, ele ajuda no controle contra rajadas de ventos e também em maiores transtornos tanto na plantação quanto em perdas econômicas para o agricultor (SCHMIDT; FREITAS; MALDANER, 2020).

O funcionamento do sensor se baseia em um reed switch, ou seja, um interruptor de lâmina. Este interruptor é feito por duas lâminas flexíveis separadas e hermeticamente



Figura 4 – Anemômetro. Fonte: [USINAINFO 2020](#)

seladas dentro de um tudo de vidro. Uma ímã, preso ao eixo de rotação, gera um campo magnético quando está próximo da lâmina. Esse campo magnético faz com que as lâminas se magnetizem e com isso fecham um contato que possibilita a passagem de corrente, corrente na qual gera um pulso que possibilita a medição da velocidade.

A lista abaixo apresenta as especificações técnicas do anemômetro:

- Modelo: SV10;
- Tensão de operação: 5V
- Tipo de saída: Digital;
- Medição Máxima: 120km/h;
- Temperatura de trabalho: -40° a 80°;
- Comprimento do cabo: ~10 metros

5.3.2 Pluviômetro

O pluviômetro representado na figura 5 responsável por medir o índice volumétrico das chuvas e proporcionar uma estimativa de fertilidade do solo identificando o melhor local onde é necessária a chuva para ter uma safra de qualidade ([ELIAS et al., 2014](#)).

O funcionamento do sensor é semelhante com o do anemômetro se comparado o acionamento do pulso que gera as medidas, pois é formado um coletor de água que conduz a água da chuva para um sistema de duas básculas de volume conhecido. Quando uma báscula se enche, automaticamente, ela vira para esvaziar e a outra báscula passa a coletar



Figura 5 – Pluviômetro. Fonte: [USINAINFO 2020](#)

a água. As básculas são unidas por um eixo que contém um ímã acoplado. A cada virada das básculas esse ímã passa em frente a um relé magnético que fecha um circuito emitindo um pulso. Este pulso é transmitido na altura pluviométrica.

A lista abaixo apresenta as especificações técnicas do pluviômetro:

- Modelo: PB10
- Tensão de operação: 5
- Tipo de saída: Digital;
- Leitura: a cada 0,25 mm;

5.3.3 Sensor BME280

Temperatura, umidade e pressão são parâmetros meteorológicos essenciais para entender como o clima se comporta no local, ainda mais quando se quer estabelecer um cultivo. O sensor BME280 representado na figura 6 é o responsável por coletar esses parâmetros ([OLIVEIRA-JR et al., 2020](#)).

A lista abaixo apresenta as especificações técnicas do sensor BME280:

- Faixa de umidade (porcentagem): 0% a 100%;
- Faixa de temperatura: -40°C a 85°C;
- Faixa de pressão: 300 a 1100hPa;

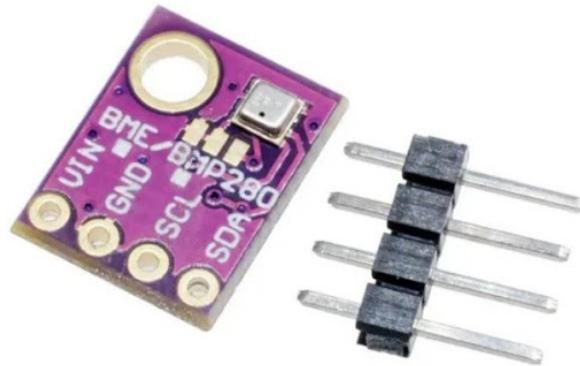


Figura 6 – Sensor BME280. Fonte: [AMERICANAS 2020](#)

- Precisão da umidade: 0,008%;
- Precisão da temperatura: 0,01°C;
- Precisão da pressão: +/- 1Pa;
- Comunicação: I2C (até 3,4MHz) e SPI (até 10MHz);

5.3.4 Módulo GSM GPS Bluetooth SIM808

O módulo GSM, representado na figura 7, envia todos os dados para um website através da internet do chip conectável. Ele é capaz de enviar dados de qualquer lugar onde há sinal de internet de telefonia móvel ([SICHONANY et al., 2012](#)).



Figura 7 – Modulo GSM SIM808. Fonte: [FILIPEFLOP 2020](#)

A lista abaixo apresenta as especificações técnicas do módulo GPS:

- CI SIM808 (datasheet)
- Tipo: Quad-band
- Frequências: 850/900/1800/1900MHz

- Slot SIM
- Temperatura de operação: -40° a 85°

5.4 Comunicação do sistema embarcado

A comunicação entre os componentes e microcontroladores tem seus protocolos, sendo que o tipo de comunicação é determinado pelo fabricante do sensores. Em nosso sistema embarcado, os componentes têm comunicação serial que envia e recebe toda a informação sequencialmente, o que permite que o número de fios seja menor. Os tipos de comunicação dos componentes são UART, RS-485 e I2C.

5.4.1 UART

O protocolo UART é um protocolo de comunicação responsável pela conversão da comunicação paralela em serial. Seu funcionamento têm dois pinos, um de transmissão(TX) e outro de recepção(RX), sendo que o transmissor envia um pacote de bits que será decodificado bit a bit pelo receptor. Nesse pacote haverá um start bit que indica o início da mensagem, um ou dois stop bits para indicar o final da mensagem, cinco a nove de informação e um bit de paridade para evitar erros.

A ligação é feita com os pinos invertidos, ou seja, o pino TX do módulo conecta-se no pino RX do microcontrolador e o contrário também é aplicado, sendo que tem uma taxa de transmissão como referência. Este protocolo está presente no módulo GSM.

5.4.2 RS-485

O padrão de comunicação RS-485 é um barramento que permite a adição e remoção de dispositivos sem influenciar o dispositivo que esteja em operação. Seu funcionamento têm dois fios para enviar e receber dados, entretanto o envio e recebimento de dados não podem ser simultâneos pois pode haver perda ou conflito de dados e além de que a transmissão é feita pela diferença entre o sinal que passa pelos fios pois há um amplificador operacional diferencial. Este protocolo está presente no módulo de leitura do pH do solo.

5.4.3 I2C

Este protocolo possui dois pinos de comunicação que são SDA(Serial data) e SCL(Serial clock) e seu funcionamento entre dois ou mais componentes precisa determinar o(s) mestres e o(s) escravos, pois o mestre controla quando irá receber os dados do

escravo. Assim, para que a informação seja enviada, o dispositivo mestre deve informar aos dispositivos escravos o início da comunicação. Neste caso o pino SCL deve estar em nível lógico alto e o pino SDA em nível lógico baixo. Quando isso ocorrer, todos os escravos estarão prontos para receber a primeira informação que é o endereço do escravo que comunicará com o mestre, junto com a operação que este escravo desempenhará.

A ligação desse protocolo é conectar diretamente cada pino com seu correspondente no microcontrolador, ou seja, o pino SDA do módulo será conectado ao pino SDA do microcontrolador e o pino SCL do módulo conectado ao pino SCL do microcontrolador. Este protocolo está presente no sensor BME280.

5.5 Erros do Sistema embarcado

Os sensores têm um erro associado à grandeza de medida em que o sensor afere, para isso, em sinais analógicos, os microcontroladores fazem a conversão para sinais digitais. Em nosso sistema embarcado, a ESP32 em cada conversão tem um erro e como o sensor de pH tem como saída o sinal analógico, tem-se um erro em cada sensor. Os valores dos erros estão representados na tabela abaixo.

Tabela 6 – Erros nos componentes

Componente	Erro associado(módulo)
ESP32	Até 6%
pH do Solo	1,3%

Desta forma, considerando que o erro da grandeza do pH do solo vai ser o erro do sensor(Esensor) e o erro do microcontrolador ESP 32(Eesp), o erro propagado(Ep) foi calculado da seguinte forma:

$$Ep = \sqrt{E_{esp}^2 + E_{sensor}^2} \quad (5.1)$$

Dessa forma, o erro propagado para o sensor de pH do solo é de até 6,15%.

5.6 Erros nos canais Analógico/Digital da ESP32

A ESP32 apresentam erros em seus canais ADC que são preciso corrigi-los dependendo do quão precisos os resultados devem ser. Existem métodos de correção dos erros e o fabricante disponibiliza algumas formas de corrigi-los em seu manual ([ESPRESSIF, 2020](#)).

O método utilizado foi o mesmo usado pela equipe embarcados ([MORAIS, 2020](#)). Esse método foi realizado utilizando alguns dados do manual da ESP32 e também pode ser aplicado a outros microcontroladores do mesmo modelo, podendo sofrer pequenas variações na obtenção dos dados devido ao fato da placa não ser fabricada de forma ideal. O método é descrito a seguir.

A ESP32 tem dois conversores de resolução médio-grande (Sucessive Approximation Register)SAR (Analog Digital Converter)ADC de 12 bits onde são separados em: ADC1 (8 canais) e ADC2 (10 canais), permitindo a leitura de dois canais de forma simultânea. Os projetos SAR são estáveis e confiáveis. Eles podem ser configurados para cartões A/D simples, onde um único chip ADC é compartilhado por vários canais de entrada (placas A/D multiplexadas) ou em configurações em que cada canal de entrada possui seu próprio ADC para verdadeira amostragem simultânea([DEWESOFT, 2020](#)).

A seguir estão descritos alguns detalhes ADC da ESP32:

- Os dois controladores podem ser usados de forma digital e RTC, que possuem velocidade (2M Amostras/s) e baixo consumo (200k Amostras/s), respectivamente;
- Resolução ajustável de: 9, 10, 11 e 12 bits;
- Tensão máxima ajustável (atenuação interna): 0dB (1,1V) - 11dB (3,9V limitado pelo VDD_A);
- Faixas de tensão para melhor precisão:
 - 0dB: 100 – 950mV;
 - 11dB: 150 – 2450mV.
- O ADC não pode ser usado enquanto o Wi-Fi estiver ligado, pois o canal é compartilhado com o driver do módulo de comunicação sem fio. O melhor a ser feito para o uso, sem ocorrer erros, seria desligar o Wi-Fi durante a medição e só então ligá-lo novamente;
- As medições do ADC ficarão mais ruidosas enquanto Wi-Fi estiver ligado, muitas vezes, por conta da má alimentação e/ou filtragem do sinal;
- A ULP permite a leitura ADC mesmo durante o deep sleep;
- Cada ESP32 pode ter até 6% de diferença nas leituras, boa parte, devido à tensão de referência V_{ref} do ADC haver grande variação (1000 – 1200mV). Essa variação na V_{ref} ocasiona leituras diferentes entre os chips. Veja, na figura 8, a comparação de 2 ESP32 com V_{ref} diferentes:

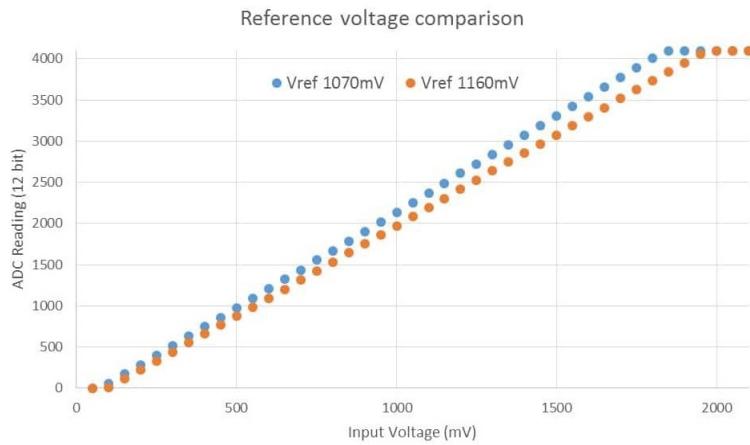


Figura 8 – Leituras com $Vref$ diferentes. Autor: MORAIS 2020

5.6.1 Testes realizados nos canais ADC

A empresa Espressif, fabricante da ESP32, disponibilizou métodos utilizando uma biblioteca (API) para calibrar o ADC.

- $Vref$: A calibração com $Vref$ representa o valor verdadeiro do $Vref$ na ESP32. Quando disponível, é utilizado pela API em vez do padrão.
- Two point: A calibração de dois pontos tem as leituras do ADC1 e ADC2 para 150mV e 850mV na ESP32. Se disponível, esse método tem mais prioridade que o $Vref$ quando utilizado pela API.

A API do ADC faz todo trabalho de compensar as curvas de acordo com estes e outros valores gravados na memória. Abaixo estão descritos dois testes realizados para a correção do erro analógico/digital da Esp32.

5.6.1.1 Teste 1

Nas figuras 9 e 10, o ADC1 (GPIO) foi testado e seu erro com $0dB$ é mostrado para as opções abaixo:

- Wi-Fi OFF;
- 12 bits;
- $0dB(0-1100mV)$;
- $Vref:1000, 1100, 1200, 1072mV$.

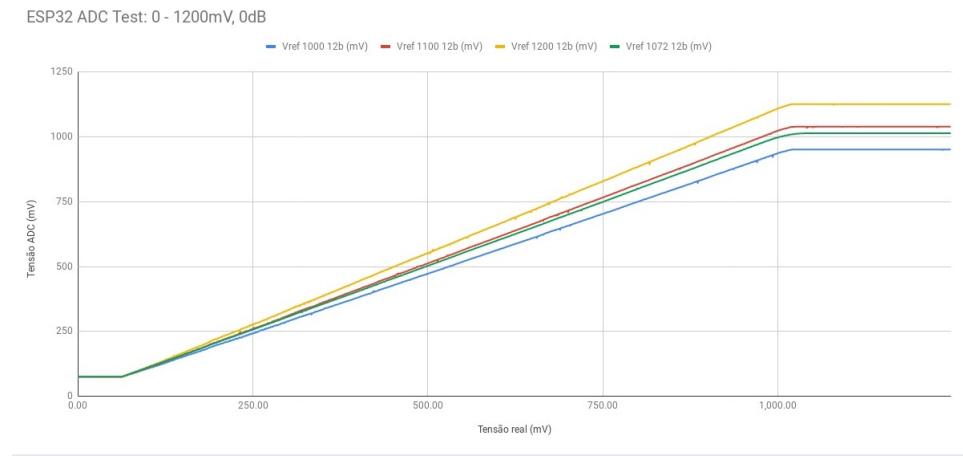


Figura 9 – Teste 1 - Formato da curva em 0dB. Autor: MORAIS 2020

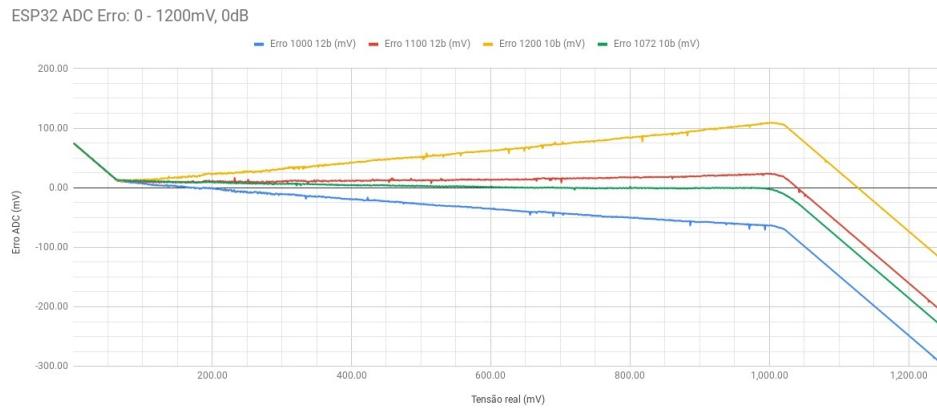


Figura 10 – Teste 1 - Formato da curva de erro em 0dB. Autor: MORAIS 2020

Observando as duas figuras, é fácil de perceber que há grande variação caso ocorra os piores casos (1000 e 1200mV). Apenas a curva de 1072mV, que foi utilizado o V_{ref} gravado na memória, sendo o restante definido no código.

5.6.1.2 Teste 2

As (figuras 11 e 12) mostram a segunda análise do ADC(GPIO36) e seu erro com 11dB para as seguintes opções:

- WiFi OFF;
- 12 bits;
- 11dB(0-1100mV);
- V_{ref} :1000, 1100, 1200, 1072mV.

Observando as (figuras 11 e 12), os erros com $Vref$ 1200 mV chegam até próximo aos 300 mV, sendo descartável em muitos produtos. Mesmo assumindo o $Vref$ verdadeiro, não foi capaz do erro tender a aproximadamente 0 mV como em 0dB.

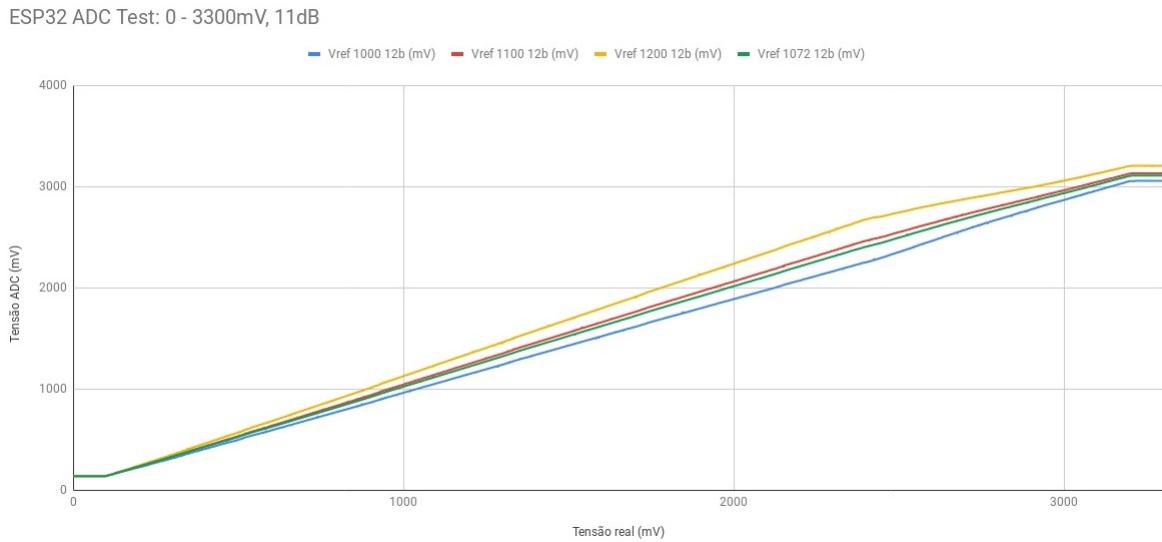


Figura 11 – Teste 2 - Representação das curvas em 11dB. Autor: MORAIS 2020

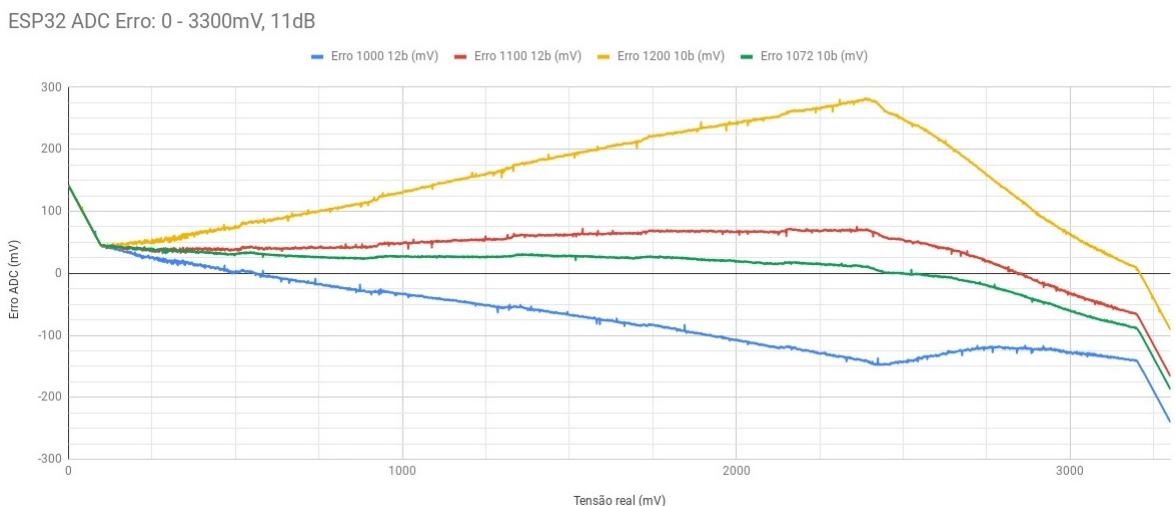


Figura 12 – Teste 2 - Representação do erro das curvas em 11dB. Autor: MORAIS 2020

Nessa API de calibração é realizado o método de correção aproximada do erro da ESP32. O código é simples, bastando apenas inicializar a estrutura interna para calibração e depois converter o valor RAW lido para mV com a função específica da API. A API utilizará o melhor método para afinar a leitura sempre que disponível. As curvas das figuras 9, 10, 11 e 12 apresentaram os bons resultados. Com esse código, é possível descobrir se seu ESP32 tem os valores do $Vref$ ou Two Point gravados na memória e a tensão calibrada pode ser mostrada no Serial Monitor. É necessário habilitar as opções de $Vref$ e/ou Two Point no menuconfig para API conseguir utilizar, o que vem por padrão ON.

5.7 Diagramas de fluxo

O funcionamento da estação solo, estação do clima e o geral do sistema embarcado está representado nas figuras 13, 14 e 15, respectivamente. Por meio destes diagramas, pode-se observar o fluxo dos dados a partir do sistema. Dado a quantidade de sensores, bem como de ações, tais diagramas tornam mais simples a compreensão de cada etapa de atividade.

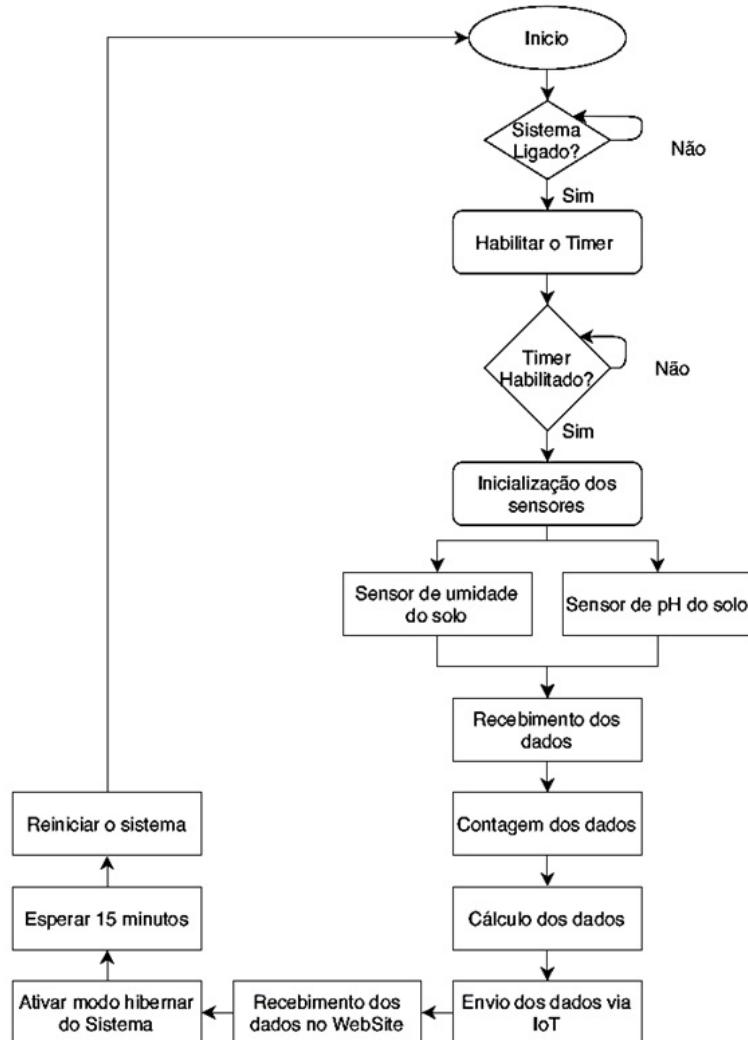


Figura 13 – Diagrama de fluxo lógico da estação Solo.

Na figura 13, é representado o funcionamento da estação solo, em que, quando iniciado, o sistema verifica se está ligado ou desligado. Após, o *timer* será habilitado e os sensores inicializados. Quando os dados do solo forem obtidos, o algoritmo programado pela ESP32 fará os devidos cálculos e, em seguida, enviado via módulo GSM. Quando todos os passos anteriores forem feitos, o sistema entra no modo hibernar para reduzir o consumo de energia e, após 15 minutos, ele reinicia e volta para o início. Todos esses passos também são realizados pela estação climática, como representado na figura 14.

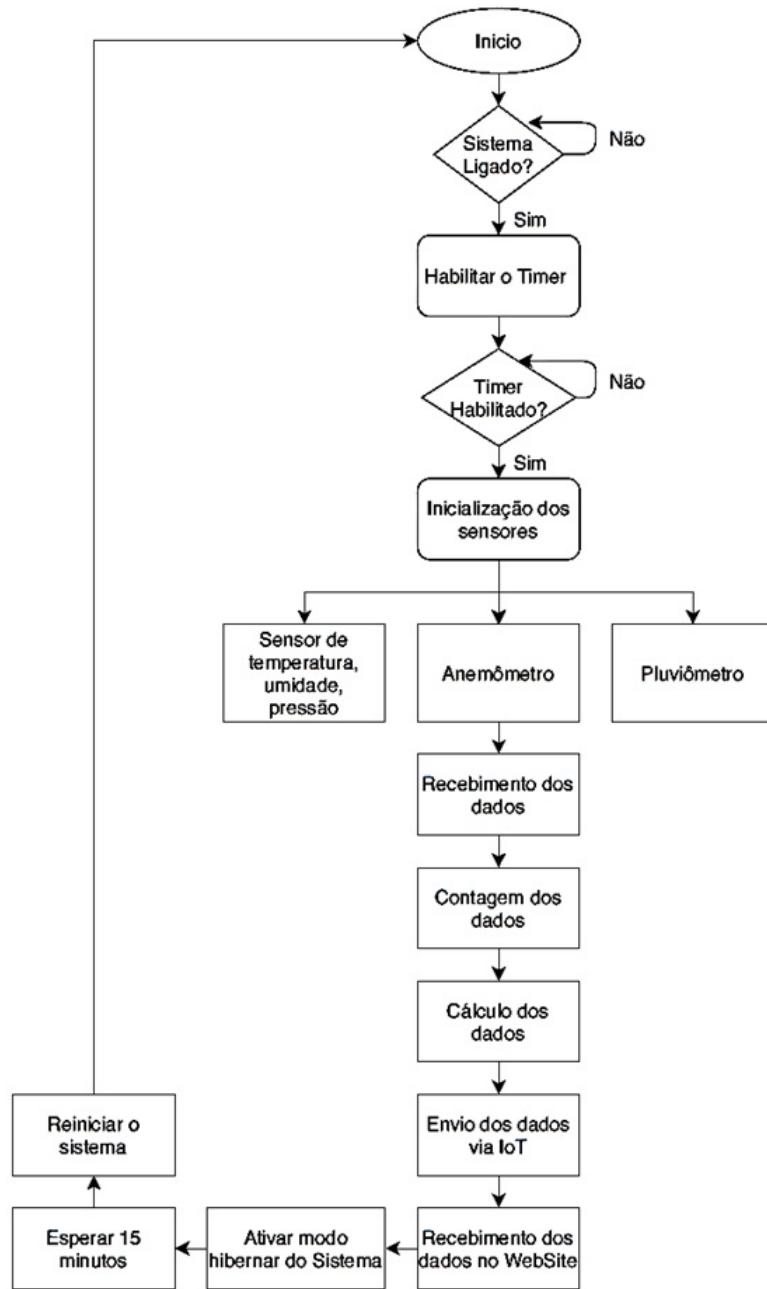


Figura 14 – Diagrama de fluxo lógico da estação climática.

O diagrama da figura 15 é semelhante ao diagrama da figura 13 e 14, no qual é apresentado a lógica do sistema geral Clima-Solo.

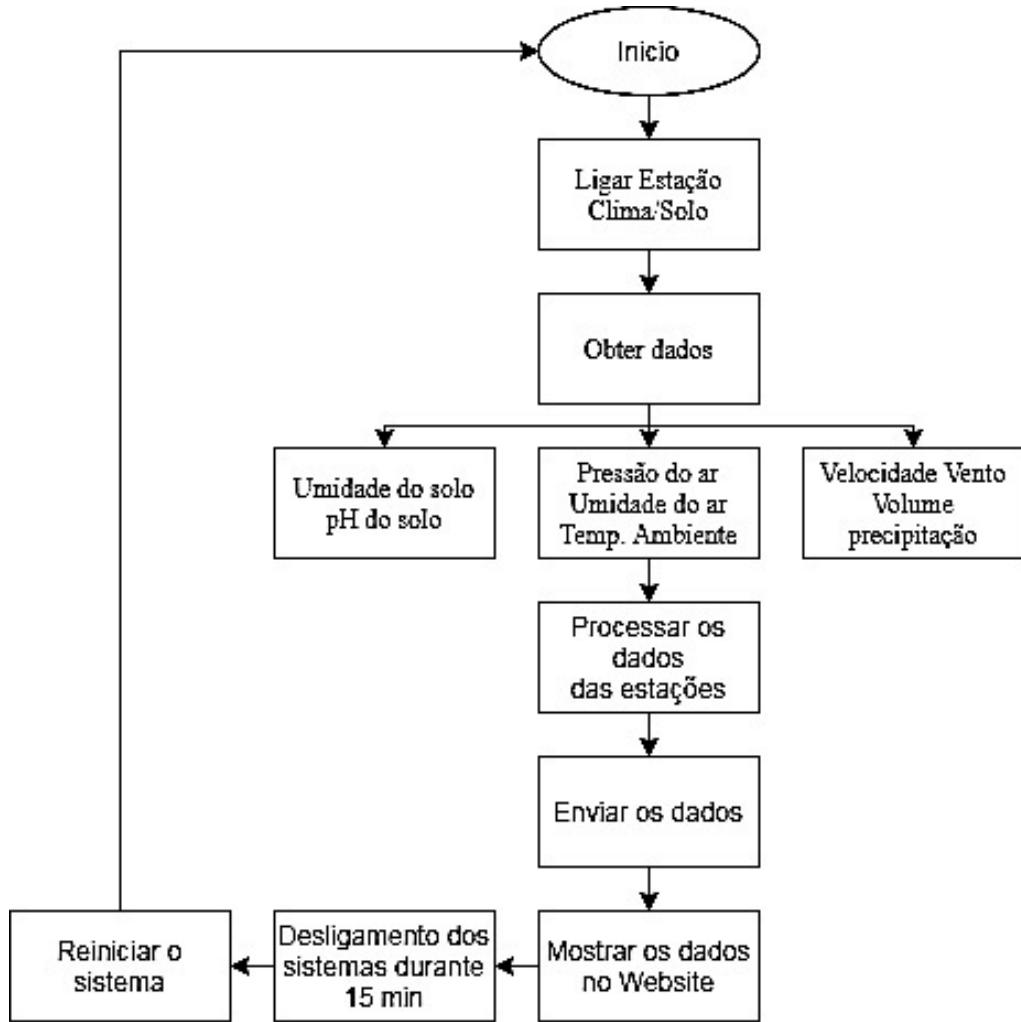


Figura 15 – Diagrama de fluxo lógico de todo o sistema

O diagrama da figura 15 representa o funcionamento dos sistemas Clima-Solo e do solo. Os dois sistemas necessitam de entrarem no modo hibernar de forma periódica com tempo determinado de 15 minutos. Esse tempo foi implementado utilizando o *timer* do microcontrolador e é necessário para economizar a energia gerada pelas placas fotovoltaicas. Os dados processados durante esse tempo é suficiente para que o agricultor saiba dos parâmetros climáticos para realizar as plantações e como está o estado do solo - apto ou não para realizar a plantação - e também fazer as devidas correções, caso necessário.

5.8 Códigos e Simulações

Na seguinte [página](#) do GitHub encontram-se os códigos para programação dos microcontroladores. Em tal código estão dispostos os trechos específicos relativos a cada módulo de sensores, bem como a programação do módulo GSM. Através deste módulo, por meio de um chip de internet, possibilita-se os envios dos dados obtidos pelos sensores

à aplicação de software.

Foram realizadas simulações de envio e recebimento destes dados através da plataforma Insomnia, utilizada para testes de requisições e envio de dados. No caso da A2P2, tal integração consiste no recebimento dos dados dos módulos e estações dispostos ao longo da plantação, o processamento desses dados e a apresentação remota ao usuário final. A plataforma utilizada simulou e testou o envio de dados, o qual se dará de forma real, a partir da implantação do sistema. O microcontrolador faz uso dos canais de requisição da aplicação de software para enviar os valores medidos dos parâmetros requeridos. Tal envio segue um formato de intercâmbio de dados leve chamado JSON.

A requisição e envio de dados segue o padrão do método POST, do protocolo HTTP. Neste, cada sensor é endereçado um parâmetro padrão de identificação. A tabela abaixo apresenta o valor de tal parâmetro, endereçado a cada sensor utilizado.

Tabela 7 – Relação parâmetros de requisição e sensores

Módulo	Atribuição (Parâmetro)
Anemômetro	0
Pressão atmosférica (BME280)	1
Temperatura (BME280)	2
pH	3
Umidade do solo	4
Umidade do ar (BME280)	5
Pluviométrico	6

Neste padrão de envio de dados, a cada parâmetro é atribuído um valor. No caso da A2P2, estes valores serão os dados correspondentes às medições de cada sensor. A figura 16 apresenta um trecho do código desenvolvido para o envio dessas requisições e inserido na plataforma Insomnia para o teste. Após o envio, é possível observar o status de envio: 200 para sucesso e outro para erro. NO caso de sucesso, os dados persistem no banco de dados.



```

POST ▾ http://localhost:8000/api/latest/1
Send

JSON ▾ Auth ▾ Query Header 1 Docs

1 ▼ [
2 ▼   {
3     "parameter": 0,
4     "value": 100
5   },
6 ▼   {
7     "parameter": 1,
8     "value": 300
9   }
10 ]

```

Figura 16 – Diagrama dos teste eletrônicos

O resultado da simulação e da integração com a plataforma de dados, após o processamento desses dados, está descrito na seção 9.1.

5.9 Testes do sistema eletrônico

Para um excelente desempenho do sistema eletrônico das estações, é necessário realizar os testes, principalmente dos sensores.

5.9.1 Métodos de testes eletrônicos

Para se ter um excelente desempenho do sistema eletrônico das estações, é necessário realizar os testes, principalmente dos sensores. Na figura 17 é representado o diagrama com etapas básicas que devem ser feitas para fazer testes eficazes para que as estações tenham bom funcionamento. O diagrama é dividido em três etapas nas quais são: preparação dos testes, execução dos testes e registro dos testes.

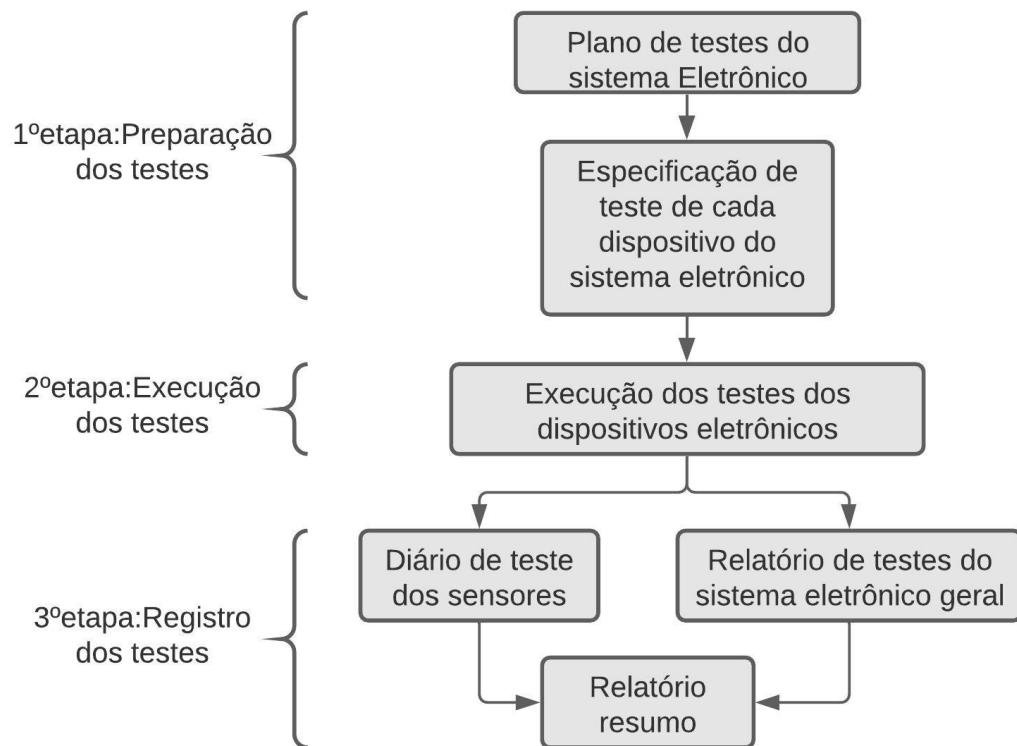


Figura 17 – Diagrama dos teste eletrônicos

É preciso elaborar uma forma sistemática de realizar o planejamento de cada etapa dos testes, no qual os dispositivos do sistema são testados para funcionar de forma correta.

Para isso, é importante identificar cada sensor e detalhá-los de forma que seja elaborado métodos para fazer os testes. Para isso é preciso que os testes sejam precisos e apresentem eficácia. Ao longo desta seção serão descritos métodos de execução e registro dos testes em que serão aplicados ao A2P2.

Teste do microcontrolador

Os sensores precisam estar conectados adequadamente na PCB utilizando os jumper's. A Esp32 é fixada na PCB por meio do processo de soldagem. Após, ter feito essa checagem é preciso verificar se os sensores estão enviando o sinal adequado no microcontrolador. O primeiro teste a ser feito é verificar se cada jumper está apresentando condutividade, caso esteja apresentando algum erro é correto trocar por outro. Depois dessa verificação, é preciso saber se os sinais enviados estão adequados conforme o datasheet dos sensores apresenta. É preciso verificar se a comunicação I²C está recebendo e enviando dados, esse teste é feito por meio de um simples código computacional feito na Esp32.

Teste dos sensores

O teste do sensor BME280 pode ser feito em separado usando um computador com a IDE ESP32. É feito um código computacional simples e implementado no microcontrolador. Primeiro é possível simular valores de umidade, temperatura e pressão e configurar para mostrar no serial monitor. Segundo, é possível simular valores obtidos no ambiente e compará-los com valores de estações meteorológica de um aplicativo de celular. O terceiro método é utilizando um multímetro e medindo a faixa de resistência e tensão de cada pinagem. Esse sensor faz comunicação via I²C, isso traz boa praticidade de utilização, além de contribuir na maior precisão dos resultados obtidos. É preciso que os cabos estejam firmes nos pinos da PCB para que não aconteça nenhuma falha na comunicação.

O anemômetro pode testado individualmente usando um código simples pela IDE ESP32. O método mais comum é colocá-lo em frente de uma ventoinha com velocidade padronizada ajustável e depois fazer a comparação entre a velocidade atribuída aos dois. Para saber se está funcionamento de maneira adequada, pode pegar um multímetro e fazer a medição entre os terminais e comparar os valores com os fornecidos pelo datasheet. Esse sensor de velocidade do vento possui alta precisão e boa estabilidade já sendo calibrado de fábrica, isso o torna a testagem mais simples. Também possui sensor reed switch e forte nível de proteção anti-interferência, pronto para ser conectado ao ESP32. É preciso que o anemômetro esteja ao ar livre longe de qualquer obstáculo para que ele apresente a velocidade do vento de forma precisa e de acordo com a situação real.

O Pluviômetro de Báscula da mesma forma que o anemômetro, pode ser testado separadamente com um código simples implementado na ESP32. O primeiro método é feito colocando o valor de uma quantidade de água e comparando com o valor de saída

no serial monitor. O segundo método é feito também com um multímetro, medindo os terminais de alimentação os valores de resistência e tensão e comparando os valores obtidos com os que estão no datasheet. Esse sensor apresenta alta durabilidade, já que é produzido inteiramente em alumínio, resistindo às intempéries climáticas com muita eficiência. Conta ainda com o sensor de auto esvaziamento, o qual permite que a água já registrada seja liberada do recipiente. Para que os dados sejam adequadamente obtidos, esse sensor precisa, assim como o anemômetro, estar livre de obstáculos que bloqueie o índice volumétrico da água de entrar no recipiente marcador, e assim, evitar a marcação dos dados com erros de precisão acima do previsto pela fábrica.

Os testes do sensor de umidade do solo e do pH são feitos com uma pequena amostra do solo. Essa amostra pode conter um adubo com um certo índice de pH padrão e com um certo volume de água regado. Os dois sensores precisam mostrar no serial monitor os valores próximos padronizados pela amostra. Também é preciso realizar o teste de alimentação, identificar em cada pino os valores de tensão e resistência e fazer a comparação no datasheet.

Os testes de integração dos sensores são realizados através do código implementado na ESP32. Esse código integrado faz com que os valores de cada um dos sensores sejam forçados e assim os valores são obtidos numa faixa bem próxima dos valores obtidos em tempo real. É preciso testar o envio dos dados das estações em conjunto com o envio dos dados simulados, verificando o funcionamento correto da comunicação pela geração dos arquivos e prints no terminal indicando a conexão dos módulos.

Todos esses testes são colocados em uma planilha de testes ou diário de testes e armazenado no computador do técnico, para fazer o controle de manutenções e criar o relatório de funcionamento dos módulos.

5.10 Plano de fabricação e montagem de subsistemas

O plano de fabricação do A2P2 se dá pela representação do circuito eletrônico e da respectiva PCB. O esquemático do circuito eletrônico mostra as devidas conexões que precisam ser feitas para que possa realizar a fabricação da PCB de cada estação, ou seja, a PCB da estação Clima-Solo e a PCB da estação solo. O esquemático e o layout da PCB foram feitos no software Proteus.

5.10.1 Montagem do circuito eletrônico

Para uma melhor visualização das ligações entre o microcontrolador e os módulos dos sensores, foi desenvolvido os esquemáticos mostrando as pinagens de cada componente

e como estão interligados. Os esquemáticos de cada estação estão representados nas figuras () e foram feitos no software Proteus.

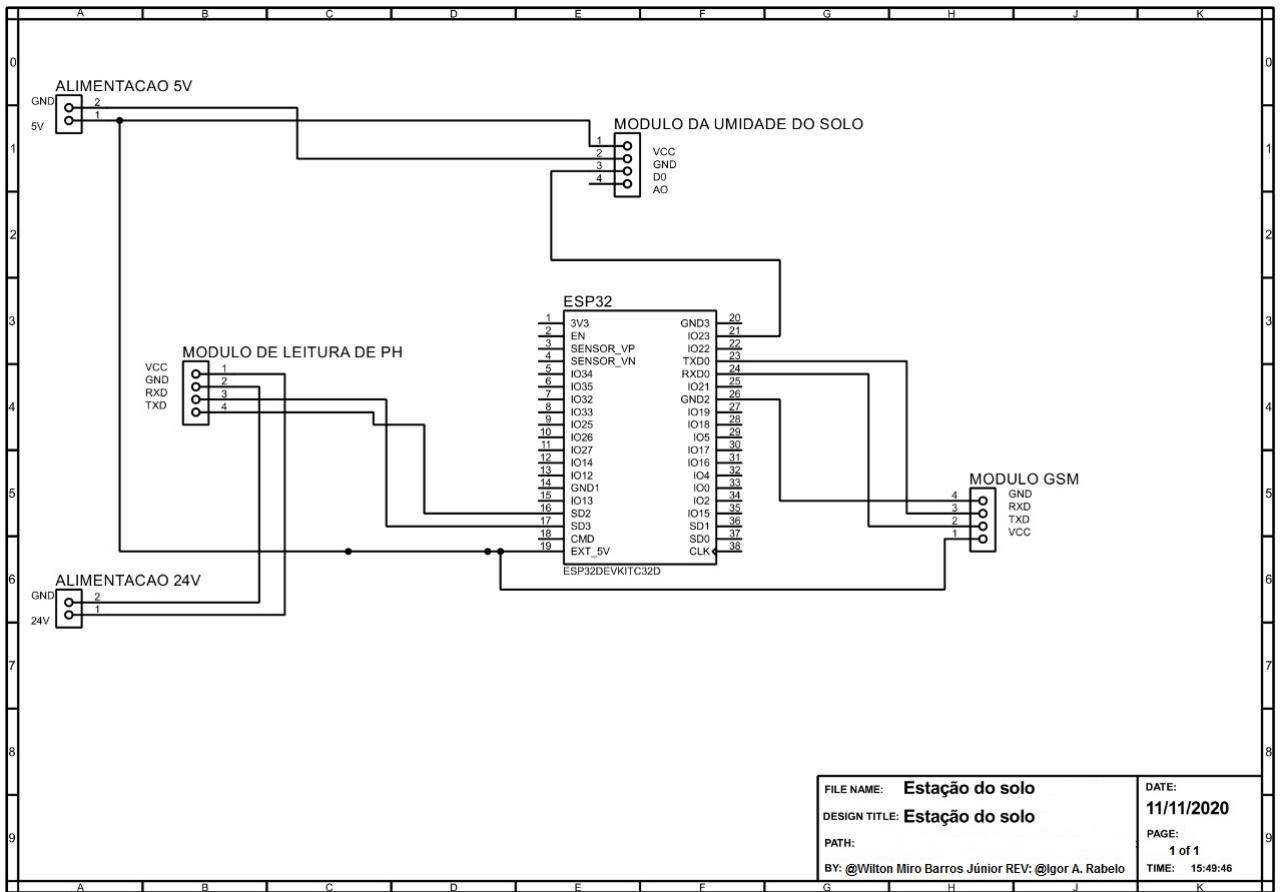


Figura 18 – Esquemático da estação solo

Considerando as especificações dos componentes, os módulos de umidade do solo, módulo GSM e a ESP32 serão alimentados por 5V e o módulo de leitura de pH é alimentado por 24 V. Como cada componente tem seu protocolo de comunicação para a transmissão de dados, as ligações têm que ser feitas no qual o pino de comunicação do módulo esteja conectado ao pino responsável por essa comunicação no microcontrolador.

Sendo assim, para o módulo GSM que possui os pinos RX que é o receptor da comunicação serial e o TX que é o transmissor da comunicação serial. É necessário conectar os pinos de forma inversa, ou seja, o pino RX do módulo GSM conecta no pino TX da ESP32 e o pino TX do módulo GSM conecta no pino RX da ESP32. Desta forma, ambos recebem e transmitem dados mutuamente.

Para o módulo de umidade do solo, será conectado seu pino digital em um pino gpio normalmente e no módulo de leitura de pH do solo, a conexão é baseada no padrão de comunicação RS-480 que tem dois fios e são ligados nos outros dois pinos TX e RX da ESP32.

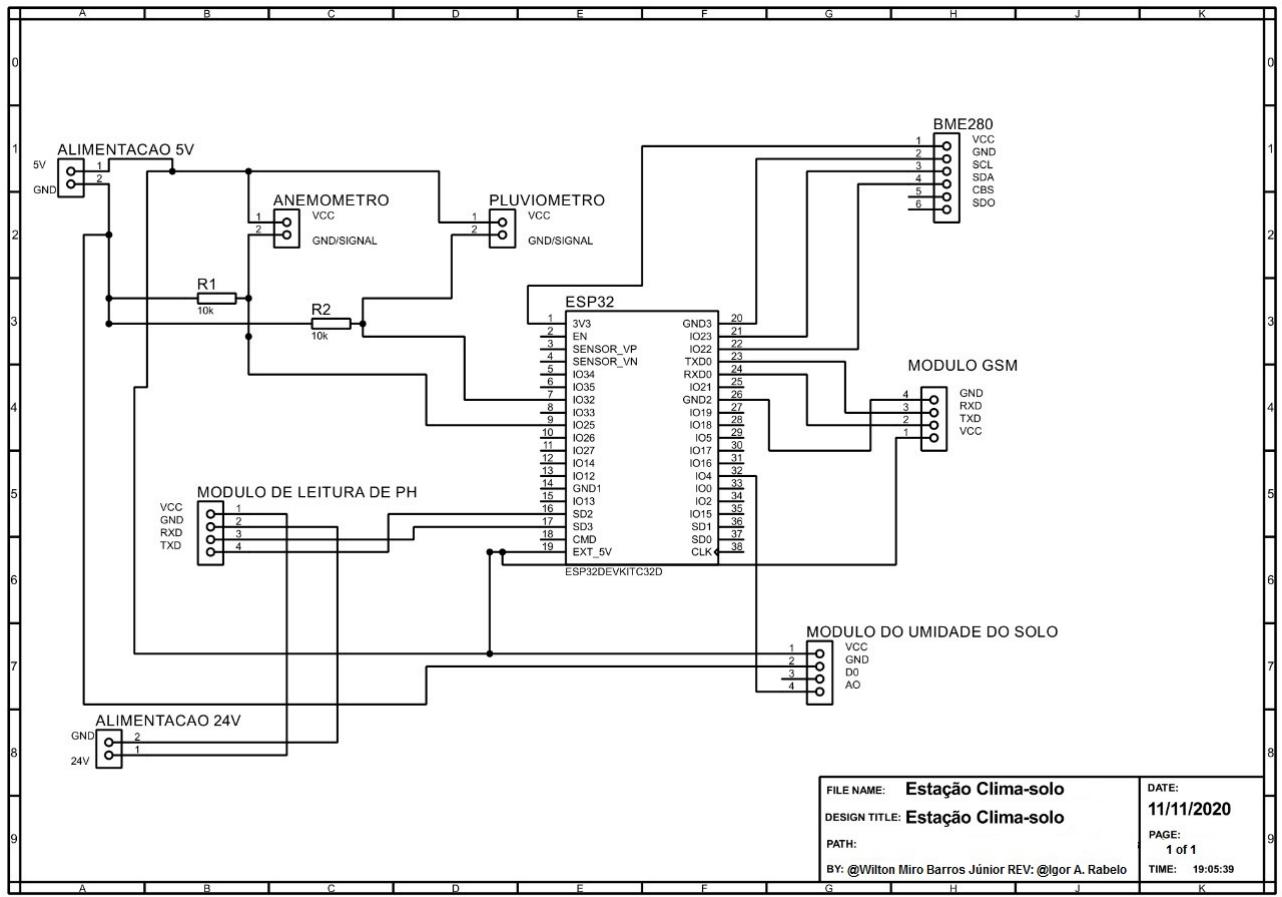


Figura 19 – Esquemático da estação Clima-Solo

Para a estação Clima-Solo, segue o mesmo procedimento de ligação para os módulos que estão presentes na estação solo. Dessa forma, considerando somente os módulos que foram adicionados para a formação dessa estação, o pluviômetro e anemômetro são alimentados com 5V, conectados com o seu sinal digital em portas gpio e aterrados com um resistor pull down de 10Kohms. Já para o BME280, o sensor usa o protocolo de comunicação I²C e os pinos SCL e SDA tem que ser conectados nos pinos correspondentes da ESP32 para a transmissão e a frequência do envio de dados.

5.10.2 Projeto de Fabricação da PCB

Primeiramente, a partir do esquemático, foi realizado o layout do circuito e feita a disposição dos módulos juntamente com a definição dos conectores para cada módulo. Dessa forma, os conectores de cada módulo serão:

- Na estação solo, os módulos de pH, umidade do solo e módulo GSM foram decididos pelo conector de pinos machos. Já para alimentação, é um conector fêmea para conectar a saída do regulador de tensão do sistema de alimentação.

- Na estação Clima-Solo, os módulos de pH, umidade do solo, BME280 e módulo GSM foram definidos pelo conector de pinos machos. Já para alimentação, pluviômetro e anemômetro são conectores fêmeas que conectam a saída do regulador de tensão do sistema de alimentação dessa estação e os dois fios do pluviômetro e do anemômetro.

Considerando a corrente máxima em cada estação e seguindo orientações de boas práticas na produção da PCB, foi feita uma estimativa para a largura das trilhas. Assim, pelo tamanho das trilhas que tem no proteus, a trilha da estação do solo é T60 e da estação clima-solo é T80. Sobre os ângulos que as trilhas devem formar, tomou-se o cuidado de que os ângulos tem que ser diferente de 90º, pois, se não, o funcionamento da corrente elétrica que passa pela trilha pode acontecer de forma deficiente.

Já determinação do diâmetro das ilhas, é necessário saber o tamanho do terminal, ou seja, o tamanho do pino do componente, o diâmetro do furo e o anel metálico que seria o responsável pelo contato do pino com a trilha. A relação entre essas dimensões para saber o diâmetro das ilhas está representado na Eq.5.2.

$$\text{diâmetro final da ilha} = \text{terminal do componente} + \text{diâmetro do furo} + \text{anel metálico} \quad (5.2)$$

Com essas informações, foi produzida o layout de cada estação. As figuras 20 e 21 são as PCB de cada estação.

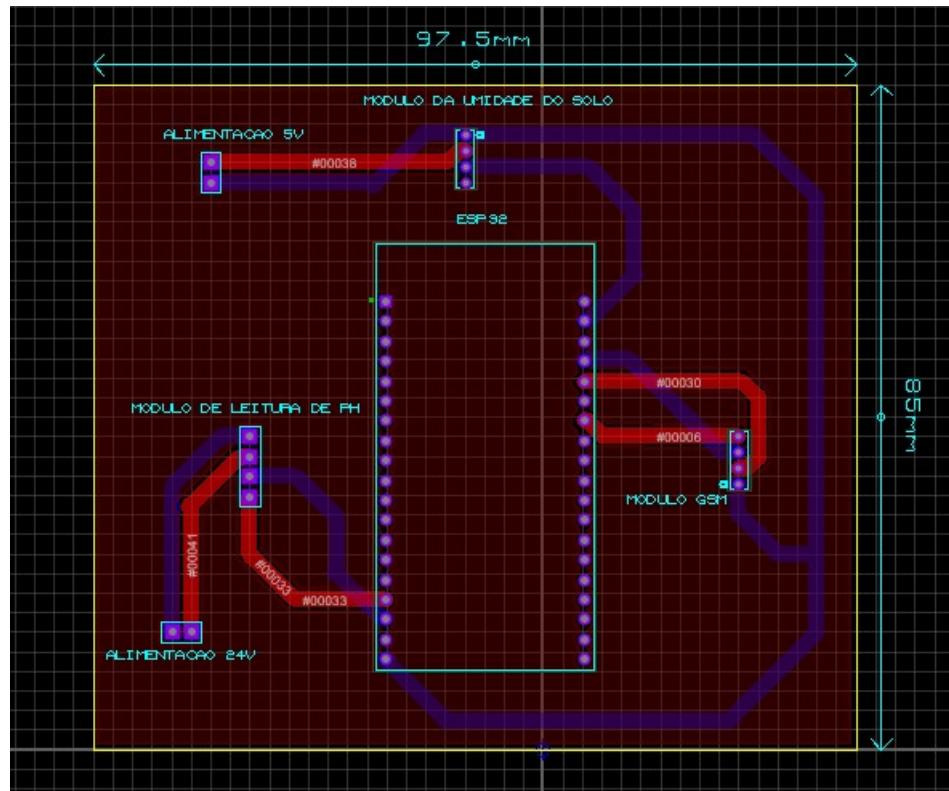


Figura 20 – PCB da estação Solo.

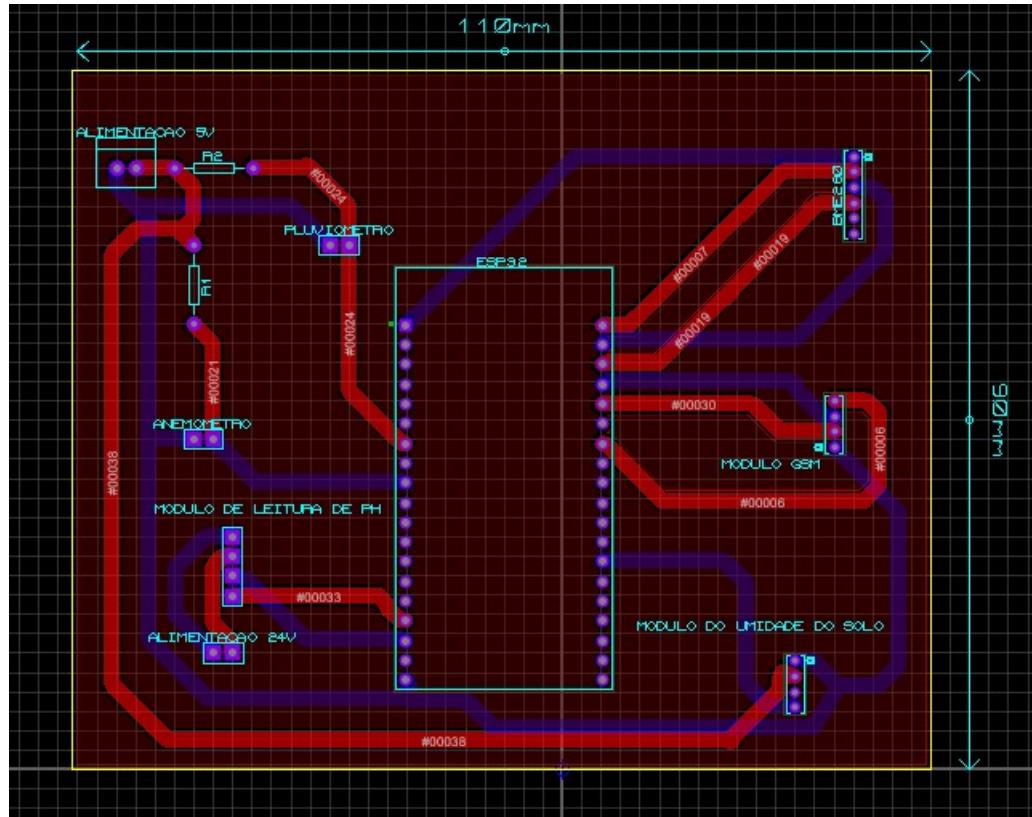


Figura 21 – PCB da estação Clima-Solo.

Para a impressão da placa de circuito impresso do A2P2, a placa é feita de fenolite isolante com tinta verde da serigrafia feita também de material isolante. As trilhas dispostas na placa são feitas com cobre de espessura de 0.120mm(3.43oz), isto é, ambas camadas tanto externa quanto interna para que a ESP32 e os pinos a serem soldados fixem melhor e também para que no momento na solda o cobre não seja facilmente danificado pela alta temperatura do ferro de solda.

A distância entre as trilhas estão bem espaçadas, essa distância é adequada para que não encostem uma na outra e ocorra curto-circuito caso ocorra um pico alto de corrente elétrica. A espessura da PCB do A2P2 é de 1,100mm(31.43oz) e avanço da máscara de solda(cada lado) é de 0,11mm(3.14oz)(PRESTES et al., 2010).

Todos os arquivos gerber que são utilizados na fabricação do A2P2 estão disponíveis no repositório do Github e as principais vistas e layouts estão representados no Apêndice M e a lista de material de cada estação está no apêndice Apêndice N.

6 Sistema de Alimentação

Nesta seção, primeiramente será abordado todo o dimensionamento do sistema de alimentação do A2P2 de forma detalhada e justificada utilizando como embasamento teórico para sistema fotovoltaico off- [CRESESB, 2014](#) e [ALVARENGA, 2020](#). Além dos cálculos e da justificativa dos componentes, será montado o diagrama elétrico e uma representação de como os componentes escolhidos ficarão posicionados no compartimento de controle. Por fim, será realizada uma simulação para validar os cálculos.

6.1 Composição do sistema de alimentação

A arquitetura do sistema de alimentação está representada no seguinte fluxograma:

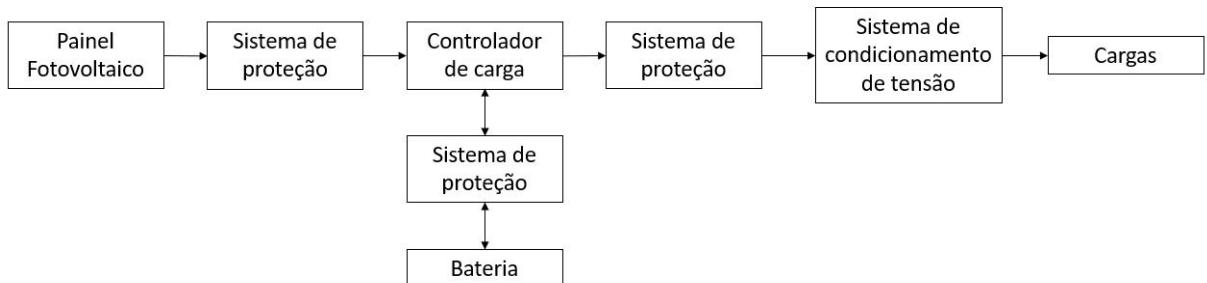


Figura 22 – Composição do sistema de alimentação

Na figura 22, é possível visualizar que, quando a luz solar incide sobre o módulo ou painel fotovoltaico, a radiação solar é convertida em energia elétrica. A corrente contínua gerada passa pelo controlador de carga que, além de regular a tensão que chega na bateria, protege a bateria de sobrecargas, prolongando sua vida útil. A energia gerada pode ser armazenada na bateria para utilizações futuras ou alimentar diretamente as cargas do sistema que são: sensor de pH, sensor de umidade, sensor BME280, ESP32, módulo GMS e anemômetro, todos operando em corrente contínua. Além disso, o sistema contará com mecanismos de proteção elétrica em corrente contínua, com o objetivo de evitar sobrecargas nos componentes do sistema e com o sistema de condicionamento para garantir fornecimento da tensão necessária para a correta alimentação da carga.

Nas seções a seguir será realizado o dimensionamento e a caracterização de cada componente presente no fluxograma da figura 22.

6.2 Determinação do tempo de medição

Antes de começar o dimensionamento do sistema de alimentação, é importante, primeiro, determinar algumas características. Uma delas é o tempo de funcionamento diário de todos os componentes eletrônicos que serão alimentados através da energia solar. Para isso, foi utilizado o tempo de resposta de cada componente e estimado o tempo no qual os sensores estariam em funcionamento durante um período de 24 horas. As medições para aferir condições climáticas e do solo são realizadas a cada 15 minutos ([PATHANIA, 2019](#)) . Desse modo, cada sensor será acionado 96 vezes durante o dia a fim de realizar as devidas medições. A tabela 8 mostra a relação do tempo de resposta e do tempo diário de funcionamento dos componentes eletrônicos e cada uma das estações.

Tabela 8 – Relação tempo de resposta e tempo de funcionamento dos componentes de cada estação

Estação solo		
Componentes	Tempo de resposta	Tempo diário de funcionamento
Sensor de umidade do solo	1s	0,026 h
Sensor de pH	60s	1,6 h
Módulo GSM	26s	0,173 h
ESP 32	-	1,6 h
Estação meteorológica		
Componentes	Tempo de resposta	Tempo diário de funcionamento
Sensor BME280	1 s	0,026 h
Anemômetro	-	24 h
Sensor de índice pluviométrico de chuva	-	24 h
Módulo GPS	26 s	0,173 h
ESP 32	-	24 h

É importante notar que na estação meteorológica, tanto para o anemômetro, como para o pluviômetro, será considerado o pior caso que será exigida sua operação por 24 horas/dia. No caso do sensor BME280, ele será acionado a cada 15 minutos por ser um sensor climático. Vale ressaltar também que o Módulo GSM, em ambas as estações, serão acionados a cada 1 hora e o tempo total de operação da ESP32 será igual ao tempo do sensor que exigir maior tempo de medição.

6.3 Demanda energética

Outra característica a ser determinada é a demanda energética. Para isso, são coletados os dados de corrente e tensão de cada componente eletrônico, relacionando-os com o tempo de operação. Dessa forma, foram montadas as tabelas 9 e 10.

Tabela 9 – Demanda energética da Estação Solo

Componentes	Tensão	Corrente	Potência	Tempo de uso diário	Consumo diário
Sensor de umidade de solo	5,0 V	$3,5 \times 10^{-2}$ A	$1,8 \times 10^{-1}$ W	$2,6 \times 10^{-2}$ h	$4,0 \times 10^{-3}$ Wh
Sensor de Ph	5,0 V	$1,0 \times 10^{-2}$ A	$5,0 \times 10^{-2}$ W	1,6 h	$8,0 \times 10^{-2}$ Wh
ESP 32	3,6 V	$5,0 \times 10^{-1}$ A	1,8 W	1,6 h	2,9 Wh
Módulo GSM	5,0 V	2,0 A	10,0 W	$1,7 \times 10^{-1}$ h	1,7 Wh
Total	$1,9 \times 10^1$ V	2,6 A	2,3 W	-	4,7 Wh

Tabela 10 – Demanda energética da Estação Meteorológica

Componentes	Tensão	Corrente	Potência	Tempo de uso diário	Consumo diário
Sensor BME280	5,0 V	$2,7 \times 10^{-9}$ A	$8,9 \times 10^{-9}$ W	$2,6 \times 10^{-2}$ h	$2,3 \times 10^{-10}$ Wh
Anemômetro	$2,4 \times 10^1$ V	$5,0 \times 10^{-2}$ A	1,2 W	$2,4 \times 10^1$ h	$2,9 \times 10^1$ Wh
Pluviômetro	5,0 V	$5,0 \times 10^{-1}$ A	2,5 W	$2,4 \times 10^1$ h	$6,0 \times 10^1$ Wh
ESP 32	3,6 V	$5,0 \times 10^{-1}$ A	1,8 W	$2,4 \times 10^1$ h	$4,3 \times 10^1$ Wh
Módulo GSM	5,0 V	2,0 A	$1,0 \times 10^1$ W	$1,7 \times 10^{-1}$ h	1,7 Wh
Total	$4,1 \times 10^1$ V	5,1 A	5,7 W	-	$1,3 \times 10^2$ Wh

Como resultado, observa-se que a estação solo possui uma demanda energética de 4,7Wh e a estação meteorológica, de 133,73Wh. Em ambas as estações, todos os componentes operam em corrente contínua.

6.4 Dimensionamento do módulo fotovoltaico

Antes de se determinar o módulo fotovoltaico, é necessário realizar uma análise da irradiação solar incidente no local onde as estações irão operar. Para fins de dimensionamento, será considerado que o A2P2 operará no campus UnB-Gama. De acordo a tabela 11, a irradiação solar média do local é de 5,45 KWh/m² dia; mínima de 4,76 KWh/m² dia em novembro e máxima de 6,52 KWh/m² dia em agosto.

Tabela 11 – Irradiação solar diária mensal em (kWh/m²)

Ângulo	Jan	Fev	Mar	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
16°	4,99	5,41	5,13	5,52	5,68	5,83	6,52	5,58	5,33	4,76	4,93	5,45

Foram escolhidos os dados referentes ao ângulo de inclinação dos módulos fotovoltaicos de 16° por ser a inclinação recomendada de acordo com a faixa de latitude geográfica ([CRESESB, 2020](#)). Além disso, Será escolhido o menor valor da irradiação solar para garantir que o sistema de alimentação funcionará durante o ano todo.

Depois de determinar o valor da irradiação solar, será usada a equação [6.1](#), que permite calcular a potência do painel solar.

$$P = \frac{L}{HSP \times Red1 \times Red2} \quad (6.1)$$

Onde: P é a potência do painel solar em Wp, L é a quantidade de energia consumida em Wh/dia, HSP corresponde às horas de pleno sol no plano do painel fotovoltaico no mês em h/dia, Red1 é o fator de redução da potência dos módulos fotovoltaicos e Red2 é o fator devido às perdas do sistema. Como o painel fotovoltaico será de silício, recomenda-se o uso de Red1 de 0,75 e Red2 igual a 0,9 ([CRESESB, 2014](#)).

Calculando, tem-se uma potência de 1,46 Wp para o painel da Estação Solo e uma potência de 41,62 Wp para o painel da Estação Clima-Solo. A partir das potências, designou-se os painéis trazem suas respectivas especificações mostradas na tabela abaixo:

Tabela 12 – Características dos painéis solares da A2P2.

Características	Estação Solo	Estação Clima-Solo
Potência	3W	45W
Corrente de curto circuito	0,35A	2,41A
Tensão de máxima potência	9V	17,82V
Tensão de circuito aberto	10,6V	21,72V
Dimensões	230 x 190 x 17mm	680 x 540 x 25mm
Peso	0,5kg	4,9kg

6.5 Autonomia

A autonomia do sistema fotovoltaico *off-grid* é garantido pelo banco de baterias, dado em dias. O número de dias de autonomia varia com as características climáticas da

região onde se instala o sistema. Se no local tiver grande disponibilidade de radiação solar, é escolhido um número menor de dias de autonomia e, em regiões com grandes períodos de chuva, é recomendado escolher o número maior de dias de autonomia. No Brasil, é recomendado, para sistemas fotovoltaicos, autonomia entre 2 a 4 dias ([CRESESB, 2014](#)). Neste trabalho, o A2P2 será dimensionado para ter 4 dias de autonomia.

6.6 Dimensionamento da bateria

Como a potência exigida pelos sensores nas duas estações é inferior a 1000W, a tensão de ambas as baterias deverá ser de 12V ([PORTALSOLAR, 2020](#)).

Para determinar a capacidade das baterias em Ah, foram utilizadas as equações [6.2](#) [6.3](#).

$$Capacidade = \frac{C_t \times N}{V_b \times Pd} \quad (6.2)$$

$$Capacidade = \frac{C_t \times N}{V_b \times Pdn} \quad (6.3)$$

Onde: C_t é o consumo total em Wh/dia, N é a autonomia em dias, V_b é a tensão da bateria em volts, Pd é a profundidade de descarga no final da autonomia em pu e Pdn é a profundidade de descarga no final de cada noite em pu/dia. Pd será considerado igual a 0,6pu, uma vez que a bateria escolhida é estacionária e PDN é igual a 0,2pu/dia ([ALVARENGA, 2020](#)).

Para as duas estações, foram usadas as equações acima sendo que a equação que resulta no maior valor para a capacidade das baterias será o valor escolhido. Assim, para a Estação Solo obteve-se o resultado de 1,33 Ah e para a Estação Clima-Solo, 19 Ah. Aplicando o fator de segurança de 1,25 e pesquisando valores de capacidades comerciais de corrente em baterias, tem-se como resultado uma bateria de 4Ah para a Estação Solo e 24Ah para a Estação Clima-Solo. As figuras [23](#) (a) e (b) mostram as baterias escolhidas para o A2P2.



(a) Bateria de 12V, 4Ah - Estação Solo.

(b) Bateria de 12V, 24Ah - Estação Clima-Solo.

Figura 23 – Baterias. Fonte: [UNIPOWER 2020](#) e [REISBATERIAS 2020](#)

A tabela 13 mostra as características das baterias dimensionadas.

Tabela 13 – Características das baterias do A2P2.

Características	Estação solo	Estação Clima-Solo
Tensão	12V	12V
Capacidade	4Ah	24Ah
Peso	1,7Kg	8,2Kg
Dimensões	151 x 65 x 101mm	166 x 175 x 125mm

6.7 Dimensionamento do controlador de carga

O objetivo do controlador de carga é proteger a bateria contra cargas e descargas excessivas, aumentando sua vida útil. Eles são indispensáveis, pois a bateria pode sofrer danos irreversíveis, caso venham a falhar.

O dimensionamento do controlador de carga baseia-se, principalmente, na definição dos níveis máximos das correntes elétricas que passam por ele, tanto as provenientes do módulo fotovoltaico, quanto as que são solicitadas pela carga. A corrente elétrica máxima demandada pelas cargas pode ser conhecida a partir das tabelas 9 e 10. Através da Equação 6.4, é possível estimar a corrente do controlador de carga.

$$\text{Corrente do controlador de carga}(A) = \frac{\text{Potencia das cargas CC W} \times 1,1}{\text{Tensao do banco de baterias}(V)} \quad (6.4)$$

A partir do cálculo da equação acima, tem-se o resultado de corrente de 0,21A para a Estação Solo e 0,53A para o controlador da Estação Clima-Solo. Além das correntes, devem-se analisar a tensão gerada pelo painel solar e a tensão da bateria. Desse modo, na Estação Solo, a tensão que chega no controlador de carga proveniente do painel fotovoltaico é de 9V e a tensão de entrada/saída do lado da bateria é de 12V. Já na Estação Clima-Solo, são 18V do lado do painel solar e 12V no lado da bateria. Portanto, foram escolhidos os controladores de carga mostrado na figura 24.

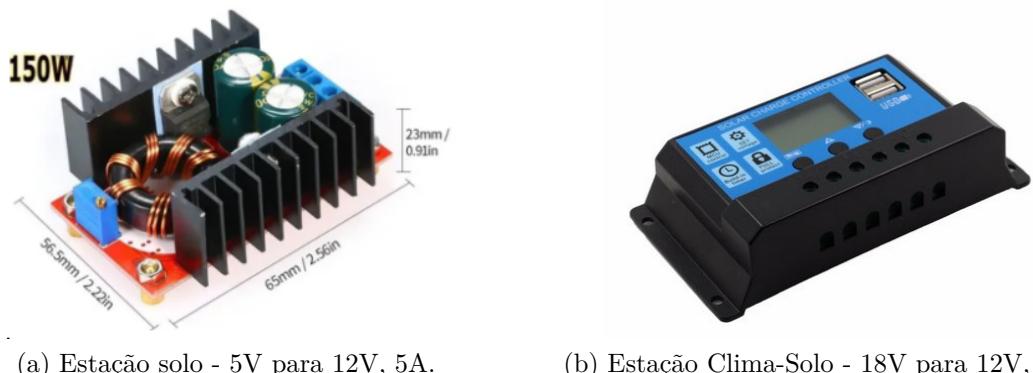


Figura 24 – Conversores de carga. Fonte: [MERCADOLIVRE](#), 2020 e [SUNHOME](#), 2020

6.8 Sistema de condicionamento de potência

O sistema de condicionamento de potência é composto por equipamentos cuja função principal é otimizar o controle geração/consumo visando o aproveitamento ótimo dos recursos, aliado à qualidade e continuidade na entrega de energia. A figura 25 ilustra a posição onde o sistema de condicionamento de potência se encontrará para garantir a correta alimentação dos sensores de solo e climáticos.

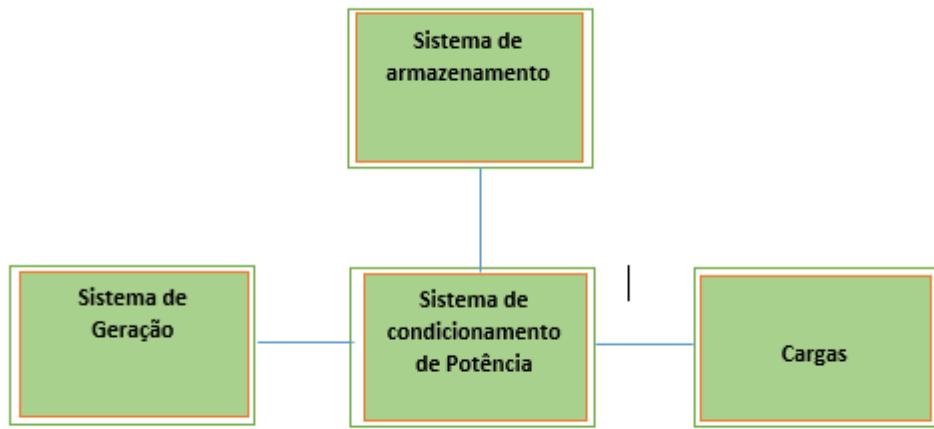
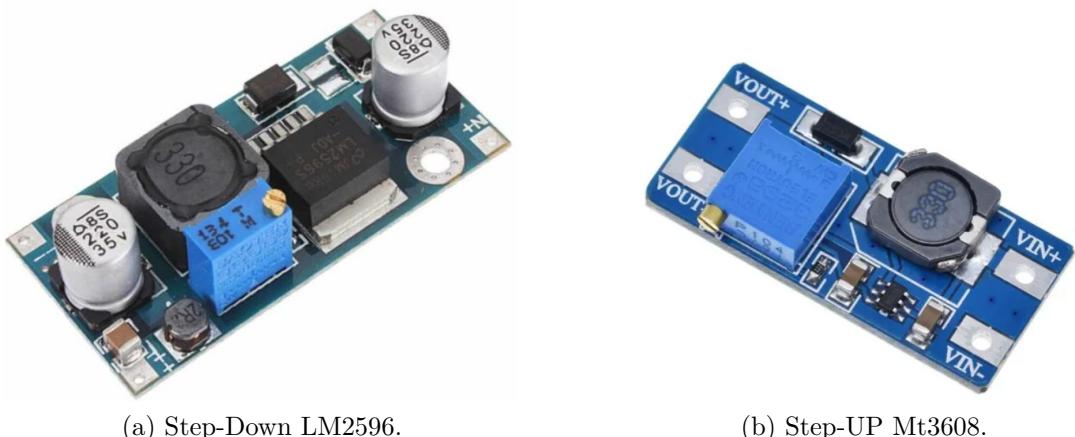


Figura 25 – Sistema de condicionamento de potência como conexão entre os sistemas de geração, armazenamento e carga.

Como a tensão proveniente das baterias é de 12V e as cargas de ambas as estações apresentam diferentes níveis de tensão, será necessário o uso de Conversores CC do tipo Step-Down e Step-Up que funcionam, respectivamente, como abaixador e elevador de tensão, convertendo um nível de tensão inicial para outro nível secundário. Para o tipo Step-Down, esse conversor deve ser capaz de reduzir a tensão de 12V proveniente da bateria para 3,3V e 5V. Já o Step-Up deve permitir o aumento da tensão de 12V para 24V. Dessa forma, foram escolhidos os conversores LM2596 e Mt3608 para baixar e aumentar a tensão, respectivamente, como mostram as figuras 26.



(a) Step-Down LM2596.

(b) Step-UP Mt3608.

Figura 26 – Conversores CC/CC. Fonte: CURTOCIRCUITO, 2020 e ELETROGATE, 2020.

As características de cada conversor CC-CC estão listadas na tabela 14.

Tabela 14 – Conversor CC-CC Step-Down e Step-Up.

Características	Step-Down LM2596	Step-Up Mt3608
Tensão de saída	4,5V a 40V	2V a 24V
Corrente de saída	3A	3A
Eficiência	90	93
Peso	10g	10g
Dimensões	43 x 21 x 14mm	36 x 17 x 14mm

6.9 Sistema de proteção elétrica

Nos sistemas fotovoltaicos, os componentes utilizados para proteção de pessoas e dos equipamentos contra surtos e fugas de corrente são as chaves, fusíveis e disjuntores. Esses componentes são escolhidos de acordo com os valores máximos de tensão e corrente que irão percorrer determinado trecho do circuito ([CRESESB, 2014](#)).

De forma a facilitar a visualização dos trechos do circuito de cada estação, será montado uma representação esquemática ao final dessa seção a fim de apresentar como ficariam posicionados os equipamentos do sistema fotovoltaico já dimensionados bem como as dimensões e o posicionamento das conexões no quadro de proteção e comando da Estação Solo.

Para o dimensionamento do sistema de proteção, utilizou-se um fator de segurança de 1,25 ([CRESESB, 2014](#)). Em ambas as estações, optou-se por utilizar uma chave geral de 3 polos, mostrada na figura 27, para seccionar o painel solar com o controlador de carga, o controlador de carga com a bateria e o controlador de carga com os sensores de cada estação. Dessa maneira, a chave geral possibilitará o seccionamento para desenergizar o quadro de forma geral e fazer possíveis manutenções dos equipamentos.

Figura 27 – Chave geral 3 polos. Fonte: [ELETRODEX 2020](#)

Os fusíveis estão posicionados de maneira a proteger o controlador de carga da chegada de altas correntes que podem danificar o equipamento. Na Estação Solo, no

circuito entre o painel solar e o controlador de carga, o fusível escolhido é de 2A, uma vez que a corrente máxima que pode fluir do painel solar para o controlador de carga é de 0,35A. No circuito entre o controlador de carga e a bateria, para que a bateria não forneça correntes maiores que a suportada pelo controlador, o fusível escolhido é de 2A.

Já no circuito entre o controlador de carga e os sensores de solo, a máxima corrente que poderá fluir, de acordo com a tabela 9, é de 2,4A. Aplicando o fator de segurança, tem-se que o fusível a ser utilizado é de 3A.

Na Estação Clima-Solo, no circuito entre o painel solar e o controlador de carga, o fusível escolhido é de 3A, uma vez que a corrente máxima que pode fluir do painel solar para o controlador de carga é 2,41A. No circuito entre o controlador de carga e a bateria, o fusível escolhido é de 3A. No circuito entre o controlador de carga e os sensores de solo, a máxima corrente que poderá fluir, de acordo com a tabela 10, é de 5,05A. Aplicando o fator de segurança, temos que o fusível a ser utilizado é de 7A.

Todos os fusíveis estarão conectados através do porta-fusível 5x20 AS-06, como mostra a figura 28.



Figura 28 – Porta fusível 5x20 AS-06. Fonte: [ELETTRICA 2020](#)

Para o barramento de distribuição no quadro das duas estações foi escolhido o bloco de distribuição da linha S112 SIBRATEC, sendo que para a Estação Solo o bloco de distribuição é de 2 polos e 7 vias, e na Estação Clima-Solo é de 4 polos e 7 vias, como mostra a figura 29.



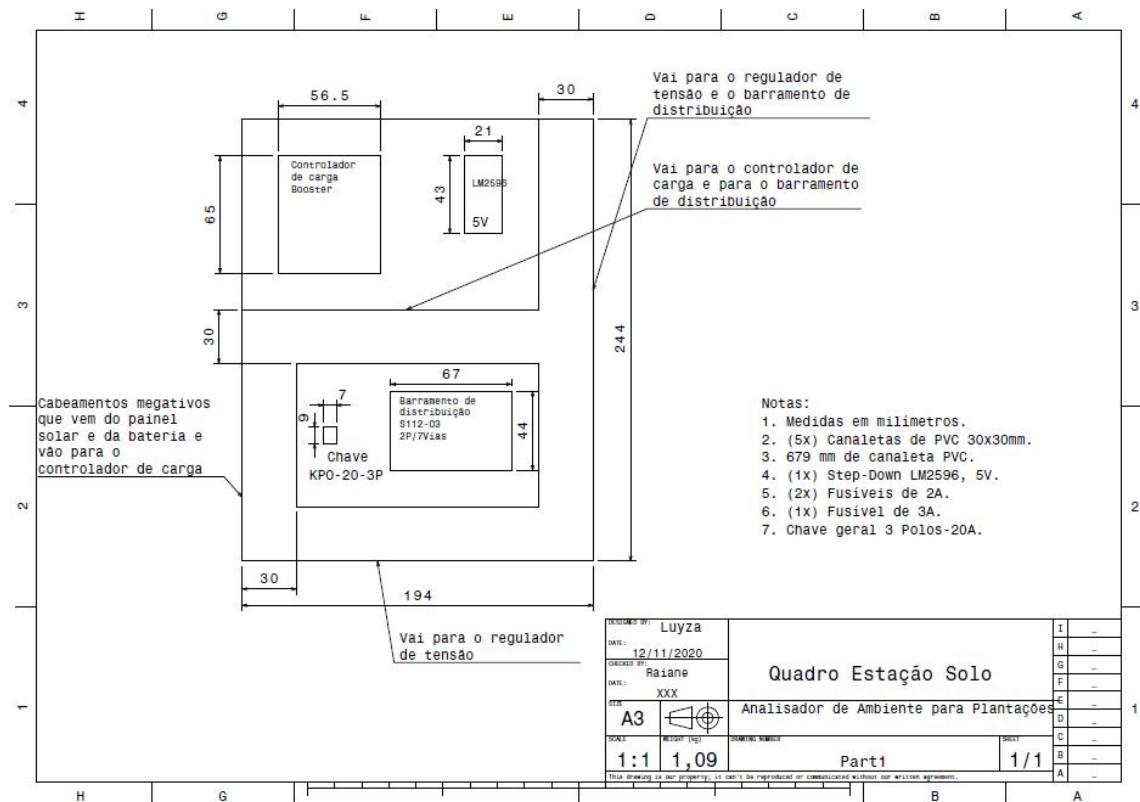
(a) 2 polos, 7 vias.



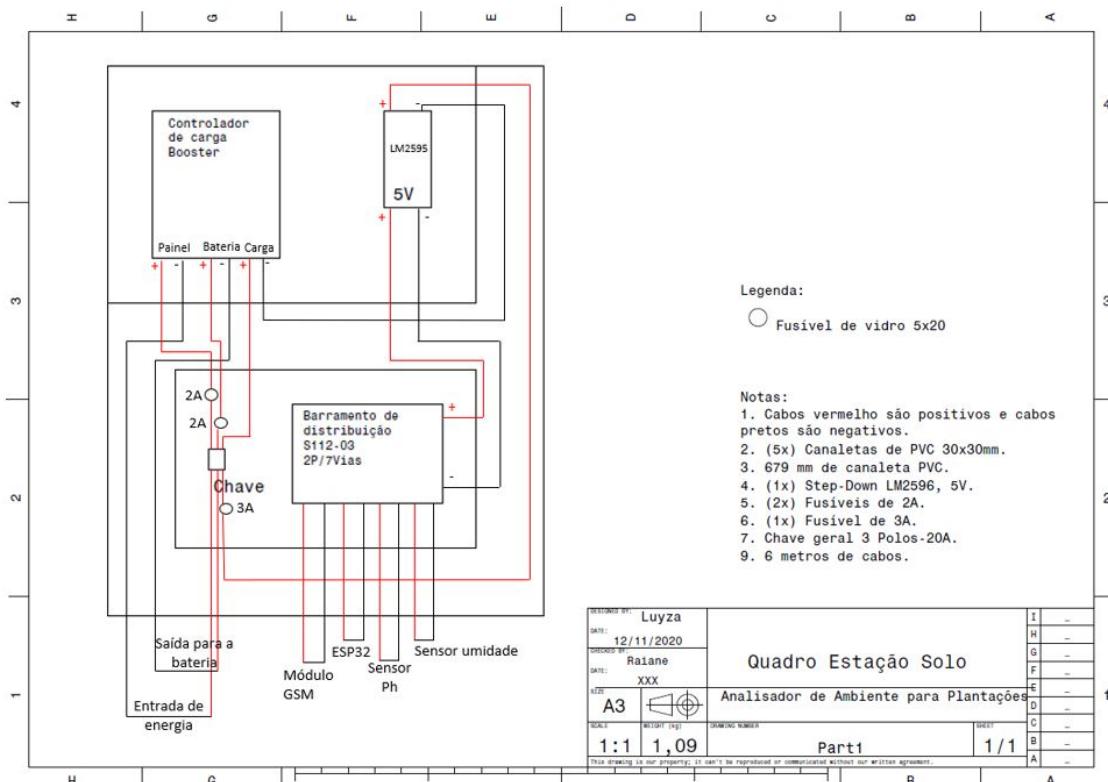
(b) 4 polos, 7 vias.

Figura 29 – Blocos de distribuição SIBRATEC. Fonte: [SIBRATEC, 2020](#)

Da posse de todos os componentes de proteção elétrica, os esquemáticos do quadro de proteção e comando para as duas estações são representados nas figuras 30 e 31.

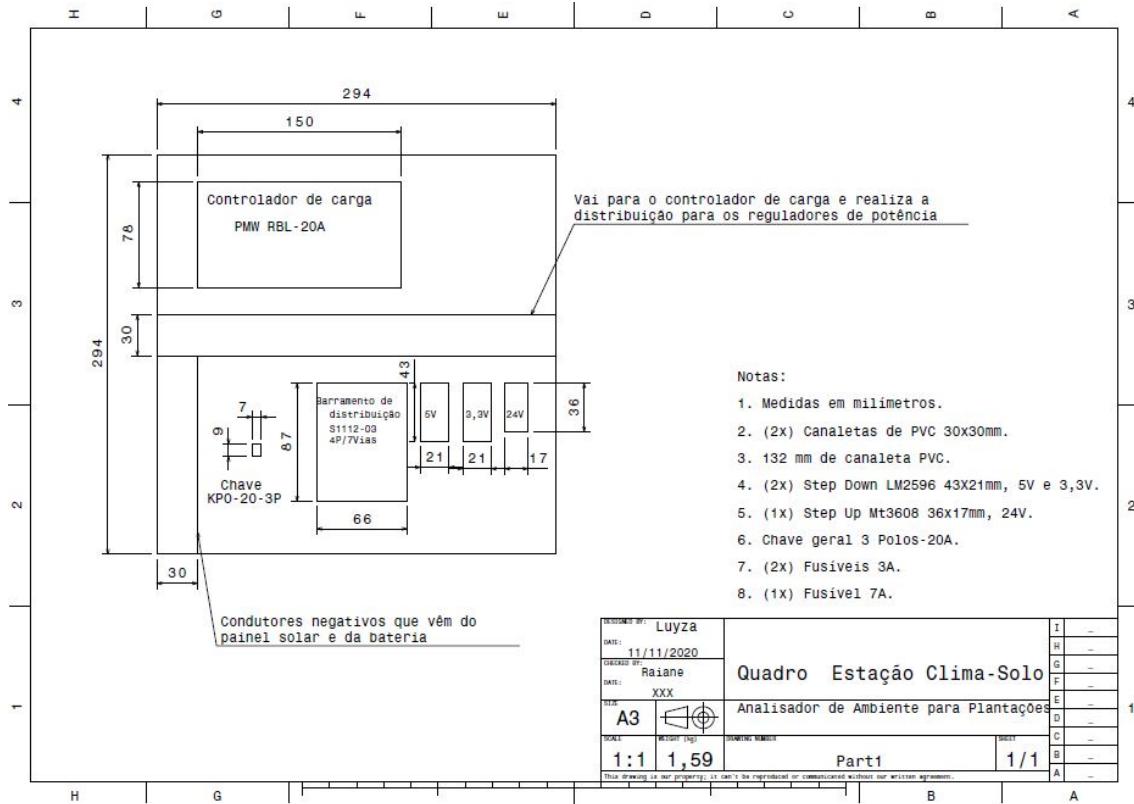


(a) Posicionamento e dimensões dos componentes.

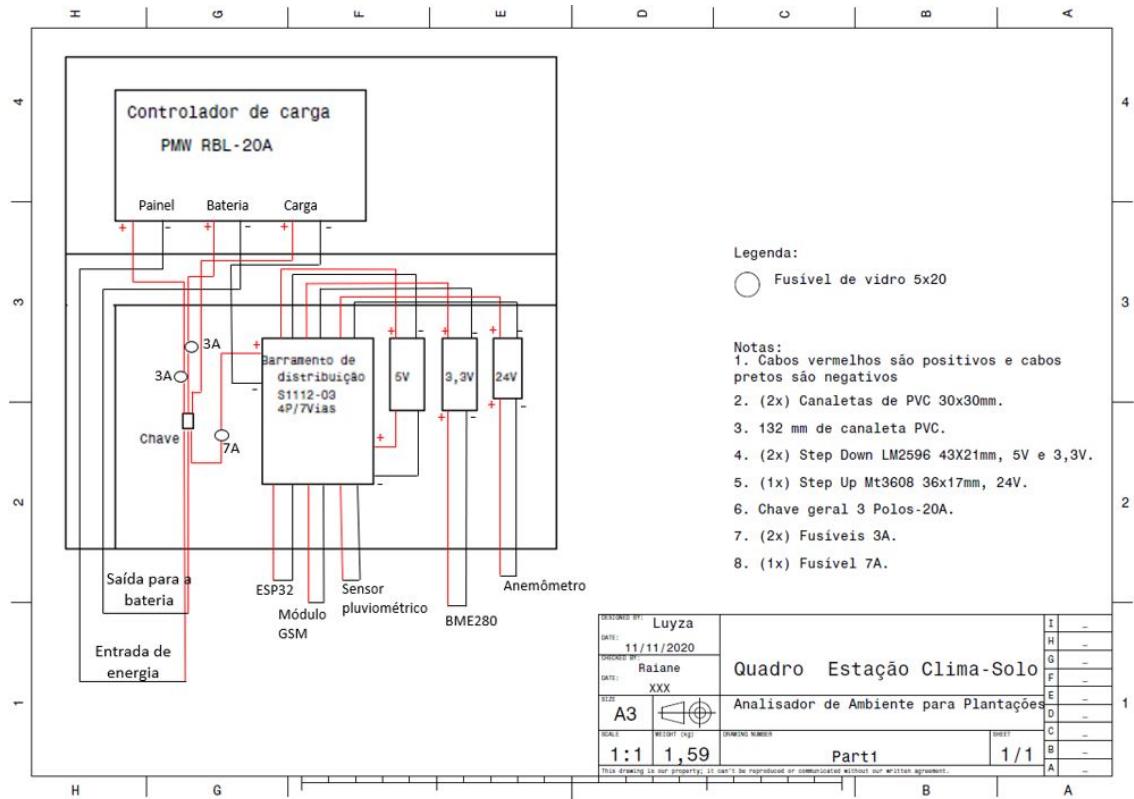


(b) Conexões elétricas.

Figura 30 – Quadro de comando e proteção da Estação Solo.



(a) Posicionamento e dimensões dos componentes.



(b) Conexões elétricas.

Figura 31 – Quadro de comando e proteção da Estação Clima-Solo.

6.10 Dimensionamento do cabeamento

Para o dimensionamento dos cabos, ainda foi usada NBR 5410 como embasamento. Esta norma determina condições e regras para instalações elétricas de baixa tensão de até 1000V em tensão alternada e 15000V em tensão ininterrupta no Brasil. Essa norma visa garantir a qualidade nas instalações, de forma a não oferecer riscos e padronizar as instalações e sistemas elétricos.

De acordo com a tabela 33 da NBR 5410, o método de referência a ser adotado deve ser o C: Cabos unipolares ou cabos multipolares em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira e método de instalação 12.

- 1.^º Passo: Método de instalação e de referência;
- 2.^º Passo: Quantidade Ideal de cabos;
- 3.^º Passo: Consulta da tabela 36 da NBR de condução de corrente.

Como foi apresentado nas tabelas 9 e 10, as correntes do sistema são muito baixas quando se comparado as especificações da NBR, variam de 67mA a 5,05A. Na NBR 5410, a menor seção transversal é 0,5mm² que tem uma corrente máxima permitida de 9A. Porém, como o barramento de distribuição escolhido exige uma seção transversal mínima de 1,5mm², então o trecho entre os reguladores de tensão até os sensores terão cabos com diâmetro de 1,5mm² e os demais trechos serão de 0,5mm².

De forma a viabilizar a conexão dos cabos, será usado terminais de conexão de 1,5mm² com furo de 5mm², como mostra a figura 32.



Figura 32 – Terminal de compressão para cabos de 1,5mm². Fonte: [SOUZACUSTONS 2020](#)

6.11 Esquemático do sistema

Com todos os componentes dimensionados é possível montar o diagrama unifilar detalhado para ambas as estações da A2P2. A figura 33 mostra o diagrama unifilar para a Estação Solo.

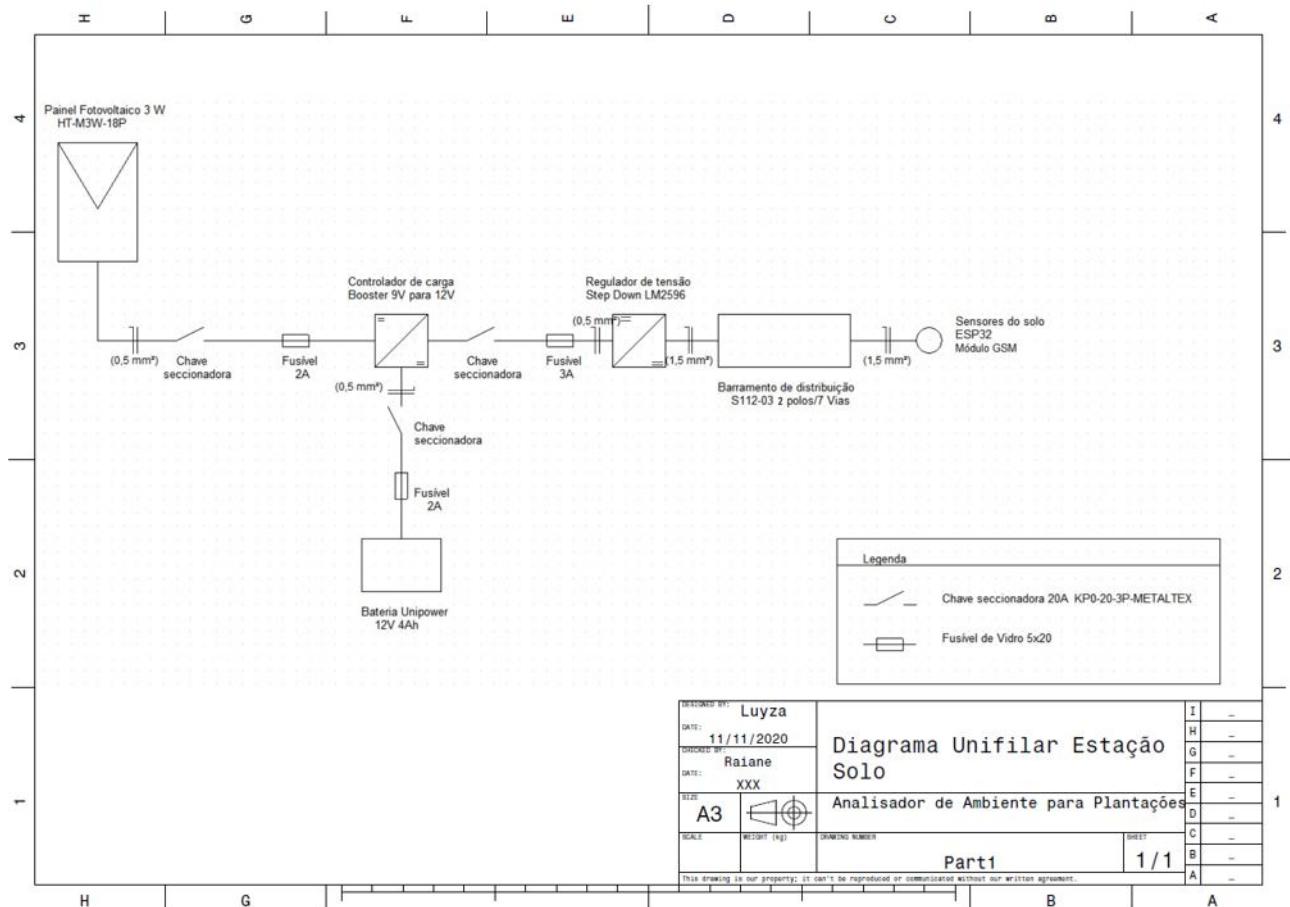


Figura 33 – Diagrama unifilar da Estação Solo

De forma similar, a figura 34 representa o diagrama unifilar para a Estação Clima-Solo.

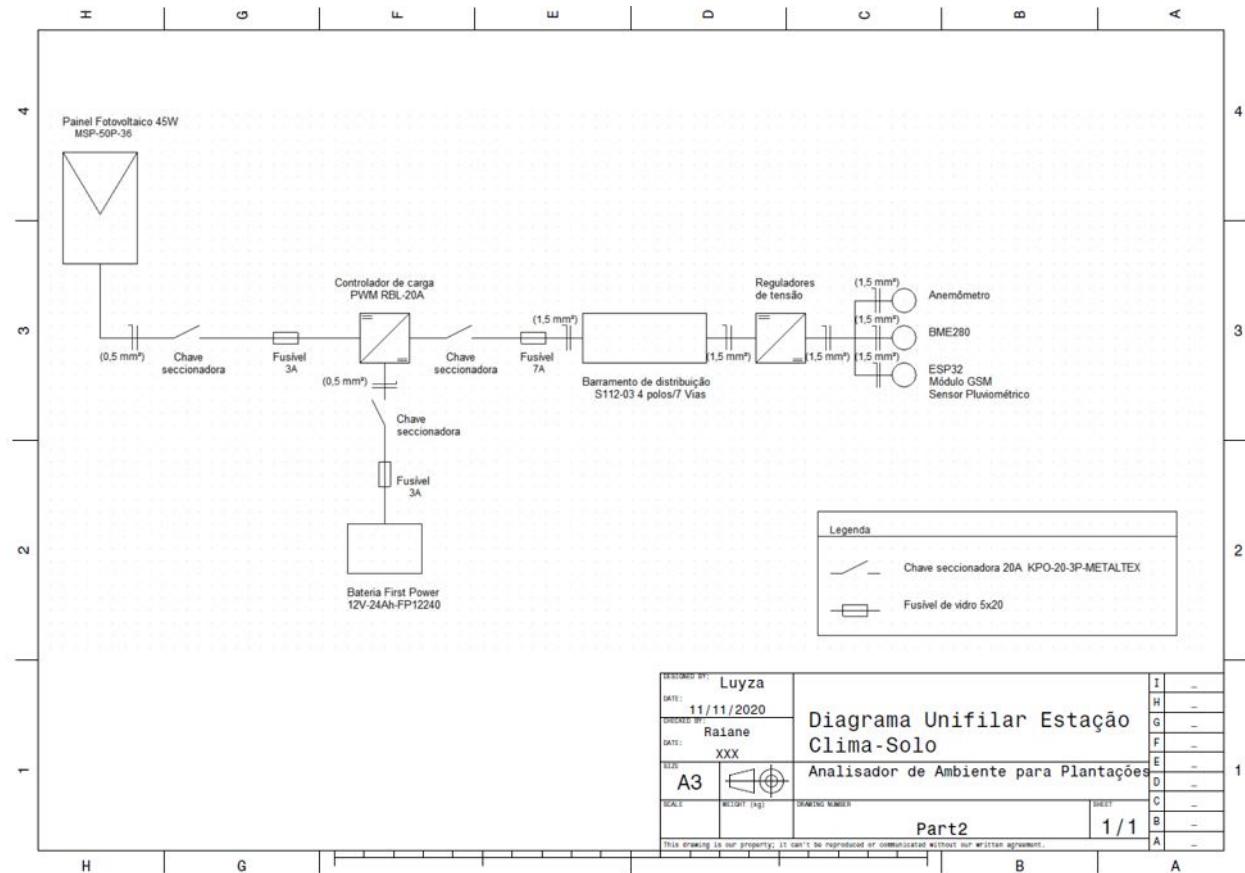


Figura 34 – Diagrama unifilar da Estação Clima-Solo

6.12 Simulação

Para a simulação do Sistema de alimentação, foi utilizado o programa PVsyst 7.0, desenvolvido pela Universidade de Genebra, Suíça. Esse programa permite que o usuário trabalhe com um sistema, do estágio inicial até o estágio mais complexo, onde o projeto está mais detalhado. O software permite a simulação, tanto de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, quanto para sistemas solares isolados, além de auxiliar na simulação para sistemas de bombeamento de água através da luz solar (CRESES, 2014).

Primeiramente, é necessário inserir a localização de onde o sistema on-grid será instalado, de forma que o software gere os dados da irradiação solar incidente neste local. A localização inserida foi da UnB - Campus Gama, que será o local de teste do projeto. Os dados da irradiação solar são apresentados na figura 35.

	Global horizontal irradiation kWh/m ² /day	Horizontal diffuse irradiation kWh/m ² /day	Temperature °C	Wind Velocity m/s	Relative humidity %
January	5.83	3.05	23.8	2.30	80.3
February	5.84	2.78	23.7	2.00	81.0
March	5.48	2.64	23.5	2.00	81.4
April	5.25	2.23	23.1	2.00	79.1
May	4.93	1.68	21.8	1.80	72.1
June	4.94	1.12	20.1	1.90	68.2
July	5.23	1.07	20.4	2.00	61.0
August	5.98	1.21	22.1	2.31	53.6
September	6.23	2.09	23.7	2.39	55.9
October	5.99	2.61	24.9	2.30	61.6
November	5.50	2.81	23.2	2.30	80.0
December	5.60	3.09	23.5	2.30	80.2
Year	5.56	2.19	22.8	2.1	71.2
	Paste	Paste	Paste	Paste	

Figura 35 – Irradiação mensal do local de teste

Logo em seguida, a inclinação do painel solar é inserida, sendo 16° de inclinação e azimute 0°, ilustrado na figura 36.

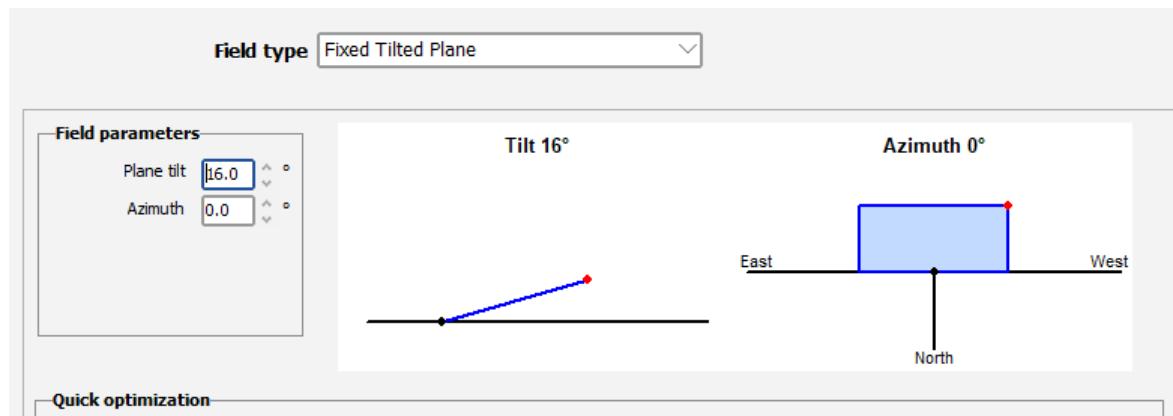


Figura 36 – Inclinação do módulo fotovoltaico

O passo seguinte será inserir a demanda energética diária da estação em questão, conforme consta na figura 37.

Consumption		Hourly distribution			
Daily consumptions					
Number	Appliance	Power	Daily use	Hourly distrib.	Daily energy
0	Lamps (LED or fluo)	0 W/lamp	0.0 h/day		0 Wh
0	TV / PC / Mobile	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
0	Domestic appliances	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
0	Fridge / Deep-freeze	0.00 kWh/day	24.0		0 Wh
0	Dish- and Cloth-washer	0.0 W aver.	2.0 h/day		0 Wh
1	Estação do Solo	3 W/app	1.6 h/day	OK	4 Wh
0	Other uses	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
Stand-by consumers		0 W tot	24 h/day		0 Wh
Appliances info				Total daily energy	4 Wh/day
				Monthly energy	0.1 kWh/mth

(a) Estação Solo.

Daily consumptions					
Number	Appliance	Power	Daily use	Hourly distrib.	Daily energy
0	Lamps (LED or fluo)	0 W/lamp	0.0 h/day		0 Wh
0	TV / PC / Mobile	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
0	Domestic appliances	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
0	Fridge / Deep-freeze	0.00 kWh/day	24.0		0 Wh
0	Dish- and Cloth-washer	0.0 W aver.	2.0 h/day		0 Wh
1	Estação Meteorológica	6 W/app	24.0 h/day	OK	137 Wh
0	Other uses	0 W/app	0.0 h/day		0 Wh
Stand-by consumers		0 W tot	24 h/day		0 Wh
Appliances info				Total daily energy	137 Wh/day
				Monthly energy	4.1 kWh/mth

(b) Estação Clima-Solo.

Figura 37 – Consumo diário

A próxima etapa será definir a bateria, painel solar e controlador de carga que serão utilizados na simulação.

Constatou-se que o software PVsyst 7.0 não possui em seu banco de dados os exatos equipamentos que foram escolhidos durante o dimensionamento do projeto, para dar prosseguimento a simulação, foram selecionados modelos de equipamentos com parâmetros semelhantes.

Após selecionar os equipamentos, inicia-se a simulação. Os resultados obtidos são apresentados na figura 38.

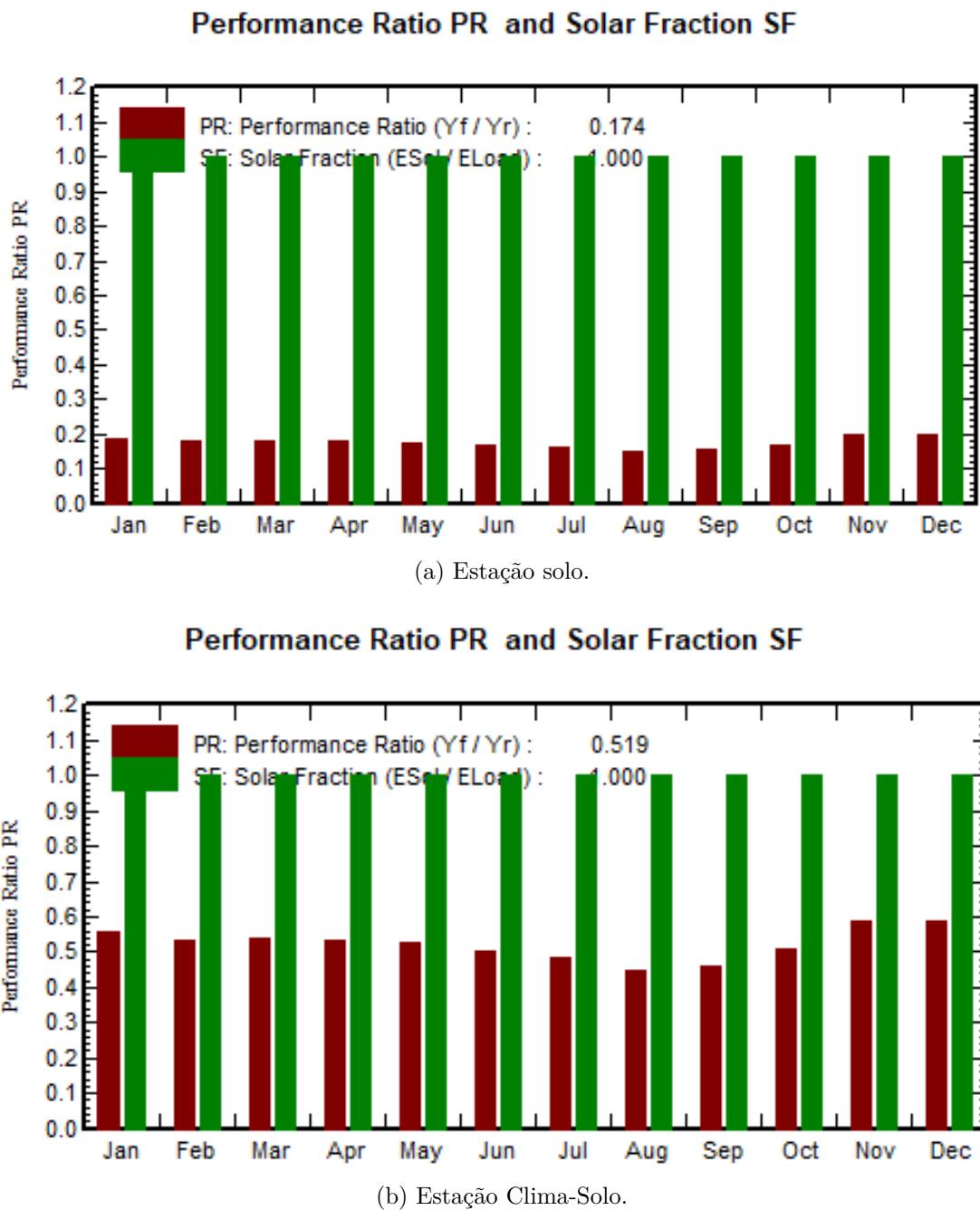


Figura 38 – de desempenho.

A taxa de desempenho (PR - Performance Ratio) permite identificar se o sistema fotovoltaico está funcionando de modo otimizado e eficiente e pode ser denominado como um fator de qualidade. É definida como a relação entre o desempenho real do sistema sobre o desempenho máximo teórico possível. Como apresentado na figura 38, a taxa de desempenho apresenta variações ao decorrer do ano. Para a Estação solo o valor foi de 17,4% e para a Estação Clima-Solo, de 51,9%. O gráfico da figura 38, também apresenta a fração solar (SF) que é a razão entre a energia fornecida à carga pela energia demandada pela carga. O valor médio para a fração solar é 1,0 para ambas as estações, indicando que o sistema autônomo simulado consegue atender à demanda exigida.

6.13 Plano de testes

Com o objetivo de verificar se o sistema de alimentação dimensionado foi instalado corretamente, atendendo as especificações do projeto e se ele opera de forma segura, é preciso realizar o comissionamento. Para essa atividade é necessário que um profissional especializado ou um técnico realize inspeções e testes operacionais em todo o sistema fotovoltaico. Vale ressaltar que as inspeções devem ser realizadas após as instalações e antes do sistema começar a operar.

Geralmente o comissionamento é efetuado pelo instalador, por isso é recomendável que um agente fiscalizador acompanhe o procedimento.

Antes do início da atividade de comissionamento, um relatório com os procedimentos a serem realizados e com as tolerâncias aceitáveis deve ser elaborado e entregue com antecedência para o fiscalizador. Os pontos a serem observados durante o comissionamento serão apresentados a seguir.

6.13.1 Inspeção visual

Antes de realizar a inspeção visual, desenergize o sistema de alimentação abrindo a chave seccionadora geral. Para a inspeção visual verificar os seguintes itens:

1. A qualidade de todos os equipamentos e componentes;
2. A presença e a localização dos componentes de seccionamento, proteção e controle;
3. Identificar as conexões;
4. A presença de placas de advertência de choque elétrico e restrição de acesso ao quadro de proteção e comando;
5. Montagem adequada e com segurança do painel solar e da estrutura de suporte.
6. A orientação e a inclinação do gerador fotovoltaico;
7. Se a estrutura e o painel solar estão sem danos aparentes;
8. Montagem adequada da bateria.
9. A documentação completa do sistema, como a capacidade do sistema, localização, datas de instalação e comissionamento e características dos principais equipamentos; informações do projetista, responsável técnico e proprietário do sistema; diagrama unifilar do sistema; manual de manutenção e operação, garantia dos equipamentos, com períodos de cobertura e contato dos fornecedores; e informações sobre projetos estruturais do sistema.

6.13.2 Testes operacionais

Os testes operacionais têm como objetivo garantir que o sistema de alimentação está pronto para operar com segurança. Para a realização dos testes, a chave seccionadora geral deve estar fechada. A seguir estão listados os testes a serem realizados.

1. Teste mecânico das conexões elétricas: aplicar uma determinada força controlada aos condutores de modo a tentar desfazer a conexão. Caso o conector se solte ou a conexão passe a apresentar folgas, ele deve ser refeita;
2. Confirmar a polaridade do painel fotovoltaico e se ela está sendo respeitada ao longo dos componentes eletrônicos;
3. Medição da corrente de curto-círcuito I_{sc} e da tensão de circuito aberto V_{oc} , conforme a seção
4. Medir a resistência de isolamento entre os condutores positivo e negativo do módulo solar e a carcaça metálica do mesmo. Como a tensão de circuito aberto V_{oc} em ambas as estações multiplicadas por 1,25 não ultrapassam 120V, a resistência medida deve ser de 0,5 mOhm;
5. Detecção de pontos quentes no painel: verificar com o auxílio de uma câmera termográfica se há regiões do painel solar em operação com temperatura muito superior aos demais pontos do módulo. Caso não haja sombreamento o painel deve ser trocado;
6. Confirmação de parâmetros elétricos do controlador de carga. Verificar se as tensões e as correntes de operação estão adequadas;
7. Teste de funcionamento. Caso os testes anteriores apresentarem algum problema, após sanado o problema, fechar a chave seccionadora geral e verificar se os componentes de proteção elétrica e o controlador de carga estão operando normalmente. Para isso deve-se monitorar e realizar medições;
8. Confirmar se a temperatura do controlador de carga e da bateria estão dentro da faixa aceitável e especificada no projeto. Se não estiverem deve-se melhorar a ventilação dos mesmos sem comprometer a proteção contra intempéries e animais não desejados;
9. Caracterização da produção de energia. Medir e verificar se a produção de energia do sistema está como esperado. São necessárias medições da energia gerada e medição da irradiação solar, temperatura do módulo e da potência nominal do painel solar, para o cálculo da energia esperada. A energia gerada deve estar dentro de uma tolerância esperada. O número de dias necessários para essa verificação deve ser acordado entre contratado e contratante. Essa verificação pode se estender além do período de comissionamento.

Após a conclusão, deve ser apresentado o relatório de comissionamento com as

seguintes informações: Período do comissionamento e data do relatório

1. Participantes e suas assinaturas do responsável técnico;
2. Todos os procedimentos e resultados de comissionamento;
3. Lista de problemas encontrados e procedimentos realizados para saná-los;
4. Lista de pendências;
5. Estimativa de possíveis problemas futuros percebidos pelas inspeções do comissionamento;

Ao final da emissão do relatório, caso existam pendências, deve-se acordar entre contratante e contratada uma data para regularização do sistema.

6.13.2.1 Medição da tensão de circuito aberto e corrente de curto-circuito

A seguir segue os procedimentos a serem realizados para a obtenção do V_{oc} e do I_{sc} durante a atividade de comissionamento.

Para a aferir o V_{oc} deve-se seguir os seguintes procedimentos:

1. Medir a temperatura do painel solar usando o termômetro infravermelho, ilustrado na figura 39. Essa medição pode ser realizada na parte de traz do painel solar. Anotar o resultado em uma planilha;



Figura 39 – Termômetro infravermelho. Fonte: [CRESES](#), 2014

2. Desconectar o painel solar do circuito através do conector MC4;
3. Medir a tensão através do conector MC4 com o uso do multímetro com a escala adequada, conforme a figura .
4. O V_{oc} medido deve ser corrigido em função da temperatura de acordo com a equação 6.5

$$V_{oc} = V_{nom} \times (1 + (T - 25) \times Coefv) \quad (6.5)$$

Onde, V_{oc} é o V_{oc} corrigido em Volts, V_{nom} é o V_{oc} informado pelo fabricante, T é a temperatura aferida em °C e $Coefv$ é o coeficiente te temperatura para a correção do V_{oc} , também informado pelo fabricante.

5. Em função da imprecisão inerente à metodologia é aceitável desvio de até 15%.

Para a medição do I_{sc} , deve seguir os seguintes procedimentos:

1. Garantir que a chave seccionadora geral esteja aberta;
2. Medir a corrente através do conector MC4 com o uso do multímetro com a escala adequada,conforma a figura 40.
3. Medir a temperatura do painel solar usando o termômetro infravermelho.
4. Como o I_{sc} é função da irradiância incidente nas células, o valor do I_{sc} informado pelo fabricante deve ser corrigido com a irradiação no momento da medição de acordo com a equação 6.6

$$I_{sc} = I_{nom} \times (1 + (T - 25) \times Coefi) \quad (6.6)$$

Onde, I_{sc} é o I_{sc} corrigido em ampère, I_{nom} é o I_{sc} informado pelo fabricante, T é a temperatura aferida em °C e $Coefi$ é o coeficiente te temperatura para a correção do I_{sc} , também informado pelo fabricante.

5. Comparar o I_{sc} medido com o I_{sc} fornecido pelo fabricante corrigido. Desvios de até 15% são aceitáveis devido a metodologia.



Figura 40 – Medições através do conector MC4. Fonte: CANALSOLAR, 2020

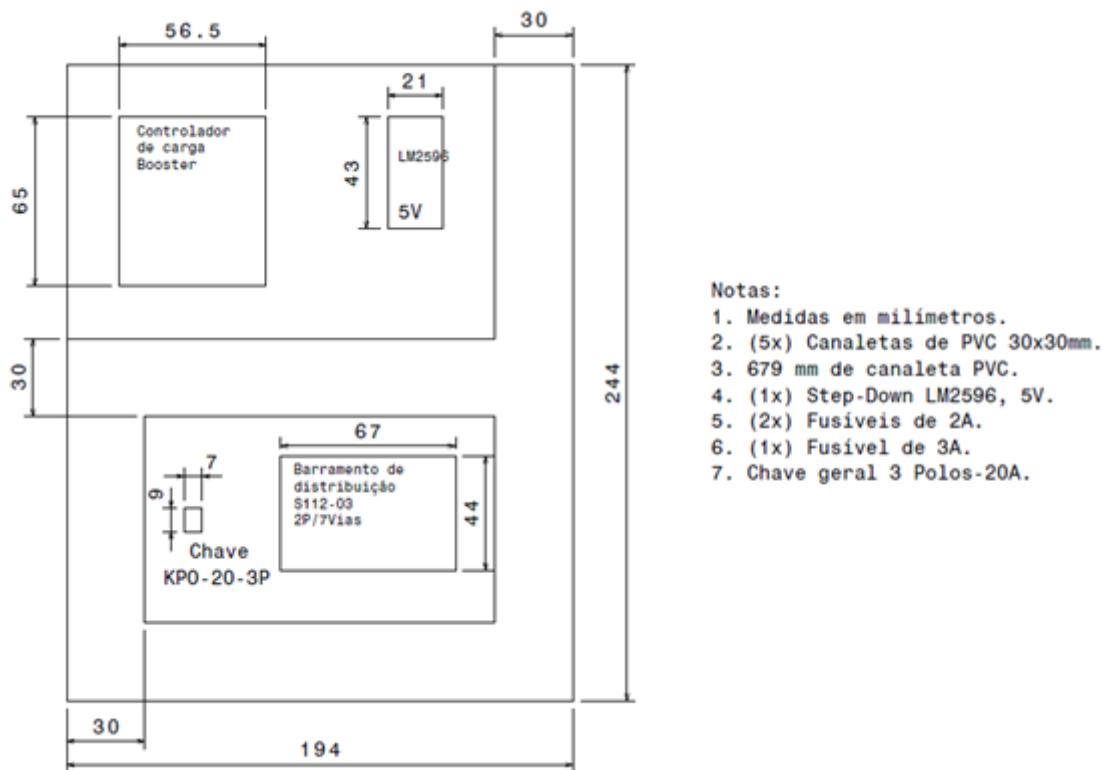
6.14 Plano de Fabricação

Para o sistema de alimentação, o plano de fabricação consiste na montagem do quadro de potência e comando para a Estação solo e para a Estação Clima-Solo, além da instalação do cabeamento crimpado no painel solar para a viabilização do procedimento de comissionamento. A tabela 15 mostra a relação dos componentes necessários para a fabricação do sistema.

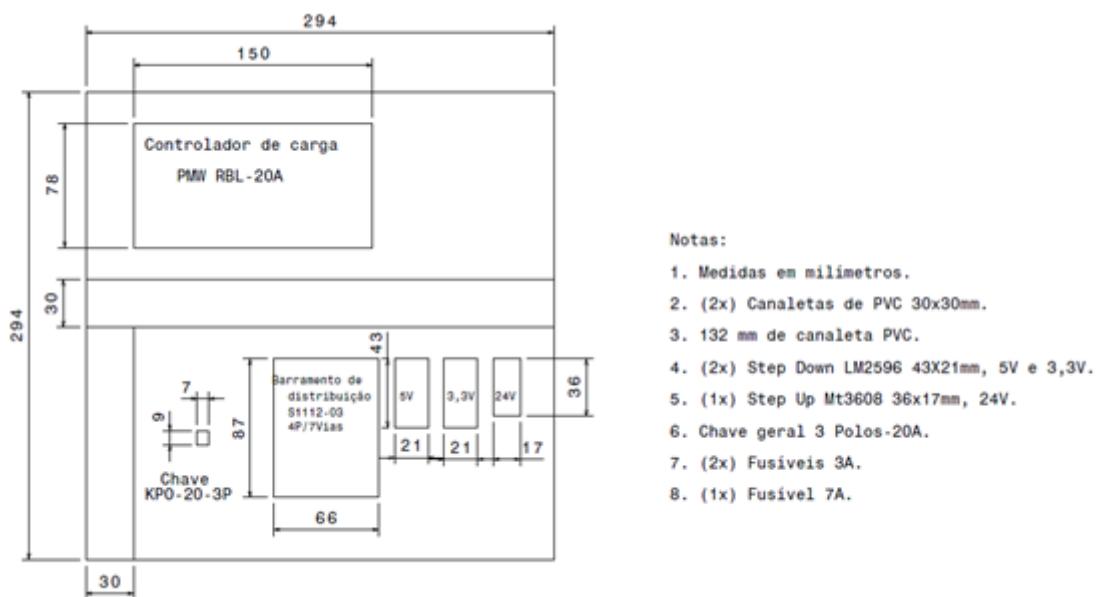
Tabela 15 – Lista de componentes para montagem do quadro de proteção e controle e instalação do cabeamento crimpado.

Estação Solo		Estação Clima-Solo	
Quantidades	Componentes	Quantidades	Componentes
1	Quadro para montagem do painel elétrico 250x200x100mm	1	Quadro para montagem do painel elétrico 300x300x100mm
1	Controlador de Carga Booster	1	Controlador de Carga PWM
1	Barramento de distribuição S112-03 2P/7vias	1	Barramento de distribuição S112-4P/7vias
1	Conversor CC/CC Step-Down LM2596	1	Conversor CC/CC Step-Down LM2596
1	Chave geral KPO-20-3P	1	Conversor CC/CC Step-Up Mt3608
2	Fusível 2A	1	Chave geral KPO-20-3P
1	Fusível 3A	2	Fusível 3A
3 metros	Cabos de 0,5mm ²	1	Fusível 7A
3 metros	Cabos de 1,5mm ²	4 metros	Cabos de 0,5mm ²
10	Terminal de compressão 1,5mm ²	4 metros	Cabos de 1,5mm ²
1 metro	Canaleta PVC 30x30mm	14	Terminal de compressão 1,5mm ²
1	Conector MC4	1 metro	Canaleta de PVC 30x30mm

Para a montagem do quadro de proteção e controle, parafusar o controlador de carga, o barramento de distribuição, os conversores cc/cc Step-Down e Step-Up, e a chave geral na placa de montagem conforme a figura 41.



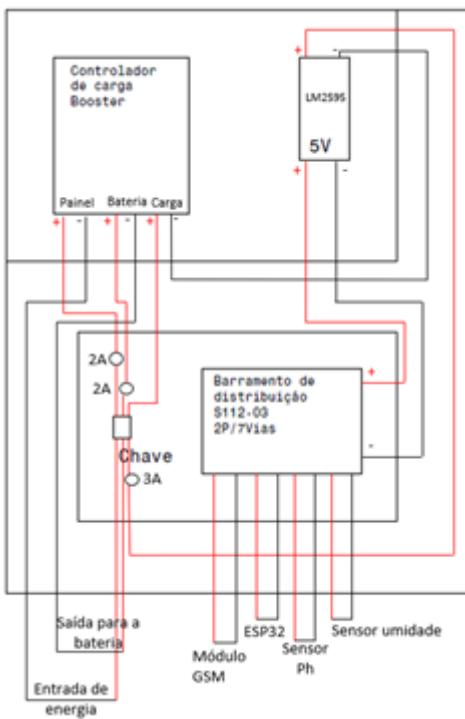
(a) Estação Solo.



(b) Estação Clima-Solo.

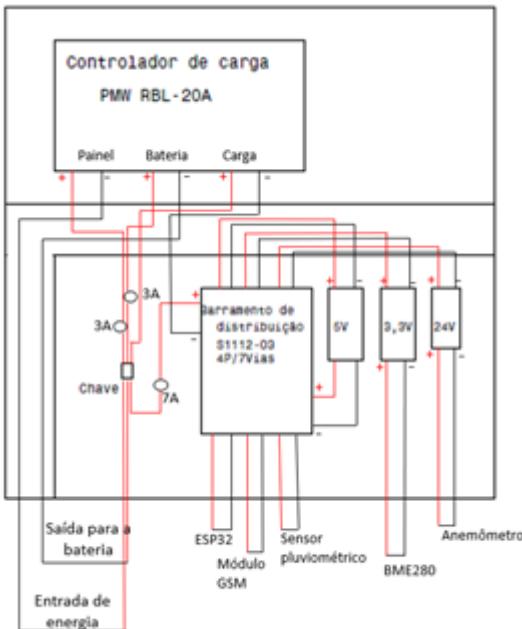
Figura 41 – Posicionamento e dimensões dos componentes no interior do quadro de proteção e comando.

Em seguida, parafusar as canaletas de PVC e realizar a conexão elétrica do quadro respeitando a polaridade e a seção transversal de cada trecho de acordo com a figura 42.



(a) Estação Solo.

Trecho1	Painel solar – Controlador de carga	0,5 mm ²
Trecho 2	Controlador – Bateria	0,5 mm ²
Trecho 3	Controlador – Conversor cc/cc	0,5 mm ²
Trecho 4	Conversor cc/cc – Barramento	1,5 mm ²
Trecho 5	Barramento – Cargas	1,5 mm ²



(b) Estação Clima-Solo.

Trecho1	Painel solar – Controlador de carga	0,5 mm ²
Trecho 2	Controlador – Bateria	0,5 mm ²
Trecho 3	Controlador – Barramento	0,5 mm ²
Trecho 4	Barramento – Conversor cc/cc	1,5 mm ²
Trecho 5	Conversor cc-cc – Cargas	1,5 mm ²

Figura 42 – Posicionamento dos cabos no interior do quadro de proteção e comando e as seções transversais de cada trecho.

Inserir durante a conexão os fusíveis nos lugares indicados, como mostra na figura 42. Lembrar de conectar o terminal de compressão nos cabos que serão conectados no barramento de distribuição e certificar se todas as conexões estão firmes e sem folgas.

Ao final das conexões, deixar a chave geral desarmada, de forma que ao conectar

a bateria e o painel solar ao quadro de proteção e comando, não haja risco de choque elétrico. Por fim, parafusar a placa de montagem no quadro para montagem do painel elétrico.

Para a instalação dos cabos no painel solar, fazer a conexão do conector MC4 no cabo com seção transversal de $0,5\text{mm}^2$ através da crimpagem usando alicate catraca MC4, alicate desencapador de fios, um kit de chave para aperto e conectores macho e fêmea.

Coneectar o cabeamento crimpado a caixa de conexões do painel solar coberto com uma manta ou uma cobertura opaca o para impedir que a radiação solar incida sobre as células fotovoltaicas, como ilustrado pela figura 43.



Figura 43 – Cabos crimpados conectados na caixa de junção na parte traseira do painel solar. Fonte:[MERCADOLIVRE](#), 2020. Adaptado.

7 Estrutura

A estrutura entra no projeto com o papel de prover o funcionamento de todo o conjunto sustentando e integrando fisicamente os demais sistemas envolvidos.

No campo, os componentes estruturais manterão os componentes de alimentação, sensoriamento e transmissão de dados à prova de agentes externos por meio das duas estruturas, as quais constituem estações de envio de dados e são chamadas de Estação Clima-solo e Estação Solo.

A primeira, considerada estação matriz, que é responsável pela aquisição de dados meteorológicos no local e dados do solo naquela porção de terra, possui, dentre elas, a maior dimensão.

A segunda, que é responsável pela aquisição de dados unicamente relacionados ao solo, possui certa semelhança com a clima-solo. Entretanto, possui dimensões reduzidas para que seu uso seja voltado para o solo e não ocorra sobredimensionamento desnecessário.

Abaixo estão ilustradas as primeiras versões das duas estações: Clima-Solo e Solo, que deram início ao conceito e ao cumprimento das demandas estruturais do projeto.



Figura 44 – Conceito da Estação Clima-Solo.

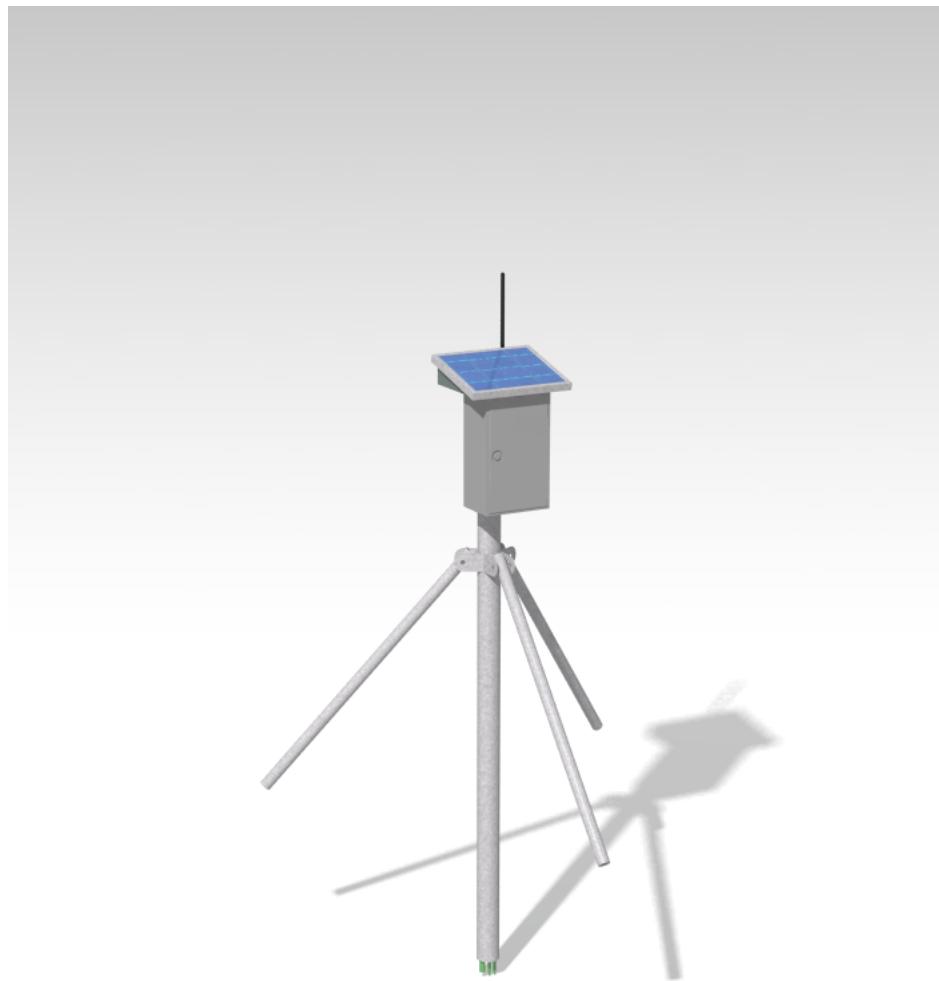


Figura 45 – Conceito da Estação Solo.

7.1 Posicionamento dos equipamentos nas estruturas

Seguindo as versões matrizes estabelecidas acima ilustradas, foi preciso adequar o dimensionamento às normas e às condições impostas para o funcionamento. A etapa inicial foi determinar o posicionamento dos de acordo com a necessidade sem que houvesse prejuízo e interferência na utilização destes.

7.1.1 Estação Solo

A estação solo permite a medição do pH e umidade do solo. A análise química do solo é um instrumento que permite a transferência de informações sobre parâmetros importantes para aplicação de medidas de preparo do solo. ([CHITOLINA, 2009](#))

Estudos comparativos entre plantios com análise vertical do solo foram realizados com profundidades de 0 a 5cm; de 5 a 10cm; de 10 a 15cm e de 15 a 20cm. ([CHITOLINA, 2009](#)) Outros estudos analisaram medições em amostras de 40cm de profundidade. ([RO-](#)

(SOLEM, 2010) A avaliação da necessidade de calagem e as correções na acidez do solo são realizadas normalmente nas profundidades de 0 – 20cm, região também conhecida como profundidade de camada arável. (VASCONCELLOS, 1986; NICOLODI, 2010)

A profundidade de medição também pode variar de acordo com a cultura que estará sendo analisada (CHITOLINA, 2009). A WMO define um padrões de profundidades de 5cm, 10cm, 20cm, 50cm, 100cm para medição de temperatura do solo, já a AASC define o padrão de 10 ± 1.0 cm. Profundidades adicionais podem ser incluídas. (ORGANIZATION, 2008; CLIMATOLOGISTS, 1985)

Dentro dessas análises, foi determinada uma profundidade de regulagem de 10cm, 20cm e 30cm para o posicionamento dos sensores de umidade e pH do solo.

Existe uma variedade de técnicas de coleta de solo, que podem ser divididas em coleta de amostra contínua por meio de um tubo inserido no solo e coleta segmentada do solo por tradagens sucessivas. Em coleta de amostra contínua, tubos de no mínimo 50mm de diâmetro são inseridos a uma profundidade de cerca de 50cm. (FILIZOLA, 2006) Dentro dessa prerrogativa o diâmetro escolhido para o tubo de inserção dos sensores no solo é de 88,9mm.

7.1.2 Estação Clima-solo

A estação clima-solo, por vezes também referenciada como estação meteorológica, permite a medição das seguintes variáveis climáticas: umidade do ar, pressão atmosférica, temperatura local, velocidade do vento e índice pluviométrico, portanto há normas e indicativos que foram seguidos para determinar o posicionamento dos medidores.

7.1.2.1 Sensor de temperatura, umidade do ar e pressão atmosférica

A umidade relativa do ar se caracteriza como a relação entre a pressão de vapor de água na atmosfera e a pressão de saturação do vapor sobre uma superfície de água na mesma temperatura.(EPAGRI, 2012)

A pressão atmosférica é a força por unidade de área que a coluna de ar exerce em uma determinada posição.(EPAGRI, 2012)

A temperatura do ar é um parâmetro fundamental para análise do clima e ambiente em plantações, visto que atua no processo de evapotranspiração, pois o calor absorvido pela atmosfera e o calor emitido pela superfície terrestre elevam a temperatura do ar. Assim, o ar aquecido transfere energia para as plantas em forma de calor sensível.(EPAGRI, 2012)

O Sensor BME 280 é o sensor de pressão que será o responsável por obter esses

parâmetros essenciais para análise do clima nos locais de plantações. Para assegurar seu pleno funcionamento, deve ficar protegido conforme recomendação do fabricante e sempre ter acesso ao ar atmosférico. ([EPAGRI, 2012](#))

O sensor de pressão estará disposto a 1,5m de altura relação ao solo, que é a altura recomendada de acordo com os padrões de instrumentação de estações automáticas da American Association of State Climatologists ([CLIMATOLOGISTS, 1985](#)) e está dentro dos padrões da World Meteorological Organization ([ORGANIZATION, 2008](#)).

7.1.2.2 Anemômetro

O vento é o deslocamento do ar que migra de regiões de alta pressão atmosférica para pontos de baixa pressão. É expresso de acordo com sua força e a direção de onde ele está soprando. ([EPAGRI, 2012](#))

O anemômetro estacionário é o responsável pelo monitoramento da velocidade horizontal do vento (normalmente em m/s), dessa forma ajuda no controle contra rajadas de ventos e auxilia o agricultor a evitar transtornos tanto na plantação quanto em perdas econômicas.

A posição do anemômetro deve assegurar que ele estará livre de obstruções que possam interferir no vento. Segundo o padrão da WMO para estações meteorológicas, o anemômetro estará posicionado a uma altura de 2m em relação ao solo.

7.1.2.3 Pluviômetro

O pluviômetro é o aparelho que permite medir a precipitação (em mm). Para a instalação do pluviômetro, a World Meteorological Organization ([ORGANIZATION, 2008](#)) recomenda que a altura deva ser baixa, porém alta o suficiente para evitar respingos do chão. A altura adotada para o pluviômetro do projeto é de 1,5m em relação ao solo, pois é o padrão de altura normalmente utilizada no Brasil para estações meteorológicas automáticas. ([TUCCI, 2004](#))

Para não afetar sua funcionalidade, o aparelho deve ficar longe de qualquer obstáculo que possa interferir na medição dos dados. Recomenda-se que a distância entre qualquer obstáculo seja maior que duas vezes a altura do pluviômetro em relação a esse objeto, como ilustra a imagem abaixo. ([TUCCI, 2004](#))

O pluviômetro estará disposto a 0,4m de distância do mastro da estação clima-solo e a uma distância horizontal de 0,7m em relação ao anemômetro.

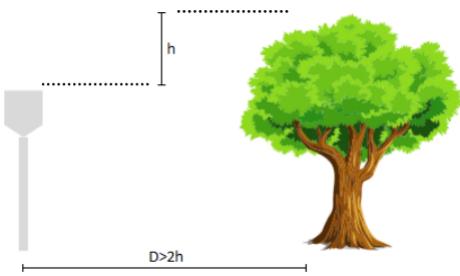


Figura 46 – Distância entre pluviômetro e objeto de obstrução. Fonte: ([\(TUCCI, 2004\)](#) (Adaptado)

7.2 Mecanismo de perfuração

Devido à fragilidade dos sensores de solo, foi projetada uma cápsula para que eles sejam protegidos da aplicação incorreta ou excessiva de esforços. O objetivo é posicionar uma broca para perfurar e descompactar o solo, de forma que a terra extraída pela broca, seja posicionada descompactada no volume em que a cápsula ficará posicionada.

Segundo ([\(SANTOS, 2008\)](#)), a compactação do solo é o resultado da expulsão de ar dos vazios do solo, não ocorrendo alteração significativa do teor de água e nem do volume das partículas sólidas durante a compactação. O volume total do solo é dado por:

A fórmula geral é dada por:

$$V = V_s + V_v = V_s + V_w + V_a$$

Onde Vs, Vv, Vw e Va são, respectivamente, volumes dos sólidos, vazios, água e ar. A compactação do solo garante a ele características e propriedades como resistência ao corte elevada, variação da pressão da água nos vazios, eventuais fissuras e expansão/colapso do solo. A compactação, que está diretamente relacionada ao volume do solo, pode ser medida pelo grau de compactação (Gc). A fórmula é dada por:

$$G_c = \frac{\gamma d_{C_{amp}}}{\gamma d_{M_{ax}}} \times 100\%$$

Na qual:

$\gamma d_{C_{amp}}$ = peso específico aparente seco;

$\gamma d_{M_{ax}}$ = peso específico aparente seco compactado;

O grau de compactação pode variar mais de 400 %, a depender da quantidade de energia aplicada no processo. O inverso também é válido para a descompactação. O solo, ao ser descompactado pode reduzir o peso específico aparente seco quando submetido a

procedimentos específicos, a depender das características originais do solo. Essa redução varia de acordo com o lugar.

Como o objetivo é descompactá-lo, a perfuração seguida de espalhamento resulta na ampliação do volume ocupado (KOCHHANN, 2000), até que ele preencha a área da cápsula a volte a se compactar nesse espaço, atendendo aos requisitos, sem alterar as propriedades do solo a serem medidas.

Devido às dimensões dos sensores e do tubo da haste central, as dimensões da cápsula são de aproximadamente $8,85\text{cm}^2$ de diâmetro por 3,5cm de altura, o que resulta em uma volume aproximado de 215cm^3 . A fim de ocupar esse espaço, a broca deve possuir dimensões de diâmetro e comprimento que correspondam ao volume calculado.

Para atingir esse número, uma broca com pista de 90mm, aproximadamente o diâmetro do tubo da haste central, será empregada. Entretanto, o volume ocupado pela broca é determinado pelo diâmetro da haste central da mesma. Devido à pequena espessura da pista, esse volume foi desconsiderado. O diâmetro mencionado é igual a 26mm. Com exceção ao volume ocupado pela pista da broca, este diâmetro é quem determina a área perfurada a ser ocupada por esta no solo. Após o preenchimento desse volume na cápsula, inicia-se o processo de compactação. As dimensões e resultados dos cálculos teóricos de dimensionamento da broca estão a seguir:

Tabela 16 – Cálculo do comprimento da broca.

Item	Diâmetro (m)	Área	Volume	Altura
Cápsula	8,85	61,5	215,3	3,5
Broca	2,60	5,3	215,3	40,5

O comprimento ideal, segundo os cálculos e sem a descompactação do solo, seria de aproximadamente 40 cm, como demonstram os cálculos abaixo, isto é, baseando-se apenas na consideração dos volumes. Todavia, ao se considerar que a estrutura ao atingir a profundidade alvo deixará de descer e começará a puxar o restante de terra para cima, uma broca menor pode ser utilizada. Uma broca com o comprimento calculado demandaria muito esforço para ser utilizada e, consequentemente, reforços estruturais.

Ao verificar os modelos disponíveis do mercado, a escolha convergiu para uma broca com 30 cm de comprimento total e 210 cm de curso. Adotando essas medidas, os sensores podem ser encobertos com o movimento de perfuração seguido de extração da terra, isto é, ao apoiar a estrutura sobre o encaixe inferior, a broca tocará o solo e o movimento de rotação puxará a terra, descompactando-a e alocando-a na região de medição conforme o objetivo. Abaixo está a ilustração das da broca selecionada.

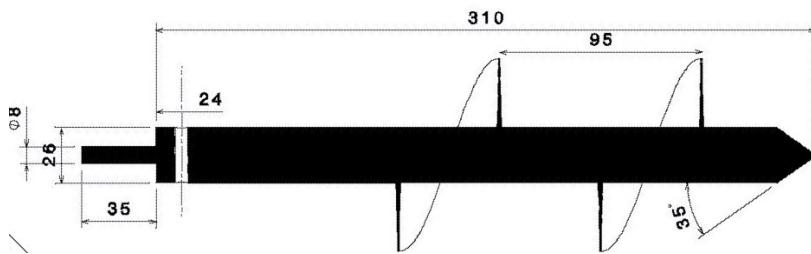


Figura 47 – Dimensões da broca a ser utilizada no mecanismo de perfuração.

7.3 Esforços

A disposição dos componentes e interações com agentes externos geram esforços na estrutura. Esses esforços, que, por vezes, podem ocasionar tensões excessivas ao longo das estruturas. Foram adotadas uma série de condições de contorno e hipóteses de falha para o material. Com base nestes, modelos de aplicação de força foram desenvolvidos a fim de verificar a interação da estrutura com esses agentes.

7.3.1 Esforço devido à massa dos próprios componentes e apoios externos

Buscou-se verificar os momentos gerados nos pontos de fixação que são ocasionados pelas massas dos próprios componentes. Para isso, foram consideradas suas massas e possíveis interferências por agentes externos, todos sob ação da aceleração gravitacional.

O valor adotado foi de $g = 9,8\text{m/s}^2$ e os valores resultantes foram arredondados para o primeiro múltiplo de 0,5 superior.

Como agente externo, foi feito um estudo de possíveis aves que habitam o território nacional e poderiam vir pousar na estrutura. O Gavião-real é uma ave bastante recorrente no Brasil, principalmente nas regiões mais ao norte e algumas áreas da Bahia e do Sudeste do país. É bastante conhecida por sua dimensão e peso, que podem chegar a, aproximadamente 1m e 9kg. Devido a isso, espécie foi considerada para fins de cálculo de resistência da estrutura, caso um gavião-real viesse pousar sobre os braços de sustentação do anemômetro ou pluviômetro.

Os esforços foram considerados nos acoplamentos dos medidores sustentados pela haste central e as massas correspondentes estão listadas abaixo e ocasionam os seguintes esforços. O diagrama de representação gráfica dos esforços decorrente do peso dos componentes encontra-se abaixo da tabela 17.

Tabela 17 – Valores de força resultante da ação das massas dos componentes.

Componente	Somatório das massas (kg)	Peso (N)
Placa solar	4,9	48,0
Caixa de distribuição	3,0	29,5
Caixa da bateria	11,2	110,0
Pluviômetro	0,280	3,0
Anemômetro	0,235	2,5
Gavião-real	9,0	88,5

Para cálculo dos esforços externos devido às massas dos componentes, fez-se um diagrama de corpo livre (DCL), em específico da estação clima-solo, para confirmação de esforços sofridos pela estrutura que ela deverá suportar. Com base nas forças dadas na tabela anterior e com base nas distâncias de um componente ao corpo principal da A2P2, o gráfico de momento fletor (DMF) foi calculado e plotado no site [VIGA Online](#) que possui calculadora específica para cálculo de esforços em vigas.

Cada componente foi calculado separadamente, considerando que cada barra de apoio dos mesmos estivessem engastadas à haste do corpo e, em seguida, criou-se um diagrama de corpo livre da estrutura como um todo.

Para maior clareza, segue a tabela 18 abaixo com as distâncias de cada componente da estrutura. Cada componente foi considerado como uma força pontual atuando a certa distância do engaste das barras de sustentação.

Tabela 18 – Momentos aplicados devido à massas dos componentes

Componente	Dist. centro da haste (m)	Altura (m)	Momento aplicado (N.m)
Caixa de baterias	0,15	0,42	-16,5
Caixa distribuidora	0,115	1,26	3,3925
Pluviômetro	0,5	1,75	1,5
Placa solar	0,243	2,0	-11,664
Anemômetro	0,88	2,0	-2,2

O software não é capaz de calcular os momentos dos componentes juntos à estrutura, ou seja, tudo de uma só vez, mas apenas separados. Portanto, cada momento foi adicionado ao corpo da haste central para se obter o diagrama de forças, considerando-os como momentos aplicados ao corpo e mostrando os valores que a estação meteorológica deverá suportar com a aplicação de massa dos componentes.

A figura acima mostra como a força peso atua na estrutura. Seu diagrama de corpo livre está ilustrado abaixo, considerando apenas os momentos das barras. A barra que suporta a placa solar e o anemômetro teve seus momentos somados para simplificar o cálculo dos momentos na haste central.

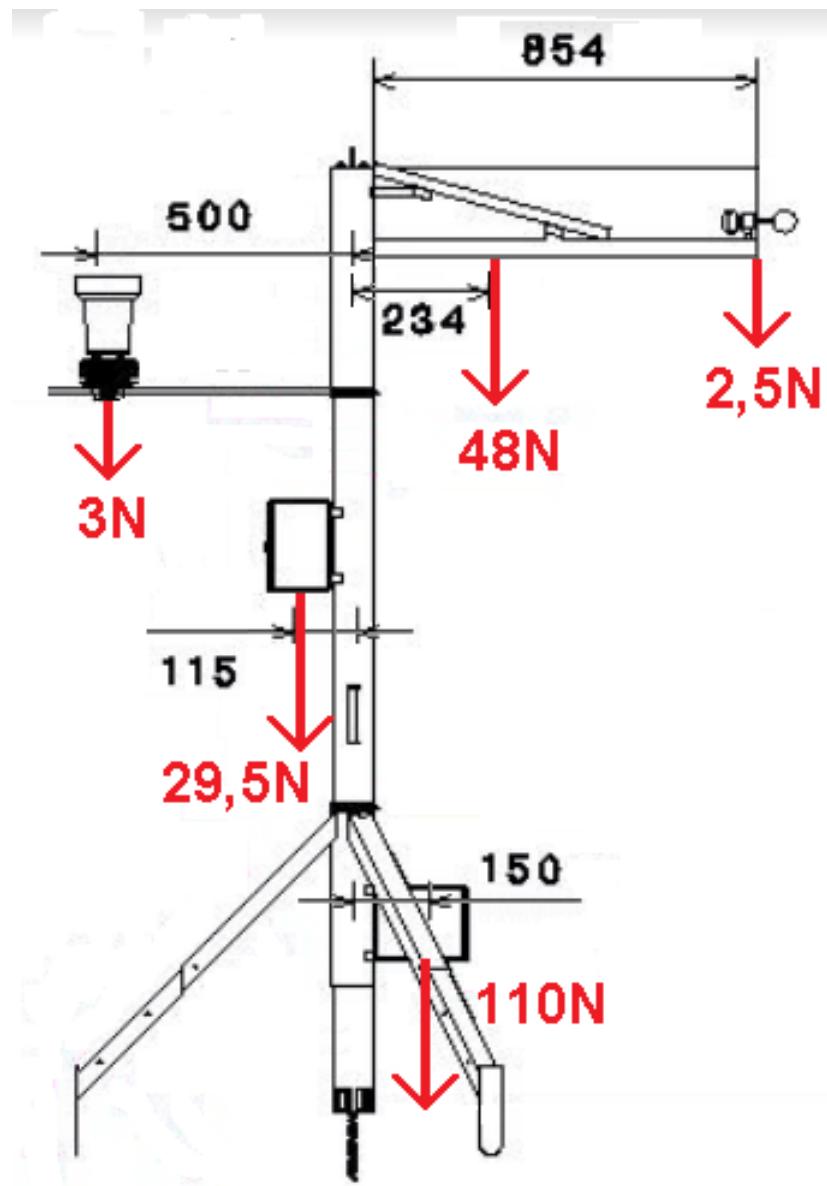


Figura 48 – Esforços aplicados dados pelas massas dos componentes.

A figura acima mostra os momentos devido aos componentes e suas distâncias em relação a si mesmos e em relação ao solo - no ponto mínimo de visão, logo acima da broca de perfuração.

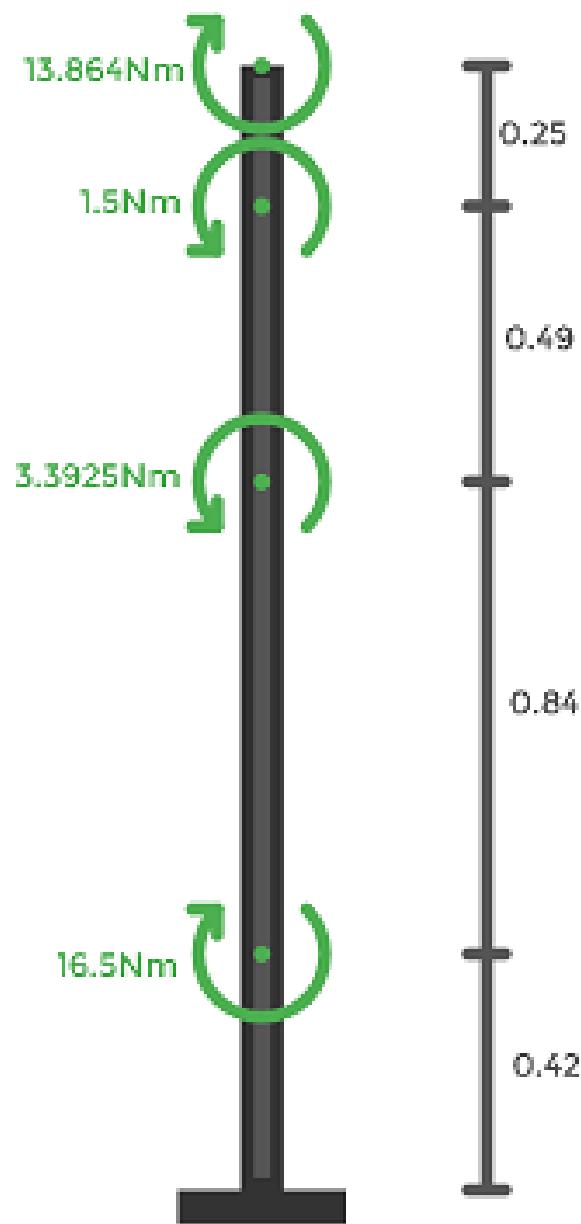


Figura 49 – Diagrama de corpo livre da estação clima-solo devido aos momentos.

Por fim, pode-se ver que, de acordo com o momento fletor ilustrado acima, a caixa de bateria é o componente que exerce momento na estrutura como um todo e, que a caixa de distribuição é a que exerce menos momento na estrutura.

Nota-se que não há um diagrama de esforço cortante devido ao fato de todas as forças estarem apontando no sentido para baixo, logo se anulam e não mostram nada no diagrama de corpo livre.

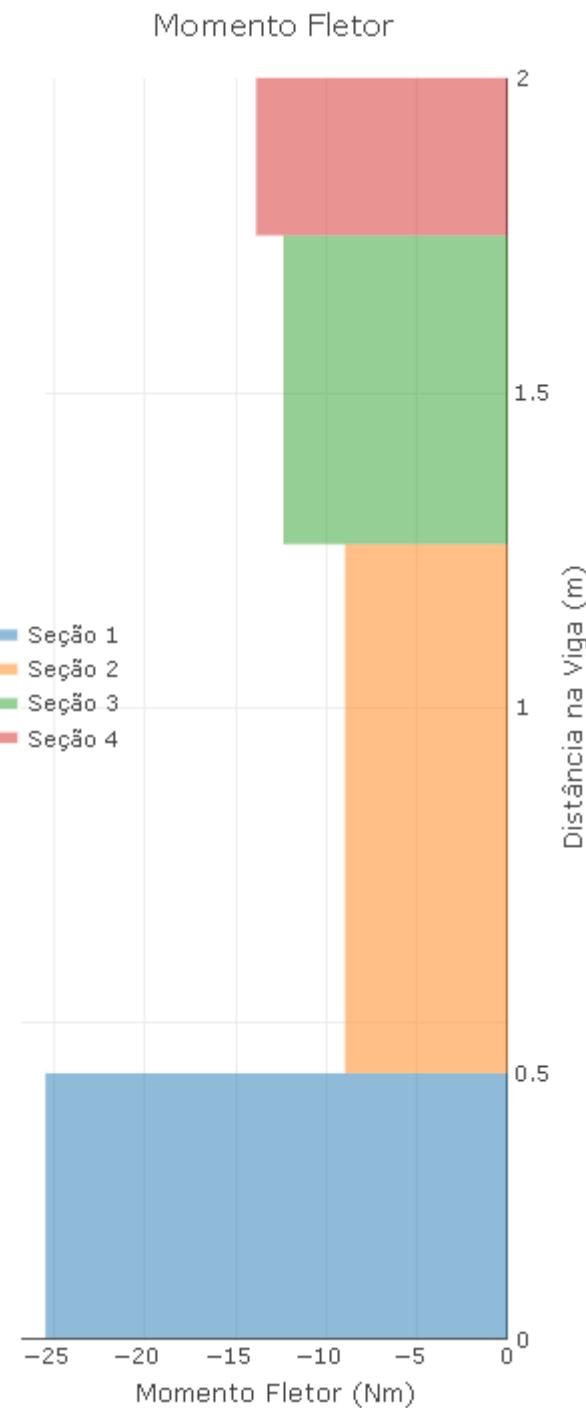


Figura 50 – Diagrama de momento fletor da estação clima-solo.

7.3.2 Forças devido à ação do vento

Há normas que regem o cálculo da ação do vento sobre estruturas na construção civil que visam satisfazer a necessidade de resistência de edificações, entretanto, para uma estrutura mecânica reduzida, parte dos fatores envolvidos nos cálculos não se aplicam.

Tem-se como exemplo a NBR 6123 ([ABNT, 1988](#)) que aborda justamente o cálculo

das forças devidas ao vento em edificações. Essa norma estabelece o cálculo com base em características da edificação que podem ser: material, rugosidade, forma, comprimento, ângulo de incidência do vento, ângulo com relação ao plano do solo, grau de turbulência do vento, região da construção e outros.

A NBR pode ser utilizada para o caso em questão, mas esta considera variáveis que podem ser desconsideradas visto o porte e baixo grau de complexidade de construção do equipamento, características e dimensionamento. Como resultado da sua utilização, o que é extraído é a adequação de certas variáveis de acordo com determinações da norma e que resultam em algo correspondente ao resultado extraído pelo cálculo da utilização da fórmula geral de ação do vento.

Outro possível guia para o cálculo, é a fórmula determinada pelo UBC 97 ([UBC, 1997](#)), estabelecido como padrão para o cálculo entre os engenheiros civis nos Estados Unidos no referido ano. Esta também pode ser utilizada como referência para o cálculo, entretanto, é bastante semelhante à NBR 6123 ([ABNT, 1988](#)), o que nos retorna à escolha da utilização desta. Em ambas, algumas variáveis consideradas acabam se mostrando sobressalentes e devem ser filtradas para que restem apenas variáveis de real importância.

Segundo a NBR, a força global do vento sobre uma edificação ou parte dela, F_g , é obtida pela soma vetorial das forças do vento que aí atuam. A componente da força global, variando para seções circulares e retangulares na direção do vento, força de arrasto, F_a é obtida por:

$$F_a = A_e \times q \times C_d$$

F_a representa a força de arrasto;

A_e representa a área frontal efetiva;

q representa a pressão do vento;

C_d representa o coeficiente de arrasto;

A variável F_a é o objetivo do cálculo e será utilizada para o cálculo das tensões ocasionadas da estrutura devido aos esforços envolvidos. Para cada superfície sujeita à força do vento será calculado um F_a diferente. Serão consideradas separadamente para o cálculo da área projetada efetiva A_e , as áreas da placa solar, das caixas de instrumentos, do pluviômetro e da haste central, respectivamente.

Para fins de dimensionamento, foi considerada a pior situação, que é: o vento sempre incidirá perpendicularmente às superfícies, para todos os componentes, exceto a placa solar, onde há um ângulo de 16° com relação ao plano do solo, portanto, essa força foi decomposta. As dimensões dos componentes e áreas projetadas consequentes estão citadas na tabela abaixo.

Tabela 19 – Valores de área frontal efetiva Ae.

Componente	Comprimento (m)	Largura (m)	Área Considerada (m ²)
Placa solar	0,540	0,680	0,1012
Caixa de distribuição	0,200	0,200	0,0400
Caixa da bateria	0,165	0,215	0,0355
Pluviômetro	0,284	0,147	0,0417
Haste central	2,000	0,0889	0,1778

O método simplificado para o cálculo da pressão do vento, considerará o método estático determinado pela norma. A constante de 0,613 é calculada com base na densidade do ar e aceleração gravitacional. A variável V é a velocidade do vento em m/s e seu valor foi adotado com base nos requisitos de resistência estruturais que determinam que o equipamento deve ser capaz de resistir à ventanias.

$$q = 0,613 \times V^2$$

Segundo a EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 1991), que utiliza como referência a Escala de Beaufort (FRANCIS BEAUFORT, 1838), que classifica a intensidade dos ventos, ventania é a designação adotada para ventos muito fortes de grau 8 que circulam entre 62 e 74km/h (17,2 a 20,7m/s) e, como consequências locais, quebram-se galhos de árvores e nota-se dificuldade em andar contra o vento Portanto, o valor adotado para o cálculo de resistência devido à ação do vento foi de 20,7m/s.

Portanto:

$$P = 262,6644N/m^2$$

Segundo Çengel e Cimbala no livro Mecânica dos Fluidos: Fundamentos e Aplicações o coeficiente de arrasto Ca padrão para cilindro vertical varia entre 0,6 e 1,2, dependendo apenas da relação h/l1 onde l1 é o diâmetro do tubo e h o seu comprimento (Yunus A. Çengel, John M. Cimbala Mecânica dos Fluidos: Fundamentos e Aplicações AMGH, p. 502, 2012), considerando-se escoamento laminar.

Para a determinação da força de arrasto para barras prismáticas de seção circular, a NBR segue os princípios da mecânica dos fluidos citados acima e tabela-os para o projetista utilizá-los de acordo com a estrutura.

Como o fluxo de ar no campo ocorre sem muitas conturbações, o fluxo pode ser considerado não-turbulento e o coeficiente de Reynolds citado, Re, resultante do cálculo é menor que 3,5. Como a relação h/L1 resulta então em 22,497, o Ca adotado que age sobre a haste central, que possui seção circular, é igual a 1,0.

Planta	$Re^{(A)} \times 10^{-5}$	h/l_1						
		1/2	1	2	5	10	20	∞
liso (metal, concreto, alvenaria rebocada)	$\leq 3,5$	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
	$\geq 4,2$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
com rugosidade ou saliências $= 0,02 l_1$	Todos valores	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2
com rugosidade ou saliências $= 0,08 l_1$	Todos valores	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4

Figura 51 – Trecho da tabela de coeficientes de arrasto, C_a , para corpos de seção constante. Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 22.

Para as seções retangulares, que são todas, exceto à da haste central, a variável correspondente a C_a é chamada de C_f , que significa coeficiente de força e possui o valor de 1,2, conforme indica a NBR.

$l/h = 60$ (sem placas de extremidade) $l/h = 10$ (com placas de extremidade)	$l/h = 10$	$l/h = t$
 $\alpha = 90^\circ$; $c = 0,5 l$	 $\alpha = 50^\circ$; $c = 0,3 l$	 $\alpha = 40^\circ$; $c = 0,4 l$
 $\alpha = 90^\circ$; $C_f = 2,0$	 $\alpha = 90^\circ$; $C_f \approx 1,3$ $\alpha = 50^\circ$; $C_f \approx 1,6$	 $\alpha = 90^\circ$; $C_f \approx 1,15$ $\alpha = 40^\circ$; $C_f \approx 1,8$
 $\alpha = 90^\circ$; $c = 1,2$	 $\alpha = 90^\circ$; $C_f = 1,2$	 $\alpha = 90^\circ$; $C_f = 1,1$
	 $\alpha = 50^\circ$; $C_f = 1,5$	 $\alpha = 40^\circ$; $C_f = 1,5$

Figura 52 – Trecho da tabela de coeficientes de força, C_f , para muros e placas retangulares. Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p. 32.

Considerando-se a variáveis calculadas, os valores de força do vento sobre elementos de seções circulares F_{ac} e retangulares F_{ar} podem ser calculados respectivamente da pelas

seguintes expressões:

$$Fac = Ae \times 262,7 \times 1,0$$

$$Far = Ae \times 262,7 \times 1,2$$

Os valores provenientes das equações estão dispostos abaixo.

Tabela 20 – Valores de força resultante da ação do vento.

Componente	Área (m^2)	Força Resultante (N)
Placa solar	0,1012	32,0
Caixa de distribuição	0,0400	13,0
Caixa da bateria	0,0355	11,5
Pluviômetro	0,0417	13,5
Haste central acima do apoio	0,1778	47,0

O diagrama de aplicação dos esforços provenientes da ação do vento está representado abaixo.

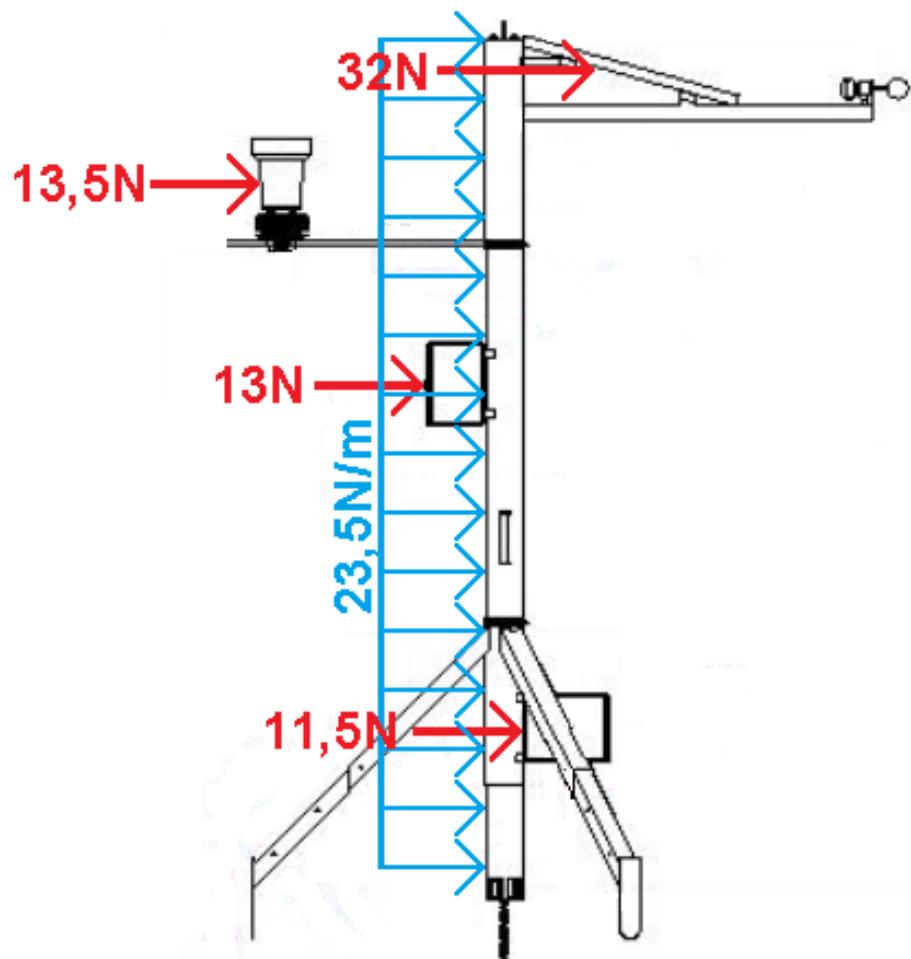


Figura 53 – esforços aplicados aos componentes devido ao vento.

Na figura acima estão ilustradas as forças em cada componente da estação clima-solo e ao longo da haste central. O anemômetro é o único componente que não está incluso no diagrama de forças, porque é justamente o instrumento de medição de velocidade do vento e o mesmo precisa girar ao redor do seu próprio eixo e este é desprezível para medição de força do vento na haste.

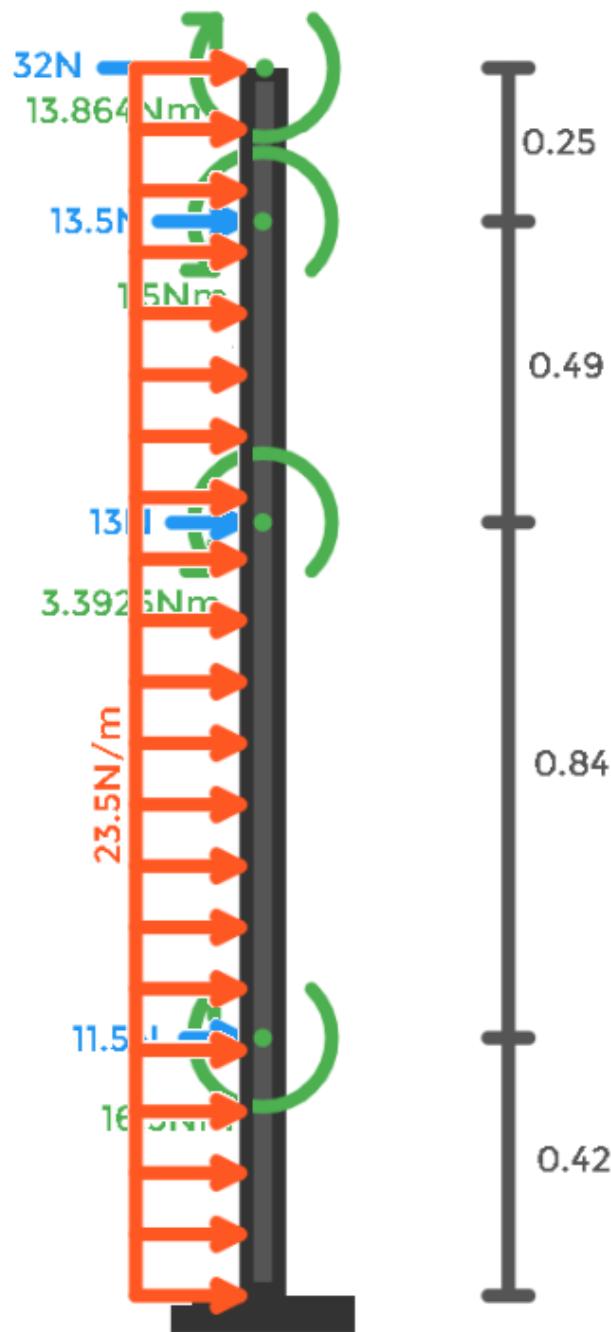


Figura 54 – diagrama de corpo livre da estação meteorológica com aplicação do vento.

A figura acima ilustra o vento aplicado aos componentes, de acordo com os dados da tabela 20. O vento foi distribuído por igual ao longo da haste principal e os momentos das massas também foram considerados a fim de se ver o total de forças aplicadas à estação meteorológica.

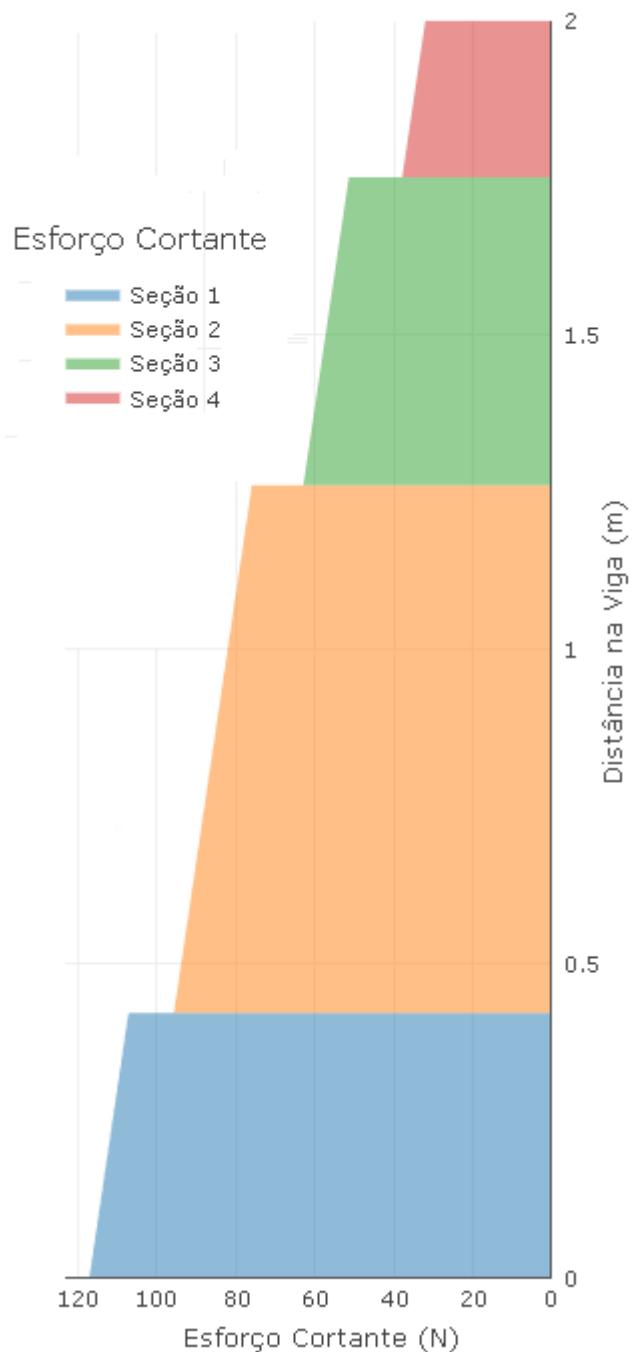


Figura 55 – Diagrama de esforço cortante da estação meteorológica.

A figura acima mostra o diagrama de esforço cortante da estação clima-solo. Nota-se que a base da estrutura possui maior esforço, justificando o uso do tripé, enquanto que a menor carga encontra-se no topo.

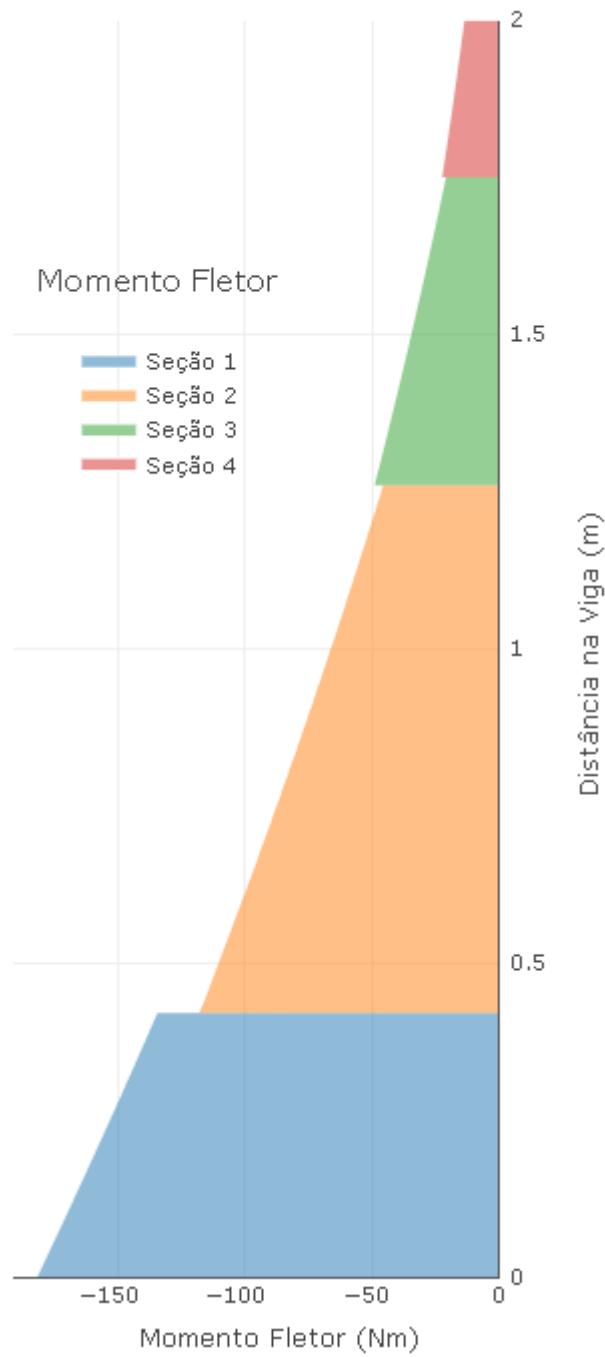


Figura 56 – Diagrama de momento fletor da estação meteorológica.

Assim como no resultado do gráfico anterior, o maior momento aplicado à estrutura também encontra-se na base da mesma, assim como o menor valor encontra-se no topo.

7.3.3 Esforços devido à utilização das alças

Tentando simular as forças aplicadas nas alças considerou-se que ao mesmo tempo a pessoa estaria puxando uma alça a 100 Newtons com um dos braços e estaria empurrando a outra alça com 100 Newtons com o outro braço, fazendo assim que rotacionasse a broca

perfurando o solo. A figura 57 ilustra a aplicação das forças.

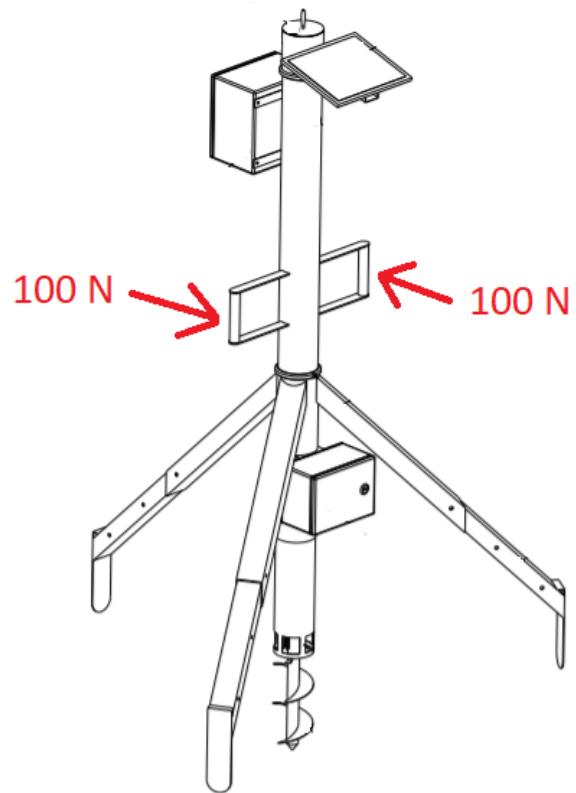


Figura 57 – Forças aplicadas nas pontas das alças.

Essa força de 100N equivale a um caso extremo em que uma pessoa usaria sua força e uma parte do seu peso corporal e conseguiria aplicar essa carga nas alças para realizar a rotação, caso o solo estivesse muito duro para perfurar. Para fins de comparação 100N é o torque utilizado para o aperto dos parafusos das rodas da maioria dos automóveis comercializado.

7.4 Materiais e componentes secundários

Para selecionar o melhor material a ser utilizado no projeto, utilizou-se uma matriz de decisão que está representada na Tabela 35 no apêndice [Apêndice P](#). Os valores adotados na tabela foram avaliados segundo os seguintes critérios:

- Peso: 0 sendo muito pesado e 10 sendo muito leve;
- Disponibilidades: 0 sendo baixa disponibilidade no mercado e 10 muita disponibilidade;
- Resistência a corrosão: 0 sendo pouco resistente 10 sendo muito resistente;
- Resistência mecânica: 0 sendo pouca resistência 10 muita resistência;
- Soldabilidade: 0 sendo muito difícil de soldar e 10 fácil de soldar;

De acordo com os critérios escolhidos, o AISI 316L é a melhor escolha dentre os materiais analisados para os elementos estruturais como chapas, metalons e tubos. Mas o que mais impactou em sua escolha foi a sua resistência à corrosão, visto que o ambiente onde a estrutura terá de ser exposto tem uma grande variedade de elementos químicos que podem degradar o material da estrutura.

Além de sua resistência a corrosão o material apresenta ótimas propriedades mecânicas, como mostrado na tabela 36 (apêndice [Tabla P](#)), tornando o projeto seguro e resistente aos esforços externos que a estrutura venha a ser submetida. Outro fator importante na decisão foi a maior facilidade de soldar por ele ser um aço inox com baixo teor de carbono no máximo 0,03 % de carbono .

Será utilizada a solda TIG, pois se comparada com a solda MIG e de Eletrodo ela se sobressai nos quesitos de acabamento e propriedades mecânicas da solda. Por conta da sua capacidade de penetração e da proteção dos gases inertes, tem-se como resultado uma solda com poucas falhas e mais resistente. Para realização da solda será necessário a utilização do fio de soldatura TG- S316 próprio para o material.

Foram escolhidos parafusos de aço inox cilíndricos M6 e M8 com variados comprimentos, dotados de sextavado interno para serem empregados, pois estes tem uma resistência maior ao cisalhamento e torque aplicados, devido aos tratamentos aos quais são submetidos, assim como a agentes externos. O acabamento desses componentes não possui arestas cortantes.



Figura 58 – Parafuso utilizado.

Juntamente com os parafusos serão utilizados porcas em inox auto-travante com nylon, igual ao exemplo da Figura X . Para um melhor travamento dos equipamentos e resistência à corrosão.



Figura 59 – Porca utilizada.

Para a conexão das partes da estrutura, braçadeiras V-Band em inox de 3,5”, pois elas restringem o deslocamento vertical e rotação da haste, garantindo a melhor fixação atendendo aos requisitos de resistência agentes corrosivos.



Figura 60 – Abraçadeira V-band utilizada.

Para garantir um acabamento melhor e uma maior estanqueidade dos suportes da placa solar e do pluviômetro irá ser colocado tampas de acabamento para metalons, como os da Figura [Figura 61](#).



Figura 61 – Tampa de acabamento para metalon.

As caixas que comportam os dispositivos eletrônicos, controladores e bateria são comerciais e próprias para a utilização em ambientes externos. As caixas possuem dimensões equivalentes a (20x20x14)cm e (30x20x20)cm, respectivamente. Aberturas serão confeccionadas nas partes traseiras para passagem do cabeamento. No caso da caixa das baterias, abas laterais para a ventilação serão adicionadas aos modelos. O modelo base da caixa está ilustrado abaixo na [Figura 62](#).



Figura 62 – Modelo de caixa utilizada para distribuição, eletrônicos e baterias.

7.5 Validação do projeto

A validação do projeto consiste em colocar as duas estruturas da A2P2 em testes com a finalidade de ambas resistirem a agentes externos e da própria estrutura e estarem aptas para analisar o solo e clima sem interferências.

7.5.1 Plano de validação

Os testes, conforme os requisitos, estão listados abaixo:

- **Animais silvestres:** Pelo fato de ambas as estações estarem expostas em grandes áreas de plantio, hora ou outra podem aparecer espécies típicas brasileiras, como gavião real, capivara e formigas. Nas barras de cima serão acrescentadas massas de até 15kg, para suportar que uma ave de grande porte pouse nela sem danificar a estrutura. Serão feitos testes de pequenos impactos a até 1,5m para suportar possíveis mordidas ou pancadas de animais pequenos. Por último será feito um teste de vedação por observação e cobrimento para impedir que insetos entrem no interior das estações e danifiquem os fios e cabos dentro das mesmas.
- **Suportar o próprio peso:** A estrutura como um todo deve suportar as barras dos componentes e as caixas, além do próprio peso. Para isso, como no teste anterior, serão inseridas massas de 15kg sobre as barras e 20kg sobre a haste central do corpo.
- **Rajadas de vento:** por esta em uma área livre, a A2P2 deve resistir a rajadas de ventos de grau 8. Para este teste, tanto a estação meteorológica quanto a solo serão submetidas a ventos de até 75km/h (20,7m/s) dentro do túnel de vento por 1 minuto e todos os componentes integrados devem permanecer intactos e não danificarem internamente, continuando a funcionar.
- **Resistência à corrosão:** Ainda pelo fato de ambas as estruturas estarem sujeitas a variações climáticas e, pelo fato de permanecerem fixas no mesmo local por mais de u ano, ventos e impurezas e a própria radiação solar podem danificar a estrutura corroendo-a. Para validar este teste, a estrutura será submetida a produtos químicos para limpeza, de anti-oxidantes por 24 horas. Passado esse tempo e todo corpo não sofrer danos, mas somente poeira, as estações estarão aprovadas para uso comercial.
- **Broca de perfuração:** A broca da A2P2 será submetida a testes de impacto e de perfuração em solo rígido e compacto com o intuito do agricultor penetrar com facilidade o solo em que o próprio pretende manter seu cultivo.

7.5.2 Validação computacional

Através do auxílio do software de Elementos Finitos ANSYS 19.2 em sua plataforma WORKBENCH, foram feitas simulações para a validação da parte estrutural do projeto. Nesta plataforma foi possível a realização de simulações estáticas das cargas aplicadas nas alças para rotacionar a broca e perfurar o solo, estáticas com as cargas

dos próprios componentes acoplados na estrutura, estática com os componentes da estrutura mais as forças causadas pelo vento. Os resultados adquiridos serão apresentados nos subtópicos a seguir.

7.5.2.1 Qualidade da malha

A qualidade da malha gerada via Ansys pode ser observada na figura abaixo. O seu ponto crítico, este é, de menor qualidade, com valor correspondente a X está evidenciado em vermelho. Como pode-se concluir, esse valor foi atingido somente em um ponto da malha, que considera-se um ponto de alta complexidade entre a união dos pontos, e não se alastrá por toda sua extensão, o que não compromete a qualidade do ensaio.

Malha é constituída de elementos tetraédricos quadráticos de 3 mm com $1,42 \times 10^6$ (1.419.099) Nós e $0,7 \times 10^6$ (705.862) Elementos, a função de Tamanho Adaptativo do Elemento de malha habilitada que altera o tamanho do elemento para melhor adaptação da malha.

Devido a limitações de Hardware não foi possível alcançar melhores resultados de malha, pois com o aumento da qualidade de malha há também um aumento de memória RAM requerida durante a simulação. Por conta deste fato inviabilizou a utilização de uma malha melhor, pois a ferramenta computacional não realizou a simulação.

O ensaio de convergência da malha não foi possível devido a limitações de hardware, portanto, foi feita uma análise geral sobre a qualidade da malha, como esta se comportou durante os ensaios e seus pontos críticos, como o citado acima.

Concluiu-se que o resultado não interferiu negativamente de forma significativa nos resultados extraídos das simulações.

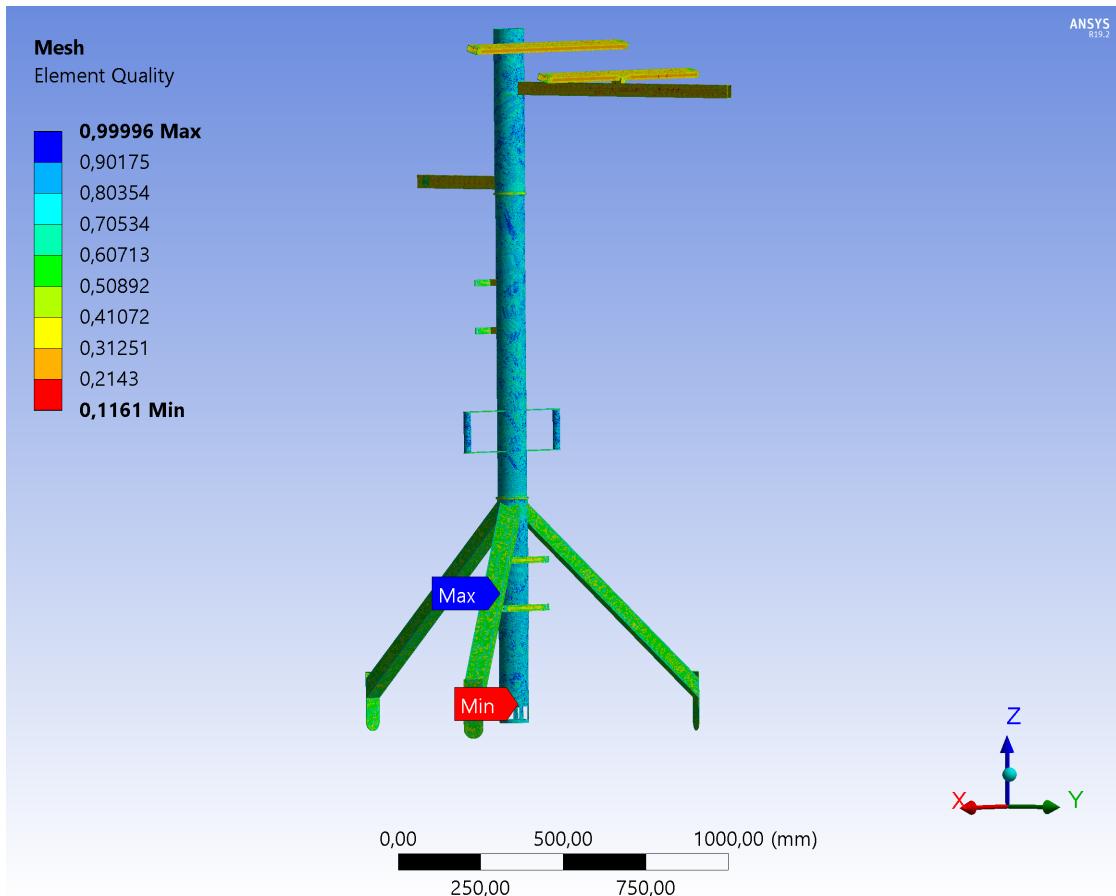


Figura 63 – Malha refinada.

7.5.2.2 Tensões provenientes dos esforços estáticos

O resultado dessa sessão do ensaio computacional considerou todos os esforços estáticos intrínsecos aos componentes citados na sessão de esforços deste documento. Os valores de massa foram aplicados aos seus pontos correspondentes de fixação e o peso ocasionado pelo agente externo foi distribuído como uma força cisalhante em cada uma das barras de sustentação do anemômetro e pluviômetro, respectivamente. O valor da tensão de von Mises mais alta extraída do ensaio foi equivalente a 213 MPa localizada na junção do suporte da placa solar com a haste central.

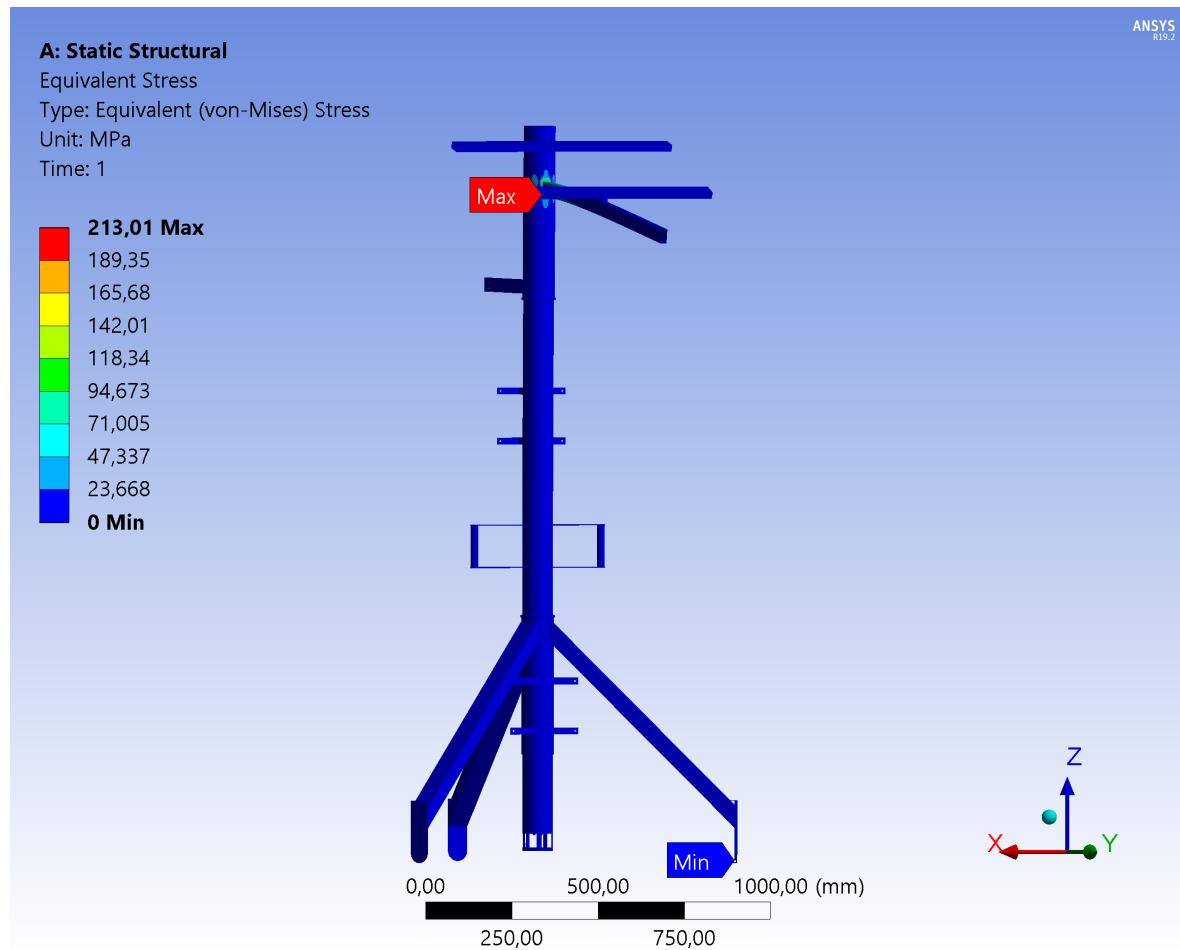


Figura 64 – Tensões provenientes dos esforços estáticos.

7.5.2.3 Tensões provenientes dos esforços de ação do vento

Os esforços ocasionados pela ação do vento estão passíveis de ocorrer em situações de avaria de clima e tempo. Como resultado, vendavais podem aplicar esforços de maior intensidade. Como o objetivo da estrutura é suportar ventos de até 20,7 m/s, esta deve suportar os esforços ocasionados da pressão do vento contra elementos da estrutura. Para realização desse ensaio, foram considerados todos os esforços estáticos, exceto o ocasionado pelo pouso de uma ave sobre os braços laterais de sustentação, acrescidos aos esforços originados pela ação do vento. O valor da tensão de von Mises mais alta extraída do ensaio para esforços provenientes da ação do vento juntamente com as forças estáticas em uma situação extrema, foi equivalente a 232,3 MPa. Levando em consideração que o Limite de Escoamento de 290 MPa tem se um fator de segurança de 1,25.

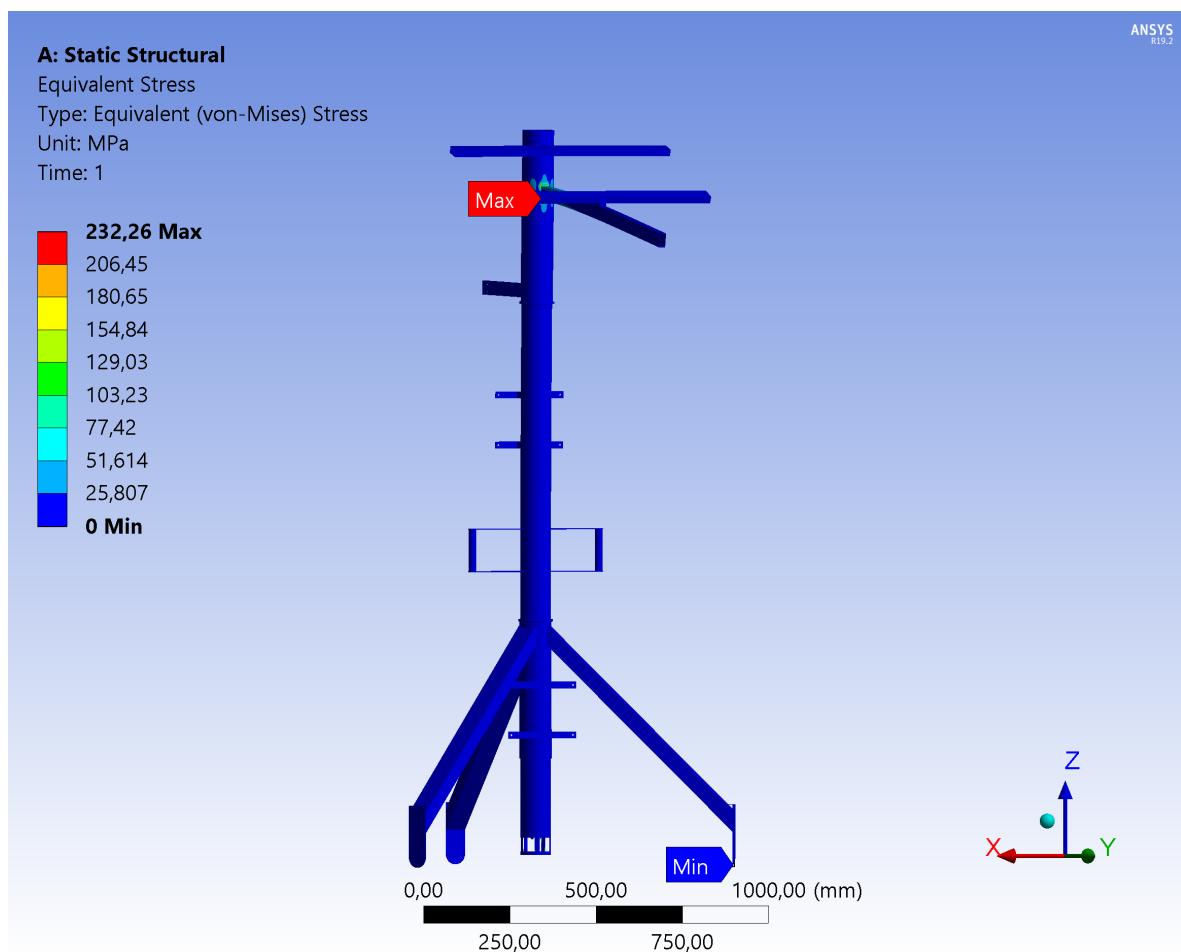


Figura 65 – Tensões provenientes dos esforços da ação do vento.

7.5.2.4 Tensões provenientes dos esforços nas alças rotacionais

Foram aplicadas forças de 100N nas alças para simular o esforço para realização da rotação da broca de perfuração do solo. Para a realização do ensaio computacional, foi criada uma condição de engaste na face inferior do tubo da haste central. Tal condição simula o travamento da broca contra o solo, o que refletiria em resistência máxima estática do conjunto às forças aplicadas. Consegue-se ver uma tensão máxima Equivalente de Von Mises de 106 MPa concentrado na junção do tubo com os braços da alça.

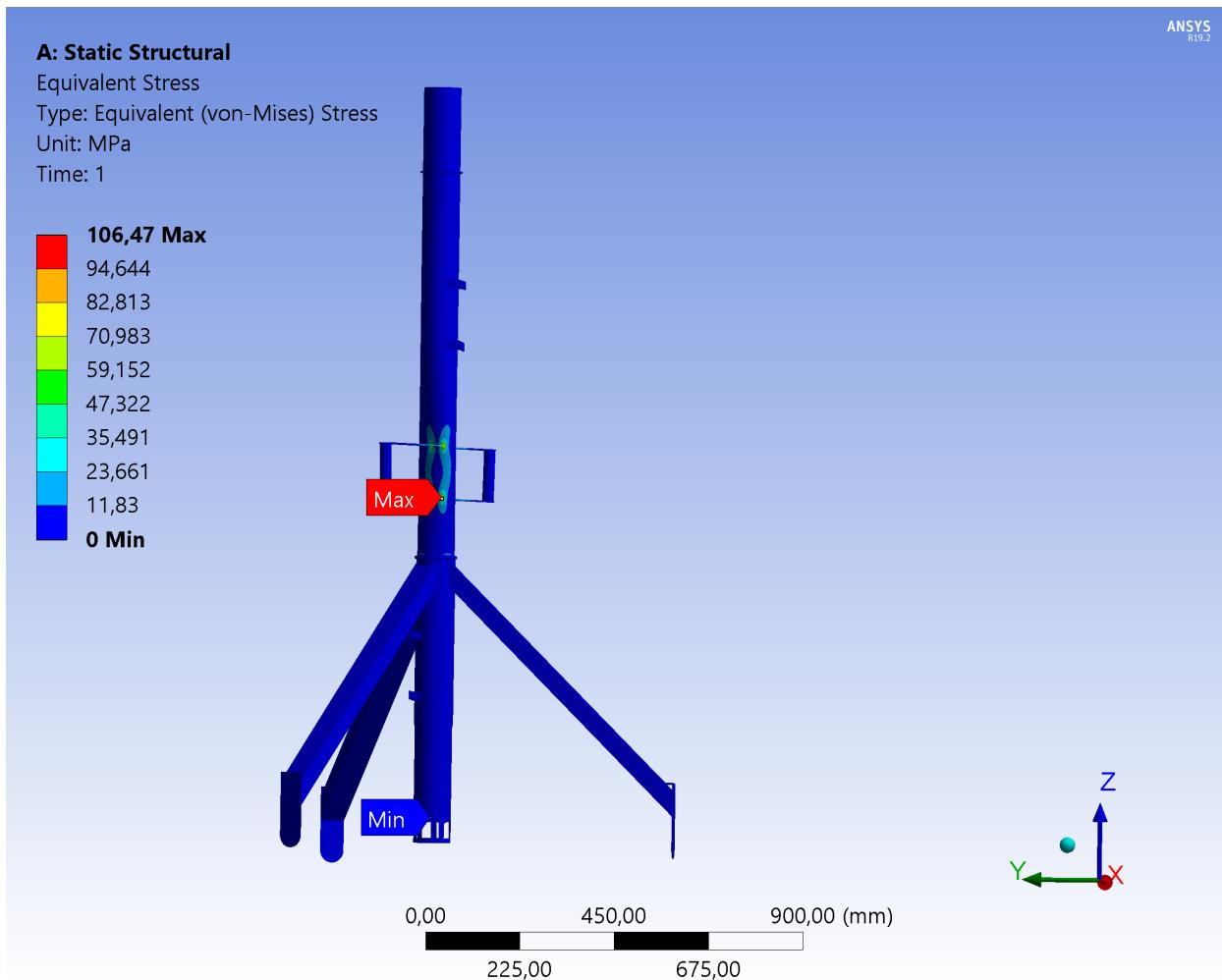


Figura 66 – Tensões provenientes dos esforços nas alças rotacionais.

7.6 Plano de fabricação

A primeira etapa do processo consistiu no dimensionamento e design da estrutura de acordo com os requisitos do produto. É onde foram realizados os desenhos técnicos e, utilizando as ferramentas de CAD e simulações computacionais o formato da estrutura foi definido. Após essa análise, foram selecionados os materiais que integrarão as partes da estrutura, bem como o material dos suportes, das caixas de armazenamento de dispositivos e alojamentos de sensores. Após definidos os detalhes da estrutura, os processos de fabricação e os materiais necessários para as operações foram também definidos. O plano para a fabricação da Estação Clima-solo é ilustrado na Figura 67.

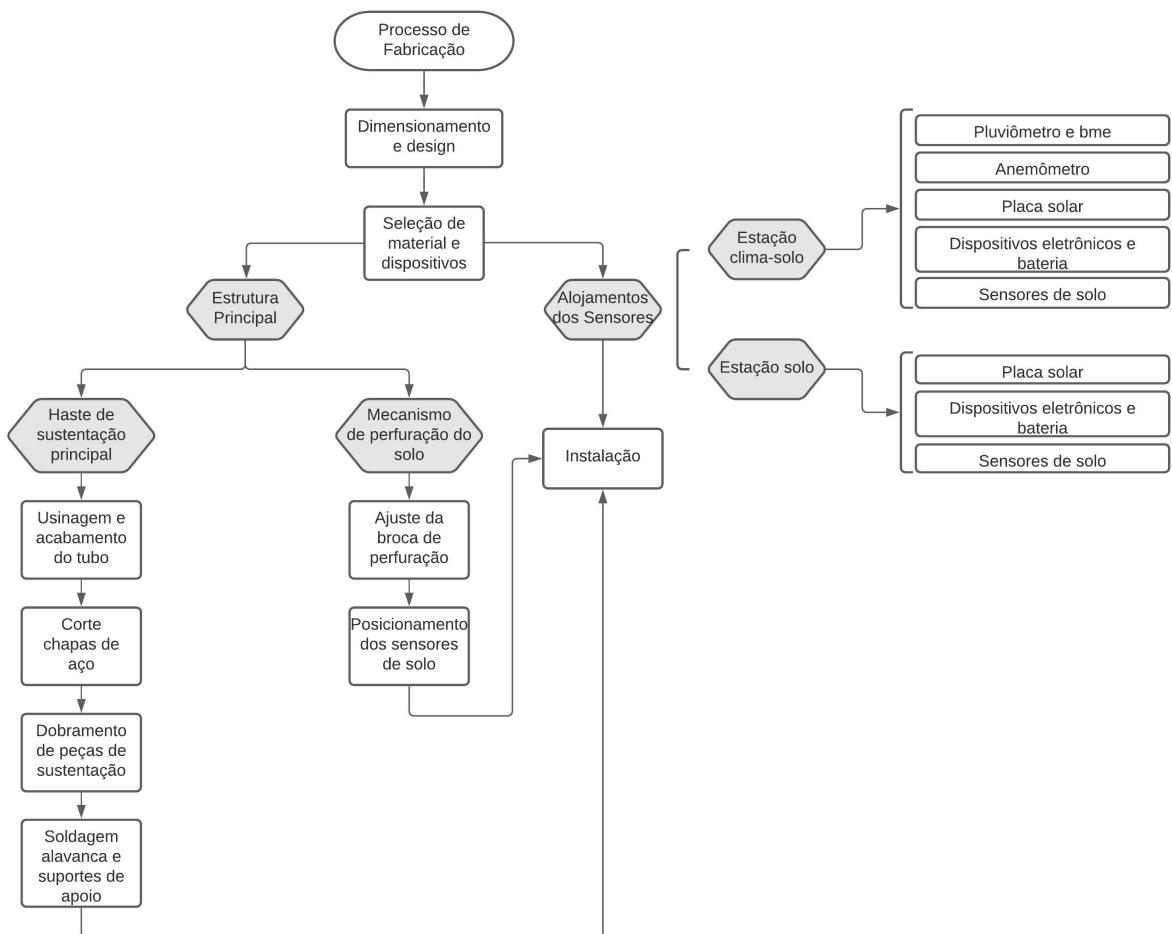


Figura 67 – Plano de fabricação estação clima-solo e estação solo.

O anemômetro, o alojamento do sensor BME o alojamento do pluviômetro e as caixas de bateria e distribuição (para o caso da estação clima-solo), são adquiridos através de fornecedores, observando os requisitos necessários para o pleno funcionamento dos sensores.

7.6.1 Estação Clima-solo

A haste principal da estrutura é subdividida em três partes: a haste central de sustentação, haste superior e haste inferior, como pode ser visto na [seção H.1](#). Essa subdivisão é importante para alocação dos dispositivos na estrutura sem comprometer o seu devido funcionamento. O modelo de tubo AI 316L 3,5" de aço inox com 2mm de espessura é utilizado para confecção da haste central. Esse tubo passa pelo processo de usinagem na parte inferior onde será localizada a cápsula com sensores que entrará em contato com o solo. Seu desenho técnico pode ser visto na [seção H.3](#). Em seguida, o tubo é levado para a soldagem da alavanca do mecanismo de perfuração do solo, que consiste em um tubo de 1,2 mm de espessura soldado em formato C de acordo com as especificações do projeto. A solda TIG é utilizada com fio de soldadura TG- S316 próprio para o material.

A haste superior de sustentação indicado na [seção H.6](#) é construída a partir de um tubo AI 316L 3,7" de aço inox com 2mm de espessura e 0.500 m de comprimento. Para dar suporte à placa solar, ao anemômetro e ao pluviômetro, é utilizado Metalon 6 m (40x20X1,2) mm em aço inox com costura. O metalon é cortado nas medidas pré-definidas para os suportes e em seguida esses suportes são soldados na haste superior com solda TIG com fio de soldadura TG- S316.

A haste de apoio inferior ilustrada na [seção H.7](#) é composta por um tubo AI 316L 3,7" de aço inox com 2mm de espessura e 0.400 m de comprimento. O tripé central é construído a partir de metalon (60x60)mm em aço inox com costura, cortados em três partes iguais e soldados na haste inferior com solda TIG com fio de soldadura TG- S316. A base do tripé é composta por metalon (50X50)mm, cortados em três partes iguais onde soldadas as hastes de fixação na extremidades de contato com o solo. Tanto as chapas de fixação no solo quanto os suportes da caixa de bateria, as tampas e os batentes são cortados em chapas de 2mm e 3mm, respectivamente. Os moldes das peças para corte estão dispostos na [subseção H.11.2](#) e [subseção H.11.1](#).

7.6.2 Estação Solo

O processo de fabricação da estação solo se assemelha com o processo de fabricação da estação clima-solo, como pode ser verificado no diagrama da Figura 67.

A estação solo contém uma haste de sustentação superior e uma haste de sustentação inferior, [seção H.2](#). A haste central, [seção H.4](#) é projetada para sustentar o painel solar e a caixa de distribuição eletrônica. O tubo de aço inox AI 316L 3,5" passa pelo processo de usinagem em sua extremidade inferior para formar a cápsula que terá contato com o solo, no mesmo processo da estação clima-solo. Em seguida as alavancas em formato C são soldadas na parte central da haste com solda TIG com fio de soldadura

TG- S316. O Metalon 6 m (40x20X1,2) mm em aço inox com costura é utilizado para o suporte do painel solar e soldado na estrutura no posicionamento pré-definido. As peças de sustentação da caixa de distribuição e da bateria são cortadas em chapas de 2mm e passam pelo processo de dobramento para serem ajustadas e soldadas com solda TIG na haste principal da estrutura. Esses cortes também estão disponíveis na [subseção H.11.1](#).

Em ambas as estruturas a broca de perfuração do solo é fixada na haste central por meio de um parafuso passante M6x100 e os sensores de medição dos parâmetros do solo são ajustados em sua extremidade superior onde estarão fixos dentro da cápsula.

7.7 Procedimento de montagem

Previvamente, a região de instalação dos dispositivos deve ser conhecida, a fim de constatar a inexistência de corpos que possam comprometer o funcionamento, como árvores, construções ou até mesmo uma inclinação acentuada do solo.

Para a montagem, inicialmente, de ser regulada a profundidade do dispositivo no solo. Isso será necessário para saber o espaçamento entre as hastes de apoio. Com o auxílio de uma pá para solo, de preferência uma cavadeira articulada, deve ser feito o furo central com base na profundidade escolhida para o posicionamento dos sensores de solo, ou seja, 10, 20 ou 30 cm. Em seguida, deve ser feita a remoção da terra de onde ficarão posicionadas as hastes de apoio do solo, que são as três hastes reguláveis, com profundidade equivalente a aproximadamente 5cm. Tendo os furos sido feitos e as alturas das hastes reguladas no encaixe inferior de sustentação, pode-se apoiar esse conjunto sobre a região de montagem na terra. Parte da terra retirada para posicionamento dos pés da haste regulável deve ser recolocada a fim de preencher os espaços vazios.

Por meio do orifício do encaixe inferior de sustentação, é atravessada verticalmente a haste central até que o fundo da broca toque o solo, cuidadosamente. Após o contato, deve-se gerar um momento no sentido horário em torno da haste central por meio dos braços de alavanca nela posicionados. O movimento deve ser repetido até que o batente da haste se toque com a aba de travamento do encaixe inferior de sustentação.

Feito isto, o posicionamento dos sensores de solo estão concluídos.

Nesta etapa, é feito o posicionamento do encaixe superior de sustentação até o batente superior da haste central. Rotaciona-se o encaixe até a posição de melhor apoio, que é quando o braço de sustentação do anemômetro se posiciona como mediatrix entre duas hastes de apoio do solo.

Deve ser feito então o travamento de ambos encaixes de sustentação por meio das abraçadeiras V-band. O acoplamento das caixas de bateria e de dispositivos eletrônicos deve ser por meio das porcas e parafusos, assim como dos sensores meteorológicos.

As conexões elétricas dos componentes das caixas são feitas de forma simples. Os chicotes devem ser colocados de cima para baixo, primeiro fazendo as conexões dos sensores de clima com os cabos que passarão no interior da haste central. Estes devem ser alcançados pelos orifícios e conectados aos seus respectivos pares.

Para alcançar os conectores deve-se utilizar um cabo semi-rígido amarrado às pontas. Todos os conectores devem ser puxados até o topo e travados um a um externamente. Tendo todos sido encaixados, estes devem colocados para dentro da haste central. Em seguida é feito o encaixe da tampa com cuidado, para evitar mastigamento dos fios, até o final de seu curso de forma que certifique-se uma boa vedação.

Todo o procedimento de montagem, vistas explodidas, conjuntos, e procedimentos podem ser verificados no manual de montagem no [Apêndice R](#).

8 Software

8.1 Arquitetura da Informação

8.1.1 Concepção do Projeto

O objetivo desta parte do projeto é desenvolver soluções de software que, a partir dos dados enviados pelos sensores, apoiem os fazendeiros a tomarem decisões mais rápidas por meio da visualização facilitada e compreensível de dados estratégicos provenientes do campo. Portanto, a fim de atingir esses objetivos, neste capítulo são propostos o desenvolvimento de um aplicativo web para visualizações mais amplas por meio de gráficos e um chatbot para um acesso mais rápido e imediato aos dados do campo.

8.1.2 EAP do produto

Tendo em vista as duas propostas de aplicativos, na figura 68 podemos ver o detalhamento, em alto nível, das funcionalidades de cada módulo por meio da Estrutura Analítica do Projeto (EAP). Tanto o chatbot como a interface de visualização web vão consumir as informações enviadas pelos sensores. Como dito anteriormente, cada uma das soluções foca em atender o fazendeiro de uma forma diferente: o chatbot foca em rapidez e a plataforma em detalhamento.

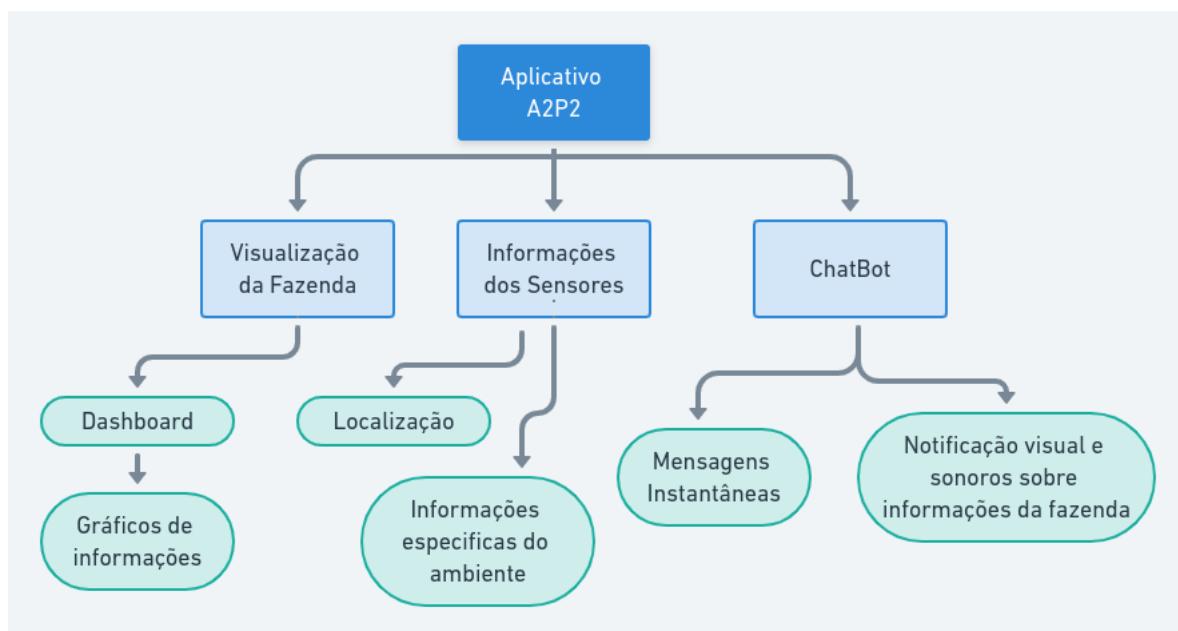


Figura 68 – EAP do Produto

8.1.3 Protótipos

Para entender o funcionamento do sistema, foram desenvolvidos protótipos de alta fidelidade para serem a base do desenvolvimento de cada solução. Dessa forma, diminuíram-se os riscos de refatoração de interfaces ou funcionalidades.

A ferramenta Figma foi utilizada para a prototipação da aplicação web como mostra a figura 69. O protótipo pode ser acessado diretamente [clicando aqui](#).

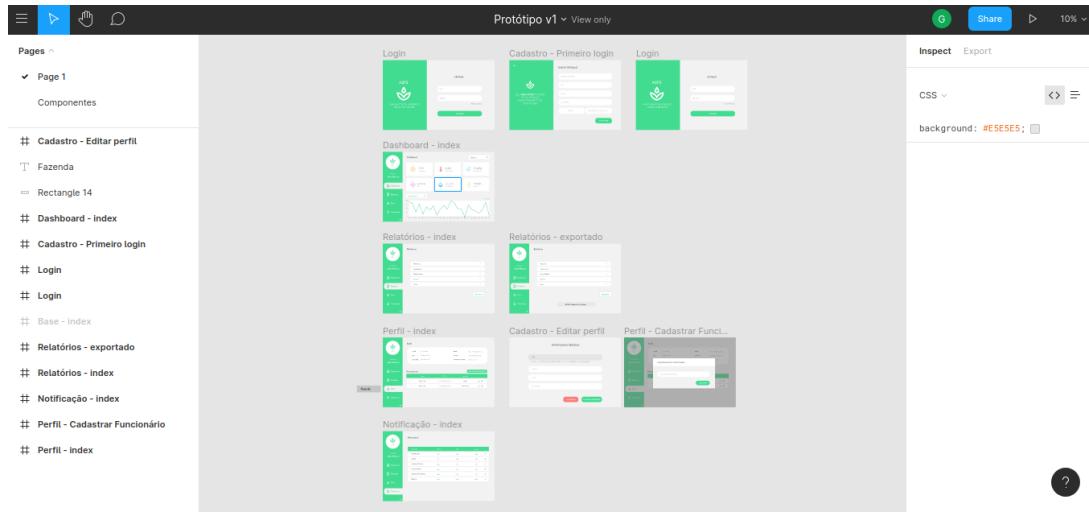


Figura 69 – Protótipo da aplicação Web no Figma

Para o chatbot, foi utilizada a ferramenta Botsociety como mostrado na figura 70. Essa plataforma é uma das pioneiras em design conversacional, permitindo a simulação das conversas. Esse protótipo pode ser acessado diretamente [clicando aqui](#).

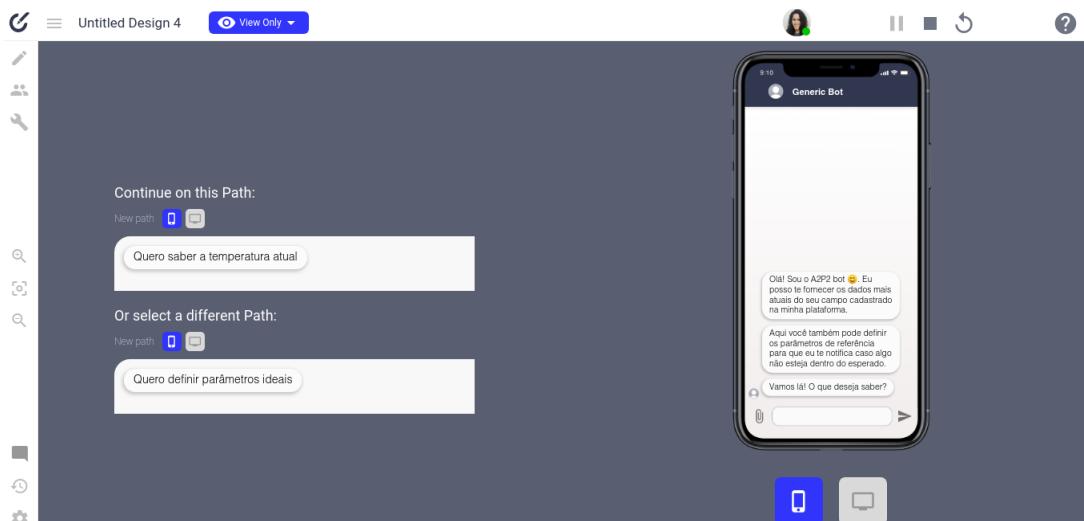


Figura 70 – Protótipo do chatbot no Botsociety

8.1.4 Fluxo de Informação

Nesta seção, será descrito como o usuário interage com as soluções de software. Como toda aplicação web, começa-se primeiro pela autenticação, a qual é mostrada na figura 71. Na plataforma, os responsáveis pela fazenda são cadastrados, inicialmente pelo administrador, que logo já estarão habilitados para utilizar o login e verificarem os dados da fazenda. A fazenda também é criada pelo administrador assim que os serviços da A2P2 são contratados.

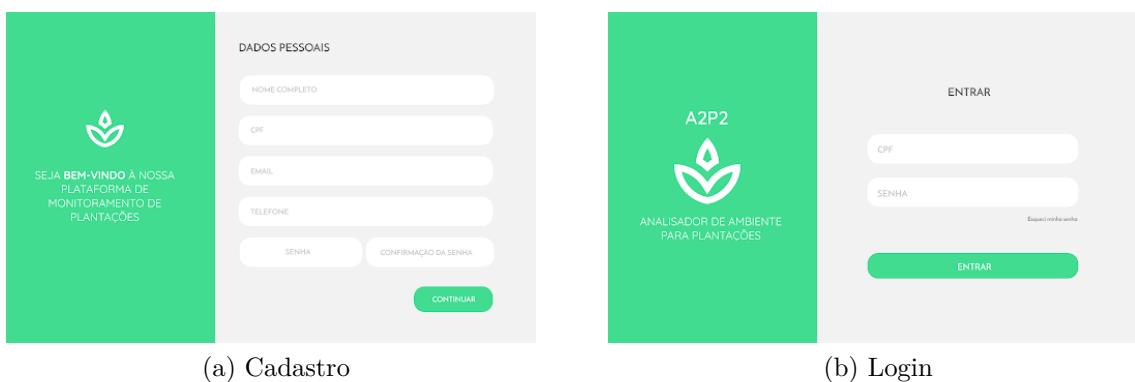


Figura 71 – Autenticação

Após a fazenda ser devidamente cadastrada assim como seu responsável, o mesmo obterá o controle podendo acessar os dados de seu campo ou fazenda, bastando apenas acessar a tela de perfil como mostrado na figura 120. Para funcionários, só serão mostrados seus próprios perfis, enquanto para responsáveis será possível visualizar tanto o próprio perfil quanto os dos funcionários relacionados à sua plantação ou campo.

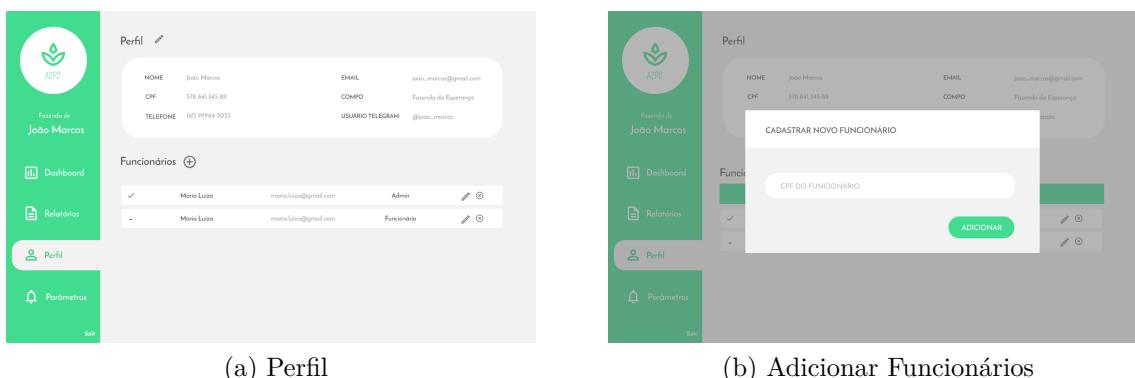


Figura 72 – Funcionalidades do Perfil

Detalhe importante é que o dado "*Usuário Telegram*" presente no cadastro e no perfil é o que faz a vinculação entre a plataforma e o chatbot. Portanto, quando o usuário Telegram é adicionado ao cadastro, o chatbot já consegue obter acesso aos dados da fazenda ou campo.

A tela *Dashboard* (figura 73) é responsável por mostrar todas as informações relacionadas às características do solo e ambiente de cada estação do usuário, com base na estação selecionada, considerando que um campo poderá ter inúmeras estações, dependendo do seu tamanho. Nela, o proprietário e seus funcionários poderão visualizar os últimos registros de todos os parâmetros, além de atualizações nas últimas horas.

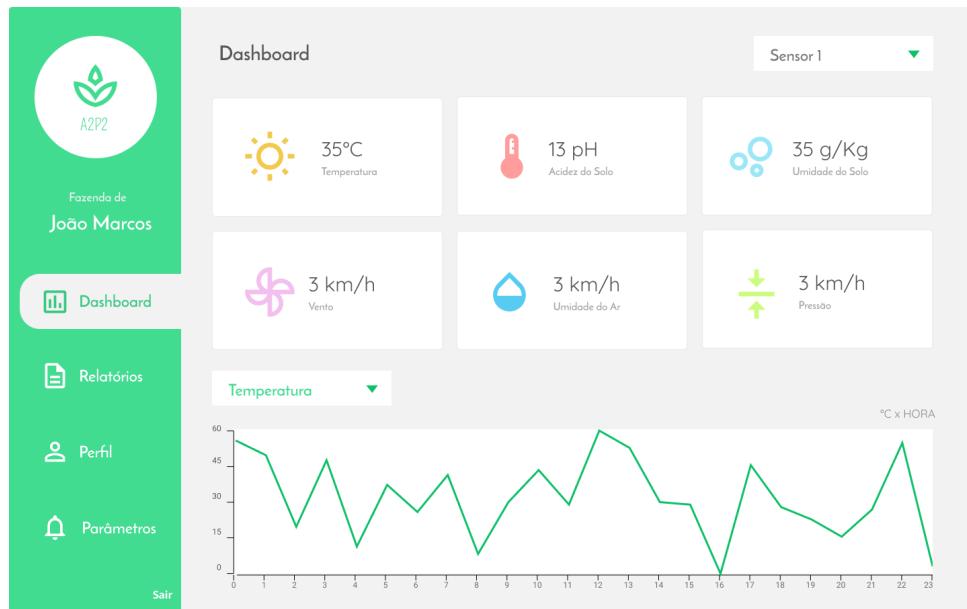


Figura 73 – Tela *Dashboard*

A tela de relatórios (figura 74) é um relatório em formato PDF conforme os filtros selecionados na interface.

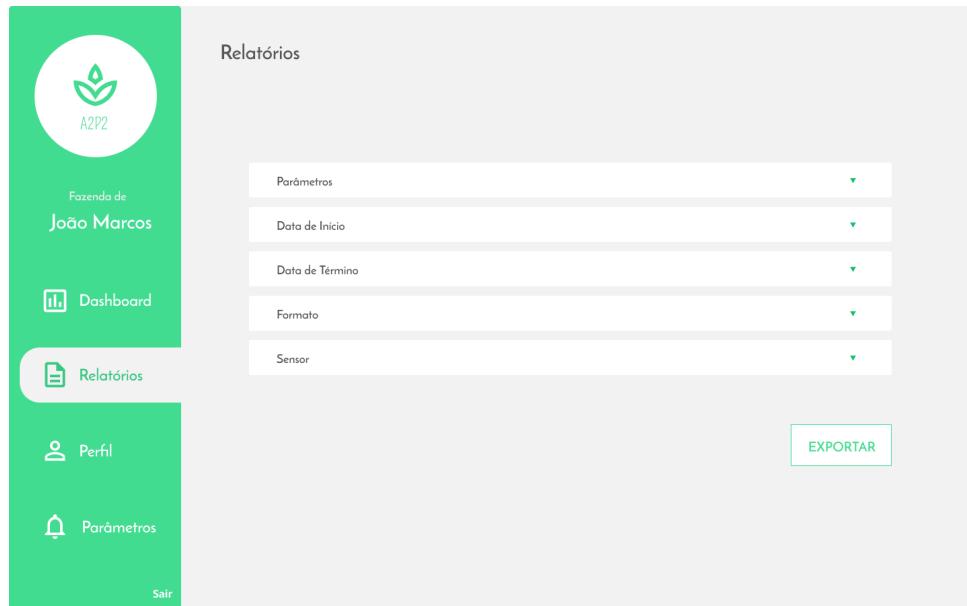


Figura 74 – Tela de Exportação de Relatórios

Além disso, para o chatbot notificar quando os dados estão fora dos valores ideais,

será necessário o usuário indicar quais faixas de valores um aviso deve ser disparado. Portanto, poderá alterar suas preferências de parâmetros ideais na aba *Parâmetros* como mostrado na figura 75.

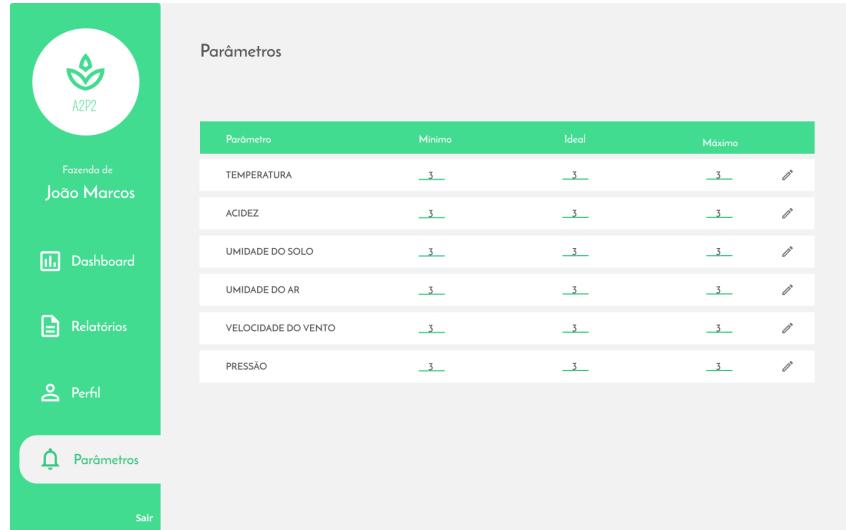


Figura 75 – Tela de gerenciar parâmetros

8.2 Arquitetura de Software

8.2.1 Fluxo de Dados

A figura 76 mostra a interação entre os componentes da solução de software. Todos os módulos se comunicam via protocolo de requisição HTTP. O ponto central é a API, que recebe os dados dos sensores por meio de uma requisição POST e a distribui para a interface web e para o chatbot. O Telegram é apenas a interface do chatbot.

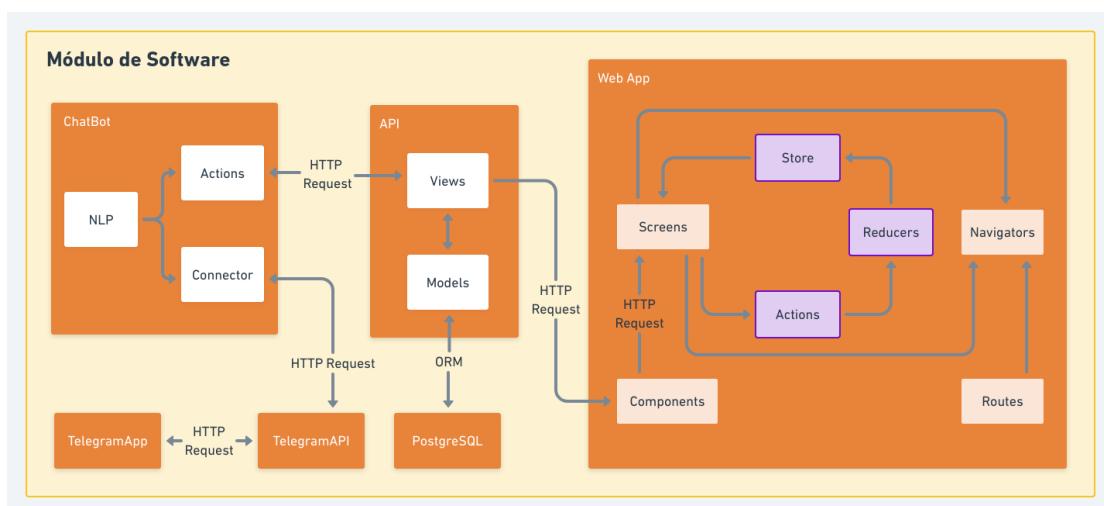


Figura 76 – Diagrama Geral de Software

8.2.2 API

A arquitetura da API será composta pelo padrão estrutural Model View Controller (MVC) utilizando o modelo de integração Cliente-Servidor. O servidor será implementado em Python com o suporte do *framework* Django ([DJANGO, 2020](#)). O sistema gerenciador de banco de dados PostgreSQL será utilizado para a persistência e manutenção dos dados.

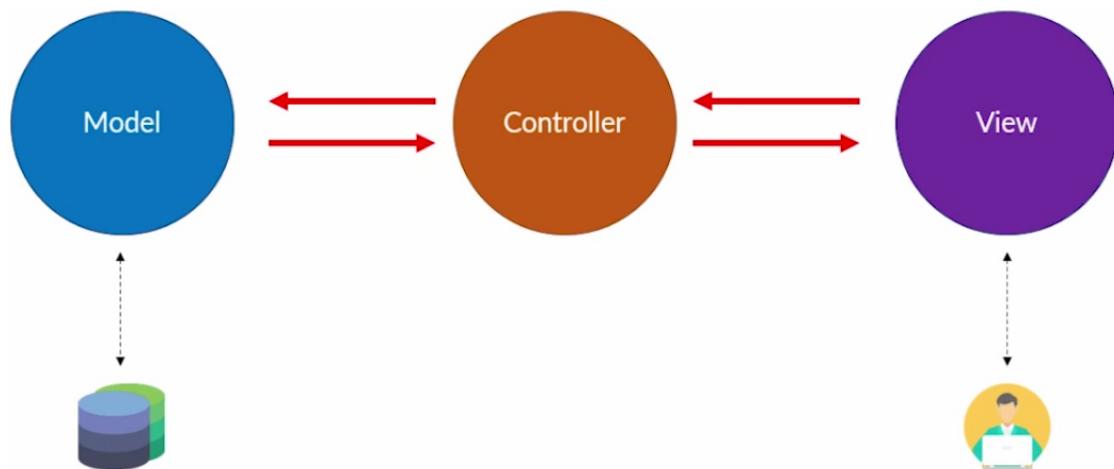


Figura 77 – Diagrama de API. Fonte: MVC

O *framework* Django possui um Mapeamento Objeto-Pelacional[Object-Relational Mapping](ORM) compatível com o banco PostgreSQL. Por isso, a implementação da base e as consultas são facilitadas.

8.2.3 Aplicação Web

A interface da plataforma *web* será implementada em JavaScript utilizando a biblioteca ([REACT, 2020](#)). com a arquitetura Flux através da biblioteca ([REDUX, 2020](#)). O ReactJS utiliza arquitetura baseada em componentes, sendo que cada um possui sua própria tela e estado. Utilizar-se-á a versão mais recente do React, com suporte à ECMAScript 6, componentes funcionais (sem uso de classes) e React Hooks, uma forma de manter o estado do componente em escrita funcional.

O Redux é uma alternativa para o gerenciamento de estado no React. Ele cria um estado de contexto global que pode ser acessado por todos os componentes do projeto. Para isso, ele utiliza Actions e Reducers (figura 78). Actions são ações que indicam o que o Redux deve fazer. Nesse momento, a aplicação pode ser levada a executar um requisito ou despachar um reducer que mudará o estado global e atualizará todas as telas consumidoras desse estado.

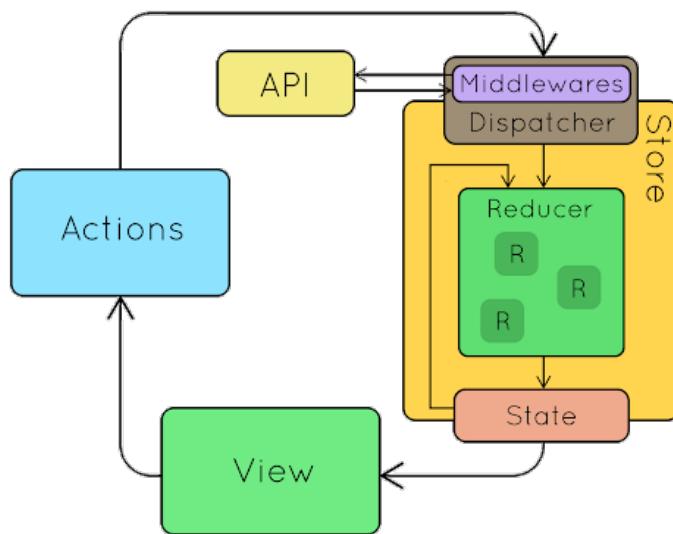


Figura 78 – Funcionamento do React com Redux. Fonte: MVC

8.2.3.1 Chatbot

Com o intuito de facilitar e agilizar o acesso aos dados coletados via sensores, este projeto compreende a implementação de um chatbot que utiliza o Telegram como interface. Chatbots são ferramentas criadas para simular conversas com humanos ([RADZIWILL; BENTON, 2017](#)). O fato de a comunicação ocorrer via chat torna a coleta de informações no dia a dia mais natural e ágil.

Chatbots podem ser baseados em regras ou inteligência artificial. Conforme os estudos em Machine Learning avançaram, esse segundo tipo de implementação ganhou o mercado por ser mais escalável e robusto que a primeira. No caso de chatbots, o campo explorado é chamado de Processamento de Linguagem Natural (PLN), o qual estuda maneiras de compreender textos na linguagem natural humana ([ANDRADE et al., 2020](#)).

Neste projeto, é utilizado um chatbot com PLN. Dessa forma, o chatbot possui um base de conhecimento, a qual os algoritmos trabalham em cima para gerar um modelo de treinamento. Em cima do modelo de treinamento, são geradas as previsões sobre o que o usuário está falando, e após selecionar o assunto que está sendo tratado pelo usuário, o chatbot toma a medida ou ação que está mapeada para esse assunto. Apesar de ser necessário que um ser humano forneça os dados para a base de conhecimento, o chatbot consegue generalizar os exemplos e atender mais casos além dos que foram explicitamente fornecidos pelo ser humano.

Por ser desenvolvido em Python, as suas funcionalidades vão além da inteligência artificial para compreensão de texto. Uma vez que as previsões são feitas e sabe-se o que o usuário quer, pode-se utilizar algoritmos comuns, como a biblioteca *requests* para acessar APIs ou base de dados. É assim que o chatbot implantado se comunica com a

API do A2P2 e a API do Telegram.

As principais ferramentas utilizadas na implementação são: o Telegram para servir de interface de comunicação; a biblioteca Rasa para treino e processamento de linguagem natural; e a linguagem Python para configuração das ações mais elaboradas. A visão geral é mostrada na figura 79.

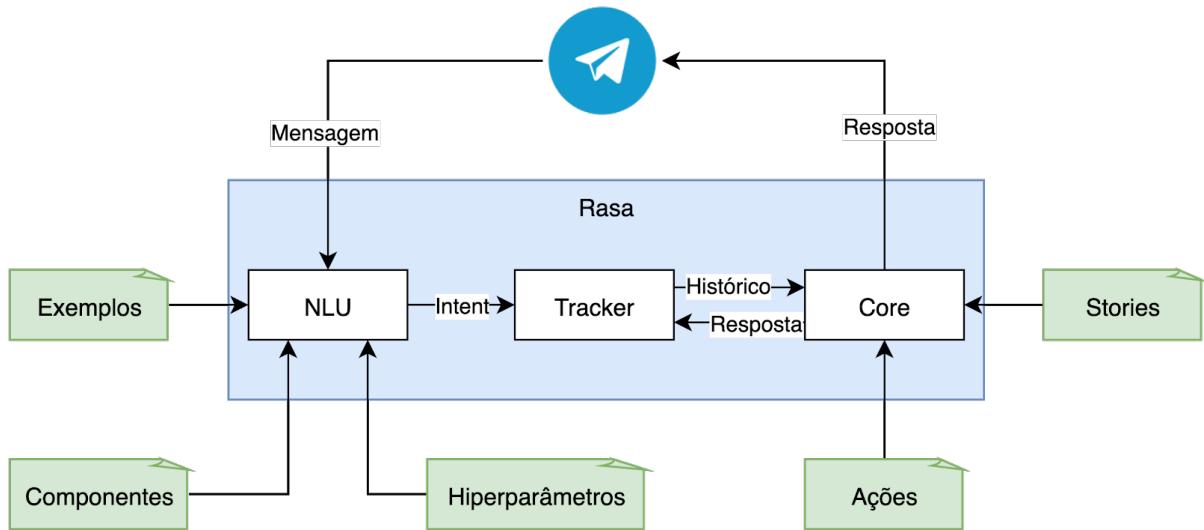


Figura 79 – Chatbot

O Rasa é composto pelos seguintes módulos:

- **NLU:** Responsável por treinar os exemplos fornecidos pelos desenvolvedores e identificar os *Intents* nas mensagens de usuário, os quais representam a classificação ou assunto de uma mensagem ou pergunta;
- **Tracker:** Recebe os *Intents* identificados pelo NLU e armazena o histórico de conversa, fornecendo-o para o Core, que retorna as respostas dadas para o Tracker armazenar. Permite que o chatbot trabalhe com contexto de conversa;
- **Core:** Consulta o Histórico para ver as respostas anteriores a fim de definir a próxima com base no que foi definido nas Stories. Então, chama as Ações para enviar a resposta escolhida.

O Rasa funciona a partir do recebimento de uma série de dados indicados em verde e que são desenvolvidos pela equipe, como:

- **Exemplos:** Frases que identificam e caracterizam cada Intent. Um Intent é composto por vários exemplos que tratam de um mesmo assunto, mudando apenas as palavras utilizadas. Os exemplos são criados com base naquilo que o chatbot espera receber dos usuários;

- **Componentes:** Os componentes são as técnicas de machine learning escolhidas para fazerem parte do processo e podem ser da biblioteca Rasa ou customizados. A ordem e seleção deles interfere diretamente na qualidade de compreensão do chatbot e por isso os desenvolvedores devem rodar testes de validação para encontrar a melhor combinação e seus hiperparâmetros;
- **Hiperparâmetros:** São utilizados pelos componentes para a configuração dos algoritmos de compreensão;
- **Ações:** Funções Python que executam processos mais complexos e também realizam consultas em serviços externos, como API's, Bases de Dados, dentre outros.

8.2.4 Ferramentas Auxiliares

- **Docker:** Para fins de desenvolvimento, será utilizado o Docker, uma ferramenta para gerar um ambiente isolado e construído especificamente para a equipe de desenvolvedores que facilita a padronização do ambiente de desenvolvimento.
- **ESLint:** Para assegurar a padronização do código a ser entregue, será utilizado o ESLint, uma ferramenta de lint plugável para Javascript e JSX que analisará o código fonte para notificar erros de estilização estabelecido na folha de estilo do projeto.
- **Pep8:** Pelas mesmas motivações do ESLint, o Pep8 será utilizado para analisar o código fonte em python.
- **Prettier:** Um *code formatter* de código aberto tem por finalidade "forçar" um padrão de código. Ele realiza isso analisando o código fonte e alterando-o de acordo com regras pré-definidas, comumente configurado em editores de texto e o código é alterado automaticamente ao salvar o arquivo.
- **Git:** Ferramenta de versionamento que será utilizada concomitantemente ao GitHub para persistir o código na nuvem no decorrer do projeto e auxiliar na colaboração do desenvolvimento.

8.3 Modelagem

8.3.1 Diagrama de Casos de Uso

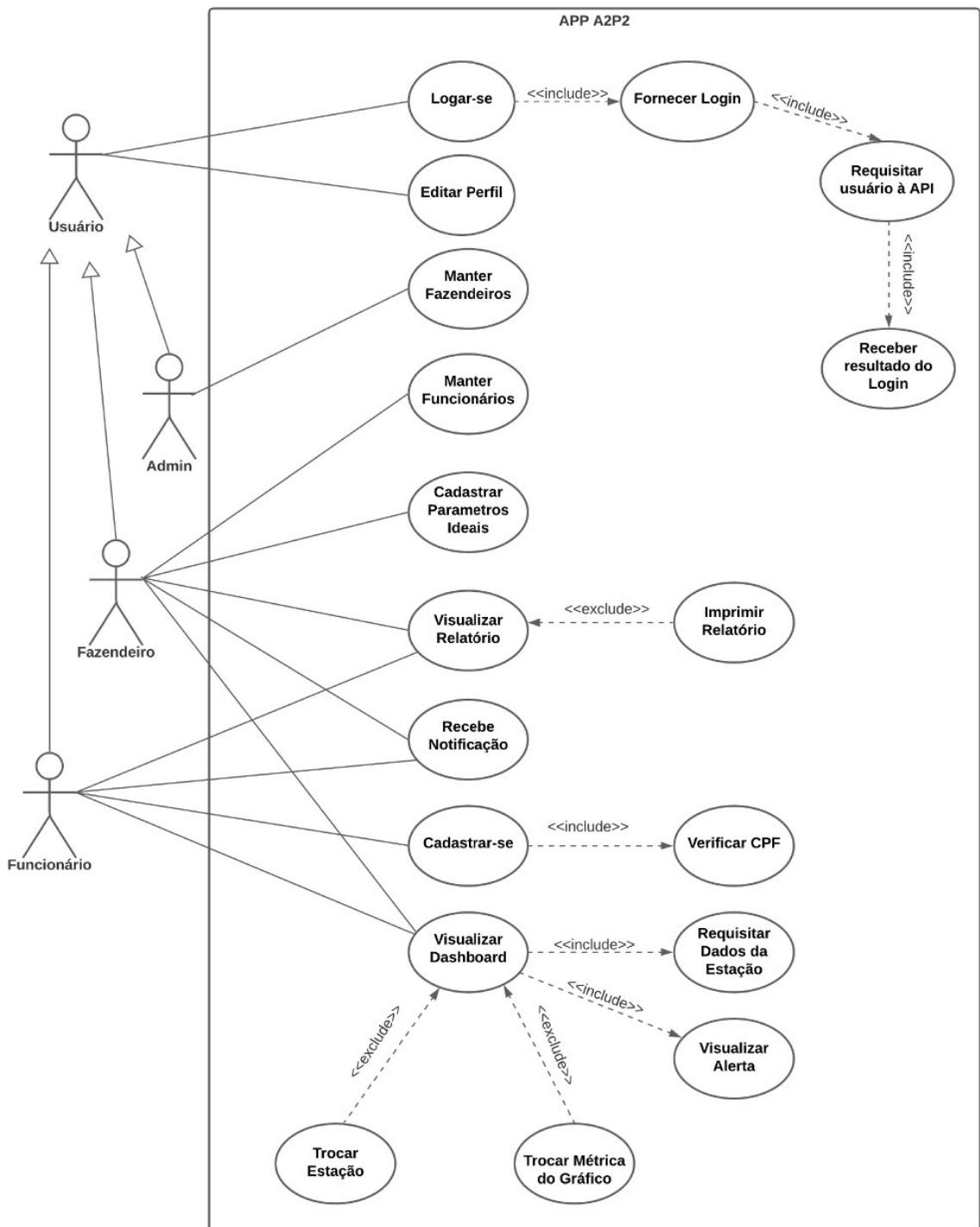


Figura 80 – Diagrama de Casos de Uso

8.3.1.1 Descrição dos Casos de Uso

Os casos de uso presentes no sistema são:

- [C01] - Logar
- [C02] - Editar Perfil
- [C03] - Manter Fazendeiros
- [C04] - Manter Funcionários
- [C05] - Manter Parâmetros Ideais
- [C06] - Visualizar Relatório
- [C07] - Receber Notificação
- [C08] - Cadastrar
- [C09] - Visualizar Dashboard

Para melhor entendimento de cada um, seguem-se suas descrições:

- (C01) - Logar

Descrição

O Usuário conecta-se ao sistema através do fornecimento de suas credenciais.

Atores

1. Usuário

Pré-Condições

1. O Usuário é cadastrado no sistema;

Condições de entrada:

O Usuário decide entrar no sistema e pelo seu navegador entra no endereço do site.

Fluxo Principal

1. O sistema exibe formulário com campo de username e senha.
2. O Usuário preenche o campo de username e senha.
3. O Usuário confirma o login.
4. O sistema exibe mensagem de login efetuado com sucesso.

4. O Usuário é redirecionado a página de Dashboard.

Fluxos Alternativos

A1: O Usuário preenche o campo de username e senha com algum dado inválido;

1. O sistema exibe mensagem de Usuário inválido.
2. Volta para o passo 1 do fluxo principal.

- (C02) - Editar Perfil

Descrição

O Usuário altera informações do seu perfil de Usuário.

Atores

1. Usuário

Pré-Condições

1. O Usuário precisa estar autenticado na aplicação.

Condições de entrada:

O Usuário decide atualizar dados do seu perfil e navega pela sidebar até o botão Perfil.

Fluxo principal

1. O sistema exibe formulário com os campos preenchidos do perfil do Usuário .
2. O Usuário atualiza os dados desejados.
3. O Usuário confirma a edição.
4. O sistema exibe mensagem de edição realizada com sucesso.

Fluxos Alternativos

A1: O Usuário preenche algum campo com dado inválido; 1. Exibe mensagem de campo inválido. 2. Volta para o passo 1 do fluxo principal.

- (C03) - Manter Fazendeiros

Descrição

O Administrador gerencia fazendeiros podendo cadastrá-los, visualizá-los, editá-los e deletá-los.

Atores

1. Admin
2. Fazendeiros

Pré-Condições

1. O Admin precisa ter acesso a administração do sistema. 1. O Admin precisa estar autenticado na aplicação.

Condições de entrada:

O Admin decide inserir um novo fazendeiro ou gerenciar fazendeiros já existentes e então navega até a administração do sistema.

Fluxo Principal

1. O sistema exibe o dashboard da administração do sistema. 2. O Admin clica no ícone de inserir um novo Fazendeiro. 3. O sistema exibe formulário com os campos do Fazendeiro. 4. O Admin preenche os campos do Fazendeiro. 5. O Admin confirma a inserção do Fazendeiro. 6. O sistema exibe mensagem de inserção realizada com sucesso.

Fluxos Alternativos

A1: O Admin preenche algum campo com dado inválido. 1. Exibe mensagem de campo inválido. 2. Volta para o passo 4 do fluxo principal. A2: O Admin deseja visualizar Fazendeiros do sistema. 1. Inicia no passo 1 do fluxo principal. 2. O sistema exibe os Fazendeiros do sistema. A3: O Admin deseja editar um Fazendeiro do sistema. 1. Inicia no passo 2 do fluxo alternativo A2. 2. O Admin escolhe o Fazendeiro e clica no ícone de edição. 3. O Admin altera os campos do Fazendeiro. 4. O Admin confirma a edição do Fazendeiro. 5. O sistema exibe mensagem de edição realizada com sucesso. A4: O Admin deseja deletar um Fazendeiro do sistema. 1. Inicia no passo 2 do fluxo alternativo A2. 2. O Admin escolhe o Fazendeiro e clica no ícone de deletar. 3. O Admin deleta o Fazendeiro. 4. O Admin confirma a edição do Fazendeiro. 5. O sistema exibe mensagem de remoção realizada com sucesso.

- (C04) - Manter Funcionários

Descrição

O Fazendeiro gerencia funcionários podendo cadastrá-los, visualiza-los, editá-los e deletá-los.

Atores

1. Fazendeiro
2. Funcionário

Pré-condições

1. O Fazendeiro precisa ter sido cadastrado por um Admin do sistema.

Condições de entrada:

O Fazendeiro decide inserir um novo Funcionário ou gerenciar funcionários já existentes e então navega pela sidebar até a seção de Perfil.

Fluxo Principal

1. O Fazendeiro navega pela sidebar até a seção de Perfil. 2. O Fazendeiro clica no ícone de adicionar um novo Funcionário. 3. O sistema exibe formulário com os campos do Funcionário. 4. O Fazendeiro preenche os campos do Funcionário. 5. O Fazendeiro confirma a inserção do Funcionário. 6. O sistema exibe mensagem de inserção realizada com sucesso.

Fluxos Alternativos

A1: O Fazendeiro preenche algum campo com dado inválido;

1. Exibe mensagem de campo inválido.
2. Volta para o passo 4 do fluxo principal.

A2: O Fazendeiro deseja visualizar Funcionários do sistema. 1. Inicia no passo 1 do fluxo principal. 2. O sistema exibe os Funcionários do sistema. A3: O Fazendeiro deseja editar um Funcionário do sistema. 1. Inicia no passo 2 do fluxo alternativo A2. 2. O Fazendeiro escolhe o Funcionário e clica no ícone de edição. 3. O Fazendeiro altera os campos do Fazendeiro. 4. O Fazendeiro confirma a edição do Funcionário. 5. O sistema exibe mensagem de edição realizada com sucesso. A4: O Fazendeiro deseja deletar um Funcionário do sistema. 1. Inicia no passo 2 do fluxo alternativo A2. 2. O Fazendeiro escolhe o Funcionário e clica no ícone de deletar. 3. O Fazendeiro deleta o Funcionário. 4. O Fazendeiro confirma a edição do Funcionário. 5. O sistema exibe mensagem de remoção realizada com sucesso.

- (C05) - Manter Parâmetros Ideais

Descrição

O Fazendeiro gerencia parâmetros ideais das estações podendo cadastrá-los, visualizá-los, editá-los e deletá-los.

Atores

1. Fazendeiro

Pré-Condições

1. O Fazendeiro precisa estar autenticado na aplicação.

Condições de entrada:

O Fazendeiro decide inserir um novo parâmetro ou gerenciar parâmetros já existentes e então navega pela sidebar até a seção de Notificação.

Fluxo Principal

1. O Fazendeiro navega pela sidebar até a seção de Notificação. 2. O Fazendeiro clica no ícone de adicionar um novo Parâmetros. 3. O sistema exibe formulário com os campos de mínimo e maximo do parâmetro. 4. O Fazendeiro preenche os campos do parâmetro. 5. O Fazendeiro confirma a inserção do parâmetro. 6. O sistema exibe mensagem de inserção realizada com sucesso.

Fluxos Alternativos

A1: O Fazendeiro preenche algum campo com dado inválido; 1. Exibe mensagem de campo inválido. 2. Volta para o passo 4 do fluxo principal. A2: O Fazendeiro deseja visualizar os parâmetros do sistema. 1. Inicia no passo 1 do fluxo principal. 2. O sistema exibe os parâmetros do sistema. A3: O Fazendeiro deseja editar um parâmetro do sistema. 1. Inicia no passo 2 do fluxo alternativo A2. 2. O Fazendeiro escolhe um parâmetro e clica no ícone de edição. 3. O Fazendeiro altera os campos do parâmetro. 4. O Fazendeiro confirma a edição do parâmetro. 5. O sistema exibe mensagem de edição realizada com sucesso. A4: O Fazendeiro deseja deletar um parâmetro do sistema. 1. Inicia no passo 2 do fluxo alternativo A2. 2. O Fazendeiro escolhe o parâmetro e clica no ícone de deletar. 3. O Fazendeiro deleta o parâmetro. 4. O Fazendeiro confirma a edição do parâmetro. 5. O sistema exibe mensagem de remoção realizada com sucesso.

- **(C06) - Visualizar Relatório**

Descrição

O Usuário visualiza o relatório de sua fazenda através de parâmetros especificados.

Atores

1. Usuário

Pré-Condições

1. O Usuário precisa estar autenticado na aplicação;

Condições de entrada:

O Usuário decide visualizar o relatório e pela sidebar navega até a seção de Relatório.

Fluxo Principal

1. O sistema exibe parâmetros para filtrar no relatório. 2. O Usuário gera o relatório. 3. O sistema exibe o relatório completo

Fluxos Alternativos

A1: O Usuário seleciona campos para filtrar o relatório; 1. Inicia no passo 1 no fluxo principal. 2. O Usuário seleciona campos de interesse para ser preenchido no relatório. 3. O Usuário gera o relatório. 4. O sistema exibe o relatório filtrado.

- (C07) - Recebe Notificação

Descrição

O Usuário recebe notificação pelo telegram caso a estação colete algum valor que escapa os parâmetros ideais.

Atores

1. Usuário

Pré-condições

1. O Usuário precisa possuir um Telegram; 2. O Telegram precisa estar cadastrado no perfil do Usuário;

Condições de entrada:

O sistema recebe algum valor da estação que escapa os parâmetros ideais.

Fluxo Principal

1. O sistema detecta o valor inadequado.
2. O sistema notifica o telegram do Usuário.
3. O Telegram exibe a notificação.

Fluxos Alternativos

Não se aplica.

- (C08) - Cadastrar-se

Descrição

O usuário deve conseguir, por meio de preenchimento de formulário, obter um cadastro no sistema.

Atores

1. Funcionário

Pré-condições

1. O Funcionário precisa que um Fazendeiro já o tenha adicionado na Fazenda.

Condições de entrada:

O Funcionário foi contratado e deve cadastrar-se para acessar o sistema.

Fluxo Principal

1. O Funcionário navega até a opção de realizar cadastro.

2. O sistema exibe formulário com a opção de inserir o CPF para verificar se já foi adicionado na fazenda.
3. O sistema valida com sucesso o CPF do Funcionário.
4. O sistema exibe formulário com os campos das credencias do cadastro do usuário.
5. O Usuário preenche os campos de username e senha.
6. O Funcionário confirma o cadastro.
7. O sistema exibe mensagem de cadastro realizado com sucesso.

Fluxos Alternativos

A1: O Funcionário preenche um CPF com formato inválido. 1. Exibe mensagem de campo inválido. 2. Volta para o passo 2 do fluxo principal. A2: O Funcionário preenche um CPF não cadastrado no sistema 1. Exibe mensagem que o usuário não foi cadastrado no sistema. 2. Volta para o passo 2 do fluxo principal. A3: O Funcionário preenche o campo de username e senha com algum dado inválido; 1. O sistema exibe mensagem de campo inválido. 2. Volta para o passo 5 do fluxo principal.

- **(C09) - Visualizar Dashboard**

Descrição

O usuário deve conseguir visualizar um panorama geral de sua Fazenda.

Atores

1. Fazendeiro
2. Funcionário

Pré-condições

1. O Ator precisa estar autenticado na aplicação.

Condições de entrada:

O Ator deseja visualizar as informações que as estações de sua fazenda está emitindo e a variação dos dados no tempo.

Fluxo Principal

1. O Ator é redirecionado para a página de Dashboard após se autenticar na aplicação.
2. O sistema exibe os dados que a estação coletou.
3. O Ator visualiza a variação dos parâmetros

Fluxos Alternativos

A1: O sistema detecta valores que escapam os parâmetros ideais. 1. Exibe mensa-

gem de alerta na Dashboard. 2. Volta para o passo 2 do fluxo principal. A2: O Ator deseja trocar a estação exibida. 1. O Ator troca a estação pelo select superior da Dashboard. 2. Volta para o passo 2 do fluxo principal. A3: O Ator troca a métrica do Gráfico; 1. O Ator troca a métrica pelo select inferior da Dashboard. 2. Volta para o passo 2 do fluxo principal.

8.3.2 Banco de Dados

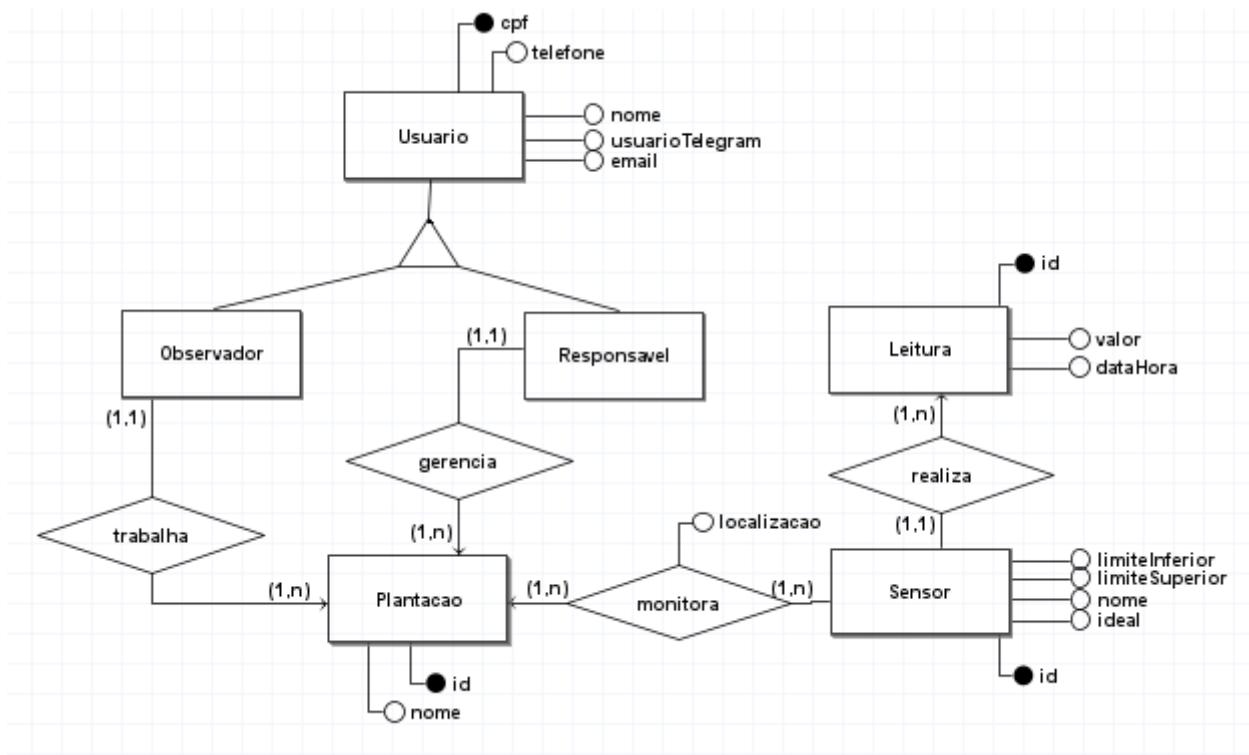


Figura 81 – Diagrama Entidade Relacionamento

O Diagrama Entidade-Relacionamento (figura 81) é um diagrama responsável por representar os modelos das entidades e relacionamentos que serão instanciados no banco de dados. Nele pode-se visualizar os atributos de cada tabela, chaves primárias, heranças, relacionamentos e suas respectivas cardinalidades.

Os retângulos representam as tabelas do banco (entidades). Em conjunto com os seus atributos (os círculos ligados a cada um deles), fornece um modelo de interface com restrições de como os dados deverão ser armazenados. No banco, esses atributos se tornam as colunas da tabela.

Os círculos de cor preta simbolizam a chave primária, um atributo exclusivo e responsável por identificar cada registro daquela tabela como único. Os registros se tornam as linhas das tabelas, no qual os valores de cada coluna da linha corresponde a um atributo anteriormente declarado.

Por último têm-se os relacionamentos. No diagrama eles são representados pelos losangos e a forma que eles serão convertidos para o projeto físico dependerá da sua cardinalidade. Os números dentro dos parênteses que informam a quantidade mínima e máxima das instâncias de cada entidade na relação.

8.3.3 Diagrama de Pacotes

- Frontend

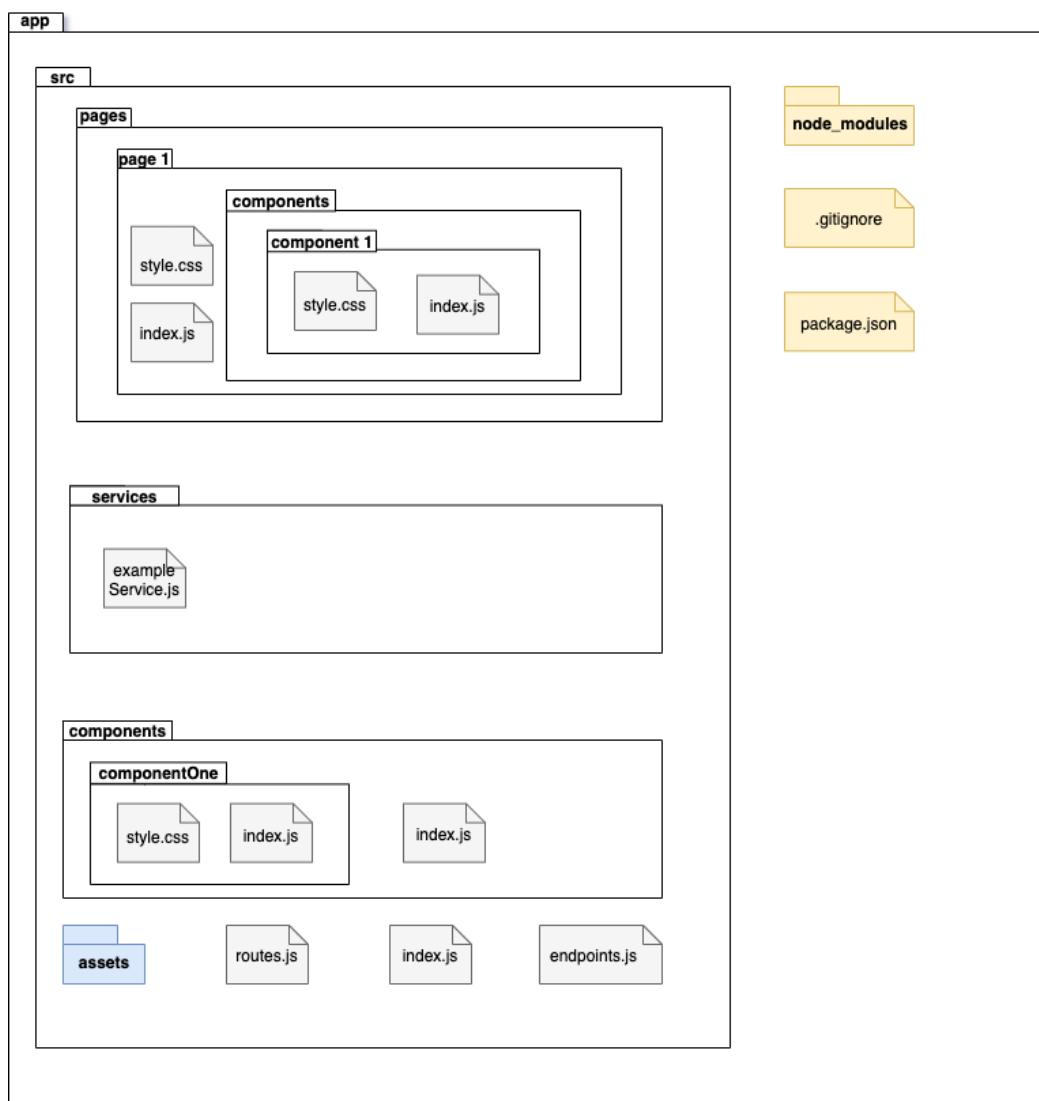


Figura 82 – Diagrama de Pacotes *Frontend*

A arquitetura da camada de apresentação da aplicação Web (Figura 82) é baseada em componentes. Componentes podem representar uma página inteira da aplicação tanto quanto um elemento visual simples e compartilhado, como um botão.

Os componentes que preenchem a tela completamente ou toda a seção principal do aplicativo utilizam a nomenclatura de *page*. Uma *page* pode ou não conter outros

componentes menores. Caso um componente seja utilizado apenas dentro de uma *page* ele ficará alocado dentro de uma pasta chamada *components* interna a ela. Porém, se um componente possua a tendência de ser utilizado por mais de uma página ele deverá ser salvo dentro da pasta *src/components*.

A pasta *services* conterá os arquivos responsáveis pelas funções que consomem serviços da API. Essas funções utilizarão as rotas descritas dentro do arquivo *endpoints.js* para fazer a conexão cliente-servidor.

O arquivo “*routes.js*” possuirá o código responsável pelo gerenciamento de rotas da aplicação.

As imagens, ícones, arquivos de fontes e qualquer outros arquivos estáticos serão mantidos dentro da pasta *assets*, na raiz do projeto.

- **Backend**



Figura 83 – Diagrama de Pacotes *Backend*

Conforme explicado anteriormente, a arquitetura do *backend* utiliza o padrão *MVC*, sendo que a camada de visualização será o projeto desenvolvido em *ReactJS*.

As *models* estarão localizadas no arquivo *models*, que serão representadas por classes dentro do *framework*.

O conteúdo do arquivo *serializers* é responsável por formatar e validar tanto os dados de saída como os dados de entrada por métodos *http*.

As *views* são responsáveis por montar as respostas das requisições. Essas respostas geralmente utilizarão os objetos nos formatos das suas respectivas *models* para enviar dados para o cliente (*frontend*), quando assim for solicitado. O conteúdo deste arquivo representa a cama de *controller* do *MVC*.

Os *endpoints* serão definidos no arquivo *urls* e serão responsáveis por mapear qual *view* deverá ser chamada quando a requisição for feita - isso será identificado através da URL (*Uniform Resource Locator*) utilizada.

A diagramação de pastas pode ser visualizada na figura 83

8.3.3.1 Diagramas NFR

- **Confiabilidade**

O sistema deve ser testado para garantir que as informações passadas para os usuários estejam corretas garantindo 100% das vezes que o dado visto pelo usuário será o mesmo transmitido pelos sensores de análise associados ao usuário.

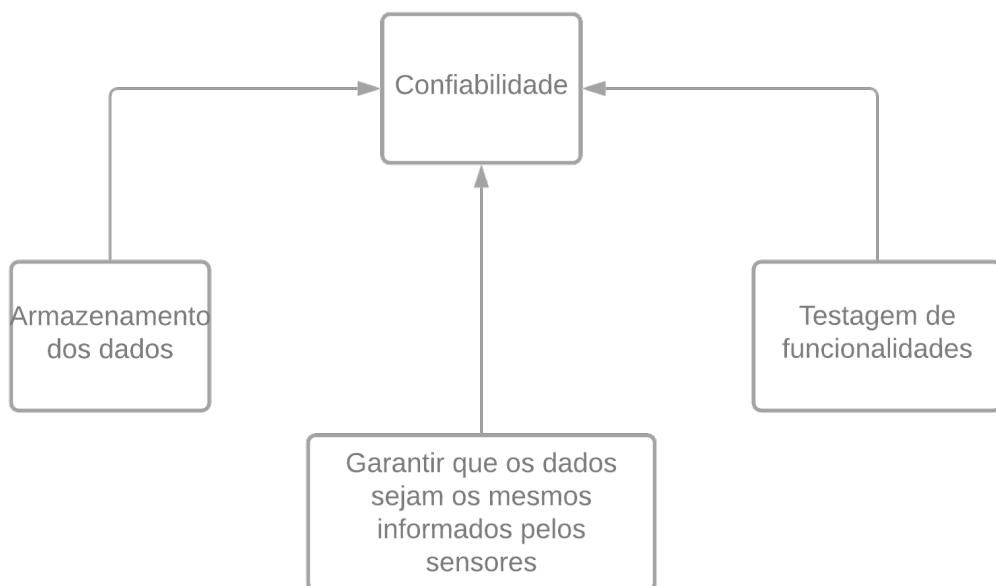


Figura 84 – NFR de confiabilidade

- **Disponibilidade**

O sistema deve estar disponível para acesso dos usuários por 24/7, ou seja, 24 horas os 7 dias da semana, considerando uma margem de 1% do tempo total do mês o sistema estar fora do ar por questões do servidor de hospedagem.

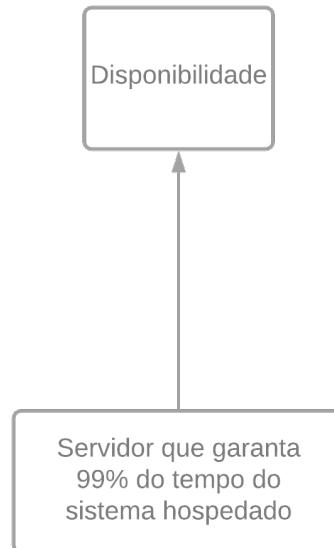


Figura 85 – NFR de disponibilidade

- **Interoperabilidade**

O sistema funcionará se comunicando sem problemas com os sensores de análise do usuário por meio de comunicação via internet, tendo o *dashboard* presente no sistema como sendo a interface do usuário do que está sendo comunicado do equipamentos com o sistema

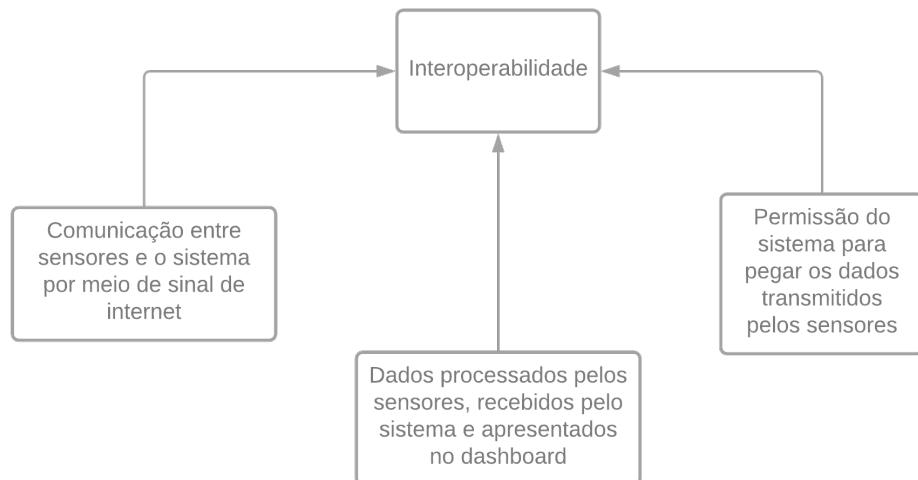


Figura 86 – NFR de interoperabilidade

- **Performance**

O tempo de resposta do sistema para uma transição deve ser feito sem muita demora, tempo menor do que 5 segundos para as transições, e como se dá o acesso aos dados a serem utilizados pelo sistema. O tempo de resposta pode variar mais do que 5 segundos caso a internet do usuário esteja lenta.

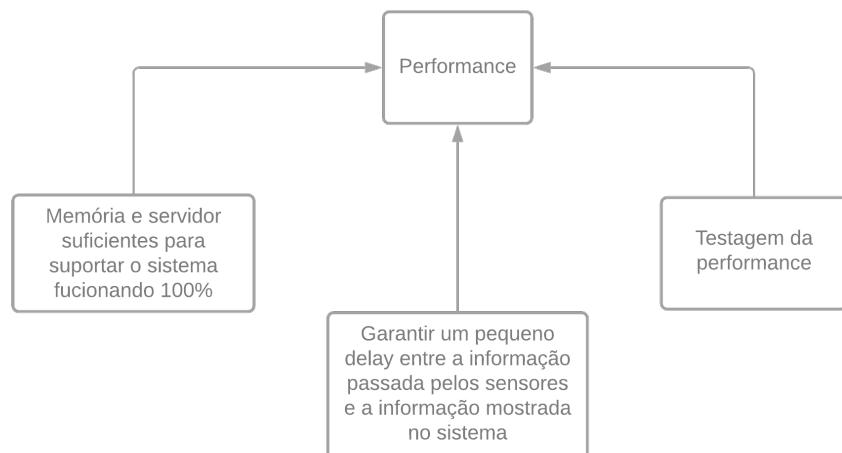


Figura 87 – NFR de performance

- **Privacidade**

O sistema preservará informações dos usuários somente para os próprios usuários. As informações de cunho pessoal não poderão ser acessadas por nenhum outro usuário a não ser pelo usuário *master* do sistema que só poderá ter acesso a esses dados em caso de necessidade extrema.

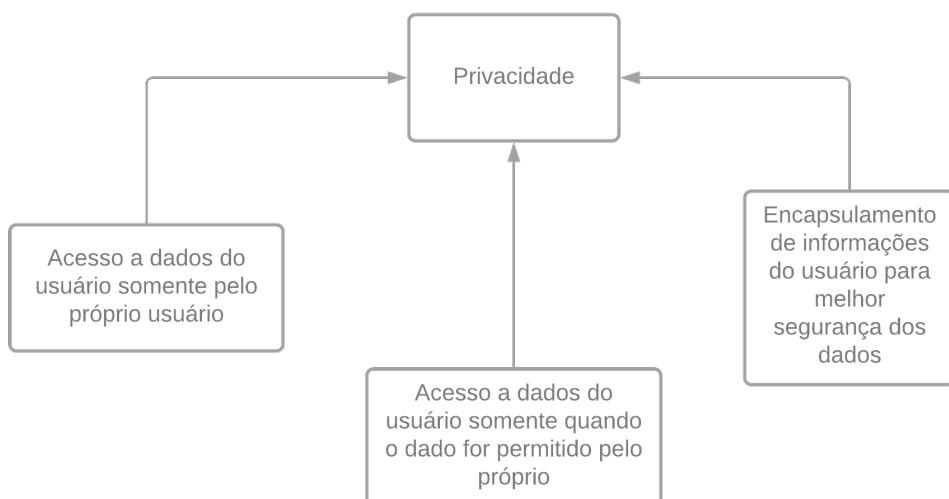


Figura 88 – NFR de privacidade

- **Segurança**

O sistema deve ser seguro o suficiente para que os usuários não adquiram informações equivocadas de seus sensores de análise ou então informações de outros usuários.

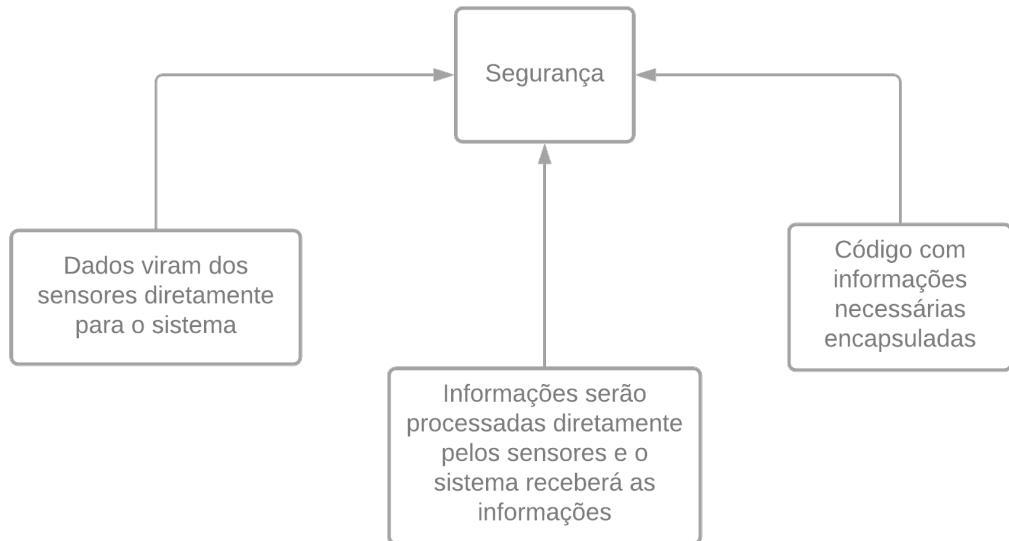


Figura 89 – NFR de segurança

- **Usabilidade**

O sistema deve ser intuitivo e adaptado para que os usuários possam utilizá-lo da melhor forma possível, tendo uma experiência fácil e agradável.

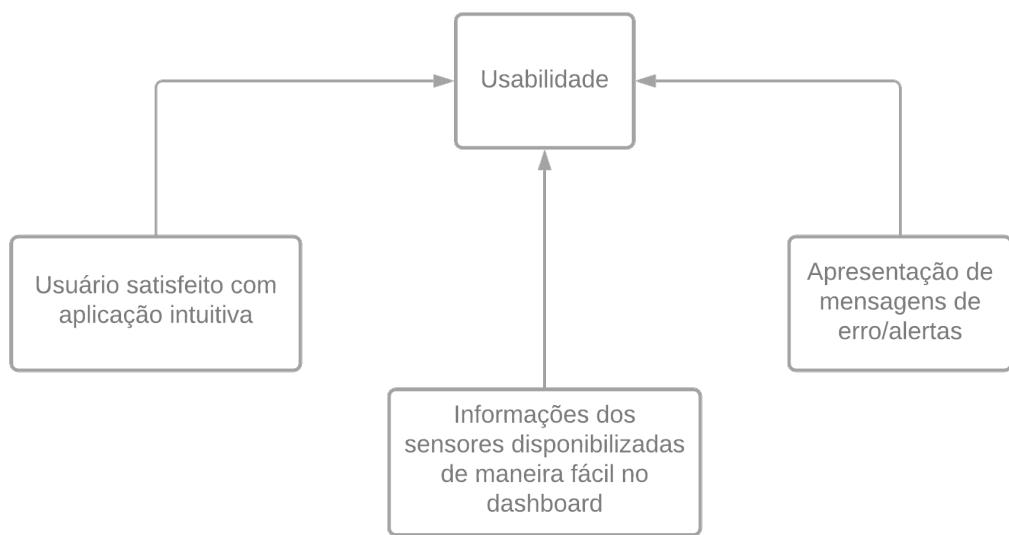


Figura 90 – NFR de usabilidade

9 Integração do Sistema

A integração entre as áreas promovidas pelos subsistemas: eletrônica, estrutura, energia e software estão detalhadas nas seguintes seções presentes nesse capítulo: software com os sensores e componentes eletrônicos com a energia.

As ilustrações a seguir mostram os desenhos finais da estação clima-solo e da estação solo da A2P2. Também é descrito brevemente os componentes que fazem parte da estrutura de cada uma das estações e a função de cada um deles para o funcionamento das estações.

Estação Clima-solo

Esta estação possui ao topo uma placa solar, um anemômetro e um pluviômetro. Ao centro temos uma caixa de distribuição e as alças para realizar a rotação da broca perfuradora de solo. Abaixo do tripé temos a caixa da bateria, os sensores de pH e umidade e um sensor BME280 juntamente com a broca perfuradora de solo. Os desenhos técnicos podem ser encontrados na seção de apêndices.



Figura 91 – Estação Clima-solo

Estação Solo

Nesta estação, ao topo está localizada a placa solar juntamente com a caixa distribuidora. Ao centro têm-se as alças para realizar a rotação da broca perfuradora de solo. Após o tripé tem-se a caixa da bateria e os sensores de pH e umidade junto à broca perfuradora de solo. Diferentemente da estação clima-solo, a estação solo não possui um anemômetro, nem um pluviômetro e nem um sensor BME280, além de possuir uma placa solar menor, uma bateria com menos amperagem hora, bloco de distribuição de energia com menos polos e um controlador de carga com menor tensão elétrica. Do restante o funcionamento dos componentes da estação solo trabalham com o mesmo mecanismo da estação clima-solo.



Figura 92 – Estação Solo

O sistema de obtenção de dados do solo será implementado em conjunto com uma estação meteorológica capaz de fornecer dados climáticos acerca do local, evitando eventuais danos causados pela intensidade do sol e possíveis chuvas e ventos. Com isso, os dados colhidos serão fornecidos para análise do agricultor e melhor julgamento do próprio.

O sistema consiste em uma estação de exposição de dados climáticos e um sistema de verificação da qualidade e características do solo. O equipamento será dotado de sensores de medição de variáveis do solo e do clima. As variáveis do solo que serão obtidas são: o pH e a umidade do solo, e as variáveis climáticas que serão obtidas são: a umidade do ar, pressão atmosférica, temperatura local, velocidade do vento e índice pluviométrico.

O diagrama de integração abaixo (figura 93) mostra como o sistema A2P2 está funcionando com as integrações entre as partes de eletrônica, estrutura, energia e sistema web. Cada bloco apresentado no diagrama representa um subsistema que junto com outros subsistemas interligados compõem cada uma das áreas.

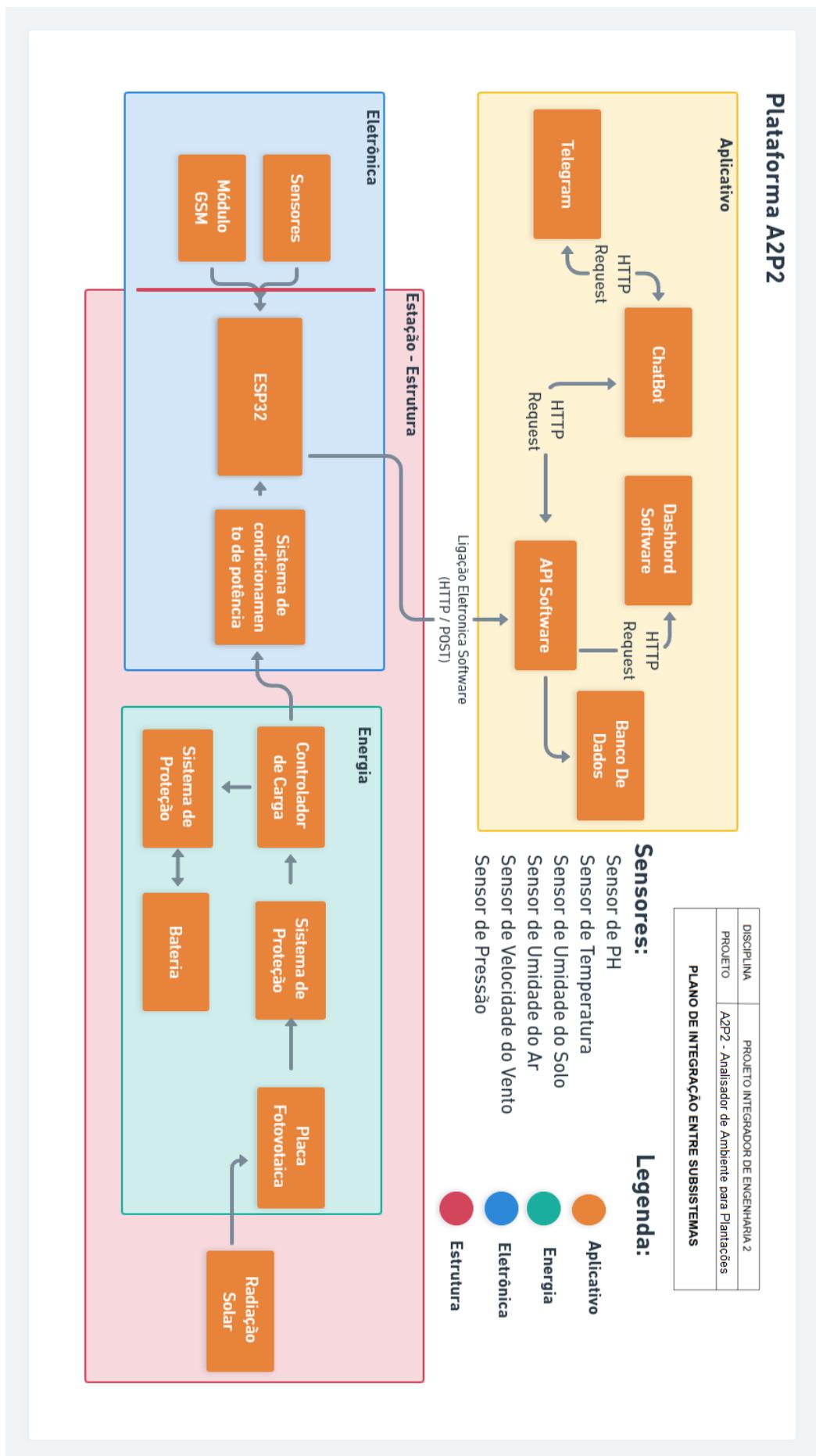


Figura 93 – Representação arquitetural da A2P2

Com relação à aplicação web, a mesma será composta pelo ChatBot, um servidor (API) que acessa o banco de dados e uma aplicação Web que consumirá os dados do servidor e mostrará ao usuário.

O diagrama de blocos abaixo (figuras 94 e 95) indica o funcionamento do sistema. Foi dividido em duas partes para melhor entendimento do mesmo, além de ampliar a imagem para maior exemplificação.

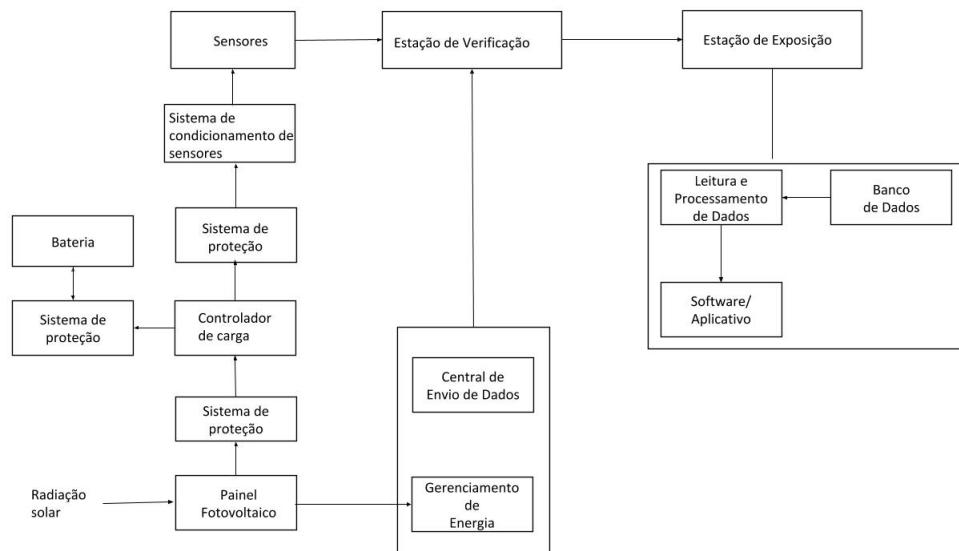


Figura 94 – Representação arquitetural da A2P2 por meio de blocos parte 1.

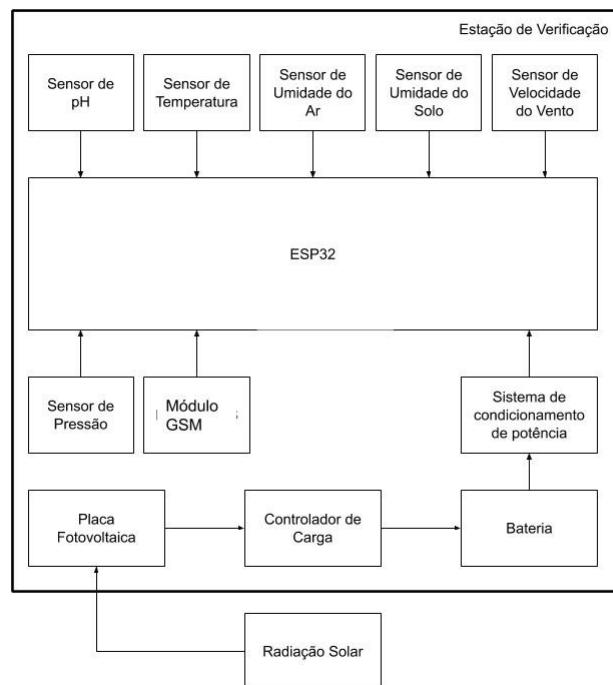


Figura 95 – Representação arquitetural da A2P2 por meio de blocos parte 2.

9.1 Integração Software e Sensores

O módulo GSM é responsável por prover acesso a Internet aos sensores. Dessa forma, eles podem se comunicar com plataformas externas, neste caso, a API da plataforma A2P2. Abaixo (Figura 96), um exemplo de arquitetura implementada para a parte de Software de modo simplificado para manuseio do usuário, onde o módulo GSM envia os dados para a API por meio de internet e a aplicação consome os dados presentes na API por meio de internet para mostrá-los para os usuários.

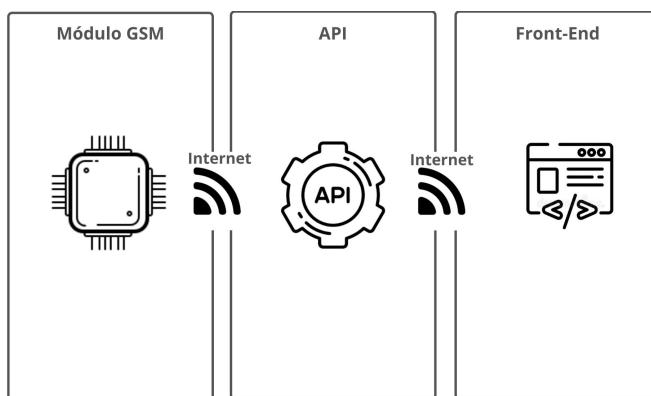


Figura 96 – Integração do Módulo GSM com a API e Camada Visual do Software

Os sensores que estarão conectados na rede através dos módulos GSM's que gerarão informações a serem transmitidas para a rede. Cada estação possui uma série de sensores, os quais proverão dados para o microcontrolador. O microcontrolador centralizará todos esses dados e fará uso do módulo GSM para acessar a internet e enviar como uma requisição única os dados coletados.

A API é a responsável por receber, armazenar e gerenciar os dados recebidos dos módulos, e tratar e processar os dados recebidos, assim como prover acesso aos dados para o cliente. A comunicação é feita via requisições do tipo REST, ou seja, a placa fará uma requisição do tipo POST para a API, a qual vai armazenar no banco de dados e disponibilizará para as interfaces web e chatbot.

Além disso, assim que a API recebe os dados enviados pelo microcontrolador, ela verifica se os mesmos estão dentro dos parâmetros ideias definidos pelo responsável da fazenda. Caso os valores coletados estejam fora do ideal, a API envia uma notificação para o Telegram de todos cadastros naquela fazenda, conforme mostrado na figura 97. Por exemplo, no caso do valor pH estar fora da faixa esperada, o usuário é alertado a fim de tomar medidas, como a calagem, a fim de corrigir o valor deste parâmetro.

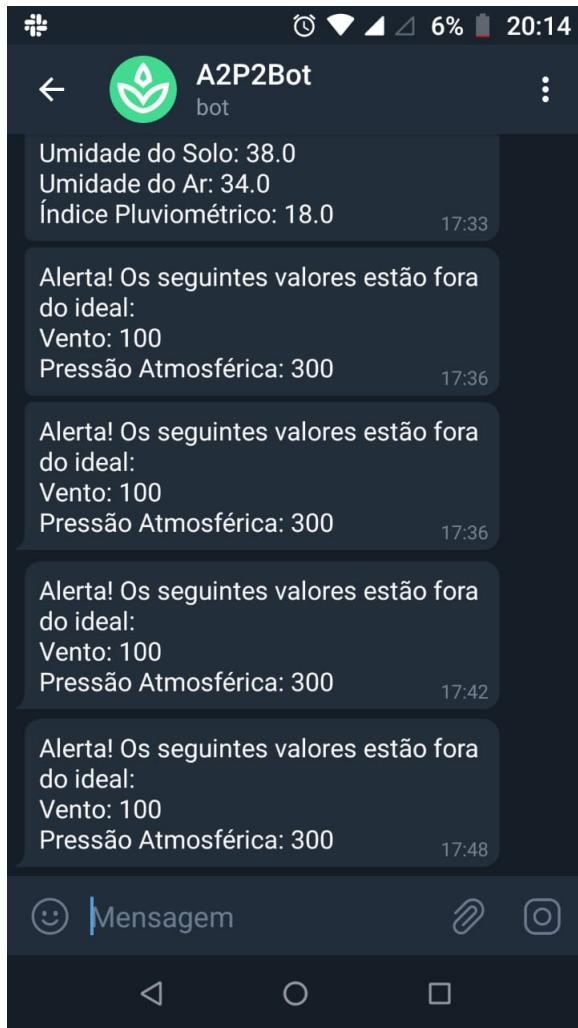


Figura 97 – Simulação de alerta a partir de dados enviados pelo microcontrolador

O sistema de recebimento de dados foi desenvolvido de tal maneira a receber simultâneos conjuntos de dados de diferentes estações, possibilitando a um cliente ter diversas estações na sua zona de plantio. Para que a requisição identifique qual estação enviou as informações, é necessário que os administradores cadastrem as estações na API e gerem um identificador único para cada uma. Então, esse valor deve ser cadastrado no microcontrolador em cada estação. Dessa forma, a API saberá de qual plantação e qual estação o dado é proveniente e se responsabilizará por disponibilizar essas informações para os usuários de forma correta, identificando a qual usuário cada estação pertence.

9.2 Módulos e alimentação

Com o intuito de minimizar o consumo de energia elétrica foi empregado o modo de economia de energia nos códigos dos microcontroladores. Essa funcionalidade consiste em acionar o desligamento do sensor, das medições e do envio de dados do microcontrolador.

Dessa maneira, ao invés do sistema de alimentação operar durante o período de 24 horas, ele passa a ser acionado a cada 15 minutos para a realização das medições. Segundo (PATHANIA, 2019) não há necessidade de coletar dados do solo e do clima ao longo do dia, a cada 15 minutos é suficiente para a correta caracterização do solo e das condições climáticas.

Portanto, se considerarmos que tanto a Estação Solo e a Estação Clima-Solo operaram por 24 horas, ao multiplicarmos a potência pelo tempo de uso diário tem-se como resultado o consumo diário de 258,6 Wh para a Estação Solo e 372,02 Wh para a Estação Clima-Solo, como mostra nas tabelas (21 e 22).

Tabela 21 – Consumo diário da estação solo do A2P2 para o período de operação de 24 horas

Estação Solo	
Componentes	Consumo diário(Wh)
Sensor umidade do solo	4,2
Sensor Ph	1,2
ESP 32	43,2
240 Módulo GSM	210,0
Total	258,6

Tabela 22 – Consumo diário da estação clima-solo do A2P2 para o período de operação de 24 horas

Estação Clima-Solo	
Componentes	Consumo diário(Wh)
BME 280	$21,4 \times 10^{-3}$
Anemômetro	28,8
Sensor pluviométrico	60,0
ESP 32	43,2
Módulo GSM	240,0
Total	372,02

Em comparação com os resultados obtidos para o consumo diário total com medições a cada 15 minutos da tabela 9 e da tabela 10, para o período de 24h houve um aumento do consumo de 253,9 Wh na estação solo e 238,29 Wh na estação clima-solo. Desse modo, o uso do modo sleep proporciona uma melhor eficiência energética, principalmente na estação solo, onde há uma redução de 54% do consumo. A estação clima-solo apresenta uma redução menor, de 1,8% uma vez que o anemômetro e o sensor pluviométrico foram dimensionados considerando o pior dos cenários: ventos frequentes e chuvas prolongadas durante o dia.

10 Plano de manutenção periódica

O plano de manutenção periódica dos equipamentos foi feito com base nos grupos funcionais, entretanto, os períodos se assemelham e as etapas de verificação, limpeza e reparo podem ser realizadas simultaneamente dentro dos prazos estipulados. Informações mais detalhadas sobre os intervalos de serviço e procedimento podem ser encontrados no [Apêndice R](#).

10.1 Manutenções estruturais

Com relação às manutenções estruturais, estas ocorrerão a depender da periodicidade dos demais componentes. Por se tratar de estruturas estáticas, deve ser verificada e mantida a estanqueidade da estrutura e a proteção contra corrosão.

Para isso, limpezas periódicas são recomendadas, assim como a substituição de alguns componentes vedantes e aplicação de óleos lubrificantes e anticorrosivos nos parafusos e porcas. O anel de vedação deve ser verificado sempre que for feita a limpeza da Esp32, e se necessário, trocado, com duração máxima de 2 anos.

As tampas de vedação de poliuretano possuem alta longevidade mas ainda assim devem ser verificadas. A verificação também ocorre junto com os componentes eletrônicos, entretanto, não possuem prazo de validade. Trocar se apresentarem visual ressecado, desgastado ou caso seja verificada algum indício de comprometimento nas vedações.

Sempre que inteiramente desmontado, deve ser feita a lavagem completa da estrutura e aplicação de óleo lubrificante e anticorrosivo nas roscas de porcas parafusos e também nas superfícies de contato dos encaixes superior e inferior. Recomenda-se que essa aplicação também seja feita junto às verificações dos sensores.

10.2 Manutenções de embarcados

A manutenção do sistema eletrônico é focada principalmente nos sensores. A vida útil de um sensor pode variar dependendo das diversas intempéries climáticas de onde estão instalados e também da quantidade de manutenções realizadas por semanas, meses ou anos.

O sensor de pressão, umidade e temperatura ambiente e o transmissor de dados (módulo gsm) precisa de manutenção a cada seis meses. Como esses dois dispositivos permanecem dentro da caixa distribuidora, esse tempo é adequado, pois, o sistema é melhor

preservado pelo fato de estar na parte de dentro. É preciso verificar o funcionamento do sensor BME280, o melhor método é realizar medições de resistência em seus terminais por meio de um ohmímetro e comparar os dados obtidos com os dados técnicos do datasheet. Para o módulo gsm, é adequado verificar se os dados transmitidos estão sendo transmitidos e recebidos pelo website.

O medidor de velocidade do vento (anemômetro) e o medidor de volume da chuva (pluviômetro) precisa de manutenções periódicas a cada seis meses, entretanto, o ideal é a cada três meses. Isso porque os dois dispositivos ficam expostos ao ambiente livre durante muito tempo. Com isso, pelo longo período de exposição, os dispositivos, apesar de serem fabricados para suportarem várias intempéries, podem sofrer danos causados por esses fenômenos da natureza. Para o medidor de velocidade do vento é importante verificar sempre se não há acúmulo de poeira ou de qualquer tipo de sujeira na hélice caso contrário ela será danificada. Para limpeza, use um pano levemente umedecido e sabão neutro, não molhe nem utilize qualquer tipo de solvente.

Para que o medidor de volume da chuva funcione bem é muito importante principalmente que o funil esteja limpo, pois folhas, insetos e poeira podem entupi-lo e atrapalhar as medições. Para fazer isso, é preciso desparafusar o funil da base e remover o filtro de dentro do funil e lavar a tela mais grossa com a escova e água limpa. Depois, Lavar a tela mais fina por dentro e por fora com escova e água limpa. Feito todos esses procedimentos, é preciso reinstalar o funil do pluviômetro sobre sua base e apertar os parafusos.

O sensor de umidade e de ph do solo precisam de garantia na constância na de funcionamento por estarem expostos constantemente no solo e serem dispositivos mais sensíveis. A periodicidade de manutenção é de seis meses. É feito a limpeza nas garras que são afundadas no solo e se estiverem rigorosamente desgastadas, é preciso efetuar a troca. Pode ser usado um pano úmido para retirar o excesso de terra e após a retirada do excesso é importante passar um pano seco para retirar a fina camada restante de terra úmida.

É preciso verificar sempre a limpeza da Esp32. A periodicidade de manutenção é também de seis meses. É preciso utilizar um pano seco ou um pincel para limpar toda camada de poeira que estiver em cima.

É de extrema importância verificar todos os cabos dos sensores e módulo gsm, se estão conectados de forma adequada, a fim de evitar rompimentos e até mesmo soltura dos cabos. É importante checar a solda da PCB, para saber se não houve algum curto circuito de sobretensão ou ferrugem devido a mudanças climáticas.

Também é uma boa prática realizar a checagem na caixa distribuidora com mais constância, principalmente em períodos chuvosos, pois, podem ocorrer infiltrações ao longo

do tempo, e a pcb é uma placa sensível a qualquer intempérie, portanto, é preciso ter um grande cuidado para não sofrer nenhum tipo de dano físico.

Por fim, se após a manutenção, em cada um dos dispositivos, o funcionamento de algum deles estiverem fora da faixa de funcionamento, é considerado boa prática efetuar a troca para evitar o funcionamento inadequado e com isso consequências que levem a não produtividade das plantações.

10.3 Manutenções do sistema de alimentação

Com a finalidade de garantir o bom funcionamento, a vida útil dos componentes e evitar falhas no funcionamento do painel solar, deve-se realizar a manutenção preventiva no sistema de alimentação nas estações do A2P2.

Antes de realizar alguma modificação na instalação ou trocas de algum componente do sistema de alimentação, desenergizar o mesmo para evitar o risco de choques elétricos, curtos-circuitos accidentais e ocorrência de arcos elétricos.

A desenergização do sistema de alimentação implica na desconexão do painel solar ao cobrir a superfície do painel com uma cobertura opaca, e do banco de baterias ao abrir a chave seccionadora geral.

Recomenda-se o uso de ferramentas isoladas com revestimento não condutivo de plástico resistente.

Nunca colocar ferramentas ou outros objetos metálicos sobre as baterias para evitar curto-circuito.

A seguir, tem-se uma relação de possíveis problemas relacionados com o período de manutenção e suas respectivas medidas corretivas, caso ocorram.

Referências

ABNT. Nbr 6123 - forças devidas ao vento em edificações. 1988. Citado 2 vezes nas páginas 89 e 90.

AGROBLOG. Estação meteorológica: como funciona e sua importância na agricultura. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3cjPWfS>>. Citado na página 18.

ALIGUER. Sensores na agricultura de precisão: como eles estão criando um campo mais conectado? 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3ci4ooN>>. Citado na página 17.

ALVARENGA, C. A. Como dimensionar um gerador fotovoltaico com baterias. 2020. Disponível em: <<https://bityli.com/q4Bx2>>. Citado 2 vezes nas páginas 52 e 56.

AMERICANAS. *Imagen dos sensores*. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/2FEo7mK>>. Acesso em: 18 out. 2020. Citado 3 vezes nas páginas 4, 31 e 34.

ANDRADE, G. et al. Evatalk: A chatbot system for the brazilian government virtual school. In: . [S.l.: s.n.], 2020. p. 556–562. Citado na página 117.

BACK, K. e. a. *Manifesto para Desenvolvimento Ágil de Software*. 2001. Disponível em: <<https://bityli.com/M7ZN6>>. Acesso em: 13 nov. 2020. Citado na página 154.

BANU, S. Precision agriculture: Tomorrow's technology for today's farmer. 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/3hMpE7h>>. Citado na página 16.

BROOK, A. A smart multiple spatial and temporal resolution system to support precision agriculture from satellite images: Proof of concept on aglianico vineyard. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/2EoBW0U>>. Citado na página 16.

CANALSOLAR. *Entendendo as curvas IV e PV dos módulos fotovoltaicos*. 2020. Acesso em: 12 nov. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 74.

CHITOLINA, J. C. e. a. *Amostragem de solo para análises de fertilidade de manejo e de contaminação*. [s.n.], 2009. Disponível em: <<https://bityli.com/OGgaq>>. Citado 2 vezes nas páginas 80 e 81.

CLIMATOLOGISTS, A. A. of S. *The State Climatologist: Heights and exposure standards for sensors on automated weather stations*. [s.n.], 1985. Disponível em: <<https://bityli.com/FdfK8>>. Citado 2 vezes nas páginas 81 e 82.

CRESESB. *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. [s.n.], 2014. Disponível em: <<https://bityli.com/6lhnM>>. Citado 7 vezes nas páginas 5, 52, 55, 56, 60, 67 e 73.

CRESESB. Potencial solar - sundata v 3.0. 2020. Disponível em: <<https://diz.ae/7322J>>. Citado na página 55.

CURTOCIRCUITO. *Imagen do conversor cc-cc step-down*. 2020. Disponível em: <<https://bityli.com/hykuv>>. Acesso em: 15 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 59.

- DEWESOFT. *Correção do erro ADC SAR*. 2020. Disponível em: <<https://dewesoft.com.br/aquisicao-de-dados/o-que-e-conversor-adc#sar-adc>>. Acesso em: 05 nov. 2020. Citado na página 37.
- DIAS, P. R. V. *Preços de Serviços de Engenharia e Arquitetura Consultiva*. [s.n.], 2018. Disponível em: <<https://bitlyli.com/nkxfx>>. Citado na página 21.
- DJANGO. Framework para desenvolvimento web utilizando python. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/2IeDEDt>>. Citado na página 116.
- ELETRICA, O. *Imagen do porta fusível*. 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/NtqQy>>. Acesso em: 12 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 61.
- ELETRODEX. *Imagen da chave geral*. 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/iHIL0>>. Acesso em: 12 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 60.
- ELETROGATE. *Imagen do conversor cc-cc step-UP*. 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/Ol1gA>>. Acesso em: 15 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 59.
- ELETROGATE. *Imagen dos sensores*. 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/JvVbs>>. Acesso em: 15 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 30.
- ELIAS, A. A. de A. et al. Ardweather: Uma estação meteorológica baseada em web services restful. In: *Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress*. [S.l.: s.n.], 2014. v. 14, p. 44–48. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 32.
- EMBRAPA. Alimentos para o mundo. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3kzjI3f>>. Citado na página 15.
- EPAGRI. *Estações hidrometeorológicas automáticas: recomendações técnicas para instalação*. [s.n.], 2012. Disponível em: <<https://bitlyli.com/7nqYA>>. Citado 2 vezes nas páginas 81 e 82.
- ESPRESSIF. *Manual do microntrolador ESP32*. 2020. Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf>. Acesso em: 25 out. 2020. Citado na página 36.
- FILIPEFLOP. *Imagen dos sensores*. 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/stlmd>>. Acesso em: 15 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 34.
- FILIZOLA, H. F. e. a. *Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos*. [s.n.], 2006. Disponível em: <<https://bitlyli.com/zoRTV>>. Citado na página 81.
- FLOWSENSE. Gps e sua origem: Saiba mais sobre essa tecnologia. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/32MJqLw>>. Citado na página 16.
- FOGAÇA, J. Ph do solo. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/2FLEvC1>>. Citado na página 17.
- GEOAGRI. Novas tecnologias para monitorar a umidade do solo. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3kCO5Wq>>. Citado na página 17.

- GOMES, M. R. Agricultura familiar no brasil: perspectivas conceituais e estatísticas. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3my5vFL>>. Citado na página 15.
- HIDROSENSE. Qual a importância de controlar o ph da solução do solo. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/3ktlkvo>>. Citado na página 17.
- IBGE. Ibge prevê novo recorde na safra em 2020. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3iRJBe8>>. Citado na página 15.
- KOCHHANN, R. Compactação e descompactação de solos. 2000. Acesso em: 05 out. 2020. Citado na página 84.
- MERCADOLIVRE. Cabo solar de 4mm² + 1Mc4 para instalar em painel-1 metro. 2020. Disponível em: <<https://bityli.com/jugZS>>. Acesso em: 12 nov. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 78.
- MERCADOLIVRE. Imagem do controlador de carga da estação do solo. 2020. Disponível em: <<https://bityli.com/kl3nr>>. Acesso em: 15 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 58.
- METOSBRASIL. Entenda a importância da agricultura inteligente e saiba mais sobre o monitoramento de riscos de doenças. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3iOzyXp>>. Citado na página 18.
- MIRANDA, A. C. C. Agricultura de precisão: Um mapeamento da base da cielo. 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/3mAoHTc>>. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 16.
- MORAIS, J. Métodos de correção da esp32 pela equipe embarcados. 2020. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/esp32-adc-interno/>>. Acesso em: 25 out. 2020. Citado 5 vezes nas páginas 4, 37, 38, 39 e 40.
- NICOLODI, M. e. a. Indicadores da acidez do solo para recomendação de calagem no sistema plantio direto. [s.n.], 2010. Disponível em: <<https://bityli.com/G6Or4>>. Citado na página 81.
- OLIVEIRA-JR, A. et al. IoT sensing platform for e-agriculture in africa. In: IEEE. 2020 IST-Africa Conference (IST-Africa). [S.l.], 2020. p. 1–8. Citado na página 33.
- ONU. Fome aumenta no mundo e atinge 820 milhões de pessoas, diz relatório da onu. 2019. Disponível em: <<https://bit.ly/2RG5O34>>. Citado na página 15.
- ORGANIZATION, W. M. Guide to meteorological instruments and methods of observation. [s.n.], 2008. Disponível em: <<https://bityli.com/lz0y3>>. Citado 2 vezes nas páginas 81 e 82.
- PATHANIA, A. Reducing power consumption of weather stations for landslide monitoring. 2019. Disponível em: <<https://bityli.com/pahpI>>. Citado 2 vezes nas páginas 53 e 141.
- PORTALSOLAR. Energia Solar-12V ou 24V? 2020. Disponível em: <<https://bityli.com/xQlKC>>. Acesso em: 8 set. 2020. Citado na página 56.
- PRESTES, D. P. et al. Plataforma para injeção de ruído eletromagnético conduzido em circuitos integrados. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2010. Citado na página 51.

- RADZIWILL, N. M.; BENTON, M. C. Evaluating quality of chatbots and intelligent conversational agents. *CoRR*, abs/1704.04579, 2017. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1704.04579>>. Citado na página 117.
- REACT. Uma biblioteca javascript para criar interfaces de usuário. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3nCb32i>>. Citado na página 116.
- REDUX. Biblioteca para gerenciamento de estado no react. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/2GTZcvS>>. Citado na página 116.
- REISBATERIAS. *Imagen da bateria da estação meteorológica*. 2020. Disponível em: <<https://bityli.com/C1HQW>>. Acesso em: 1 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 57.
- ROSOLEM, C. A. e. a. *Amostragem de terra para fins de fertilidade em função da ferramenta de amostragem*. [s.n.], 2010. Disponível em: <<https://bityli.com/orYYu>>. Citado na página 81.
- RUARO, L.; NETO, V. d. C. L.; MOTTA, A. C. V. Efeito do ph do solo em diferentes níveis de concentração de inóculo no controle de plasmodiophora brassicae. *Summa Phytopathologica*, SciELO Brasil, v. 36, n. 1, p. 16–20, 2010. Citado na página 30.
- SANTOS, J. A. Compactação, elementos teóricos. 2008. Disponível em: <<https://bityli.com/Ba8h0>>. Acesso em: 05 out. 2020. Citado na página 83.
- SCHMIDT, L. da R.; FREITAS, F. A. L. M.; MALDANER, S. Meteorological monitoring systems. *Ciência e Natura*, v. 42, p. 36, 2020. Citado na página 31.
- SCHWABER, K. e. a. *Guia do Scrum*. 2013. Disponível em: <<https://bityli.com/0UdX3>>. Acesso em: 13 nov. 2020. Citado na página 155.
- SIBRATEC. *Bloco de Distribuição Modular 7 Ligações-125A-Fixação Trilho DIN (S112-01)*. 2020. Disponível em: <<https://bityli.com/ls1HQ>>. Acesso em: 11 nov. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 62.
- SICHONANY, O. R. d. A. O. et al. Telemetria na transmissão de dados de desempenho de máquinas agrícolas utilizando tecnologias gsm/gprs e zigbee. *Ciência Rural*, SciELO Brasil, v. 42, n. 8, p. 1430–1433, 2012. Citado na página 34.
- SOUZACUSTONS. *Terminal comprexão para fio 1,5mm² furo 5mm*. 2020. Disponível em: <<https://bityli.com/rWhbB>>. Acesso em: 11 nov. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 65.
- STARTAGRO. Agricultura de precisão: O que é, para que serve e quais os seus benefícios. 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2ZWM8fE>>. Citado na página 17.
- SUNHOME. *Imagen do controlador de carga da estação meteorológica*. 2020. Disponível em: <<https://bityli.com/CwvMz>>. Acesso em: 15 out. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 58.
- SYSTEM, E. O. O controle de umidade do solo é um componente essencial da agricultura. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/35PP7KR>>. Citado na página 17.

TREASY. Matriz swot ou matriz fofa: utilizando a análise swot para conhecer as cartas do jogo e aumentar as chances de vitória de sua empresa! 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/3hMpE7h>>. Citado na página 21.

TUCCI, C. E. M. O. *Hidrologia: ciência e aplicação*. [s.n.], 2004. Disponível em: <<https://bitlyli.com/lkJaj>>. Citado 3 vezes nas páginas 5, 82 e 83.

UNIFORM BUILDING CODE. *UBC*: International conference of building officials. Califórnia, 1997. Citado na página 90.

UNIPOWER. *Imagen da bateria da estação do solo*. 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/ienD9>>. Acesso em: 8 set. 2020. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 57.

UOL. Governo da frança dis que se opoe a acordo entre ue e mercosul. 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/2RHHM7B>>. Citado na página 15.

USINAINFO. *Imagen dos sensores*. 2020. Disponível em: <<https://bitlyli.com/pKJ8k>>. Acesso em: 15 out. 2020. Citado 4 vezes nas páginas 4, 28, 32 e 33.

VASCONCELLOS, C. A. *Análise de solo: entendimento e interpretação*. [s.n.], 1986. Disponível em: <<https://bitlyli.com/u40Wg>>. Citado na página 81.

Apêndices

APÊNDICE A – Termo de Abertura



Figura 98 – Logotipo

Para descrever o projeto, foi utilizada a ferramenta 5W2H que sintetiza as questões últimas do projeto. Acrônimo que auxilia na descrição das principais perguntas para compreender o problema.

- **What?** (O que) Ferramenta para análise de parâmetros do clima e do solo.
- **Why?** (Por que) Para dar mais informações aos agricultores e auxiliá-los em tomadas de decisões.
- **Where?** (Onde) Na região onde é realizado plantio.
- **When?** (Quando) No decorrer de agosto até dezembro de 2020.
- **Who?** (Quem) Grupo composto por alunos da disciplina Projeto Integrador 2, da Faculdade do Gama - Universidade de Brasília.
- **How?** (Como) Através de tecnologias de 5 engenharias dispostas no grupo. Utilizando estações dotadas de sensores de medição de variáveis do solo, como o pH e a umidade e estações meteorológicas no qual cada estação utiliza-se de um sistema fotovoltaico de alimentação. Utilizando uma central de exposição de dados através de um computador/celular, no qual o agricultor analisará parâmetros do clima e do solo através de um Dashboard.
- **How much?** (Quanto) O Custo estimado ficou em R\$ 9.318,55 (Tabela 3: Levantamento de custos).

APÊNDICE B – Recursos Humanos

O planejamento de recursos humanos do projeto inclui os processos de organização dos membros da equipe e das ferramentas para o desenvolvimento das atividades propostas.

B.1 Origem dos recursos

O grupo é composto por 15 alunos distribuídos entre os cursos de Engenharia Aeroespacial, Engenharia Automotiva, Engenharia Eletrônica, Engenharia de Energia e Engenharia de Software, separados em grupos técnicos de estrutura, eletrônica, energia e software, respectivamente. A cada integrante, foi estabelecida uma função para realizar as atividades propostas.

B.2 Equipe e Responsabilidades

Tabela 23 – Integrantes do grupo e respectivas atribuições

Nome completo	Matrícula	Engenharia	Atribuição
Caio César Curvelo Camilo	14/0133232	Automotiva	Diretor Técnico
Cauê Mateus Oliveira	14/0056068	Software	Desenvolvedor
Daniel de Paiva Rath	16/0088062	Eletrônica	Diretor Geral
Eduardo Aben-Athar de Freitas	14/0136924	Aeroespacial	Diretor de Qualidade
Francisca Raiane Gomes Pessoa	15/0125739	Energia	Desenvolvedora
Gabriela Medeiros da Silva	16/0121817	Software	Desenvolvedora
Geovana Ramos Sousa Silva	16/0122180	Software	Desenvolvedora
Igor de Alcantara Rabelo	14/0143751	Eletrônica	Diretor Técnico
Juliana Torri dos Santos	15/0039140	Aeroespacial	Desenvolvedora
Lidianne Laís Silva Santos	16/0132118	Aeroespacial	Desenvolvedora
Luyza Lorenna Lacerda Lopes	16/0135133	Energia	Desenvolvedora
Matheus Avelino Freire	14/0155058	Automotiva	Desenvolvedor
Thiago Ribeiro Pereira	14/0164006	Software	Diretor Técnico
Vinícius Rodrigues Oliveira	14/0165291	Software	Desenvolvedor
Wilton Miro Barros Junior	14/0171215	Eletrônica	Desenvolvedor

B.3 Professores

- Alex Reis (Eng. de Energia)
- Ricardo Matos Chaim (Eng. de Software)
- Rhander Viana (Eng. Automotiva)
- Jose Felicio da Silva (Eng. Eletrônica)
- Paolo Gessini (Eng. Aeroespacial)

B.4 Comunicação

Se faz fundamental para a execução e coordenação das atividades necessárias para alcançar os objetivos do projeto. O processos de comunicação são utilizados para assegurar o planejamento, coleta, distribuição e controle das informações do projeto (PMBOK).

B.4.1 Ferramentas

Foi feita uma seleção de ferramentas-chave para manter o bom andamento do projeto. Tais ferramentas objetivam suprir as necessidades de integração dos membros do grupo com relação à comunicação entre si, organização de ideias e objetivos e armazenamento de arquivos e documentação.

Tabela 24 – Ferramentas de comunicação

Ferramenta de Comunicação	Propósito
Telegram	Comunicação entre todos os integrantes da equipe.
Whatsapp	Comunicação entre todos os integrantes da equipe.
Zoom	Comunicação entre todos os integrantes da equipe por meio de vídeo chamada.
Google Drive	Armazenamento e edição de documentos de interesse geral da equipe.
Trello	Organização das atividades desenvolvidas utilizando a metodologia Kanban.
GitHub	Armazenamento de código-fonte.

B.4.2 Atas de Reunião

Durante a execução do projeto, os conteúdos tratados nas reuniões foram documentados em Atas de Reunião, disponíveis na seguinte [página](#) do GitHub.

APÊNDICE C – Metodologia do Projeto

Neste capítulo está descrito a metodologia utilizada no projeto, bem como seus conceitos e características.

C.1 Metodologias Ágeis

Para o desenvolvimento do projeto, a equipe irá utilizar da metodologia Ágil, que possui como um dos grandes focos a qualidade do produto entregue, satisfação do cliente/usuário e transparência no decorrer do projeto ([BACK, 2001](#)).

C.1.1 Kanban

O Kanban será uma das metodologias aplicadas durante o processo de desenvolvimento. O mesmo possui quatro fundamentos, que são eles:

- Comece com o que você faz agora;
- Concordar em buscar mudanças evolucionárias;
- Inicialmente, respeite os papéis, responsabilidades e cargos atuais;
- Incentivar atos de liderança em todos os níveis.

Por ser adaptável, o Kanban vem ganhando força no meio da criação de softwares, além de ser transparente e eficaz ([99](#)).



Figura 99 – Metodologia Kanban. Fonte: Kan+ban

A figura [99](#) mostra um simples exemplo de quadro do Kanban, onde os usuários modificam os *post-its* entre suas posições seguindo a ordem de “fazer”, “fazendo” e “feito”.

O grupo irá utilizar a ferramenta Trello para seguir o Kanban, inicialmente com quatro campos “Fazer”, “Fazendo”, “Feito” e “Testado” à medida que o projeto avança.

C.1.2 Adaptação SCRUM e SAFe

O scrum é um framework estrutural para gestão de projetos (SCHWABER, 2013). Por ser baseado no empirismo, a metodologia utilizada será trazida de experiências de todo o grupo. Possuindo elementos e processos bem definidos, um exemplo do processo que será utilizado está mostrado na Figura 100

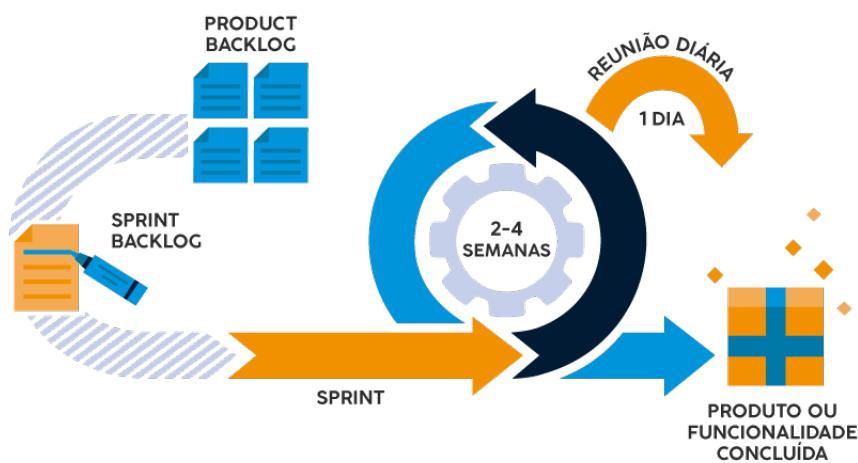


Figura 100 – Metodologia SCRUM. Fonte: SCRUM

Explicando os termos da imagem acima:

Product backlog - Lista organizada que contém tudo que o produto deverá ter. Sua ordenação e coerência é mantida pelo *Product Owner*. O backlog do produto é dinâmico e deve evoluir de acordo com a evolução do produto em si para se adequar ao novo formato e tenha a utilidade apropriada;

Daily scrum (Scrum diária) - Reuniões diárias que o grupo se compromete a participar. As reuniões são feitas em pé e a ideia por trás disso é não desperdiçar tempo, fazendo com que as mesmas sejam curtas. No *Daily Scrum* é muito comum que o tema abordado seja o andamento e colaboração de cada participante no projeto;

Sprint backlog ou Sprint - Todas as atividades do **Projeto Scrum** se encontram divididas em *sprints*, que são ciclos de tarefas;

Sprint review – Reunião informal onde também é feita uma revisão, sempre executada ao final de cada sprint para avaliar o que foi feito e, caso necessário, fazer modificações no Product Backlog;

Product planning - Reunião para discutir e planejar trabalhos que serão realizados nos sprints. O conceito de *time-box* (caixa de tempo) também é discutido. *Time-boxes* são determinações de tempo para fazer um trabalho. O tempo máximo que uma *time-box* pode receber é de oito horas, podendo ser aplicado às reuniões ou aos sprints;

Release Planning – Forma "enxuta" do backlog do produto. Os requisitos do backlog são ordenados por prioridade para, depois, serem divididos entre os sprints;

Burndown chart – Gráfico que assegura que os sprints estão sendo cumpridos dentro do prazo previsto. É de suma importância o time ter conhecimento do andamento do projeto e fazer ajustes, caso necessário.

Os papéis para o scrum são:

Scrum Master – Quem desempenha este papel deve garantir o progresso do projeto do produto, mantendo a comunicação com a equipe, monitorando o trabalho feito e organizando as reuniões. Além disso, deve garantir que cada membro envolvido no projeto tenha as ferramentas necessárias para executar seu próprio trabalho;

Product Owner – O dono do produto é a pessoa responsável por gerenciar o backlog do produto. Ele acrescenta valor ao produto e ao trabalho do time de desenvolvimento. É o principal responsável por manter contato com a equipe de desenvolvedores e afirmar quais são os requisitos necessários no product backlog;

Desenvolvedores – São os responsáveis pelo desenvolvimento do produto.

C.2 Processo de engenharia de requisitos

É o principal artefato para o desenvolvimento do produto. Será nessa etapa que se dará início à licitação de requisitos.

C.3 Processo de desenvolvimento

Utilizando da metodologia ágil, aqui haverá um processo similar ao já citado acima, na figura 100, que ilustra a metodologia *Scrum*, onde, após definidos os requisitos, e com o *product backlog* pronto, a equipe de desenvolvimento irá dar início à criação do produto até o fim. Com a metodologia ágil, definida como iterativo e incremental, e fazendo com que as necessidades surgidas durante esse processo, o ciclo possa se repetir várias vezes o que se denomina por sprint.

APÊNDICE D – Estrutura Analítica

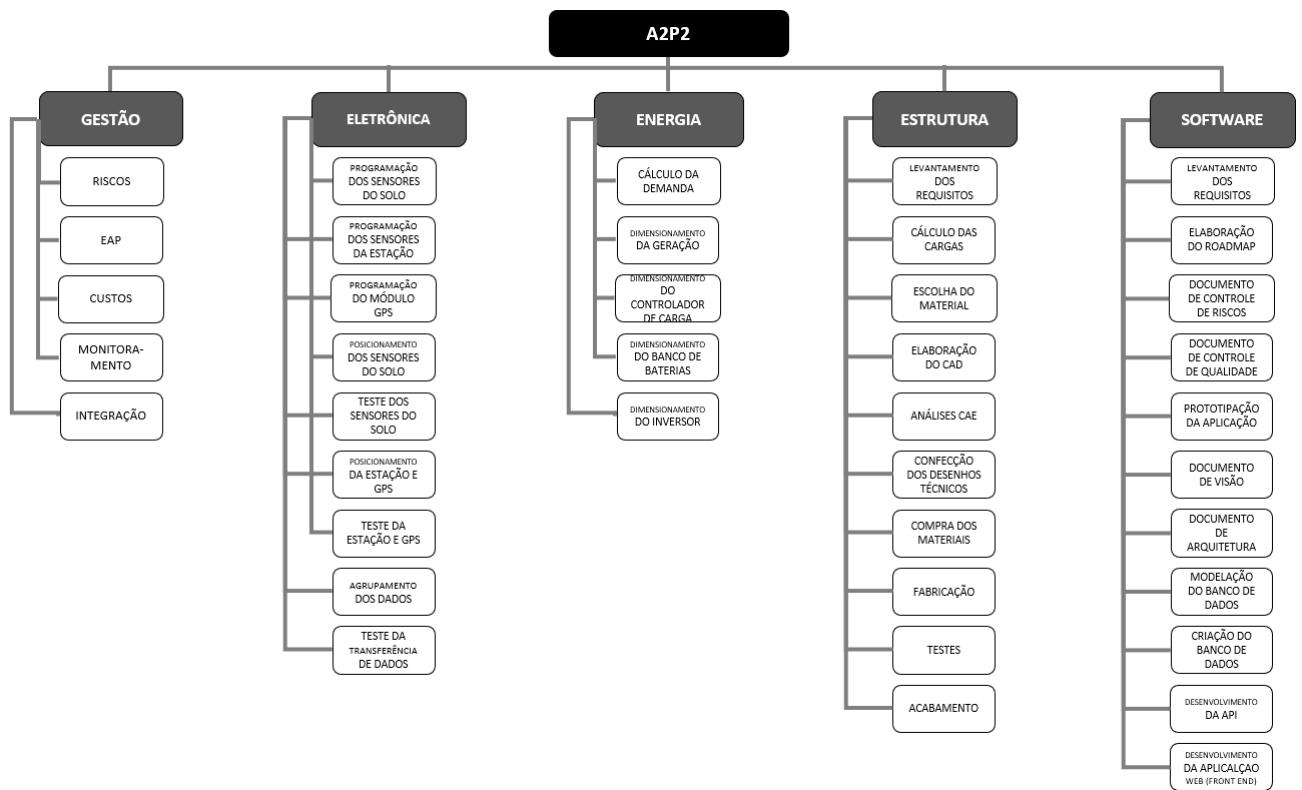


Figura 101 – Estrutura Analítica do Projeto

APÊNDICE E – Planilhas de custos individuais

Na [subseção 3.2.1](#) é apresentado o levantamento de custos para a montagem de uma estação solo e de uma estação clima-solo. Nas planilhas abaixo encontram-se os valores de orçamento individuais para cada uma destas estações.

Tabela 25 – Levantamento de custos da estação solo

Elemento	Número de peças	Quantidade	Unidade	Preço unidade	Total preço
Tubo haste central 3,5"	1	1,50	m	R\$ 445,00	R\$667,50
Tubo de apoios externo superior 3,7"	1	0,13		R\$ 480,00	R\$60,00
Tubo de apoios externo inferior 3,7"	1	0,40		R\$ 480,00	R\$192,00
Tubo alavanca 1"	2	0,24		R\$ 75,00	R\$18,00
Metalon 6 m (40x20X1,2) mm	1	0,50		R\$ 215,00	R\$ 107,50
Metalon apoio inferior (60x60) mm	3	1,50		R\$ 203,00	R\$ 304,50
Metalon pé (50x50) mm	3	1,20		R\$ 192,00	R\$ 230,40
Arranjo dos cortes em chapa 2 mm	1	0,22			
Chapa antena	1	0,05			
Chapa fundo	1	0,04			
Chapa caixas fixação	2	0,03	m ²		
Chapa caixas lateral tubo	4	0,04			
Chapa caixas bocal de lobo tubo	4	0,02			
Chapas das alavancas	4	0,04			
Arranjo dos cortes em chapa 3 mm	1	0,06			
Chapa batente do tubo da haste central	2	0,03			
Chapa batente do tubo de apoio	2	0,03			
Chaveta aço para broca	1	-			
Broca Escavadeira 90x300 mm	1	1,00			
Abraçadeira V-band 3,5"	2	2,00	unid.	R\$ 80,20	R\$ 80,20
Parafuso M6x16 Sextavado Interno	6	8,00		R\$ 41,00	R\$ 82,00
Parafuso M6x30 Sextavado Interno	4	6,00		R\$ 1,25	R\$ 10,00
Parafuso M6x50 Sextavado Interno	1	1,00		R\$ 1,75	R\$ 10,50
Parafuso M8x70 Sextavado Interno	3	3,00		R\$ 1,85	R\$ 1,85
Porca M6	14	14,00		R\$ 2,80	R\$ 8,40
Porca M8	3	3,00		R\$ 0,60	R\$ 8,40
Anel vedativo 3,5"	1	1,00		R\$ 0,80	R\$ 2,40
Caixa de distribuição	1	1,00		R\$ 30,00	R\$ 30,00
Tampa de acabamento para metalon 40x20	6	6,00		R\$ 114,00	R\$ 114,00
Caixa de baterias	1	1,00	m	R\$ 1,00	R\$ 6,00
Organizador de Fios 12,4 mm	1	5,00		R\$ 156,00	R\$ 156,00
Termo retrátil 5 mm	1	5,00		R\$ 1,63	R\$ 8,15
Conversor CC/CC Sstep-Down LM2596	1	1,00		R\$ 1,20	R\$ 6,00
Chave seccionadora KPO-20-3P-METALTEX	1	1,00		R\$ 10,90	R\$ 10,90
Fusível de vidro 2A	1	2,00		R\$ 51,11	R\$ 51,11
Fusível de vidro 3A	1	1,00		R\$ 0,15	R\$ 0,30
Porta fusível 5x20 AS-06	1	6,00		R\$ 0,15	R\$ 0,15
Bloco de distribuição S112-034 2 Polos/7 Vias	1	1,00		R\$ 37,05	R\$ 37,05
Canaleta PVC 30x30mm	1	1,00		R\$ 11,15	R\$ 11,15
Cabo preto 0,5mm ²	1	2,00	m	R\$ 1,00	R\$ 1,00
Cabo preto 1,5mm ²	1	2,00	m	R\$ 2,40	R\$ 2,40
Cabo vermelho 0,5mm ²	1	2,00	m	R\$ 1,00	R\$ 1,00
Cabo vermelho 1,5mm ²	1	2,00	m	R\$ 2,40	R\$ 2,40
Conector MC4	1	1,00	unid.	R\$ 12,90	R\$ 12,90
Terminal de Compressão 1,5mm ²	1	10,00	m	R\$ 0,47	R\$ 4,70
Sensor de pH do solo	1	1,00	unid.	R\$ 178,50	R\$ 178,50
Sensor de Umidade do solo	1	1,00	unid.	R\$ 9,90	R\$ 9,90
Esp 32	1	1,00	unid.	R\$ 42,00	R\$ 42,00
Módulo GSM	1	1,00	unid.	R\$ 179,50	R\$ 179,50
Painel fotovoltaico	1	1,00	unid.	R\$ 21,87	R\$ 21,87
Bateria	1	1,00	unid.	R\$ 79,50	R\$ 79,50
Controlador de carga	1	1,00	unid.	R\$ 89,00	R\$ 89,00
Metalon (30 x 30 x 2) mm	1	3,00	m	R\$ 35,25	R\$ 35,25
Metalon (60 x 60 x 2) mm	1	3,00	m	R\$ 92,50	R\$ 92,50
Tinta Anticorrosiva	1	0,50	unid.	R\$ 79,60	R\$ 39,80
Chapa de aço	1	0,50	m ²	R\$ 60,00	R\$ 30,00
Kit Parafusos e porcas	1	0,50	unid.	R\$ 40,00	R\$ 20,00
Termo retrátil isolante	1	0,50	unid.	R\$ 9,70	R\$ 4,85
Total					R\$ 3.655,95

Tabela 26 – Levantamento de custos da estação clima-solo

Elemento	Número de peças	Quantidade	Unidade	Preço unidade	Total preço
Tubo haste central 3,5"	1	2,08	m	R\$ 445,00	R\$ 925,60
Tubo de apoios externo superior 3,7"	1	0,50		R\$ 480,00	R\$ 240,00
Tubo de apoios externo inferior 3,7"	1	0,40		R\$ 480,00	R\$ 192,00
Tubo alavanca 1"	2	0,24		R\$ 75,00	R\$ 18,00
Metalon 6 m (40x20X1,2) mm	1	2,16		R\$ 215,00	R\$ 463,54
Metalon pluviômetro e bme	1	0,49		R\$ 215,00	R\$ 104,28
Metalon anemômetro	1	0,86		R\$ 215,00	R\$ 183,83
Metalon placa solar	1	0,12		R\$ 215,00	R\$ 24,94
Metalon placa solar transversal	2	1,36		R\$ 215,00	R\$ 292,40
Metalon placa solar apoio	1	0,02		R\$ 215,00	R\$ 4,30
Metalon apoio inferior (60x60) mm	3	1,50	m	R\$ 203,00	R\$ 304,50
Metalon pé (50x50) mm	3	1,20		R\$ 192,00	R\$ 230,40
Arranjo dos cortes em chapa 2 mm	1	0,22	m ²		
Chapa antena	1	0,05			
Chapa fundo	1	0,04			
Chapa orelhas tampas	4	0,03			
Chapa caixas fixação	2	0,03			
Chapa caixas lateral tubo	4	0,04			
Chapa caixas bocal de lobo tubo	4	0,02			
Chapas das alavancas	4	0,04			
Arranjo dos cortes em chapa 3 mm	1	0,06			
Chapa batente do tubo da haste central	2	0,02			
Chapa batente do tubo de apoio	2	0,04	m ²		
Chaveta aço para broca	1	-			
Broca Escavadeira 90x300 mm	1	1,00		R\$ 2.893,00	R\$ 180,81
Abraçadeira V-band 3,5"	2	2,00			
Parafuso M6x16 Sextavado Interno	8	8,00			
Parafuso M6x30 Sextavado Interno	6	6,00			
Parafuso M6x50 Sextavado Interno	1	1,00			
Parafuso M8x70 Sextavado Interno	3	3,00			
Porca M6	14	14,00			
Porca M8	3	3,00			
Anel vedativo 3,5"	1	1,00			
Caixa de distribuição	1	1,00	unid.		
Tampa de acabamento para metalon 40x20	6	6,00			
Caixa de baterias	1	1,00			
Organizador de Fios 12,4 mm	1	5,00			
Termo retrátil 5 mm	1	5,00			
Conversor CC/CC Sstep-Down LM2596	1	2,00			
Conversor CC/CC Sstep-Up Mt3608	1	1,00			
Chave seccionadora KPO-20-3P-METALTEX	1	1,00			
Fusível de vidro 3A	1	2,00			
Fusível de vidro 7A	1	1,00			
Porta fusível 5x20 AS-06	1	6,00	unid.		
Bloco de distribuição S112-034 4 Polos/7 Vias	1	1,00			
Canaleta PVC 30x30mm	1	1,00			
Cabo preto 0,5mm ²	1	3,00			
Cabo preto 1,5mm ²	1	3,00			
Cabo vermelho 0,5mm ²	1	3,00			
Cabo vermelho 1,5mm ²	1	3,00			
Conektor MC4	1	1,00			
Terminal de Compressão 1,5mm ²	1	14,00			
Sensor de pH do solo	1	1,00			
Sensor de Umidade do solo	1	1,00	unid.		
Anemômetro	1	1,00			
Pluviômetro	1	1,00			
Sensor bme280	1	1,00			
Esp 32	1	1,00			
Módulo GSM	1	1,00			
Painel fotovoltaico	1	1,00			
Bateria	1	1,00			
Controlador de carga	1	1,00			
Metalon (30 x 30 x 2) mm	1	3,00			
Metalon (60 x 60 x 2) mm	1	3,00	m		
Tinta Anticorrosiva	1	0,50			
Chapa de aço	1	0,50			
Kit Parafusos e porcas	1	0,50			
Termo retrátil isolante	1	0,50			
Total					R\$ 5.659,60

Tabela 27 – Levantamento de Custo Mensal - Máquina para hospedagem do sistema

Ítem	Quantidade	Preço (Reais)	Total
Máquina Amazon AWS	1	65,45	65,45
Custo Mensal			65,45

APÊNDICE F – Cronograma

	deadline	realizado
Pi2		100%
Início		100%
Definição do grupo e tema	20/03/20	100%
Gestão		0%
Definição de lideranças	21/08/20	100%
Definir diretor de qualidade	21/08/20	100%
Planejamento		0%
Definição de escopo	20/09/20	90%
Pesquisa de soluções semelhantes p...	20/09/20	50%
Ponto de Controle 1		0%
Elaborar TAP (resumo)	20/09/20	100%
Elaborar EAP	20/09/20	100%
Definição da Arquitetura do Projeto	20/09/20	100%
Lista É/ Não é	20/09/20	100%
Definição prévia de Componentes e ...	20/09/20	100%
Custos: Estimativa de custos e orça...	20/09/20	100%
Recursos humanos: alocação dos rec...	20/09/20	100%
Riscos: Levantamento de riscos para...	20/09/20	100%
Solução dos subsistemas	20/09/20	100%
Passar relatório doc -> Latex	20/09/20	100%
Relatório PC1	20/09/20	100%
Preparar apresentação (criar templa...	25/09/20	70%
Ponto de Controle 2		0%
Projeto de solução: modelagem e cál...	18/10/20	0%
Criação: diagramas lógico-funcionais,...	18/10/20	0%
Desenhos mecânicos refinados, com...	18/10/20	0%
Diagramas elétricos e eletrônicos do ...	18/10/20	0%
Em relação aos softwares, espera-se...	18/10/20	0%
Deverá ser apresentado o plano de c...	18/10/20	0%
Relatório PC2	18/10/20	0%
Preparar apresentação PC2 (criar te...	23/10/20	0%
Ponto de Controle 3		0%
Objetivo Geral: Simulação dos comp...	15/11/20	0%
Realizar o projeto dos componentes/...	15/11/20	0%
Construir componentes /subsistemas;	15/11/20	0%
Testar componentes/subsistemas da...	15/11/20	0%
Avaliar e homologar resultados	15/11/20	0%

Figura 102 – Cronograma

APÊNDICE G – Tabela É vs NÃO É

É	NÃO É
Uma ferramenta que identifica a qualidade do solo	Uma ferramenta que melhora a qualidade do solo
Uma ferramenta que identifica as condições climáticas para o plantio	Apenas uma estação meteorológica
Um equipamento que necessita de instalação em um local pré-definido	Uma ferramenta que mede, de maneira autônoma, pontos em diferentes localizações.
Um equipamento desmontável	Um equipamento inteiriço
Um equipamento com bateria auto recarregável por meio de placas solares	Um equipamento que necessita ser recarregado em tomada elétrica
Uma ferramenta que proporciona monitoramento a partir de valores de referência	Um equipamento de medição com base em dados aleatórios
Uma ferramenta que permite acesso a dados em tempo real	Uma ferramenta que mede parâmetros em um horário único
Uma ferramenta que permite interação com o usuário através de chatbot	Um aplicativo de celular
Um equipamento para longa duração	Um equipamento para média ou curta duração
Um equipamento duradouro	Um equipamento descartável
Um equipamento fixo	Um equipamento móvel

Tabela 28 – Ferramentas de comunicação

APÊNDICE H – Desenhos Técnicos

H.1 Esquema de componentes da Estação Clima-solo

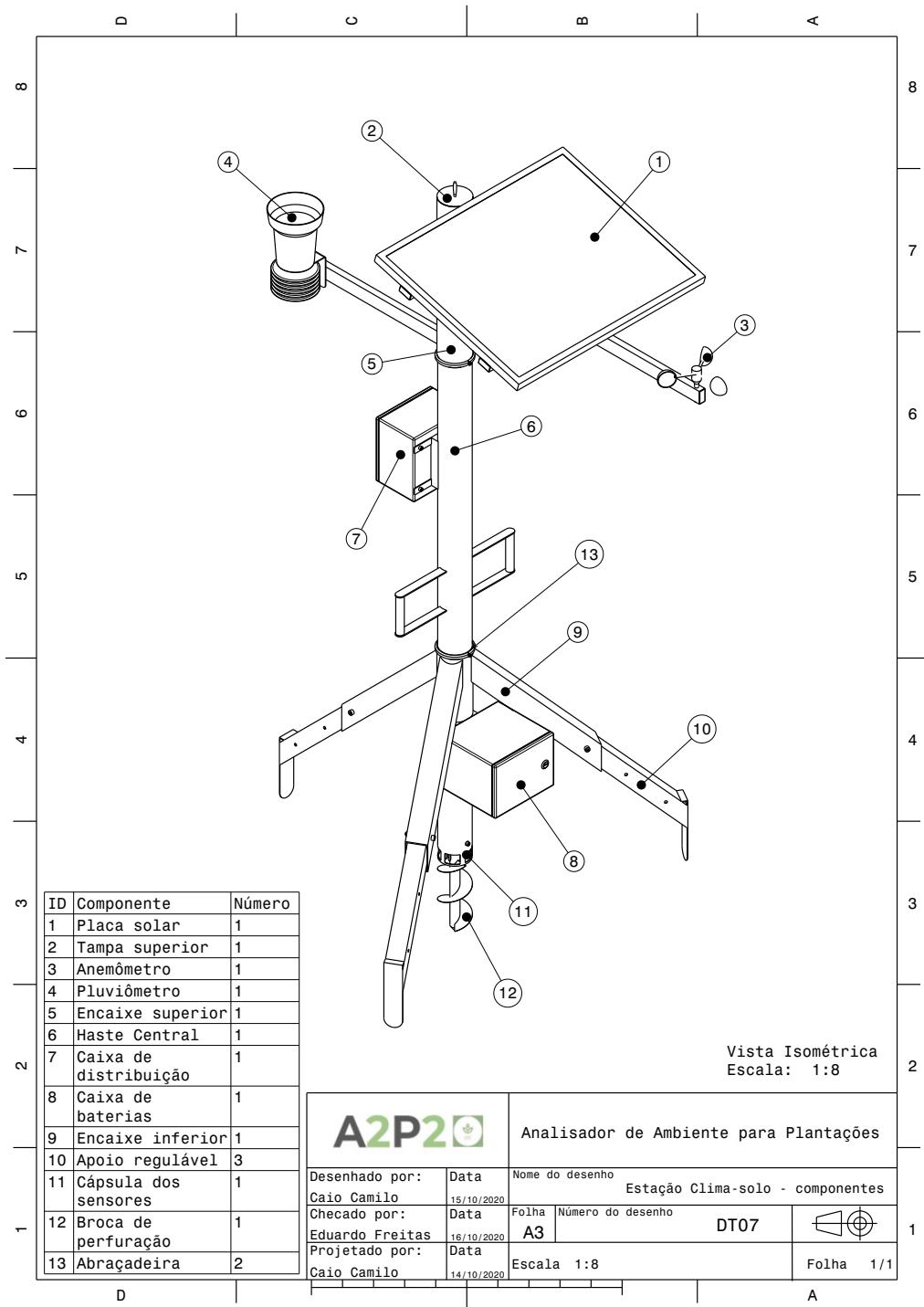


Figura 103 – Esquema de componentes da Estação Clima-solo.

H.2 Esquema de componentes da Estação Solo

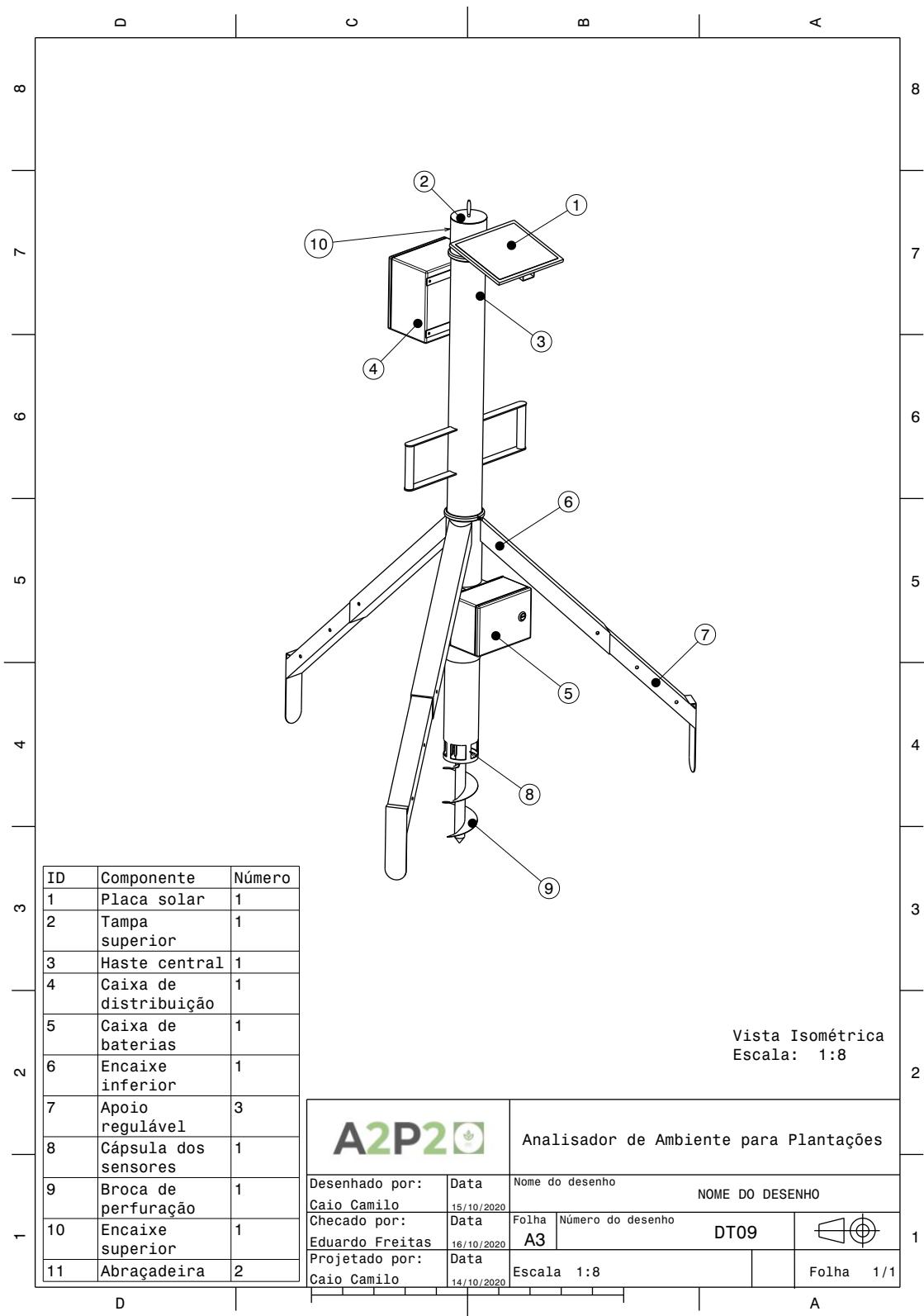


Figura 104 – Esquema de componentes da Estação Solo.

H.3 Haste central da Estação Clima-solo

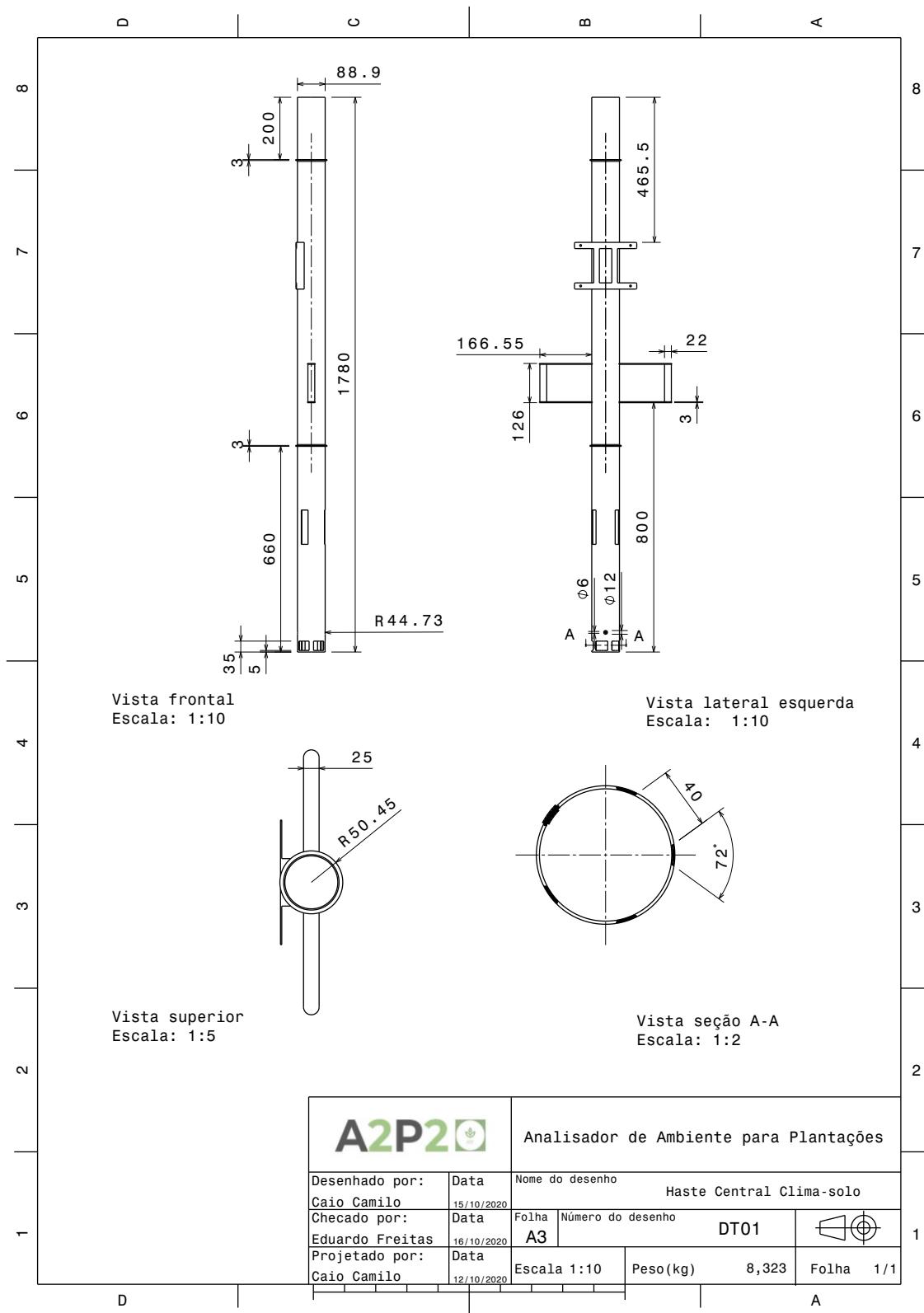


Figura 105 – Desenho técnico da haste central da Estação Clima-solo.

H.4 Haste central da Estação Solo

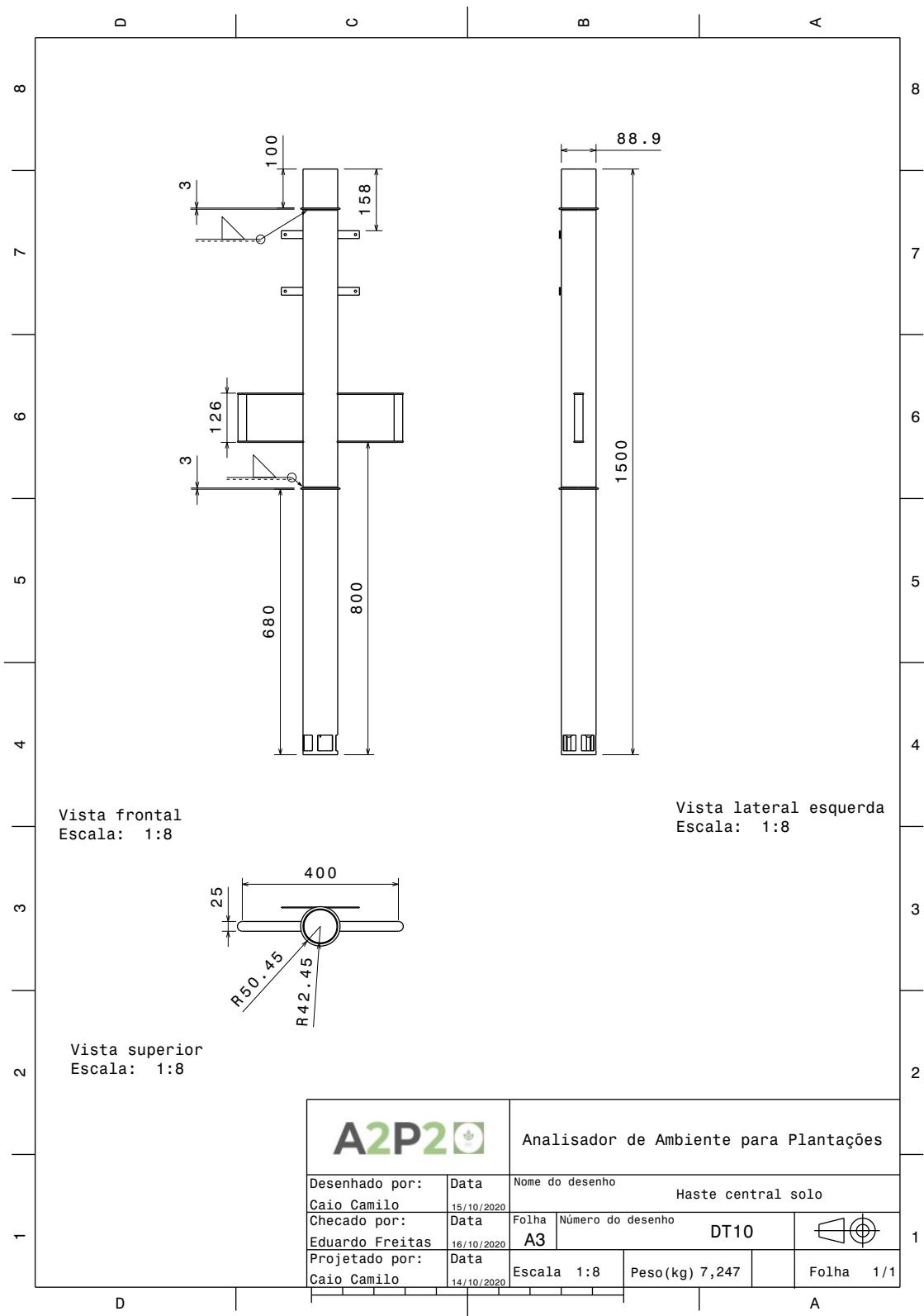


Figura 106 – Desenho técnico da haste central da Estação Solo.

H.5 Encaixe inferior

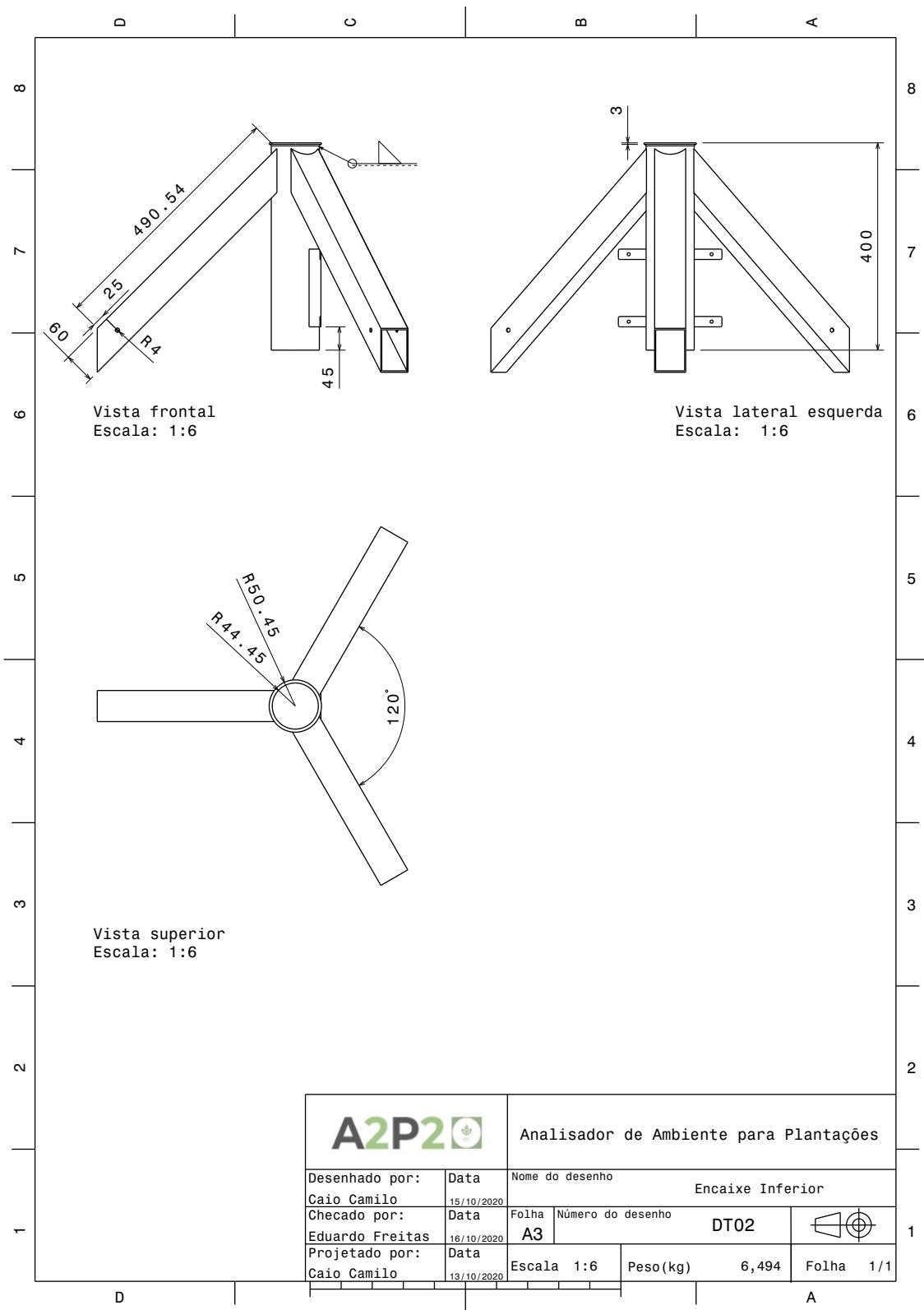


Figura 107 – Desenho técnico do encaixe inferior da Estação Clima-solo.

H.6 Encaixe superior da Estação Clima-solo

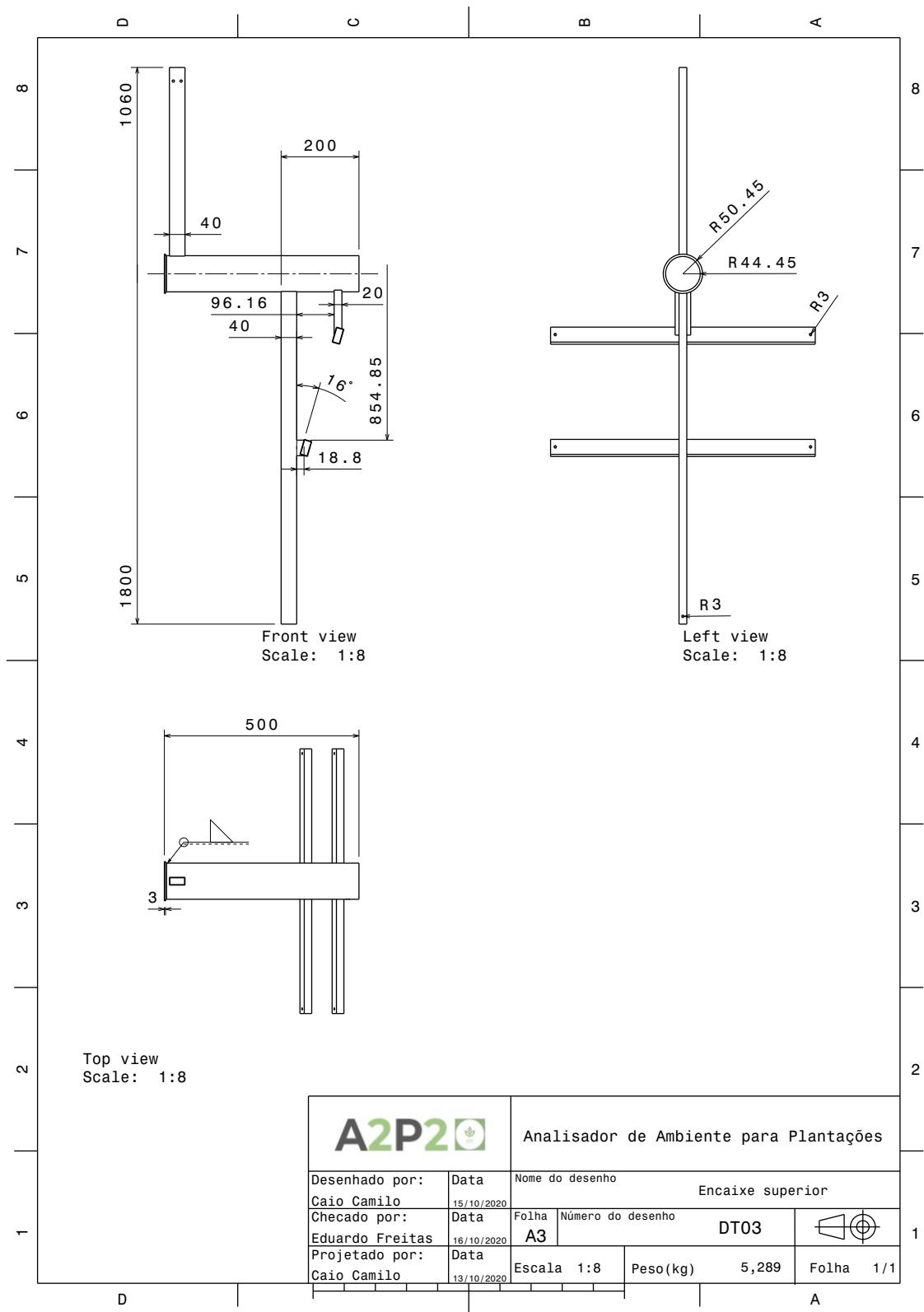


Figura 108 – Desenho técnico do encaixe superior da Estação Clima-solo.

H.7 Tampa inferior

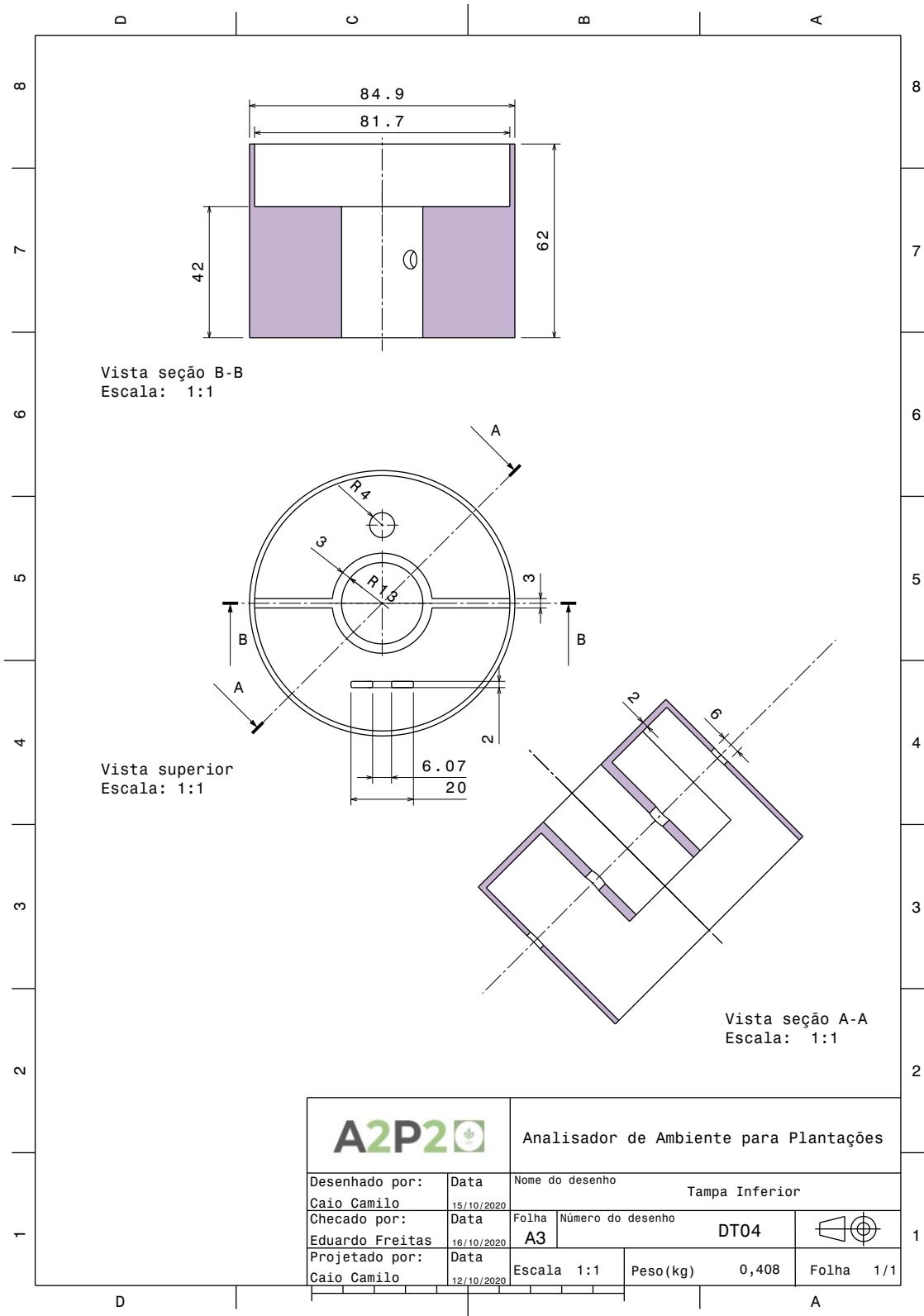


Figura 109 – Desenho técnico da tampa inferior.

H.8 Tampa superior

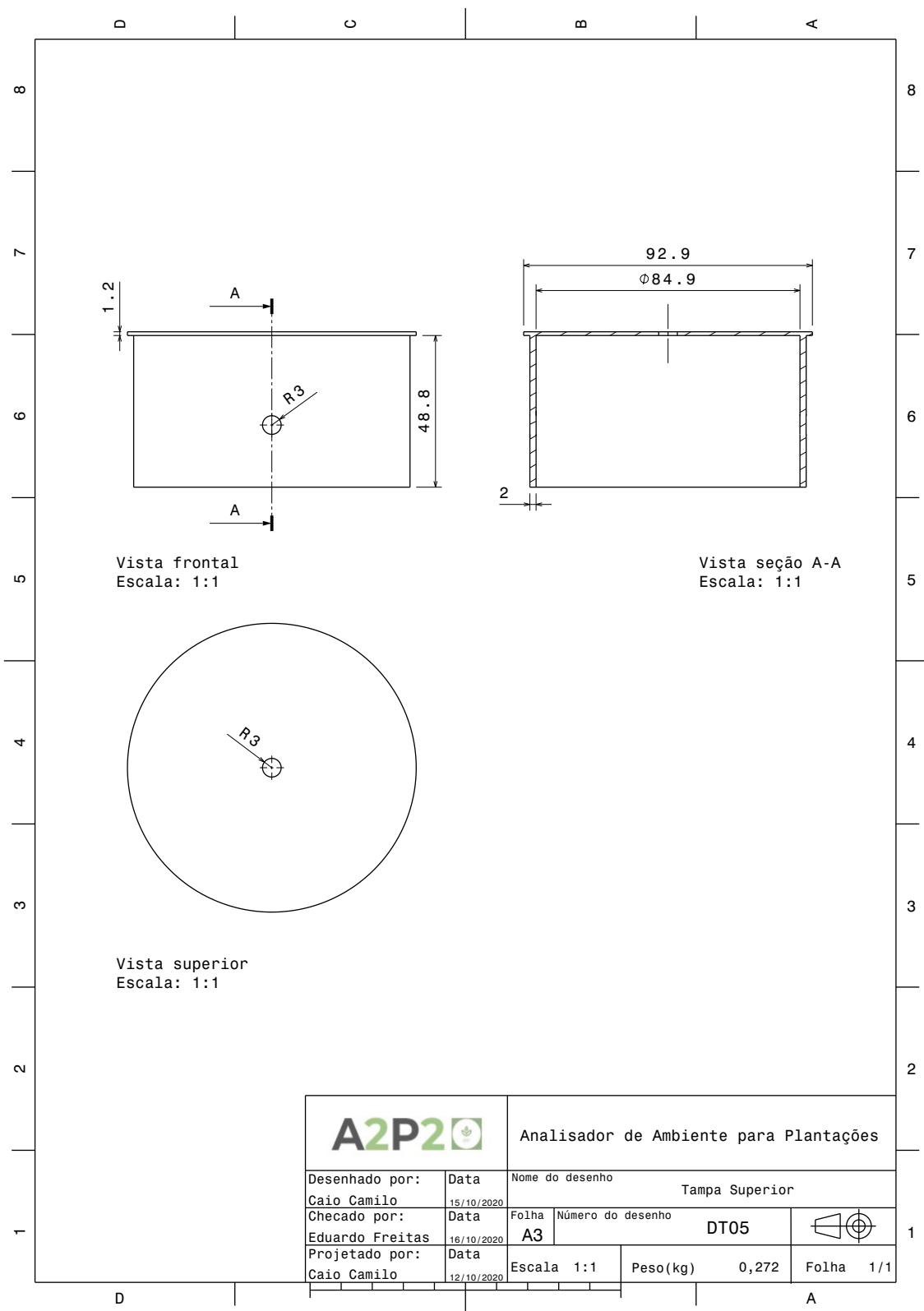


Figura 110 – Desenho técnico da tampa superior.

H.9 Broca de perfuração

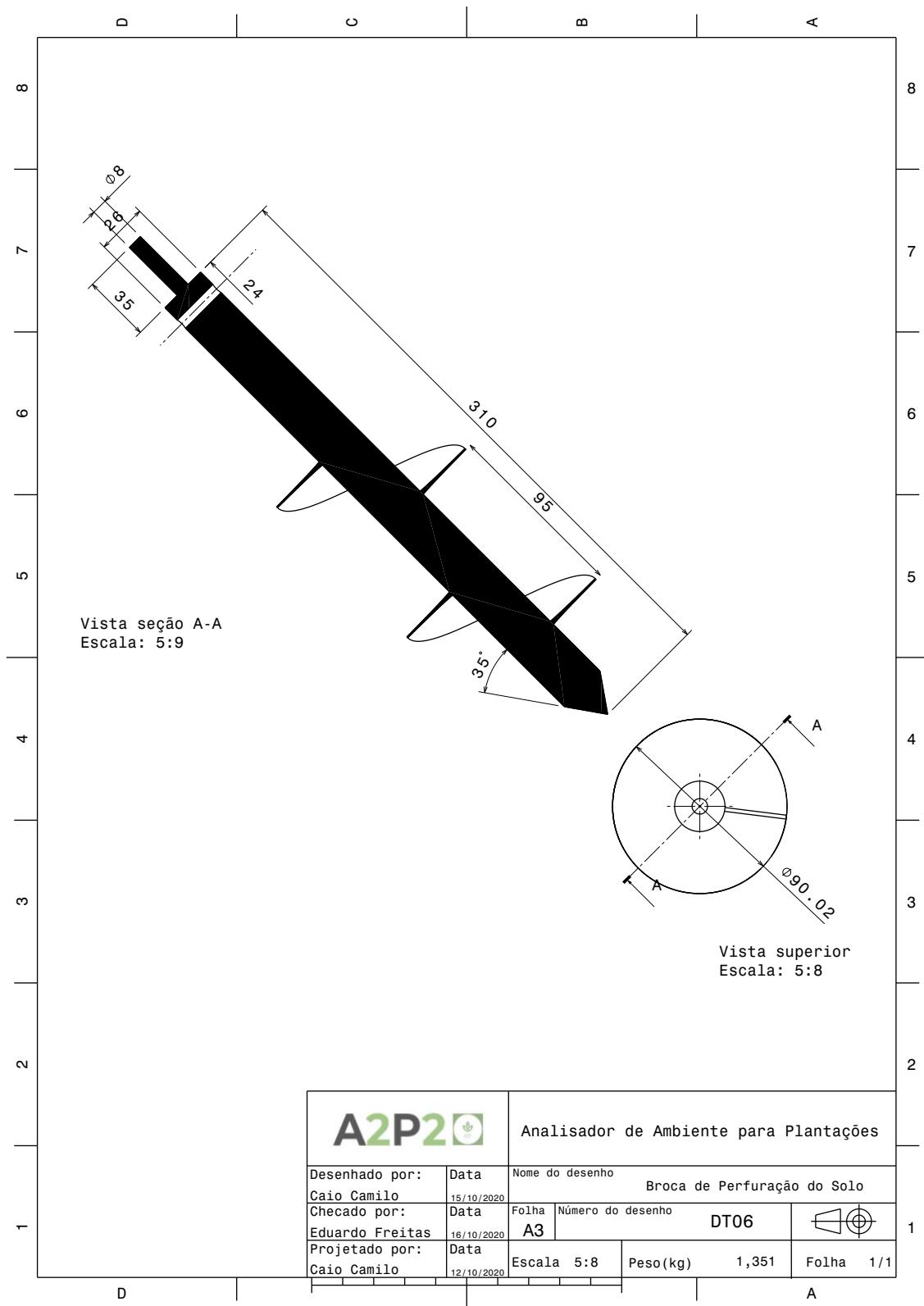


Figura 111 – Desenho técnico da broca de perfuração do solo.

H.10 Regulagem de apoio

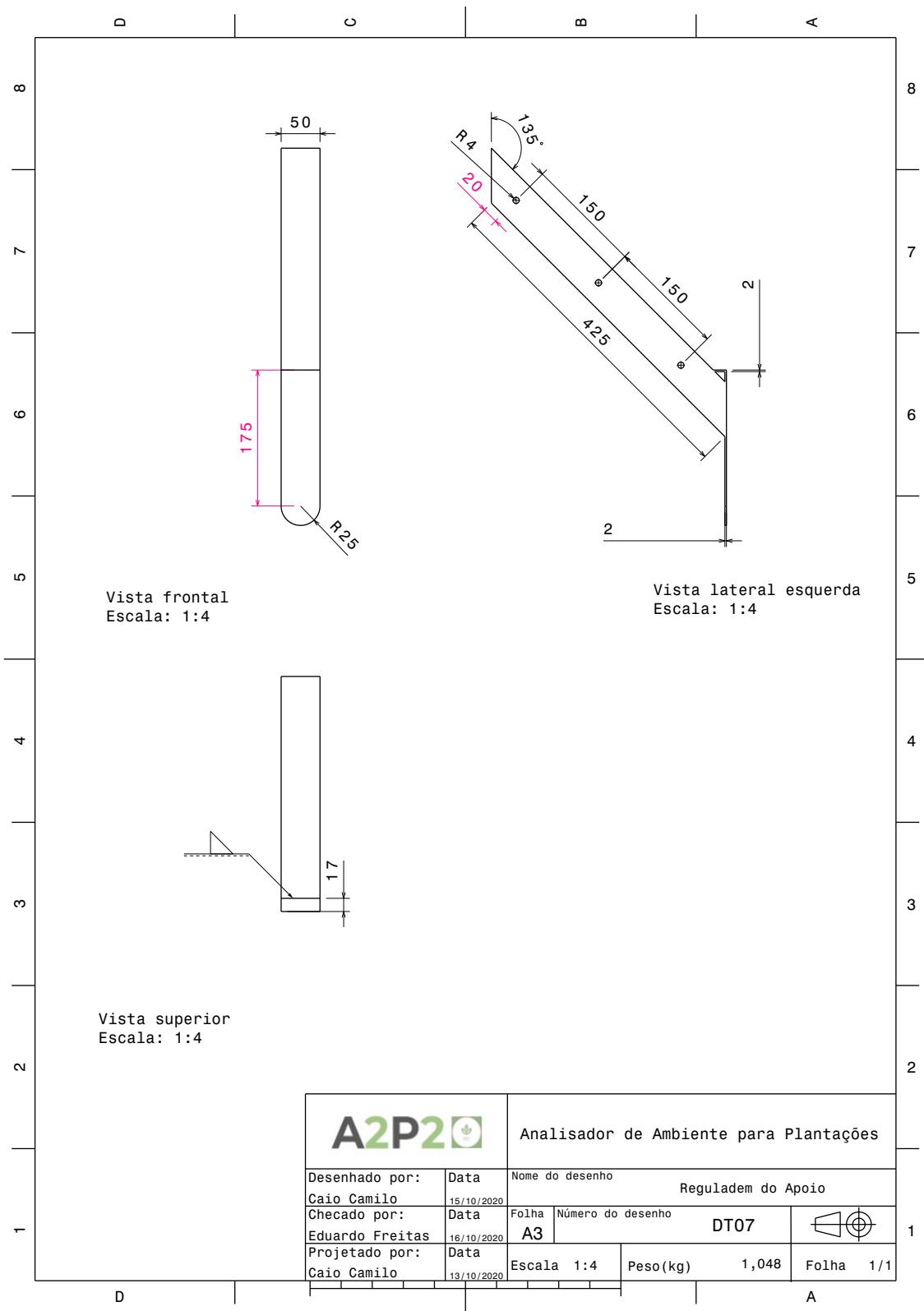


Figura 112 – Desenho técnico da regulagem de apoio.

H.11 Cortes em chapas

H.11.1 Cortes em chapas 2mm

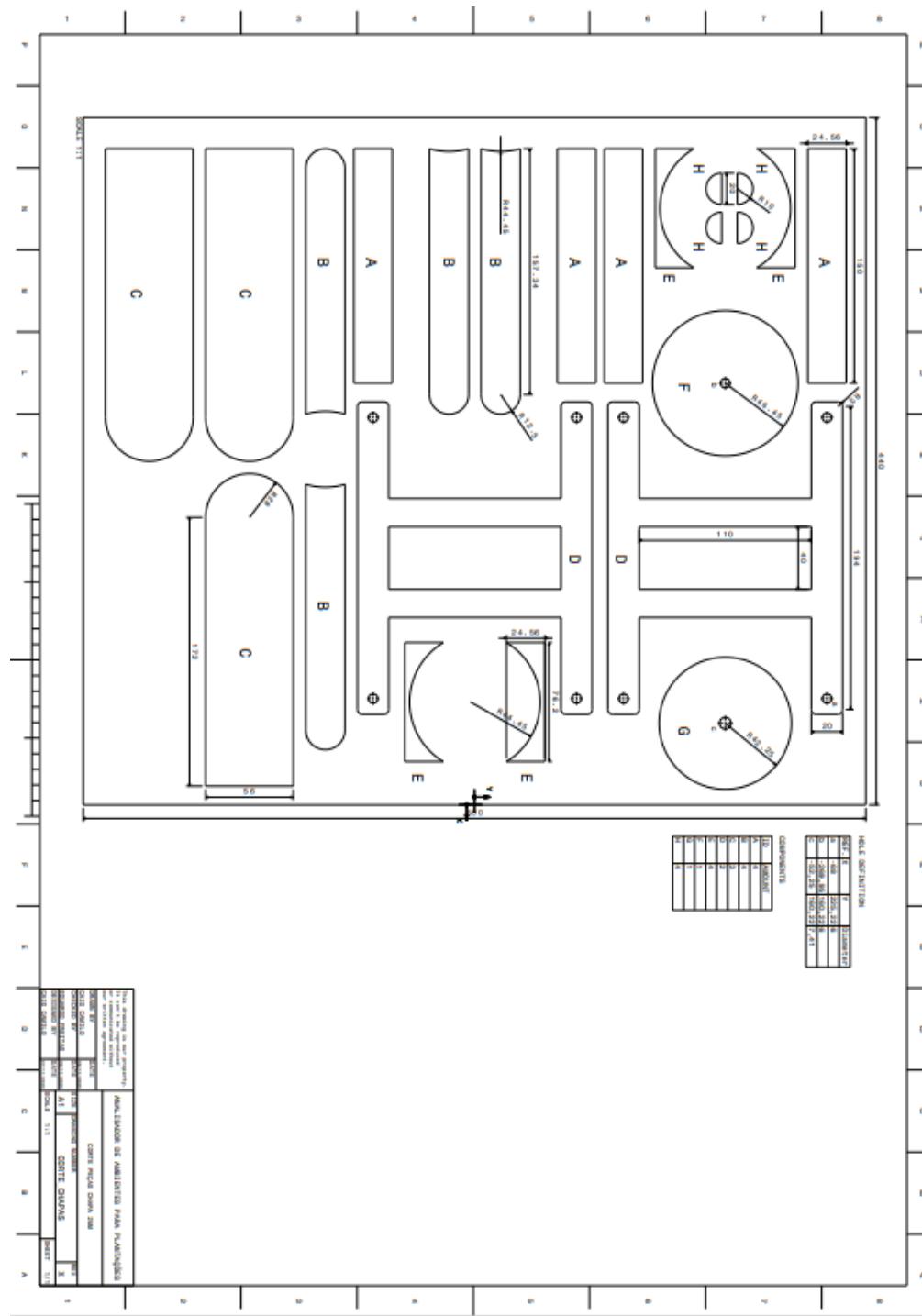


Figura 113 – Cortes Chapas 2mm

H.11.2 Cortes em chapas 3mm

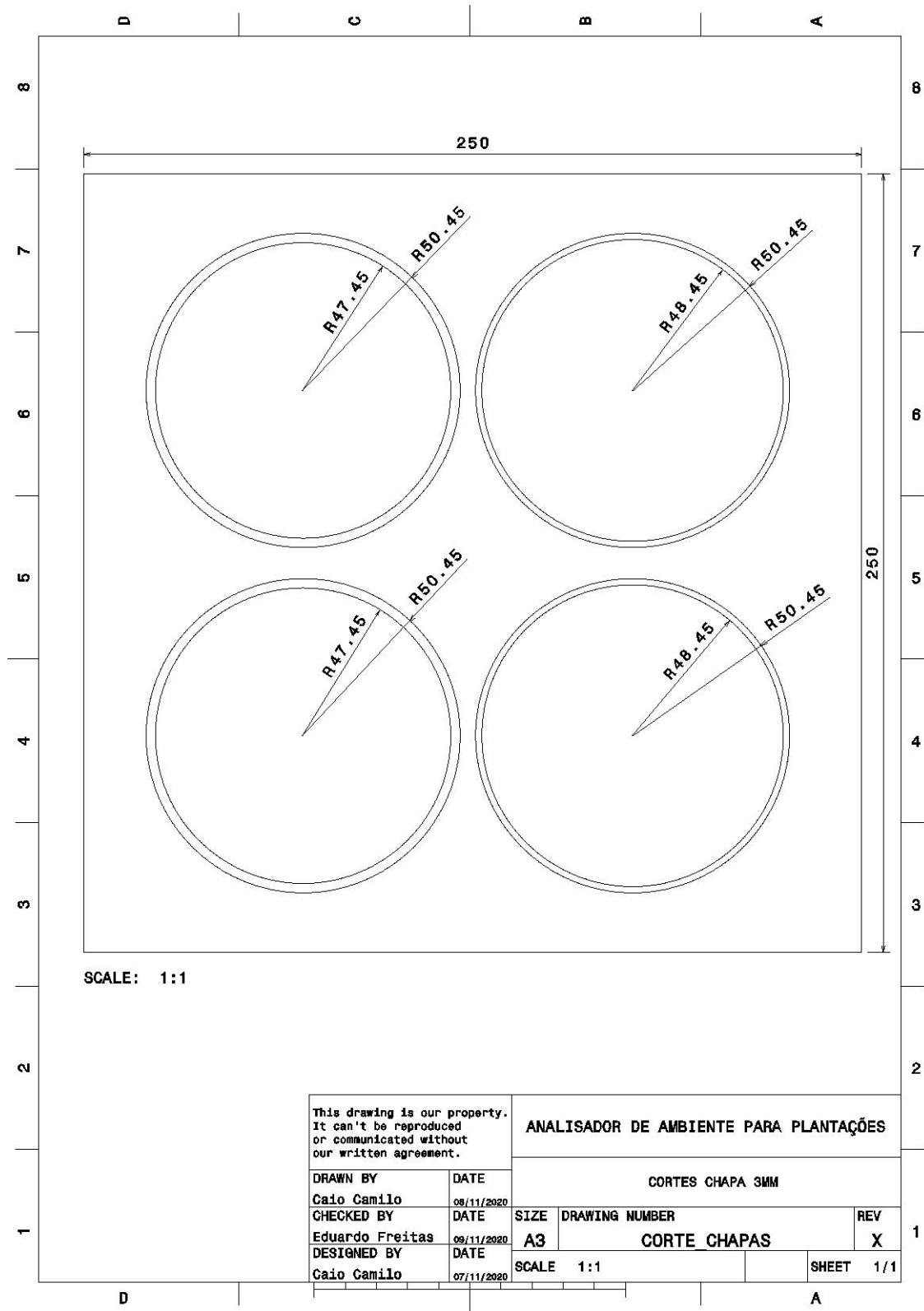


Figura 114 – Cortes Chapas 3mm

APÊNDICE I – Funcionalidades do Produto de Software

Descrição	Link no GitHub (Backend)	Link no GitHub (Frontend)	Link no GitHub (Chatbot)
Login	-	SignIn	-
Verificação do CPF	SignUpVerification	SignUpVerification	-
Cadastro do Usuário	CustomRegister- Serializer	SignUp	-
Cadastro de Funcionários	EmployeesList (POST)	AddEmployeeModal	-
Página de Perfil	EmployeesList (GET)	Profile	-
Consumo de dados dos sensores	LatestData e Plantations	Dashboard	ActionDadosAtuais
Atualizar Perfil de Usuário	Profile (POST)	UpdateProfile	-
Remover Funcionário	EmployeesList (DELETE)	Profile	-
Simulação de Dados	populate	-	-
Relatórios	Report	Reports	-
Atualização de parâmetros ideais	Parameters e ListUpdateParameter	Parameters	ActionParametro-Ideais
Integração com sensores	LatestData (POST)	-	-
Verificação Telegram	TelegramVerification	-	CustomTelegram-Input e verify_telegram
Notificação	send_telegram_message	-	-

Tabela 29 – Funcionalidades do A2P2

APÊNDICE J – Principais Decisões de Software

Decisão	Descrição
Stack do projeto.	No início do projeto elicitamos ferramentas aptas a resolver nosso problema e em seguida decidimos as tecnologias dentre elas nas quais temos maior domínio, o Django e o React foram as ferramentas escolhidas.
Tecnologias escolhidas para o chatbot.	O Telegram possuí uma ótima documentação e ganhou preferência para ser o responsável pela interface de comunicação do chatbot. A biblioteca Rasa e a linguagem Python para elaboração do chatbot foi preferível por causa do domínio da tecnologia e sua popularidade e comunidade.
Simular integração.	Como não teremos os sensores reais para simular o sistema completo, simulamos o envio de dados por meio de um HTTP request POST feito por nós mesmos. Dessa forma, replicamos o comportamento da placa.
Atualização da dashboard.	A atualização por meio do refresh foi escolhida pois os sensores enviam dados em um intervalo de tempo considerável, portanto uma conexão sempre aberta, como por exemplo um socket, exigiria uma arquitetura muito extensa, complexa e que iria consumir muitos recursos sendo que não seria utilizada com tanta frequência.
Cadastro em duas etapas.	Por ser uma plataforma web que por consequência está exposta na internet, optamos por ter um cadastro em duas etapas. Assim, somente pessoas autorizadas (neste caso os funcionários autorizados pelo fazendeiro) podem completar seu cadastro e visualizar dados de fazendas ou campos. Demais cadastros são feitos pelo administrador.

Tabela 30 – Principais decisões

APÊNDICE K – Comparativo Técnico

Microcontroladores

Tabela 31 – Microcontroladores

	ESP32	ESP8266	UNO R3	MSP430g2553	Raspberry Pi Zero W
Arquitetura	32 Bits	32 Bits	8 Bits	16 Bit	32 Bits
Clock	160MHz	80Mhz	16MHz	16MHz	1GHz
WiFi	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Bluetooth	Sim	Não	Não	Não	Sim
RAM	512Kb	160Kb	2Kb	0.5 Kb	512Mb
FLASH	16Mb	16Mb	32Kb	16Kb	-
GPIO	36	17	14	24	40
Interface	SPI/I2C/ UART/ I2S/CAN	SPI/I2C/ UART/ I2S	SPI/I2C/ UART	SPI/I2C/ UART	-
A/D	18	1	6	8	-
D/A	2	-	-	-	-

APÊNDICE L – Especificações Sensores

Tabela 32 – Especificações dos Sensores

	Sensor de pH	Sensor de Umidade do solo	Anemômetro	Pluviômetro	Sensor BME280	Módulo GPS
Característica	Medição: 3-9 pH	Medição: 0-100% úmido	0-120Km/h	Leitura a cada 0,25mm	Medição - Umidade: 0-100% Pressão: 300-1100 hPa Temperatura:-40-85°C	QuadBand (frequências) 850/900/ 1800/1900MHz
Tensão de funcionamento	24V	5V	24V	5V	5V	5V
Temperatura de trabalho	0-55°C	0-80°C	0-65°C	0-65°C	(-)40-85°C	(-)40-85°C
Transmissão de dados	RS485 (Digital) Serial TTL	Analógica e Digital	Digital (Serial)	Digital (Serial)	Protocolo: I2C (até 3,4 MHz) SPI (até 10MHz)	Protocolo: UART
Dimensões Totais	13,5 x 4,5 x 1,4 cm	60 x 20 mm (sonda) 32 x 14 mm (circuito)	~39 x 27 cm	160 x 117 cm	15,5 x 11,5 x 2,5 mm	77,5 x 50 x 11 mm

APÊNDICE M – Placas de circuito impresso

M.1 Layouts da estação solo

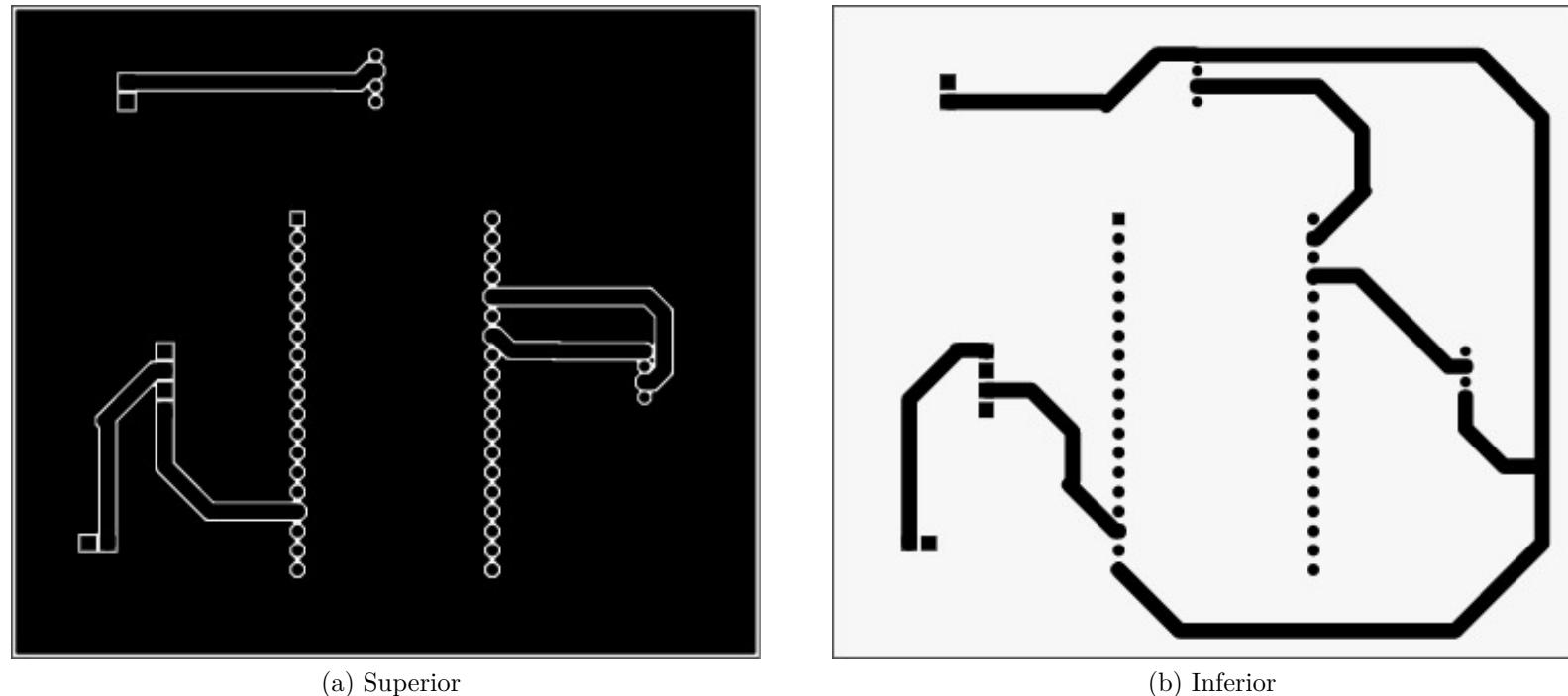


Figura 115 – Camadas PCB - Estação Solo

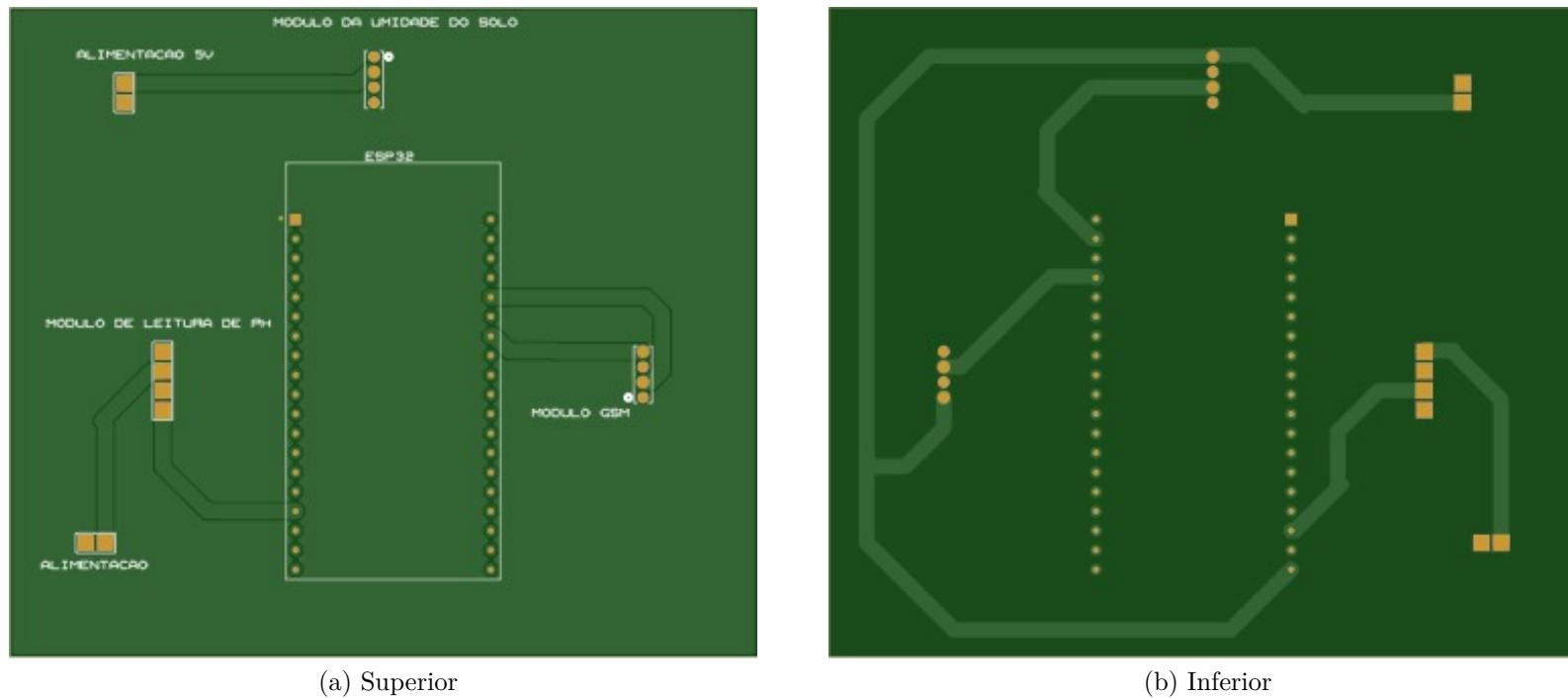


Figura 116 – Vistas 2D PCB - Estação Solo

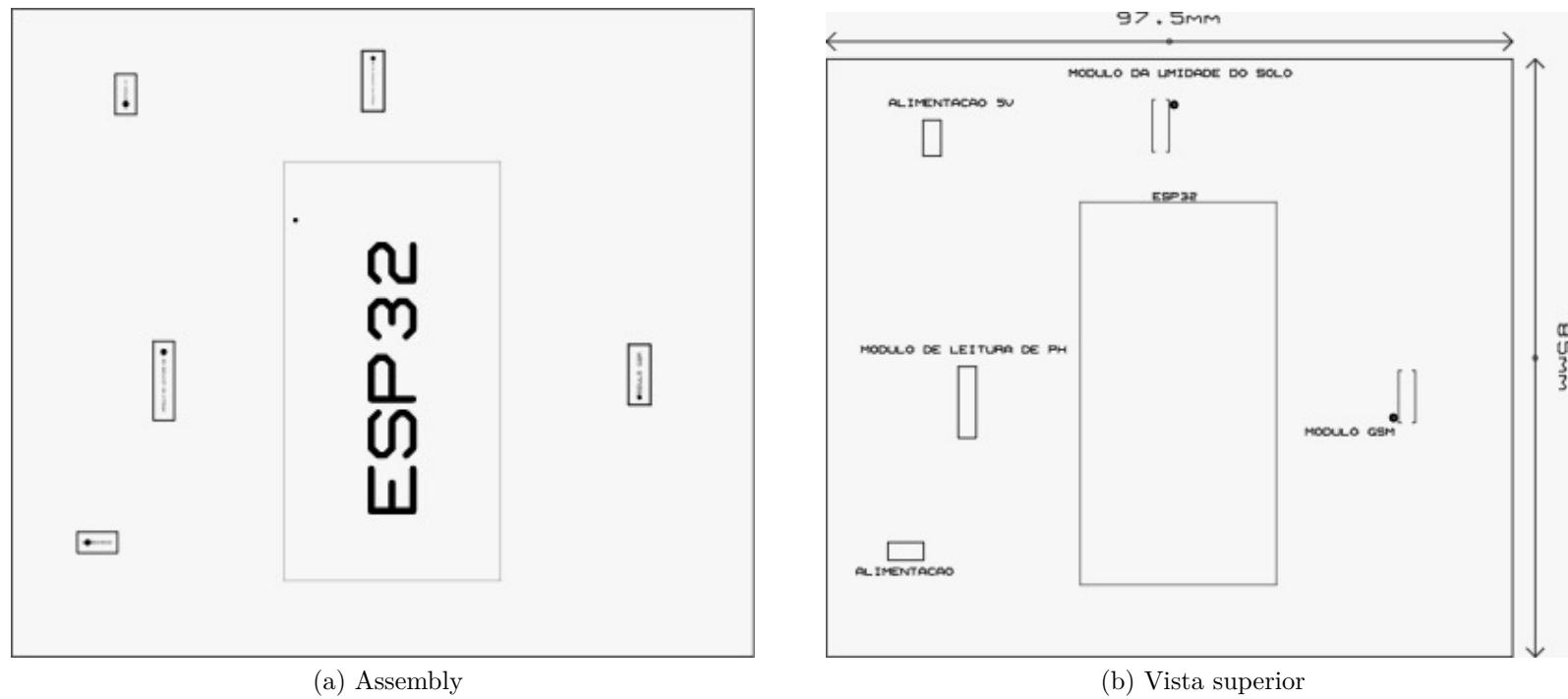
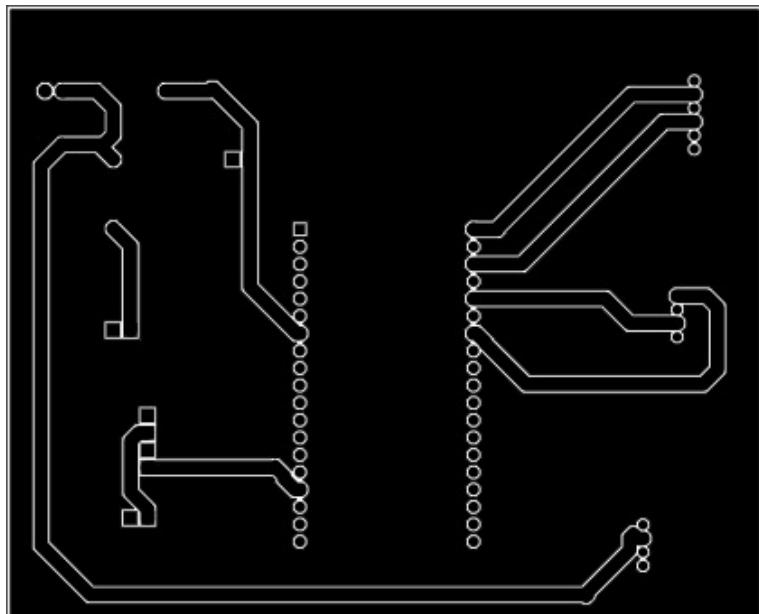
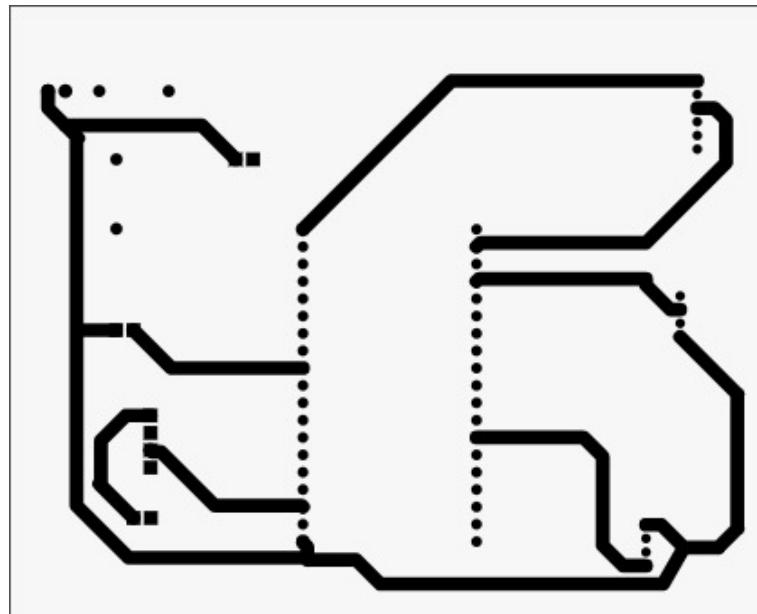


Figura 117 – Assembly e vista superior PCB estação solo

M.2 Layouts da estação clima-solo



(a) Inferior



(b) Superior

Figura 118 – Camadas PCB estação Clima-solo

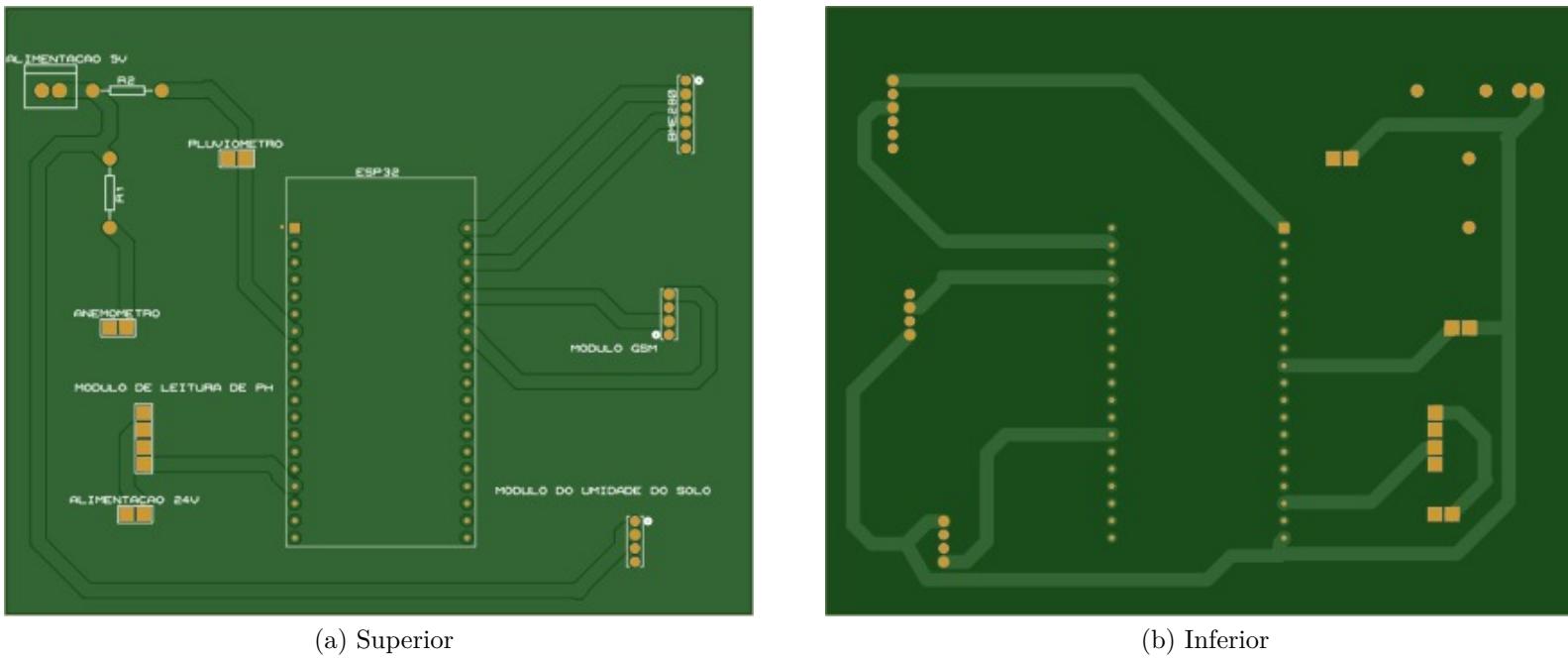


Figura 119 – Vistas 2D PCB estação Clima-solo

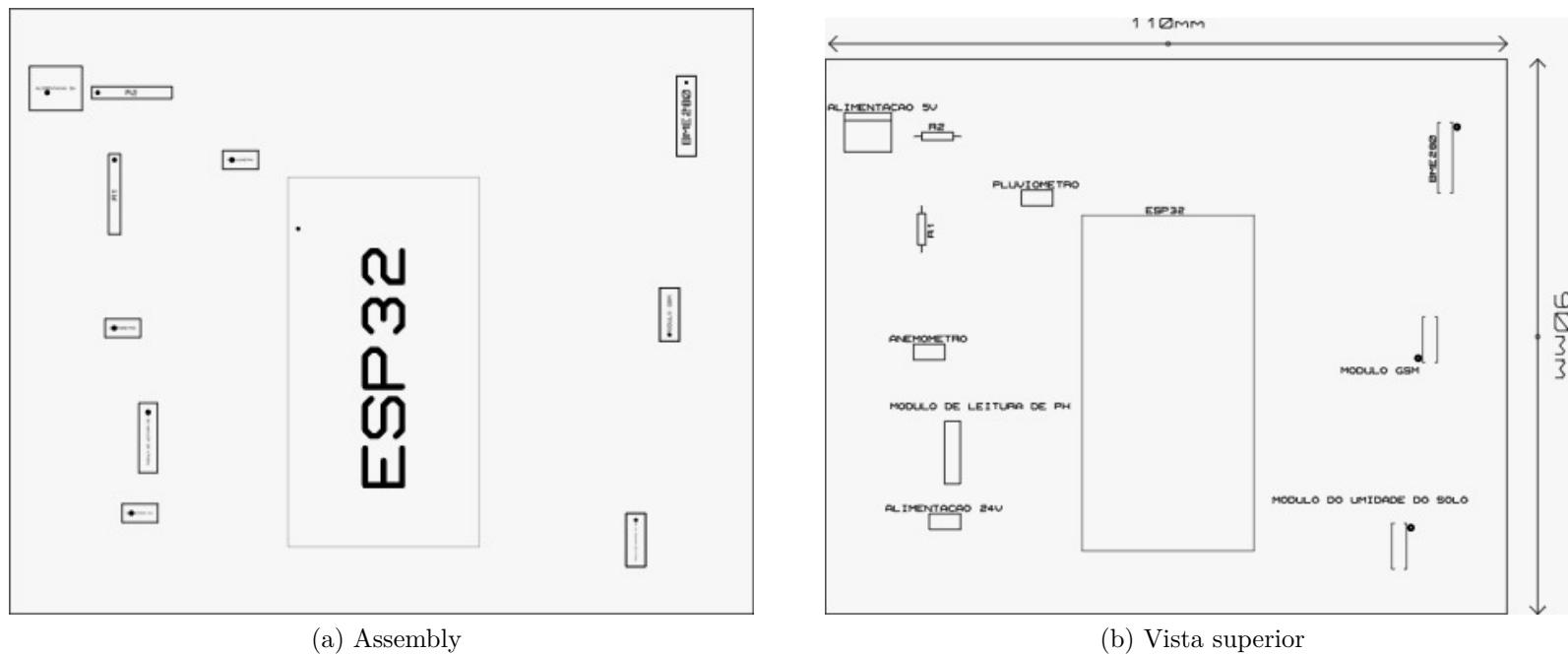


Figura 120 – Assembly e vista superior da estação Clima-solo

APÊNDICE N – Lista de materiais - PCI

Tabela 33 – Lista de materiais - Estação solo

Componentes	Quantidade
Placa de fenolite impressa	1
Conecotor macho	2
Conecotor fêmea	3
Rolo de solda	1
ESP 32	1
Módulo de pH do solo	1
Módulo de umidade do solo	1
Módulo GSM	1

Tabela 34 – Lista de materiais - Estação clima-solo

Componentes	Quantidade
Placa de fenolite impressa	1
Conecotor macho	3
Conecotor fêmea	5
Rolo de solda	1
ESP 32	1
Módulo de pH do solo	1
Módulo de umidade do solo	1
Anemômetro	1
Pluviômetro	1
Resistor 10KΩ	1

APÊNDICE O – Pinagem ESP32

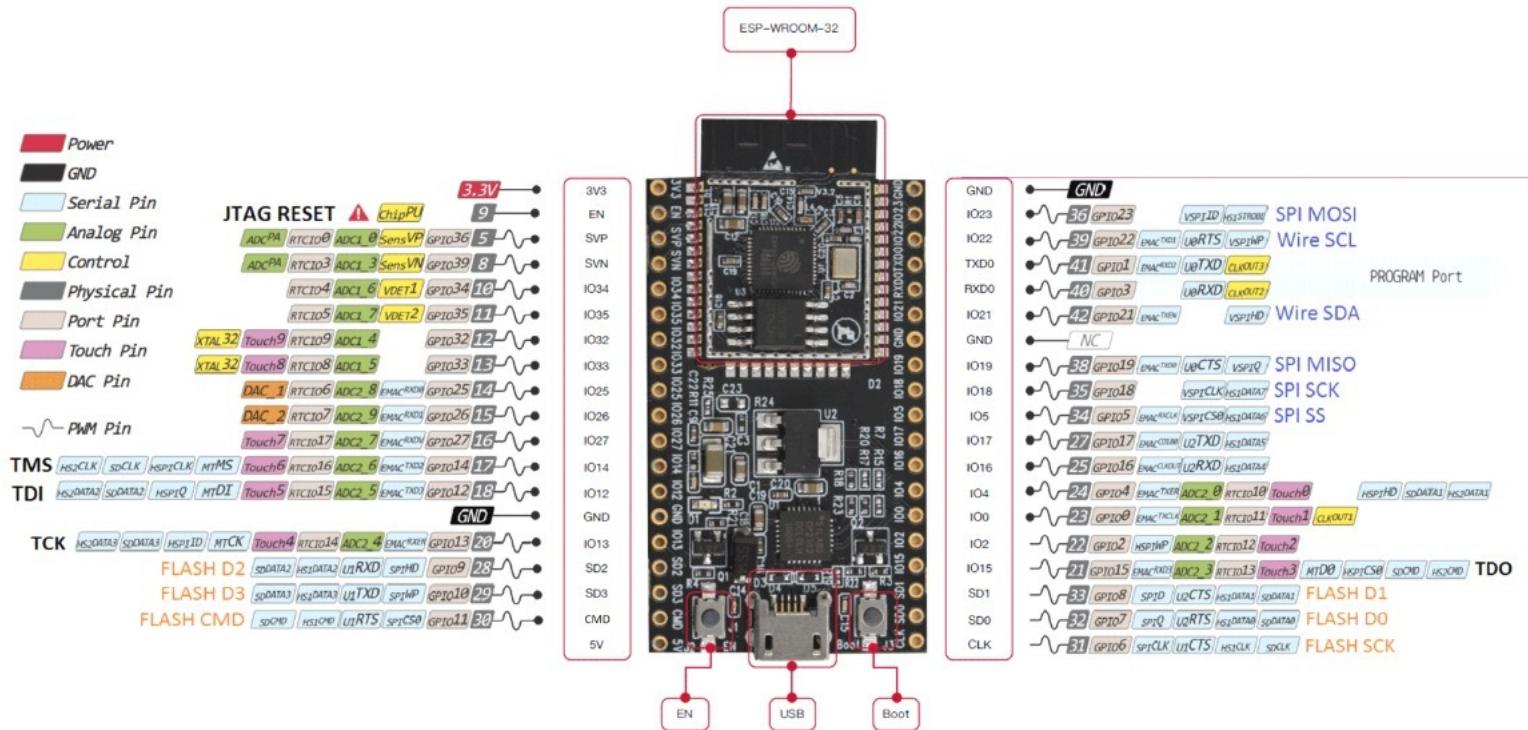


Figura 121 – Pinagem ESP32

APÊNDICE P – Matriz de decisão do material estrutural

Tabela 35 – Matriz de decisão do material estrutural

Critérios	AISI 304	AISI 304L	AISI 316	AISI 316L	Aço galvanizado	Al 7075 T6	Aço galvalume
Peso	8	8	8	8	5	10	5
Disponibilidade	8	7	6	6	9	4	7
Resistência à corrosão	7	8	10	10	5	8	6
Resistência Mecânica	10	8	7	9	5	8	5
Soldabilidade	5	7	5	7	8	5	8
Resultado	7.6	7.6	7.2	8	6.4	7	6.2

APÊNDICE Q – Propriedades do material escolhido

Tabela 36 – Propriedades do AISI 316L (ASM, 2020)

Material	Limite de Resistência	Limite de Escoamento	Alongamento	Módulo de Elasticidade	Dureza de Rockwell B
Unidade	(MPa)	(MPa)	(em 50 mm)	GPa	
AISI 316L	560	290	50%	193	80

APÊNDICE R – Manual de Montagem



Figura 122 – Manual de Montagem - página 1

RECOMENDAÇÕES

Manusear e instalar os componentes de um sistema fotovoltaico requer o conhecimento de medidas de segurança e a prática de normas e recomendações técnicas pertinentes como a norma NBR 5410:2004 e a norma NR-10, que abordam instalações elétricas de baixa tensão e segurança em instalações e serviços em eletricidade, respectivamente. O não cumprimento dessas normas pode gerar grandes riscos a pessoas e equipamentos.

-Selecione um local de medição adequado, evite pedras, certifique-se de que a agulha de aço não toque em objetos duros, corte a camada de superfície de acordo com a profundidade de medição necessária, mantenha a tensão original do solo.

-Realizar várias medições e calcular a média para calibrar os sensores.

A seguir são apresentadas orientações gerais de segurança para a instalação do sistema fotovoltaico isolado:

- Usar roupas apropriadas como camisa, calça, luvas, calçado e outros;
- Não usar jóias ou adereços do pescoço, mãos e pulsos;
- Não portar objetos pessoais metálicos;
- Sempre usar ferramentas adequadas, secas e com cabos isolados;
- De preferência não trabalhar sozinho, tenha sempre alguém por perto para auxiliar na atividade e em casos de acidentes;
- Cobrir o painel solar com manta ou superfície opaca durante todo o processo de instalação para evitar que a radiação solar incida sobre as células fotovoltaicas e gere energia;
- Fazer as conexões elétricas sempre respeitando a polaridade;
- Evitar mau manuseio do painel solar ou que o mesmo tenha contato com animais ou objetos. Apesar da alta rigidez de sua estrutura, choques mecânicos podem danificar o vidro de proteção e as células fotovoltaicas;
- Sempre usar luvas de borracha ao manusear a bateria para prevenir ferimentos de choques elétricos;
- Não cobrir a bateria com plástico a fim de evitar risco de fogo ou explosão.

INSTRUÇÕES DE INSTALAÇÃO

O Analisador de Ambiente Para Plantações A2P2 tem montagem simples, majoritariamente feita por encaixes e pontos aparafusados. As instruções são ilustradas nas páginas seguintes para melhor compreensão.

A instalação é feita seguindo os passos:

- 1- Realizar um furo circular no solo com profundidade em torno de 20cm.;
- 2- Posicionar a base (página 9), verificar se o furo se encontra alinhado com o centro do tripé (pode-se usar o tubo central como referência) e então fincar os pés da base no solo;
- 3- Posicionar haste central (página 6) no centro da base até que a broca entre em contato com o furo do solo;
- 4- Utilizar as alavancas centrais para rotacionar a haste central, girando no sentido da broca para finalizar a perfuração com cautela de forma a preservar a integridade dos sensores, até que a base entre em contato com o batente na haste central;
- 5- Passar os fios de conexão da bateria pela fenda que leva à caixa da bateria;
- 6- Passar os fios da placa solar, do anemômetro e do pluviômetro;
- 7- Posicionar o topo (página 13) na parte superior da haste central até o batente superior.

INSTRUÇÕES DE INSTALAÇÃO

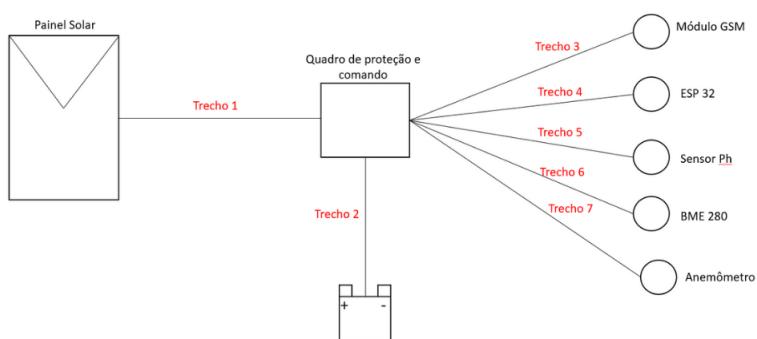
Passagem dos cabos:

- O cabeamento de arranjos fotovoltaicos deve ser realizado de tal forma que a possibilidade de ocorrências de faltas entre dois condutores energizados seja minimizada, ou seja, ele deve ser realizado de forma que dois condutores energizados não entrem em contato acidental formando um arco elétrico e consequentemente um curto-circuito.
- Todas as conexões devem ser verificadas quanto o torque mínimo e à polaridade durante a instalação para reduzir o risco de faltas e possíveis arcos durante o comissionamento, operação e manutenção.
- Braçadeiras e presilhas de cabos não podem ser utilizadas como o método principal de fixação, a menos que tenha, uma vida útil maior ou igual à do sistema ou do período de manutenção programada.

Atenção!

Braçadeiras metálicas podem ter bordas cortantes, que, ao longo do tempo e em função do vento, podem causar danos aos condutores.

Para a passagem do cabeamento, de forma a ficar organizado, utilizar presilhas para separar os trechos do circuito no interior da haste, como mostra o esquemático abaixo.



INSTRUÇÕES DE INSTALAÇÃO

Bateria:

Para a Estação Solo, fazer a conexão entre o terminal MC5 conectado nos terminais do cabeamento de saída do quadro de proteção e os terminais da bateria. Certificar-se que a conexão está firme. (Figura abaixo)



Para a estação clima solo a fixação do cabeamento que sai do quadro de proteção e comando com a bateria deve ser realizada pela conexão do conector tipo garfo nos terminais da bateria. (Figura abaixo)



Com a estrutura de suporte do painel solar com a inclinação e orientação correta, fixar a placa fotovoltaica com a superfície coberta por uma cobertura opaca. Somente retirar a cobertura do painel ao final da instalação de cada estação da A2P2.

Após a fixação do painel, conectá-lo ao quadro de proteção e comando através do conector MC4 (figura abaixo) que se encontra na parte traseira do painel solar. Certificar-se que a conexão está firme.



DESENHO EXPLODIDO



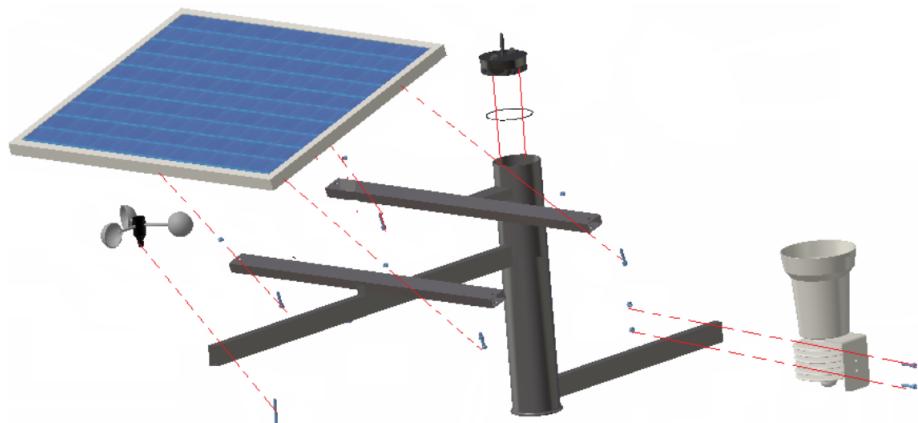
Página 6

Figura 127 – Manual de Montagem - página 6

INSTRUÇÕES DE MONTAGEM

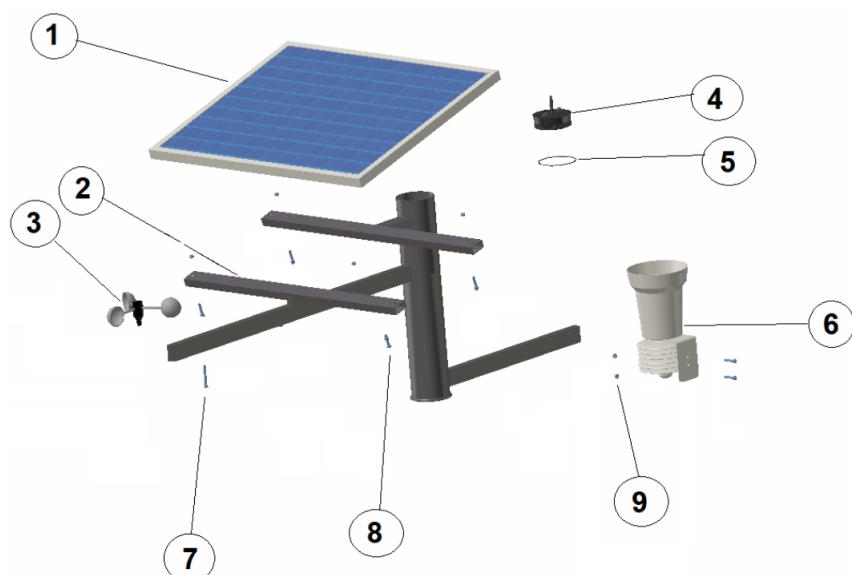
A montagem detalhada das partes mencionadas nas instruções de instalação são detalhadas nesta seção, bem como a identificação das peças utilizadas.

Topo



- Encaixar o anel vedativo na tampa e conectá-la no topo do cilindro;
- Placa solar afixada no topo por meio de 4 parafusos com porca conforme especificação na página 8;
- Anemômetro afixado com parafuso especificado;
- Pluviômetro afixado por dois conjuntos de parafuso e porca (página 8).

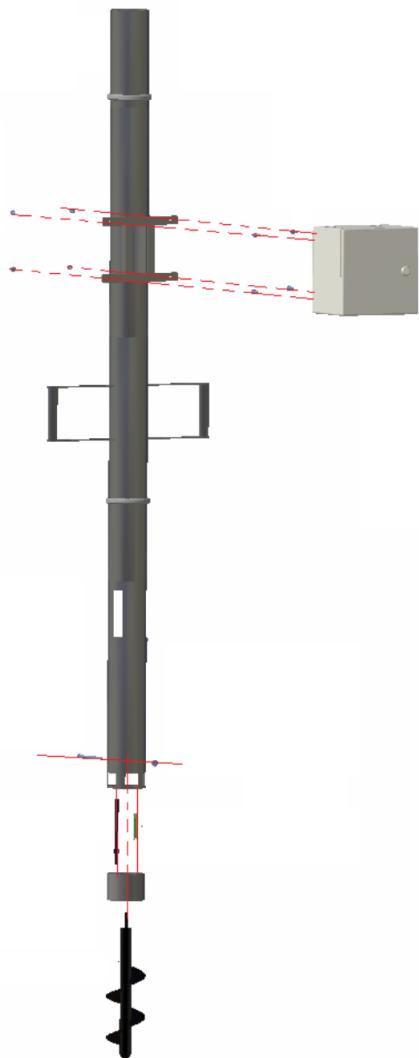
Identificação das peças do topo



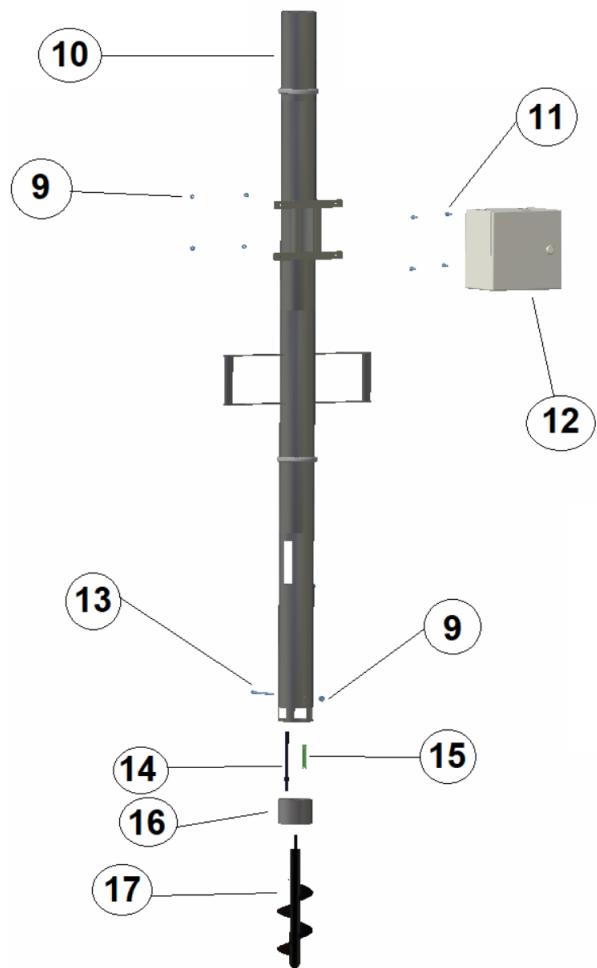
Número identificador	Elemento	Número de peças
1	Placa Solar	1
2	Suporte superior	1
3	Anemômetro	1
4	Tampa vedação	1
5	Anel vedativo 3,5"	1
6	Pluviômetro	1
7	Parafuso M6x50 Sextavado Interno	1
8	Parafuso M6x30 Sextavado Interno	6
9	Porca M6	14

Haste Central

- Caixa de componentes eletrônicos afixada com quatro conjuntos de parafusos e porcas, conforme especificado na tabela abaixo.
- Sensores encaixados na tampa inferior por dentro, broca conectada por fora e afixada com parafuso transpassado, conforme especificado na página 10.



Identificação das peças da haste central



Número identificador	Elemento	Número de peças
9	Porca M6	15
10	Tubo principal	1
11	Parafuso M6x16 Sextavado Interno	8
12	Caixa componentes	1
13	Parafuso M6x100 Allen Sextavado Interno	1
14	Sensor PH solo	1
15	Sensor Umidade de solo	1
16	Tampa Inferior	1
17	Broca Drillpro 9x30cm	1

Página 10

Figura 131 – Manual de Montagem - página 10

Base

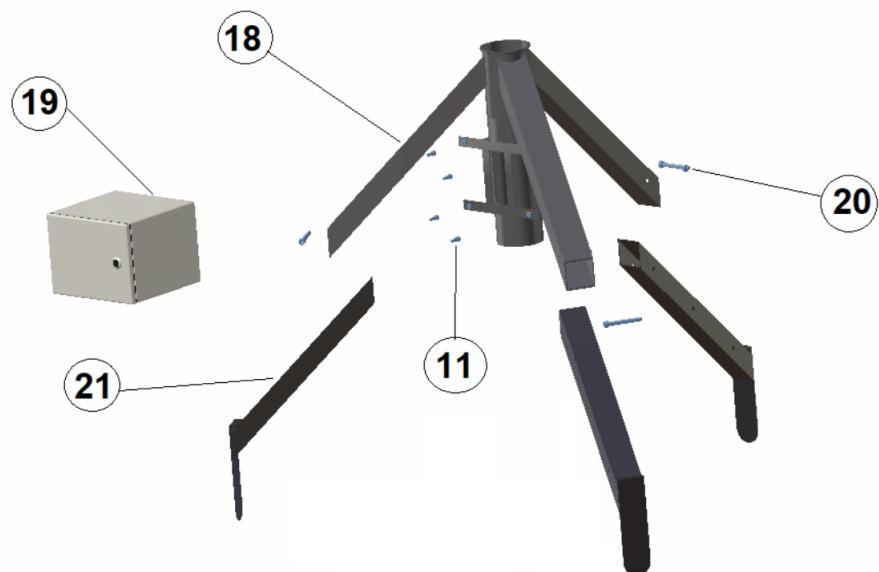
- Os três pés são conectados ao tubo pelo tripé central com auxílio de parafusos, conforme especificação (página 12);
- A caixa da bateria é conectada ao tubo do tripé por meio de parafusos e porcas especificados (página 12);
- Os sensores são encaixados nos furos da tampa inferior;
- A tampa inferior, já conectada à broca será conectada ao tubo principal (página 10) por meio de parafuso transpassado.



Página 11

Figura 132 – Manual de Montagem - página 11

Identificação das peças da base



Número identificador	Elemento	Número de peças
18	Tripé central	1
19	Caixa da bateria	1
20	Parafuso M8x70 Sextavado Interno	3
21	Base do tripé	3

Encaixe final



Observação:

As estações são muito semelhantes, portanto, para a estação Solo são realizados os mesmos procedimentos, desconsiderando-se alguns itens que estão presentes somente na estação Clima-Solo.

MANUTENÇÃO

Componentes eletrônicos e estrutura em geral:

- A manutenção do sistema eletrônico é focada principalmente nos sensores. A vida útil de um sensor pode variar dependendo das diversas intempéries climáticas de onde estão instalados e também da frequência de manutenção;
- É de extrema importância verificar todos os cabos dos sensores e módulo gsm, se estão conectados de forma adequada, a fim de evitar rompimentos e até mesmo soltura dos cabos;
- É importante checar a solda da PCB, para saber se não houve algum curto circuito de sobretensão ou ferrugem devido a mudanças climáticas. Checar a caixa distribuidora com maior frequência em períodos chuvosos, pois, podem ocorrer infiltrações ao longo do tempo que prejudicam o funcionamento da mesma;
- Em caso de funcionamento inadequado, realizar a troca de quaisquer outros componentes.

A seguir a tabela ilustra o plano de manutenção da estrutura e dos componentes eletrônicos.

Componente	Período	Manutenção periódica	Procedimento
Sensor de umidade e de ph do solo	2 a 3 meses	Limpeza nas superfícies afundadas no solo e, em caso de desgaste, efetuar a troca.	Utilizar um pano úmido para retirar o excesso de terra e após passar um pano seco removendo qualquer resíduo.
Anemômetro	3 meses, ou em caso de ocorrências climáticas adversas.	Verificar se há acumulo de poeira ou quaisquer resíduos nas hélices do anemômetro.	Para limpeza use um pano levemente umedecido e sabão neutro, não molhe nem utilize qualquer tipo de solvente.
Pluviômetro	3 meses, ou em caso de ocorrências climáticas adversas.	Verificar quanto ao acúmulo de folhas, insetos e poeira que podem entupi-lo e prejudicar as medições.	Desparafusar o funil da base e remover o filtro de dentro do funil, lavar as telas com escova e água limpa.
Sensor de pressão, umidade e temperatura ambiente	6 meses	Verificar o funcionamento do sensor BME280	Realizar medições de resistência em seus terminais por meio de um ohmímetro e comparar os dados obtidos com os dados técnicos do datasheet.
módulo gsm	6 meses	Verificar se os dados transmitidos estão sendo transmitidos e recebidos pelo website.	Substituição em caso de mal funcionamento.

Página 14

Figura 135 – Manual de Montagem - página 14

Manutenção

Continuação da tabela de manutenção dos componentes eletrônicos:

Componente	Período	Manutenção periódica	Procedimento
Esp32	6 meses	Verificar o acúmulo de poeira e impurezas.	Utilizar um pano seco ou um pincel para limpar toda camada de poeira que estiver sobre a mesma.
Verificação estado dos conectores e PCB	6 meses	Inspeção visual	Trocar se necessário
Parafusos e porcas	6 meses	Lubrificação	Aplicação de óleo lubrificante e anticorrosivo
Tampas de poliuretano	Anual	Inspeção visual.	Trocar se necessário
Verificação do anel de vedação	6 meses ou 2 anos	Inspeção visual	Trocar se necessário
Estrutura completa	Sempre que desmontada	Lavagem completa	Lavagem com água em abundância e detergente multiuso

Sistema de alimentação:

- Com a finalidade de garantir o bom funcionamento, a vida útil dos componentes e evitar falhas no funcionamento do painel solar, deve-se realizar a manutenção preventiva no sistema de alimentação nas estações do A2P2.
- Antes de realizar alguma modificação na instalação ou trocas de algum componente do sistema de alimentação, desenergizar o mesmo para evitar o risco de choques elétricos, curtos-circuitos accidentais e ocorrência de arcos elétricos.
- A desenergização do sistema de alimentação implica na desconexão do painel solar ao cobrir a superfície do painel com uma cobertura opaca, e do banco de baterias ao abrir a chave seccionadora geral.
- Recomenda-se o uso de ferramentas isoladas com revestimento não condutivo de plástico resistente.
- Nunca colocar ferramentas ou outros objetos metálicos sobre as baterias para evitar curto-circuito.

Manutenção

A tabela seguir ilustra uma relação de possíveis problemas relacionados com o período de manutenção e suas respectivas medidas corretivas, caso ocorram.

Causa	Manutenção Preventiva	Manutenção Corretiva
Dispositivos de proteção e seccionamento (chaves, fusíveis, disjuntores) abertos, danificados ou desconectados; cabeamento rompido ou oxidado; conexões frouxas ou oxidadas	Implementar um Sistema de Monitoramento, a fim de detectar possíveis defeitos, com inspeção visual periódica de 6 meses *Efetuar a troca do painel fotovoltaico há cada 25 anos	Fechar chaves, substituir fusíveis (determinar o motivo pela qual os dispositivos de proteção, como fusíveis, disjuntores etc., estão aberto, danificados ou desconectados antes de substituí-los ou montá-los novamente); reparar ou substituir o cabeamento danificado. Apretar a limpar as conexões. Remover a causa do sombreamento Reparar as interconexões Substituir o módulo Esperar por tempo ensolarado Limpar o módulo Corrigir a orientação e/ou inclinação
Módulos sombreados		
Interconexões do gerador quebradas ou oxidadas		
Módulo danificado ou defeituoso		
Baixo nível de irradiação solar disponível		
Módulo sujo		
Orientação e/ou inclinação incorreta do gerador		
Uso excessivo de energia (cargas acima das previstas ao dimensionamento do sistema, cargas ligadas por tempo superior ao previsto no dimensionamento, cargas muito potentes, instalação da bateria a grandes distâncias, níveis de irradiação abaixo dos previstos no dimensionamento)	Implementar um Sistema de Monitoramento, a fim de detectar possíveis defeitos, com inspeção visual periódica de 6 meses.	Reducir às potências das cargas (manter às cargas previstas no dimensionamento), explicar ao usuário às limitações do sistema em termos de potência do painel fotovoltaico. Desligar às cargas e recarregar a bateria.
Coneções da bateria frouxas ou oxidadas		Apertar as conexões que estiverem frouxas e limpar as oxidadas
Elevada taxa de autodescarga na bateria		Substituir bateria
Bateria operando com altas temperaturas		Isolar o compartimento da bateria e/ou fornecer ventilação adequada
Envelhecimento precoce		Substituir a bateria