



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

Sistema Portátil de Irrigação por Aspersão Automatizado

Professores: Alex Reis, Guillermo Alvarez, Ricardo Chain,
Rhander Viana e Sébastien Rondineau

Brasília, DF

2019



Arthur Faria, Bruna Pinos, Davi de Alencar, Dhiemerson S. Amorim, Fábio
Barbosa, Guilherme Augusto, Guilherme Guimarães, Josué Bonfim, João
Victor, Marcos Paulo, Rafael Marques, Thiago Miranda, Vitor Falcão

Sistema Portátil de Irrigação por Aspersão Automatizado

Relatório técnico referente ao projeto Sistema Portátil de Irrigação por Aspersão Automatizado, no âmbito da disciplina Projeto Integrador de Engenharia 2.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Alex Reis, Guillermo Alvarez, Ricardo Chain, Rhander Viana
e Sébastien Rondineau

Brasília, DF

2019

Arthur Faria, Bruna Pinos, Davi de Alencar, Dhiemerson S. Amorim, Fábio Barbosa, Guilherme Augusto, Guilherme Guimarães, Josué Bonfim, João Victor, Marcos Paulo, Rafael Marques, Thiago Miranda, Vitor Falcão

Sistema Portátil de Irrigação por Aspersão Automatizado/ Arthur Faria, Bruna Pinos, Davi de Alencar, Dhiemerson S. Amorim, Fábio Barbosa, Guilherme Augusto, Guilherme Guimarães, Josué Bonfim, João Victor, Marcos Paulo, Rafael Marques, Thiago Miranda, Vitor Falcão. – Brasília, DF, 2019-

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

Projeto Integrador 2 – Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA , 2019.

1. Sprinkler. 2. Irrigador. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Sistema Portátil de Irrigação por Aspersão Automatizado

Listas de ilustrações

Figura 1 – Aspersor irrigando um jardim (CONSTRUINDODECOR, 2016)	18
Figura 2 – Exemplo de sistema de irrigação por aspersão (FERREIRA, 2015)	18
Figura 3 – Features dispostas de acordo com Épicos - Sistema de Software	23
Figura 4 – Histórias de Usuário - Sistema de Software	23
Figura 5 – Caso de Uso - WebApp	24
Figura 6 – Carro plataforma adquirido para o projeto, com capacidade de carga de 200 kg Fonte ()	29
Figura 7 – CAD do carro plataforma concebido para o projeto	29
Figura 8 – Solução para fixação dos componentes	31
Figura 9 – Estrutura metálica fabricada	32
Figura 10 – Vista lateral da estrutura metálica completa, já fixada na plataforma .	33
Figura 11 – Carro plataforma adaptado	34
Figura 12 – Central de comando de PETG impressa em 3D	35
Figura 13 – Módulo medidor de PETG impresso em 3D.	35
Figura 14 – Corrente de Projeto Corrigida	37
Figura 15 – Queda de Tensão	38
Figura 16 – Diagrama Multifilar - Força e Comando	39
Figura 17 – Layout para Circuito de Alimentação da Central de Controle	43
Figura 18 – Layout para Circuito de Alimentação do Sistema de Atuadores	43
Figura 19 – Layout para Circuito do Sistema de Atuadores	44
Figura 20 – Layout para Circuito de Comunicação do Sistema de Atuadores	44
Figura 21 – Layout para Circuito dos Módulos Medidores	45
Figura 22 – Representação da arquitetura Mestre-Escravo com várias centrais	47
Figura 23 – Representação da arquitetura de microsserviços	48
Figura 24 – Exemplo de gráficos gerados pelo Kibana (TAIS..., 2017)	49
Figura 25 – Diagrama de Arquitetura - Sistema de Software	50
Figura 26 – Diagrama de Banco de Dados - Diagrama Entidade-Relacionamento .	50
Figura 27 – Diagrama de Banco de Dados - Diagrama Lógico	51
Figura 28 – Protótipo da tela de Login - Irri	51
Figura 29 – Protótipo da tela de Cadastro - Irri	52
Figura 30 – Protótipo da tela de Central - Irri	52
Figura 31 – Protótipo da tela de Zonas - Irri	53
Figura 32 – Protótipo da tela de Zonas e Informações - Irri	53
Figura 33 – Interfaces de <i>Login</i> e <i>Signup</i>	56
Figura 34 – Interfaces de <i>controllers</i> e associação de <i>controllers</i>	56
Figura 35 – Interfaces das zonas e das medições	57

Figura 36 – Tabela de nível de precipitação para cada tipo de clima (RAINBIRD, 2008)	59
Figura 37 – Estrutura Analítica do Projeto Irri - Ponto de Controle 1	80
Figura 38 – Estrutura Analítica do Projeto Irri - Ponto de Controle 2	81
Figura 39 – Estrutura Analítica do Projeto Irri - Ponto de Controle 3	82
Figura 40 – Estrutura Analítica do Projeto Irri - Ponto de Controle 4	82
Figura 41 – Estrutura Analítica do Projeto Irri	83
Figura 42 – Cronograma - Ponto de Controle 1	84
Figura 43 – Cronograma - Ponto de Controle 2	85
Figura 44 – Cronograma - Ponto de Controle 2 (Continuação)	85
Figura 45 – Cronograma - Ponto de Controle 3	86
Figura 46 – Cronograma - Ponto de Controle 4	86
Figura 47 – Cronograma - Ponto de Controle 4 (Continuação)	86
Figura 48 – Softgoal Interdependency Graph - Sistema de Software	95
Figura 49 – Diagrama de Sequência - Sistema de Software	97
Figura 50 – Arquitetura geral do sistema	99
Figura 51 – Arquitetura Distribuída do sistema	100
Figura 52 – Arquitetura de microserviços	100
Figura 53 – Logo Django	101
Figura 54 – Fluxo arquitetural do Django	101

Lista de tabelas

Tabela 1 – Espaçamento do aspersores em função da velocidade do vento (EM-BRAPA, 1983)	15
Tabela 2 – <i>M-Factor</i> para pontos de teste	42
Tabela 3 – Custos preliminares	62
Tabela 4 – Riscos	65
Tabela 5 – Riscos	77
Tabela 7 – Lista É/Não é	87

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
2	PROBLEMÁTICA	12
2.1	Justificativa	12
2.2	Objetivos	13
2.2.1	Objetivos Gerais	13
2.2.2	Objetivos Específicos	13
2.3	Dimensionamento de um sistema de irrigação por aspersão	13
2.3.1	Influência do clima	14
2.3.2	Influência do vento	14
2.3.3	Descrição do sistema	15
2.3.3.1	Componentes do sistema	15
2.3.3.2	Motobomba	15
2.3.3.3	Tubulações	16
2.3.3.4	Aspersores	16
2.3.3.5	Dispositivos acessórios	18
3	REQUISITOS	19
3.1	Requisitos do Sistema	19
3.2	Requisitos dos Subsistemas	19
3.2.1	Requisitos Estruturais	19
3.2.2	Requisitos de Engenharia de Energia	20
3.2.3	Requisitos de Engenharia Eletrônica	20
3.2.4	Requisitos de Engenharia de Software	22
3.2.4.1	Backlog do Produto	23
3.2.4.2	Requisitos não-funcionais	24
4	PREMISSAS E RESTRIÇÕES	25
4.1	Premissas	25
4.2	Restrições	25
5	SOLUÇÃO	26
5.1	Escopo	26
5.2	Lista É/Não é	27
6	SOLUÇÃO ESTRUTURAL	28
6.1	Carro Plataforma	28

6.2	Central de comando	34
6.3	Módulos medidores	35
6.4	Centro de gravidade e rollover do carro plataforma	35
7	SOLUÇÃO DE ENERGIA	36
7.1	Solução Hidráulica	36
7.1.1	Teste da bomba hidráulica	36
7.2	Solução de Alimentação	36
7.2.1	Dimensionamento de Cabo	36
7.2.2	Diagrama Multifilar	38
7.2.3	Quadro Elétrico	39
8	SISTEMA ELETRÔNICO	40
8.1	Módulos Medidores	40
8.1.1	Sistema de Sensoriamento dos Módulos Medidores	40
8.2	Sistema de Atuadores	40
8.2.1	Sensoriamento - Sensores de Nível	40
8.2.2	Sensoriamento - Sensor de Fluxo FS400A	41
8.3	Central de Controle	42
8.4	Integração	42
8.4.1	Projeto de PCBs	42
9	SISTEMA DE SOFTWARE	46
9.1	Representação arquitetural preliminar	46
9.1.1	Mestre-Escravo	46
9.1.2	Microsserviços	46
9.2	Solução Arquitetural	49
9.2.1	Documento de Arquitetura	49
9.2.2	Diagrama de Classes	49
9.2.3	Diagrama de Sequência	50
9.2.4	Diagrama de Banco de Dados	50
9.2.5	Interface com usuário	51
9.2.6	Protocolos de Comunicação	54
9.2.6.1	Protocolo de Comunicação entre o Serviço Central e a Central Controladora	54
9.2.6.2	Protocolo de Comunicação entre os microsserviços e o Serviço Central	54
9.3	Construção	55
9.3.1	WebApp	55
9.3.2	IrriBerry	57
9.3.3	Algoritmo de análise dos dados coletados	58
9.3.3.1	Weather Service - Serviço de coleta de dados climáticos	58

9.3.3.2	Central Service - Módulo de análise da irrigação	59
9.3.3.3	Controller Simulator	60
10	CUSTOS	62
11	RISCOS	63
11.1	Análise quantitativa dos Riscos	63
11.2	Planejamento de Respostas dos Riscos	64
11.2.1	Riscos Negativos	64
11.2.1.1	Prevenção	64
11.2.1.2	Transferência	64
11.2.1.3	Mitigação	64
11.2.1.4	Aceitação	64
11.3	Descrição dos Riscos	65
12	CONSIDERAÇÕES	72
	REFERÊNCIAS	73
	APÊNDICES	75
	APÊNDICE A – TERMO DE ABERTURA DE PROJETO	76
A.1	Descrição do Projeto	76
A.2	Propósito e Justificativa	76
A.3	Objetivos	76
A.4	Requisitos	76
A.5	Riscos	77
A.6	Marcos do Projeto	78
A.7	Partes Envolvidas	79
A.8	Gerência	79
	APÊNDICE B – ESTRUTURA ANALÍTICA DE PROJETO	80
B.1	Estrutura Analítica por ponto de controle	80
	APÊNDICE C – CRONOGRAMA	84
C.1	Cronograma de Tarefas	84
	APÊNDICE D – LISTA É/NÃO É	87
	APÊNDICE E – DESENHOS TÉCNICOS DA ESTRUTURA	88
	APÊNDICE F – SOLUÇÃO DE SOFTWARE	95

F.1	Softgoal Interdependency Graph	95
F.2	Diagrama de Sequência	97
 APÊNDICE G – DOCUMENTO DE ARQUITETURA		98
G.1	Introdução	98
G.1.1	Finalidade	98
G.1.2	Escopo	98
G.1.3	Visão Geral	98
G.1.4	Definições, Acrônimos e Abreviações	99
G.2	Representação da Arquitetura	99
G.2.1	Diagrama de Relações	99
G.2.2	Tecnologias	101
G.2.2.1	Django	101
G.2.2.2	VueJS	101
G.2.2.3	Quasar	102
G.3	Metas e Restrições de Arquitetura	102
 APÊNDICE H – SIMULADOR CENTRAL DE CONTROLE		103
H.1	Objetivo	103
H.1.1	Dados de cada módulo medidor	103
H.1.2	Medidas do atuador	103
H.1.3	Medidas da coleta dos módulos medidores	103
H.2	Como utilizar?	104
H.2.1	Ambiente de desenvolvimento	104
H.3	Endpoints	104
H.3.1	/modules/	104
H.3.2	/module_measurements/	105
H.3.3	/actuator_measurements/	105
 APÊNDICE I – CENTRAL SERVICE: API DE COMUNICAÇÃO CENTRAL/INTERFACE		106
I.1	Objetivo	106
I.2	Como utilizar?	106
I.2.1	Ambiente de desenvolvimento	106
I.3	Endpoints	107
I.3.1	Usuários	107
I.3.1.1	SignUp	107
I.3.1.2	Login	107
I.3.2	Controladoras	107
I.3.2.1	Criação de Controladoras	107

I.3.2.2	Coleta de dados de cada controller	108
I.3.2.3	Coleta de dados das controladoras de um usuário específico	108
I.3.3	Módulos	108
I.3.3.1	Criação dos módulos medidores	108
I.3.3.2	Coleção de todos os módulos medidores de uma controller	109
I.3.3.3	Coleção de todos os módulos medidores de um usuário	109
I.3.4	Zonas	109
I.3.4.1	Criação de zona	109
I.3.4.2	Coleção das zonas associadas à controladora	109
I.3.5	Medições	110
I.3.5.1	Medidas dos atuadores	110
I.3.5.2	Medidas dos módulos medidores	110
APÊNDICE J – SERVIÇO DE DADOS METEOROLÓGICOS . . .		111
J.1	Dados disponíveis	111
J.2	Dados meteorológicos atuais	111
J.3	Previsão dos dados meteorológicos	112
J.4	Referências	113

1 Introdução

O Cerrado, conhecido também como Savana Brasileira, é o segundo maior bioma do Brasil, abrangendo uma área de mais de 1,5 milhões de km^2 . O bioma é composto por vários ecossistemas, tais como cerrado, cerradão, campestre, floresta de galeria e cerrado rupestre. (KLINK; MACHADO, 2005)

O solo do Cerrado geralmente é profundo, azonados, avermelhados ou vermelho amarelado, porosos, permeáveis e bem drenados, portanto, são desgastados. O teor de matéria orgânica é baixo, entre 5 a 3%. É bastante ácido, com pH numa média de 4 a 5 e está associada a alta concentração de íons Al^{3+} , Fe e Mn . (ANDRADE; STONE, 2009)

Seu clima predominante é o Tropical Sazonal, com inverno seco. A média da temperatura anual é de 25°C, podendo chegar a 40°C nos meses de agosto e setembro e a 10°C. A precipitação anual está em média entre 1200mm e 1800mm com estação chuvosa entre meados da primavera e meados do outono, sendo dezembro e janeiro os meses mais chuvosos. O período de estiagem compreende os meses de maio a setembro, onde o índice pluviométrico pode chegar a zero. Para que seja possível o plantio, é necessário uso de adubagem e irrigação.

Irrigação é o conjunto de técnicas pela qual é possível o deslocamento de água no tempo e no espaço para a transformação das possibilidades agrícolas de uma área, visando corrigir a distribuição natural das chuvas. (BERNARDO, 1989)

Constituindo uma técnica que proporciona alcançar a máxima produção, em complementação às demais práticas agrícolas, a irrigação tem sido alvo de considerável interesse, principalmente nas regiões Nordeste e Centro-Sul do Brasil. De fundamental importância para a produção agrícola em regiões áridas, a irrigação vinha sendo constantemente relegada a um plano inferior nas regiões onde, sob certas condições, a precipitação natural permitia que as culturas se desenvolvessem e produzissem normalmente. (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000)

Sendo assim, o presente estudo busca a construção de um sistema automatizado e instrumentado portátil que realize a irrigação a partir dos dados de umidade do solo, temperatura sob a superfície e umidade do ar de maneira otimizada.

2 Problemática

O sistema atual empregado para realizar a irrigação do gramado da Universidade de Brasília Campus Gama é o método por aspersão tratado de forma simples, . Esse método é realizado de forma pontual por meio de gotas que caem diretamente sobre o solo.

A técnica atual empregada é altamente recomendável para áreas em que é necessário assegurar que as plantas naquele local recebam água suficiente durante toda a sua vida([CONSTRUINDODECOR, 2016](#)).

Sendo assim, o atual sistema empregado para realizar a irrigação de forma eficiente do gramado se mostra ineficiente. Isso porque, a técnica utilizada não atende de forma uniforme e controlada.

Logo, se faz necessário a utilização do método por aspersão, este por sua vez é uma técnica em que é feita a divisão de um ou mais jatos de água em uma grande quantidade de pequenas gotas no ar, estas caem sobre o solo como uma chuva artificial ([IRRIGAÇÃO, 2016](#)).

Portanto, para cobrir uma área em torno de $400m^2$ o método por aspersão se mostra altamente eficiente, dado que este método não necessita de um processo de sistematização do terreno, disponibilidade de irrigar uma maior área além de não causar erosão no solo([IRRIGAÇÃO, 2016](#)).

Dado isso, o sistema de irrigação por aspersão portátil, aqui proposto, vem solucionar a falta de controle da irrigação do gramado. Por meio de um sistema integrado, objetiva-se obter dados do solo, umidade e temperatura a fim de proporcionar uma irrigação automatizada minimizando custos a longo prazo e o bom desenvolvimento do gramado.

2.1 Justificativa

O projeto foi concebido com o objetivo de elevar a eficiência do sistema de irrigação do Campus Gama da Universidade de Brasília (UnB), promovendo a criação de um sistema portátil e automatizado de irrigação por aspersão.

A técnica de irrigação atualmente empregada no Campus consiste na irrigação por microaspersão, através de mangueiras semelhantes à fitas com pequenos furos, realizados à laser, produzindo microjatos de água que regam de maneira uniforme, diretamente relacionado com o raio de alcance de cada mangueira. ([SANTENO, 2019](#))

Apesar da facilidade de montagem e do baixo custo, é necessário haver um monitoramento controlado para evitar o desperdício de água e a danificação do plantio e do solo. (?) Além disso, em áreas abertas com ventos muito fortes e com diversos fatores climáticos, existe a tendência de haver perda de água na área a ser irrigada, pois não há uma maneira viável de evitar tais contratempos. (RADAELLI, 2016)

Com a realização do projeto proposto, será implementado um sistema de irrigação por aspersão capaz de irrigar uma área de aproximadamente $400\ m^2$ do gramado do Campus, o qual permite que seja efetuada uma irrigação homogênea e eficaz do terreno, sem qualquer necessidade de interferência manual ou mudança de posição dos aspersores, através da automatização deste processo, levando em conta todos os fatores climáticos adversos.

Logo, o projeto tem como princípio estabelecer uma solução para reduzir os gastos com água na irrigação do Campus, além de evitar o gasto desnecessário de tempo e mão de obra neste processo.

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivos Gerais

O projeto traz a solução para o uso equivocado de água da irrigação através do monitoramento e da automatização do processo de irrigação, agendando e tomando decisões autônomas, a partir de dados coletados pelos módulos medidores. Evitando assim, o uso escasso ou excessivo de água para os casos de uso de irrigação por aspersão.

2.2.2 Objetivos Específicos

- Irrigar uma área de aproximadamente $400m^2$ composta por grama e vegetações rasteiras nas proximidades do UnB-Campus Gama.
- Integrar dados coletados com fontes externas provendo garantindo uma melhor tomada de decisão no processo de irrigação.
- Prover uma base de dados sólida para *BI*.
- Fomentar soluções inteligentes para o UnB - Campus Gama.

2.3 Dimensionamento de um sistema de irrigação por aspersão

Segundo (SOARES, 1986) o dimensionamento de um sistema de irrigação por aspersão deve ser fundamentado em dados tais como: cultura do terreno, características

físico-hídricas do solo, quantidade e qualidade da água disponível para a irrigação, clima e topografia. Fatores econômicos e de manejo do terreno também devem ser considerados, a exemplo da eficiência de aplicação, práticas culturais, tempo disponível para irrigação, entre outros.

2.3.1 Influência do clima

Em um bioma tão extenso como o cerrado, deve-se atentar às diferentes variáveis que podem interferir na eficiência do processo de irrigação por aspersão. Dentre essas variáveis estão a temperatura e a umidade do ar, que facilitam o processo de evaporação das gotas de água, que por sua vez acarretam na perda de eficiência do sistema.

O cerrado é um bioma onde predomina o clima seco, altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, características que afetam negativamente o sistema de irrigação por aspersão, porém pode-se fazer uma análise das condições climáticas no local de irrigação, com o objetivo de minimizar as perdas por fatores ambientais.

Através de registros climáticos encontrados facilmente na internet, pode-se fazer tal análise em busca do período ideal de irrigação. Outro aspecto importante ao considerar esse tipo de irrigação é o tipo de solo. A Região Administrativa do Gama apresenta solos, em sua maioria, ácidos e com baixa fertilidade, predominando solos com horizonte B dos tipos câmbico, latossólico e textual([GEOGRAFIAGAMA, 2014](#))

Em geral esse tipo de solo de cerrado apresenta uma boa taxa de infiltração no solo, sendo adequado a utilização da irrigação por aspersão.

2.3.2 Influência do vento

A velocidade e a direção de incidência do vento em relação ao eixo de deslocamento do aspersor são variáveis importantes para definir o espaçamento que esses deverão estar um dos outros. Pois, os aspersores aplicam mais água perto dele do que na periferia de sua área molhada, sendo assim, surge a necessidade de planejar a distância dos aspersores a fim que ocorra uma sobreposição entre um jato de um e outro adjacente ([EMBRAPA, 1983](#))

O objetivo desta sobreposição é obter uma uniformidade de distribuição, para isso é preciso conhecer a velocidade do vento para realizar de forma adequada o dimensionamento.

A Tabela 1 abaixo retrata a velocidade do vento em função do espaçamento que os aspersores devem ser alocados.

Tabela 1 – Espaçamento do aspersores em função da velocidade do vento ([EMBRAPA, 1983](#))

Velocidade do vento (Km/h)	Espaçamento dos aspersores menor que
Pouco ou nenhum vento	65% do diâmetro do jato
Até 9,5	60% do diâmetro do jato
Até 12,5	50% do diâmetro do jato
Acima de 12,5	40% do diâmetro do jato

De posse do alcance do jato, fornecido pelo fabricante, taxa de aplicação, pressão e espaçamento obtém-se os aspersores fornecidos pelo fabricante ([EMBRAPA, 1983](#)).

Em suma, para diminuir os efeitos do vento é preciso diminuir o espaçamento entre os aspersores acarretando no aumento da uniformidade de distribuição e consequentemente no aumento da precipitação.

Além disso, pesquisas indicam que quando a incidência do vento passa de perpendicular para paralelo os efeitos prejudiciais da velocidade do vento aumentam ([CONSTRUINDODECOR, 2016](#)).

2.3.3 Descrição do sistema

2.3.3.1 Componentes do sistema

O sistema de irrigação por aspersão convencional é constituído essencialmente por quatro componentes principais, são eles: O conjunto motobomba, as tubulações, os aspersores e os dispositivos acessórios. Cada um desses componentes desempenham funções específicas dentro do sistema como um todo, as quais serão descritas a seguir.

2.3.3.2 Motobomba

No que diz respeito à irrigação por aspersão, são majoritariamente utilizadas as bombas centrífugas de eixo horizontal. Estas, por sua vez, detêm a função de captar a água advinda da fonte ou reservatório para o suprimento do sistema de aspersores ([KNIES, 2010](#)). Um motor é também acoplado à bomba para a transferência de potência, podendo o mesmo ser elétrico ou à combustão.

Para o perfeito funcionamento do sistema de irrigação, o conjunto motobomba deve ser dimensionado de modo que haja vazão suficiente ao sistema à altura manométrica requerida, isto é, fornecendo a pressão correta na água que escorre pelas tubulações. Em sistemas que utilizam a gravidade para auxiliar no aumento de pressão, a altura de

elevação da água, desde a fonte até a área a ser irrigada, compreende um dos fatores primordiais associados à redução do consumo de energia, uma vez que, quanto mais elevada a altura do manancial, menor será o consumo de energia do motor para pressurizar a água nos condutos. Com isso o sistema se beneficiará com o aumento da eficiência energética.

2.3.3.3 Tubulações

As tubulações nesses sistemas detém a função de conduzir a vazão necessária desde o conjunto motobomba até os aspersores, e são classificadas de acordo com sua distribuição no terreno em: linha principal, linhas secundárias e linha lateral.

Linha principal: Consiste na tubulação responsável por conduzir a água bombeada pela conjunto motobomba até as linhas secundárias ([KNIES, 2010](#)) .O material que a constitui é escolhido de acordo com a dimensão do módulo (terreno) irrigado, bem como o grau de mobilidade dessa tubulação. Em sistemas de tamanho reduzido, a tubulação é geralmente móvel, sendo comumente empregados tubos de alumínio, aço galvanizado ou PVC rígido, dotados de engate rápido. Em projetos de irrigação de grande escala, por outro lado, podem ser utilizados tubos de ferro fundido, aço, cimento amianto, etc ([SOARES, 1986](#)).

Linhas secundárias e lateral: As linhas laterais compreendem as tubulações que levam a água até os aspersores, alimentadas pelas linhas secundárias ou pela linha principal. As linhas secundárias, por sua vez, são alimentadas pela linha principal e a instalação delas entre a linha principal e as linhas laterais é opcional, e fica a critério de quem efetuará o dimensionamento da irrigação. De um modo geral, essas tubulações apresentam elevada mobilidade, com o objetivo de haver redução de custos e investimentos.

Podem ser constituídas de alumínio, aço galvanizado e PVC rígido, dotados de engate rápido. Os tubos de alumínio são mais leves que os de aço e são resistentes à oxidação, porém são mais caros em relação aos demais. Os tubos de aço galvanizado resistem a pressões maiores (50 atm), mas são mais pesados para o transporte. Os tubos de PVC rígido são leves e altamente portáteis (fáceis de transportar), possuem preços relativamente competitivos em tubos com diâmetro inferior a 4”, não oxidam, porém possuem uma pressão máxima de trabalho de 7,5 atm ([SOARES, 1986](#)).

2.3.3.4 Aspersores

Os aspersores compreendem as principais peças do sistema, uma vez que são responsáveis pela distribuição da água sobre o terreno na forma de chuva. Sua classificação é dada de acordo com seu funcionamento, pressão de operação, ângulo de inclinação e número de bocais ([KNIES, 2010](#)), e é descrita a seguir por cada categoria:

Funcionamento:

Rotativos: aspersores de giro completo (360°); Setoriais: cobrem apenas uma porção do terreno, oscilando em um ângulo específico definido previamente.

Angulo de inclinação do jato:

Inclinação usual entre 25° e 30° ; Subcopia com ângulo de 6° .

Número de bocais:

Um, dois ou três bocais, com diâmetro variando entre 2 e 30 mm.

Pressão de operação:

Baixíssima pressão - 10 a 100 KPa;

Baixa pressão - 100 a 250 KPa;

Média pressão - 250 a 500 KPa;

Alta pressão - maior que 500 KPa;

Entre os principais fatores de escolha de aspersores, destaca-se a intensidade de precipitação promovida pelos mesmos (decorrente da pressão, diâmetro do bocal e espaçamento). A configuração mais comum do campo a ser irrigado é a retangular, podendo este ser quadrado ou não. A definição do espaçamento entre cada aspersor no terreno se dá conforme as condições de velocidade do vento, sendo na linha 30% a 50% do diâmetro do círculo molhado e até 65% entre as linhas (KNIES, 2010).

O significado e a formulação da intensidade de precipitação, e intensidades média e efetiva são listadas a seguir:

Intensidade de precipitação: Irrigação (chuva) promovida pelo aspersor no tempo, em mm/h. Intensidade de precipitação efetiva: É a irrigação promovida por um único aspersor.

$$I_{EF} = \frac{Q}{A} \frac{m^3/h}{m^2} \rightarrow (mm/h) \rightarrow A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.1)$$

Intensidade de precipitação média: Corresponde à chuva distribuída por uma sistema de irrigação completo (incluindo todos os aspersores).

$$I_{EF} = \frac{Q}{S} \frac{m^3/h}{m^2} \rightarrow (mm/h) \rightarrow S = 1 \times e \quad (2.2)$$



Figura 1 – Aspersor irrigando um jardim (CONSTRUINDODECOR, 2016)

2.3.3.5 Dispositivos acessórios

Os dispositivos acessórios permitem a adaptação do sistema de irrigação por aspersão a qualquer situação topográfica ou de área, de modo a facilitar a montagem de seus componentes (SOARES, 1986). Os mais comuns empregados atualmente consistem no tampão final, haste de subida do aspersor (para o caso de aspersores escamoteáveis), engate rápido para aspersores com válvula de saída, curvas, válvulas de linha, cotovelos de derivação, manômetros, registros de gaveta, derivação em “T”, válvula de retenção, borrachas de vedação, etc (KNIES, 2010).

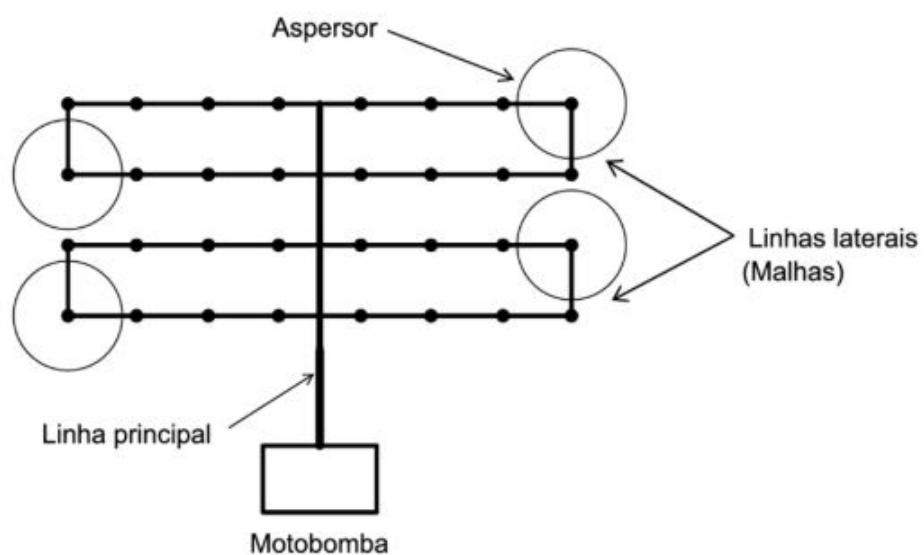


Figura 2 – Exemplo de sistema de irrigação por aspersão (FERREIRA, 2015)

3 Requisitos

3.1 Requisitos do Sistema

Abaixo estão descritos os requisitos de alto nível do sistema:

- O usuário poderá gerenciar o agendamento da irrigação remotamente.
- O usuário poderá gerenciar as centrais de controle remotamente.
- Os atuadores deverão cobrir a irrigação de toda área planejada.
- O usuário poderá analisar a eficiência da irrigação remotamente.
- O sistema deverá propor ao usuário as condições propícias para a irrigação.
- O sistema deverá ser escalável dentro dos limites impostos em hardware.
- O sistema deverá ser portável.

3.2 Requisitos dos Subsistemas

3.2.1 Requisitos Estruturais

- A estrutura deve ser capaz de resistir às condições de umidade e temperatura.
- Os elementos sensíveis à água devem ser isolados e protegidos pela estrutura.
- A estrutura deve ser flexível e leve o suficiente para que haja portabilidade
- A estrutura deve permitir uma boa transmissão do sinal para a central de controle.
- A estrutura deve prover uma iluminação de penumbra (baixo consumo).
- A estrutura deve permitir uma boa transmissão do sinal para a central de controle.
- A estrutura deve ser de fácil instalação.
- Os elementos sensíveis à água devem ser isolados e protegidos pela estrutura.
- A estrutura deve ser otimizada para evitar o desperdício de água.
- A estrutura deve ser capaz de resistir ao peso de seus componentes
- A estrutura deve resistir a pressão da água requerida para o funcionamento.
- O consumo de água do sistema deve ser menor que o consumo atual.

3.2.2 Requisitos de Engenharia de Energia

- O módulo medidor deve ser alimentado por baterias recarregáveis;
- O módulo deve ter autonomia energética de 5 dias;
- O módulo deve ser alimentado também por uma célula fotovoltaica;
- A central de controle deve ser alimentada por meio de fonte de 5 Volts;
- O sistema de atuadores deve ser alimentado por meio de fonte de 3.3 Volts;
- O sistema de atuadores será alimentado por meio da rede elétrica;
- A bomba hidráulica deve ter vazão volumétrica regulável.

3.2.3 Requisitos de Engenharia Eletrônica

A partir do escopo do projeto, foi possível levantar os requisitos dos sistemas eletrônicos, os quais são:

- A central deve controlar os atuadores para irrigação;
- A central deve prover informações em um *display*;
- A central deve ser capaz de exportar dados armazenados;
- A central deverá formatar os dados recebidos dos atuadores;
- A central deve possuir um sistema embarcado;
- A central deve processar as informações provenientes dos módulos de medição;
- A central deve ser capaz de se comunicar com os módulos de medição;
- A central deve ser capaz de se comunicar com a internet;
- A central deve ser capaz de armazenar dados para posterior envio em caso de falha de conexão com a nuvem;
- A central deve ser capaz de detectar falhas de comunicação com os módulos de medição;
- A central deve ser capaz de detectar falhas em sensores nos módulos de medição;
- A central deve ser capaz de detectar falhas de comunicação com os atuadores;
- A central deve alertar ações/medições fora do esperado conforme configuração em relação aos atuadores e módulos medidores;

- A central deverá enviar para o serviço central os dados tratados;
- A central deverá informar para o serviço central o cadastro de novos módulos medidores;
- Ao iniciar uma nova central o serviço central deverá ser notificado;
- Ao receber a resposta da notificação de inicialização, deve-se armazenar em memória não volátil a chave de autenticação;
- Ao receber a resposta da notificação de inicialização, deve-se mostrar em um display a chave de acesso;
- O módulo deve medir a umidade do solo em uma profundidade definida;
- O módulo deve medir a temperatura do solo sob a superfície;
- As medições devem ser adquiridas com um período de 1 minuto, se a irrigação estiver ligada e 10 minutos, caso esteja desligada;
- O módulo deve estimar a capacidade da bateria remanescente;
- O módulo deve ser capaz de se comunicar com a central de comando através de radiofrequências;
- O módulo deve transferir os dados adquiridos para a central via RF;
- Os módulos se comunicam exclusivamente com a central de comando;
- O sistema de atuadores deve processar as requisições provenientes da central de comandos;
- O sistema de atuadores deve mensurar o gasto hídrico;
- o sistema de atuadores deve medir o nível de água no reservatório;
- O sistema deve controlar os atuadores por meio de relês/contadora;
- O sistema deve possuir modos de operação manual e automático;
- O sistema de atuadores deve armazenar os dados adquiridos de gasto hídrico;
- O sistema de atuadores deve ser capaz de se comunicar com a central de comando através de radiofrequências;
- O sistema deve transferir os dados adquiridos para a central de comando através de radiofrequências;
- O sistema de atuadores se comunica exclusivamente com a central de comando.

3.2.4 Requisitos de Engenharia de Software

Como requisitos preliminares dos serviços para comunicação entre as centrais e interface de visualização do sistema, forma levantados os seguintes itens, utilizando a técnica de elicitação Brainstorm.

- O serviço central deve gerar a chave de registro de maneira aleatória ao ser notificada sobre a conexão de uma nova central
- O serviço central deve possuir endpoints para conexão das websockets com a Central
- O serviço central deve manter uma conexão em tempo real com a Central para manter o envio de eventos.
- O serviço central deve enviar para o ElasticSearch os dados recebidos.
- O serviço central deve ter autonomia para decidir o acionamento das tarefas automatizadas ou agendadas.
- O serviço central deve fazer o agendamento das tarefas dos atuadores.
- O ElasticSearch deve configurar a estrutura do documento.
- O ElasticSearch deve armazenar os documentos em um índice.
- O Kibana deve consumir os documentos armazenados no índice do ElasticSearch
- O Kibana deve disponibilizar visualizações para cada dado armazenado no índice do ElasticSearch.
- A aplicação deve gerenciar usuários, que serão separados entre administradores e de negócio.
- A aplicação deve disponibilizar o *status* de cada módulo medidor.
- A aplicação deve disponibilizar o estado de cada central.
- A aplicação deve disponibilizar os dados de cada módulo medidor cadastrado.
- O usuário administrador poderá validar a chave de acesso para adicionar uma nova central.
- O usuário administrador pode gerenciar cada central.
- O usuário administrador pode gerenciar os usuários do sistema.
- A aplicação deve disponibilizar uma interface para gerenciar o agendamento das irrigações.

3.2.4.1 Backlog do Produto

Especificando melhor os requisitos, destrinchamos estes em **Épicos, Features e User Stories**(Histórias de Usuário). Esta estrutura de requisitos são adotadas pelas metodologias ágeis que pautam a metodologia adotada pela equipe.

Os Épicos e Features do sistema de software, com base nos requisitos, se encontram na tabela da figura 3.

Épico		Feature	
ID	Descrição	ID	Descrição
1	Gerenciamento de Irrigação	1	Gerenciamento do acesso a aplicação
		2	Cadastro das centrais de controle
		3	Gerenciamento das centrais de controle
		4	Agendamento de irrigação
2	Coleta de Informação	3	Gerenciamento das centrais de controle
		5	Obtenção de dados de temperatura e umidade
		6	Desenvolvimento da aplicação

Figura 3 – Features dispostas de acordo com Épicos - Sistema de Software

Épico	Feature	User Story	
		ID	Descrição
1	1	1	Eu como usuário desejo fazer o logout da aplicação
		2	Eu como usuário desejo fazer o Login na aplicação para ter acesso às funcionalidades
		3	Eu como usuário desejo fazer o logout da aplicação
	2	4	Eu como usuário administrador desejo cadastrar uma nova central de controle
		5	Eu como usuário administrador desejo visualizar as centrais de controle cadastradas na página inicial
		6	Eu como usuário administrador desejo visualizar os módulos medidores de cada central de controle
	3	7	Eu como usuário administrador consigo deletar uma central de controle
		8	Eu como usuário administrador desejo editar as informações de uma central de controle
		9	Eu como usuário desejo gerar relatório sobre o consumo de cada central de controle
		10	Eu como usuário desejo ligar ou desligar a central a qualquer momento
	4	11	Eu como usuário desejo adicionar uma zona de irrigação a uma central
		12	Eu como usuário administrador consigo realizar um agendamento de irrigação
		13	Eu como usuário administrador desejo visualizar informações sobre os atuadores
		14	Eu como usuário consigo editar/deletar um agendamento
2	3	15	Eu, como serviço central, desejo cadastrar novas centrais controladoras e seus módulos associados.
		16	Eu, como serviço central, desejo cadastrar novas centrais controladoras e seus módulos associados para garantir um bom controle dos equipamentos.
		17	Eu, como serviço central, desejo realizar a coleta dos dados obtidos por cada módulo medidor para atualizar o sistema em tempo real.
		18	Eu como serviço central desejo gerenciar as zonas de irrigação.
		19	Eu como serviço central desejo gerenciar os agendamentos de irrigação.
	5	20	Eu, como servidor central, desejo expor as informações relacionadas aos dados das centrais e dos módulos cadastrados para serem acessados pelo WebApp.
		21	Eu, como servidor central, desejo expor as informações relacionadas aos dados das centrais e dos módulos cadastrados para serem acessados pelo WebApp.
		22	Eu, como servidor central, desejo expor as informações relacionadas aos dados das centrais e dos módulos cadastrados para serem acessados pelo WebApp.
		23	Eu, como servidor central, desejo expor as informações relacionadas aos dados das centrais e dos módulos cadastrados para serem acessados pelo WebApp.
	6	24	Eu, como desenvolvedor, desejo estudar um algoritmo ideal para ativar a irrigação automática, de forma eficiente e automatizada.
		25	Eu, como desenvolvedor, desejo configurar o ambiente de desenvolvimento do serviço para facilitar no processo de criação do código.
		26	Eu, como desenvolvedor, desejo configurar o ambiente de desenvolvimento do serviço para facilitar no processo de criação do código.

Figura 4 – Histórias de Usuário - Sistema de Software

Dos requisitos funcionais, derivou-se o caso de uso geral da aplicação WebApp do produto, que consta na figura 5. Este diagrama tem uma visão geral das ações que o usuário ou o sistema podem tomar.

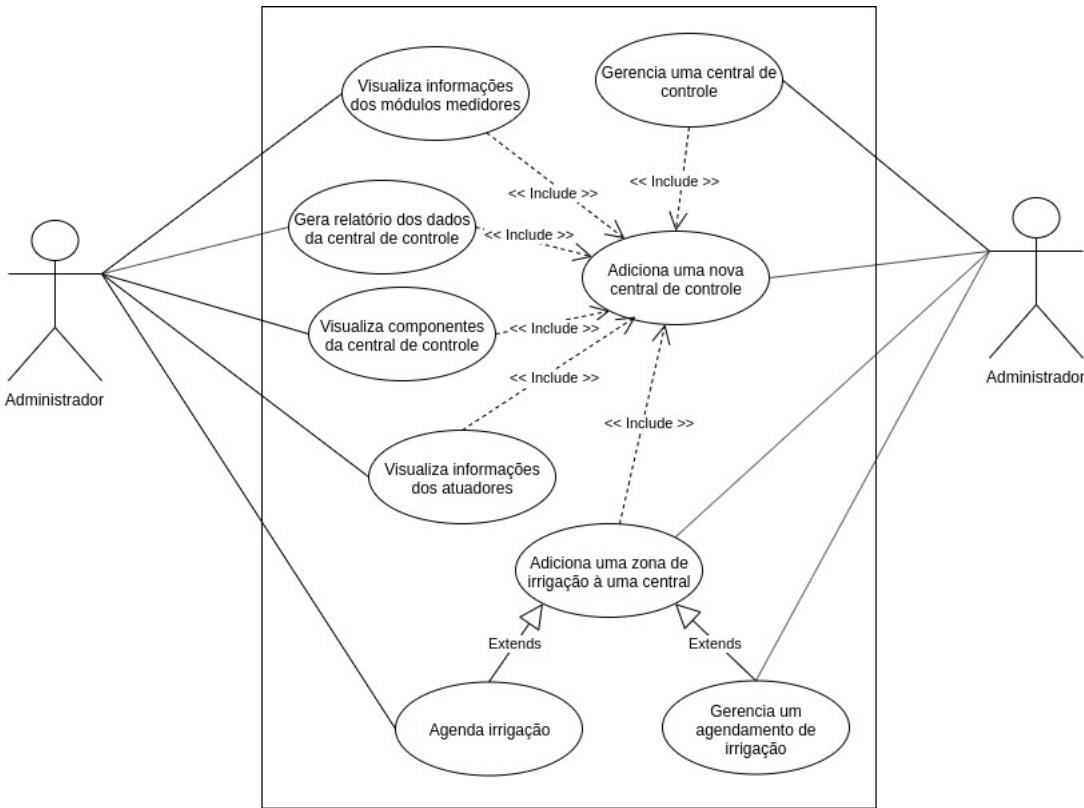


Figura 5 – Caso de Uso - WebApp

3.2.4.2 Requisitos não-funcionais

No levantamento dos requisitos não funcionais do sistema, usamos o *NFR Framework* que traz o Softgoal Interdependency Graph (SIG) como um gráfico que mantem os *softgoals* ou requisitos não funcionais em formas de nuvem e como operacionalizar estes requisitos (??).

Na figura 48, no apêndice F, encontra-se o SIG da aplicação, levando em consideração os requisitos não funcionais de **usabilidade, segurança e eficiência**.

4 Premissas e Restrições

Para a excelência da execução do projeto, restrições e premissas foram levantadas. Estes foram a base para o planejamento do projeto.

4.1 Premissas

- O sistema deve ser portátil;
- Os módulos devem ser resistentes a água;
- O sistema deve se comunicar com a aplicação web;
- O usuário deve ter facilidade na instalação do sistema;
- O gerenciamento do sistema deve ser remoto;
- O usuário deve poder acompanhar os dados dos sistemas;
- O usuário deve ser capaz de adicionar outros sistemas.

4.2 Restrições

- Os integrantes do grupo não terão acesso às instalações físicas do Galpão para produção e construção de elementos do projeto.
- O local de instalação da Central de Controle requer conexão a Internet.
- Os módulos medidores e o sistema de atuadores devem estar dentro do alcance da comunicação de radiofrequência para transmissão de dados.
- O sistema de irrigação requer um ponto de fornecimento de água em suas proximidades.
- O sistema de irrigação requer energia elétrica em suas proximidades.

5 Solução

5.1 Escopo

O projeto compreende de um sistema de irrigação por aspersão com opção de controle remoto, equipado com módulos medidores coletando dados do solo utilizados no processo de irrigação. A estrutura do projeto abrange também um sistema de atuadores para fornecimento de água aos aspersores.

O produto consiste, em sua parte lógica é composto por uma aplicação *mobile* para cada usuário e um conjunto de microsserviços únicos como o servidor de gerenciamento, de interface com o usuário e de coleta de dados.

A composição da solução eletrônica baseia-se no sensoriamento da temperatura e umidade por meio dos módulos presentes na região de irrigação, podendo manter essa rotina mesmo em momentos sem irrigação. Ademais, a solução engloba também o sensoriamento do gasto hídrico no sistema de atuadores e a ativação da irrigação de maneira remota com monitoração adicional do nível de água do reservatório para conter situações de operação adversas. Como elemento integrante entre as partes apresentadas propõe-se o uso de uma central de controle baseada em um sistema embarcado microprocessado para coleta/processamento/armazenamento das informações provenientes desses outros sistemas.

A solução eletrônica visa integrar a estrutura física do projeto juntamente a solução de energia, realizando uma interface analógico-digital com a solução de software.

A comunicação entre a parte física e lógica é feita a partir de duas interfaces providas dentro do servidor de gerenciamento, uma de protocolo *websocket* para comunicação *full-duplex* e uma API REST para envio de dados da central para o servidor. Uma nova conexão entre o usuário e a central é feita a partir de *tokens* de autenticação, enquanto entre o servidor de gerenciamento e a central é feita de maneira automática pois, o servidor está exposto de maneira pública à rede global de computadores.

A aplicação *mobile* abasta o usuário com *data visualization* proveniente de dois dos microsserviços, o Kibana e ElasticSearch, e é apresentada de maneira intuitiva e informativa. Além disso é a responsável por agir como interface de comandos entre o usuário e o servidor de gerenciamento que será responsável por redirecionar os comandos para o dispositivo apropriado.

5.2 Lista É/Não é

A lista É/Não é, que mantém claro o que o projeto Irri abrange, encontra-se no Apêndice D.

6 Solução Estrutural

Assim com foi estabelecido no ponto de controle anterior, a solução estrutural manteve-se dividida em três partes essenciais. A primeira consiste na adaptação de um carro plataforma para o transporte dos componentes mais pesados do sistema, dentre os quais estão um reservatório de água de 70 L, uma bomba hidráulica (ou motobomba), um quadro de energia e os componentes eletrônicos vinculados a estes para alimentação e medição. A segunda e terceira partes compreendem, respectivamente, a impressão 3D das peças relativas à central de comando do sistema e às cápsulas de proteção dos módulos medidores, cujas funções e procedimentos de fabricação serão descritos mais adiante nesta seção.

6.1 Carro Plataforma

A solução de mobilidade proposta por meio da plataforma móvel compreende um sistema de fácil locomoção, cujo papel está em contribuir para o melhor funcionamento do sistema de irrigação e comodidade do usuário final. Nela serão transportados um reservatório de água de 70L, um quadro de energia para o acionamento dos componentes elétricos/eletônicos do sistema, bem como a motobomba responsável pelo bombeamento da água do reservatório aos aspersores posicionados no solo. Para compor a solução foi adquirido um carro plataforma com capacidade de carga de 200 kg, apresentado na Figura 1.



Figura 6 – Carro plataforma adquirido para o projeto, com capacidade de carga de 200 kg Fonte ()

Em sua plataforma, composta essencialmente por compensado de madeira, foram instaladas as estruturas de suporte e afixação de todos os componentes listados no parágrafo anterior, de modo que estes foram parafusados à plataforma de 95 x 60 cm de área e 2 cm de espessura. A estrutura construída foi fabricada de acordo com o CAD representado na Figura 2, em que estão dispostas cada uma das partes do sistema e suas respectivas funções.

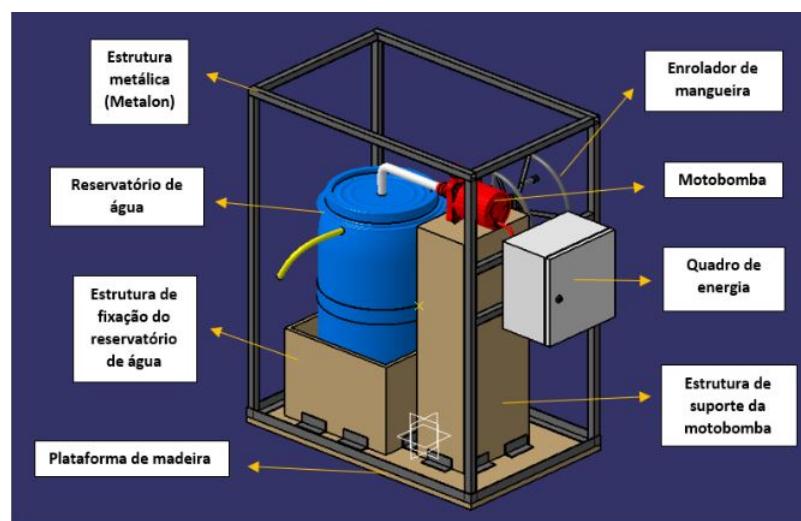


Figura 7 – CAD do carro plataforma concebido para o projeto

Tal como fora descrito no Ponto de Controle 2, o projeto do carro plataforma pensado para o projeto comprehende a fabricação de uma estrutura de metalon, na qual será

fixado o quadro de energia, bem como a construção de estruturas de fixação do reservatório de água e de suporte da motobomba. Foi questionado ao grupo de trabalho na ocasião (Ponto de Controle 2) como seriam transportadas as mangueiras de alimentação e de conexão aos aspersores. Foi então proposta a adição de um enrolador de mangueiras simples na estrutura, que trará comodidade ao usuário no momento em que este desejar mover o sistema de irrigação de uma área para outra, isto é, indo de encontro com o objetivo do projeto. As estruturas de fixação do reservatório de água e de suporte da motobomba foram fabricadas a partir de chapas de MDF (Medium density fiberboard) envernizado, em virtude de sua resistência à umidade, elevada rigidez, facilidade de montagem por parafusamento e baixo custo de aquisição. As dimensões das chapas utilizadas estão dispostas no desenho técnico X representado no Apêndice H. As chapas foram fixadas umas às outras com parafusos de cabeça chata de 3,5 x 40 mm. Já para fixar as chapas de MDF (montadas e parafusadas) na plataforma de compensado de madeira foram utilizadas 8 cantoneiras de 10 cm de comprimento na estrutura de fixação do reservatório, além de 6 cantoneiras (também com 10 cm de comprimento) para o suporte da motobomba. Todas as cantoneiras contém 3,18 mm de espessura de parede e 31,75 x 31,75 mm de dimensão, e receberam 4 parafusos de cabeça chata de 3,5 x 16 mm cada para a fixação das chapas na plataforma. A Figura 3 mostra os componentes de MDF montados e fixados à plataforma a partir das cantoneiras de metalon.



Figura 8 – Solução para fixação dos componentes

A estrutura metálica foi concebida para proteger todos os componentes da plataforma e permitir a fixação do quadro de energia que confere o acionamento da motobomba e de componentes eletrônicos importantes do sistema de irrigação. Ademais, nela ainda foi inserida posteriormente o recolhedor de mangueira outrora mencionado como uma solicitação do Ponto de Controle 2. Por sobre a estrutura metálica, e com o objetivo de proteger da chuva e umidade os componentes responsáveis pelo pleno funcionamento do irrigador automático, tais como o quadro de energia e o recolhedor da mangueira, será utilizada uma lona transparente, a qual é capaz de resistir a água e objetos passíveis de danificar a estrutura interna.

A estrutura foi fabricada a partir de peças tubulares e cantoneiras de metalon. Este material constitui um aço de baixo percentual de carbono (de 0,16 a 0,20 de carbono, a depender do fabricante) de baixo custo, fácil aquisição e usinagem em relação a perfis de ferro e alumínio, por exemplo (ACOPLANO, 2017). Foram utilizados tubos quadrados de 25 x 25 mm e 1,25 mm de espessura de parede e cantoneiras com 3,18 mm de espessura e 31,75 mm de largura e altura. Foram usinadas e posicionadas na vertical quatro hastes tubulares de metalon, todas com comprimento de 110 cm.

Estes tubos foram soldados nos vértices interiores das cantoneiras fixadas na plataforma, as quais formam um perfil retangular com as mesmas dimensões de comprimento e largura da plataforma de madeira, isto é, 95 x 60 cm. As cantoneiras foram usinadas (cortadas) utilizando-se uma serra fita de bancada em perfis de 95 cm e de 60 cm com 45° em sua extremidade, de modo que puderam ser soldadas nessas extremidades para formar o perfil retangular da plataforma de madeira.

O perfil retangular superior da estrutura foi fabricado a partir da usinagem e soldagem de quatro tubos de metalon, sendo dois tubos cortados na serra fita com 95 cm de comprimento e 2 tubos de 55 cm de comprimento. Estes tubos foram soldados uns aos outros para formar o perfil retangular superior, o qual também fora soldado às hastes tubulares verticais. A Figura 4 retrata o resultado obtido para a fabricação da estrutura metálica.



Figura 9 – Estrutura metálica fabricada

Em dois dos tubos que compõem as hastes verticais foram acoplados por solda mais dois tubos na horizontal com a finalidade de fixar o quadro de energia. O espaçamento entre esses tubos é de 15 cm e a distância do tubo inferior para a cantoneira fixada na plataforma é de 60 cm. Para maior portabilidade e agilidade no transporte da mangueira foi soldado posteriormente um tubo de metalon na lateral da plataforma para

fixar o enrolador de mangueira. O tubo possui 90 cm de comprimento e também fora posicionado à 60 cm de cantoneira fixada à plataforma de compensado. O enrolador, nesse contexto, possui capacidade de enrolar até 30 metros de mangueira, segundo o fabricante. A soldagem MAG foi utilizada para montar a estrutura representada na Figura 4, assim como os dois tubos de fixação do quadro de energia.

Já o tubo lateral e o enrolador de mangueira foram acoplados utilizando-se a soldagem por eletrodo revestido. Essa mudança no procedimento de soldagem se deu em função da disponibilidade de máquinas de solda no momento em que foram fabricados os respectivos componentes da estrutura. O resultado final obtido após a inserção do tubo lateral e do enrolador na estrutura é mostrado na Figura 5.



Figura 10 – Vista lateral da estrutura metálica completa, já fixada na plataforma

A fixação da estrutura metálica na plataforma de compensado também foi feita por parafusamento, tal como as chapas de MDF. Foram utilizados parafusos de cabeça chata de 3,5 x 20 mm para fixar as cantoneiras à plataforma. Os furos efetuados nas cantoneiras para o posicionamento dos parafusos foram confeccionados com o uso de uma furadeira de bancada, com uma broca de 3 mm de diâmetro para metais.

O parafusamento foi conduzido manualmente com o uso de uma chave Philips, tanto para a montagem dos componentes de MDF quanto para a fixação da estrutura metálica. A Tabela 1 abaixo retrata as dimensões das peças de MDF e metalon utilizadas na adaptação do carro plataforma. Estas também podem ser visualizadas no desenho técnico do Apêndice H.

Tabela 1 - Dimensões das peças de MDF e metalon utilizadas na adaptação do carro plataforma.

	MDF (Suporte da Motobomba)	MDF (Fixação do Reservatório)
Largura (mm)	200	430
Espessura (mm)	15	15
Comprimento (mm)	300	430
Altura (mm)	770	300

A Figura 6 retrata todo o conjunto estrutural do carro plataforma após a execução de todos os procedimentos de fabricação.



Figura 11 – Carro plataforma adaptado

6.2 Central de comando

A central de comando foi impressa utilizando uma impressora Sethi3D AiP 1.75 mm que possui como volume de impressão 220 x 210 x 200mm e resolução ajustável de 0.05 a 0.3mm (SETHI3D, 2019), utilizando o polímero PETG de 1.75 mm de diâmetro de filamento, tal como fora estabelecido nos Pontos de Controle anteriores. A impressão foi realizada a partir do CAD desenvolvido durante o Ponto de Controle 2, sendo as medidas do mesmo apresentadas no desenho técnico do Apêndice H. A peça é dividida em duas partes, sendo uma superior e uma inferior. A parte superior é encaixada na inferior por interferência, podendo também ser parafusada para reforçar a fixação. As dimensões e a geometria da peça foram definidas com o intuito de alocar os seguintes componentes eletrônicos: Raspberry Pi 3B+, módulo RF nRF24L01, circuito de alimentação, além de um display touch de 5 polegadas. Na Figura 7 é apresentado o resultado final da impressão.

Figura 12 – Central de comando de PETG impressa em 3D

6.3 Módulos medidores

O módulo medidor também foi impresso em 3D, utilizando-se a mesma impressora e o mesmo filamento (PETG) de 1.75 mm de diâmetro. A impressão foi realizada a partir do CAD desenvolvido durante o Ponto de Controle 2, sendo as medidas do mesmo disponibilizadas no desenho técnico do Apêndice H. A peça é dividida em 3 partes, isto é, a haste de fixação no solo, a parte inferior e a parte superior.

Estas peças podem ser encaixadas por interferência e/ou por parafusamento, tal como a central de comando. Novamente, as dimensões e a geometria das peças foram estabelecidas de acordo com os componentes eletrônicos que estas teriam de alocar, sendo eles: Um sensor de umidade SEN1903, um sensor de temperatura DS18B20, um micro-controlador Attiny85, uma célula fotovoltaica e um circuito de alimentação. Na Figura 8 é possível visualizar o resultado obtido para o módulo medidor após a impressão.

Figura 13 – Módulo medidor de PETG impresso em 3D.

6.4 Centro de gravidade e rollover do carro plataforma

Um dos questionamentos da banca de avaliação do projeto quanto à definição da estrutura consistiu no cálculo do centro de massa do carro plataforma e sua implicação em um possível capotamento do mesmo quando totalmente carregado, isto é, com todos os componentes de integração acima da plataforma e com o reservatório de água de 70 litros totalmente cheio. Nesse contexto, foi efetuado o cálculo do centro de massa utilizando-se o software Catia V5R19.

7 Solução de Energia

7.1 Solução Hidráulica

A solução hidráulica para o objeto deste projeto é composta por bomba hidráulica Claw Apm75 e três aspersores Tramontina do tipo Setorial. Além destes equipamentos, foram adquiridos acessórios de conexão tais como: nipples, joelhos, reduções, abraçadeiras de ferro, válvula de pé de crivo e válvulas de engate rápido. Foram adquiridos também fita veda rosca, cola adesiva de cano PVC e utilizado ferramentas como arco de serra, alicate de pressão, chaves de fenda e fita métrica.

O teste desta solução baseia-se na montagem eletromecânica de todos os equipamentos citados, medindo a vazão volumétrica da bomba hidráulica juntamente com a medição do raio de aspersão. Os cálculos expostos no Ponto de Controle 2 deste projeto e leitura do catálogo da bomba hidráulica e aspersor, apontam que a perda de carga exigida pelo sistema é de 25 metros de coluna d'água, a vazão da bomba estimada para essa altura manométrica é de 1.900 litros por hora [REFERÊNCIA DA BOMBA] e o raio dos aspersores é de 13 metros [REFERÊNCIA DOS ASPERSORES].

A montagem de todo o sistema foi feito no local onde será realizada o teste final com todos sistemas e sub-sistemas instalados. A bomba hidráulica, conforme figura X, foi instalada no local planejado, juntamente com a tubulação de succão e recalque.

7.1.1 Teste da bomba hidráulica

A medição da vazão da bomba hidráulica foi feita utilizando o reservatório já previsto para o projeto, que possui 70 litros de armazenamento. Abaixo estão as medições realizadas e diferença percentual com a vazão esperada para o sistema.

O teste de vazão realizado valida a perda de carga hidráulica calculada no Ponto de Controle 2 deste projeto, valor esperado no projeto.

7.2 Solução de Alimentação

7.2.1 Dimensionamento de Cabo

Para dimensionamento de cabos, utiliza-se o método da queda de tensão com base na NBR 5410 ([ABNT, 2004](#)). A tabela 47 da norma determina a seção mínima de 2,5 mm para cabo para circuito de força.

O primeiro passo é determinar a corrente de projeto (IB) com base nos dados de placa da bomba hidráulica. Com base na equação (1) encontra-se a corrente de 4,20 A.

$$I_B = \frac{P}{V \cdot FP} \quad (1)$$

P = Potência Nominal (W)

V = Tensão Nominal (V)

FP = Fator de Potência

O segundo passo é corrigir a corrente de acordo com as seções 6.2.5.3 , 6.2.5.4 e 6.2.5.5 da norma 5410. Utiliza-se a seguinte Equação (2):

$$I_B' = \frac{I_B}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3} \quad (2)$$

K_1 = Fatores de Correção para temperaturas ambientes diferentes;

K_2 = Correção de Resistividade do Solo;

K_3 = Fator de Correção de Agrupamento.

K_1 - Temperatura de 40º Ambiente.	K_2 - Não se aplica	K_3 - 2 condutores carregados.	Corrente de Projeto Corrigida (I_B')
0,91	-	0,8	5,78 A

Figura 14 – Corrente de Projeto Corrigida

A partir da corrente de projeto corrigida, calcula-se a porcentagem de queda de tensão utilizando a Equação (3):

$$\Delta V (\%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I_B' \cdot 100}{S_c \cdot V_{nom}}$$

ρ = Resistividade Elétrica Cobre ($\Omega \cdot mm^2$);

L = comprimento do Cabo (m);

S_c = Seção nominal do cabo (mm);

V_{nom} = Tensão Nominal (V); .

$\rho (\Omega \cdot mm^2)$	$L(m)$	$I_B' (A)$	$S_c (mm^2)$	$V_{nom}(V)$	$\Delta V(\%)$
0,0178	30	5,78	2,5	220	1,1

Figura 15 – Queda de Tensão

Conforme 15, garante-se a queda de tensão de 1,1% em carga nominal e de 3,9 % na partida da bomba hidráulica considerando a corrente de partida de 20 A para a distância de 30 metros. A Norma 5410 na seção 6.5.1.3.3 estabelece que o limite de queda de tensão na partida de motores não deve ultrapassar 10% da tensão, em 6.2.7.2 estabelece que em nenhum caso a tensão nos circuitos terminais deve ultrapassar 4%.

7.2.2 Diagrama Multifilar

Com a utilização do Software CADe Simu, foi projetado e simulado o Diagrama de Força e Comando que será utilizado para funcionamento da Bomba, conforme 16

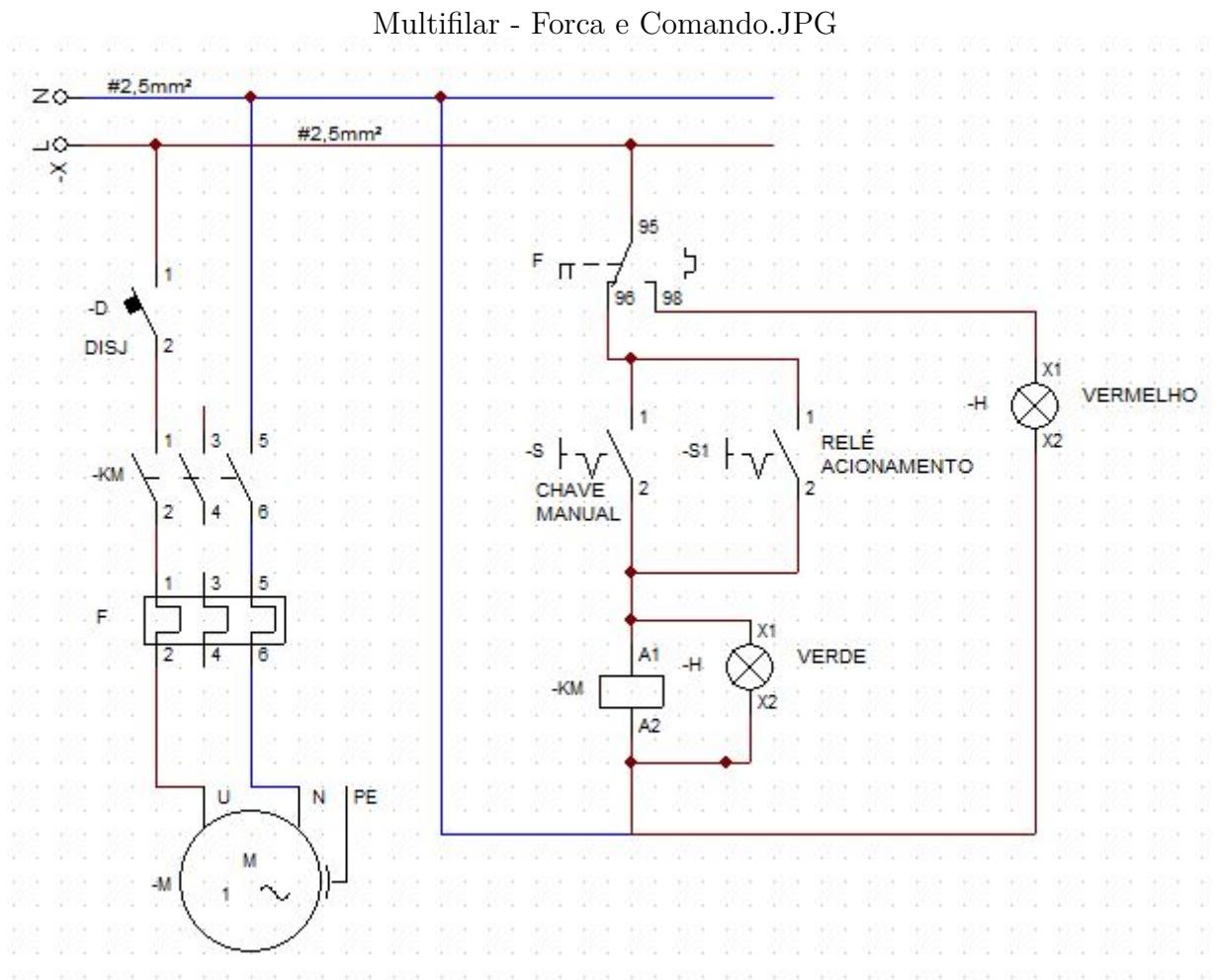


Figura 16 – Diagrama Multifilar - Força e Comando

Previmos no quadro elétrico uma chave de acionamento manual caso ocorra algum problema de comunicação com o App e ainda, sinaleiros que indicarão o status de funcionamento *in loco*. A Luz verde indicará que a bomba está em perfeito funcionamento e o Vermelho que ocorreu sobrecorrente e o relé foi desarmado, necessitando do rearme e verificação da possível causa.

7.2.3 Quadro Elétrico

8 Sistema Eletrônico

A construção do sistema foi baseada nos seguintes procedimentos: (i) Testes unitários por componente; (ii) Validação em ambiente de prototipagem; (iii) Calibração e Ajuste; (iv) Implementação das rotinas; (v) Refinamento & Documentação.

- Testes unitários por componente: A etapa inicial que consiste em submeter os componentes a diferentes entradas e condições de operação para avaliação qualitativa do seu funcionamento.
- Validação em ambiente de desenvolvimento: Subsequente aos teste unitários foram desenvolvidas montagens para teste dos circuitos de alimentação, sensores dos módulos medidores e sensores do sistema de atuadores juntamente aos respectivos microcontroladores em placas de circuito impresso.
- Calibração e Ajuste: Consiste em avaliar o desempenho obtido e realizar alterações na calibração dos sensores e ajustar *layouts & drafts* para adequar-se aos requisitos do projeto.
- Implementação das rotinas: Etapa para a qual são implementadas as rotinas de sensoriamento, processamento e integração.
- Refinamento & Documentação: A etapa final consiste em documentar os avanços realizados bem como propagar as alterações realizadas entre os grupos de desenvolvimento para garantir alinhamento entre os membros.

8.1 Módulos Medidores

8.1.1 Sistema de Sensoriamento dos Módulos Medidores

8.2 Sistema de Atuadores

8.2.1 Sensoriamento - Sensores de Nível

Com o objetivo evitar problemas com o fornecimento de água para a bomba hidráulica foram utilizados 2 sensores de nível horizontais que serão instalados no reservatório. Tratam-se de sensores do tipo *reed switch* horizontais. As medições são tomadas para o reservatório cheio e para o reservatório vazio, caso para o qual o sistema eletrônico deve desligar a bomba caso esteja em período de irrigação.

8.2.2 Sensoriamento - Sensor de Fluxo FS400A

Conforme apontado no Ponto de Controle 2, trata-se de um sensor de fluxo com capacidade de medição para vazões de 1-60 l/min sendo que o sistema foi projetado para ter vazão de 27 l/min.

Nesse sentido, foi adotado um procedimento de calibração baseado em medições de intervalos de tempo e volume de água sob condições de um jardim residencial. O procedimento de calibração é detalhado em ([NEL, 2017](#)) e foi realizado para vazões diferentes obtidas de uma torneira. É valido ressaltar que as condições de teste impõe condições de contorno como uma vazão limitada entre 15-30 l/min proveniente da fonte de água utilizada.

Como o sensor é baseado em efeito Hall sua saída consiste em pulsos para os quais é reportado que há uma relação de 4.5 Hz/(l/min) para o *K-factor*: ($KF = \frac{f}{Q}$), sendo f a frequência de saída dos pulsos e Q a vazão em litros/minuto.

Em uma primeira iteração, um balde de 30 litros marcado foi enchido até o topo obtendo uma leitura de aproximadamente 28 litros na saída impondo um erro de 6.66%. Para a próxima iteração o KF foi corrigido para 4.2. Finalmente, para a quarta iteração foi obtido um KF de 4.25 Hz/(l/min) equivalente a 255 pulsos/litro.

Posteriormente, é possível variar o fluxo de entrada para obter diferentes pontos de operação do sensor. Segundo a referência adotada, o *M-Factor* (vide equação [8.1](#)) mensura não idealidades e não linearidades para sensores de fluxo.

$$\begin{aligned} MF_Q &= \frac{Q_{atual}}{Q_{nominal}} \\ MF_f &= \frac{f_{atual}}{f_{nominal}} \\ MF_V &= \frac{V_{atual}}{V_{nominal}} \end{aligned} \tag{8.1}$$

Para obtenção dos pontos de *M-factor* foram testadas vazões de 10, 20 e 30 l/min. Estima-se que sejam valores típicos presentes no ambiente para qual o produto Irri pretende ser utilizado. A tabela [2](#) mostra os valores obtidos. Para o caso central com vazão de 20 l/min o menor erro residual foi obtido sendo de aproximadamente 0.2%. Já para o caso com vazão de 30 l/min que se aproxima da vazão nominal projetada para o sistema obteve-se um erro residual de 1.7%.

Tabela 2 – *M-Factor* para pontos de teste

Vazão Q (l/min)	10	20	30
Volume atual (l)	30	30	30
Volume nominal (l)	29.5	30.75	29.5
MF (Va/Vn)	1.0169	0.9976	1.0169

8.3 Central de Controle

8.4 Integração

8.4.1 Projeto de PCBs

Para o projeto das PCB foi utilizado o software Kicad utilizando placas de fenolite de fibra de vidro de camada simples. Em alguns casos a camada oposta possui vias passantes para realizar conexões. Foram utilizadas somente angulações de 45 e 60 graus para as vias roteadas em todos os layouts. As figuras [17](#), [18](#), [19](#), [20](#) e [21](#) mostram os layouts para as placas fabricadas. Ademais, em todos os casos foram utilizadas zonas preenchidas de *Ground* (GND) na camada de cobre.

Para o layout mostrado na figura [17](#) a qual representa o circuito de alimentação da Central de Controle foi utilizada uma espessura de trilha de 4 mm. Este circuito possui corrente máxima de 3A e para a cobertura de cobre de $1oz/ft^2$ presente na placa de fenolite é recomendado utilizar trilhas de 3.56 mm conforme indicado no software. Para as demais trilhas presentes nos outros esquemáticos foram utilizadas trilhas de 1 e 1.5 mm.

Em especial a figura [20](#)

Circuitos de Alimentação

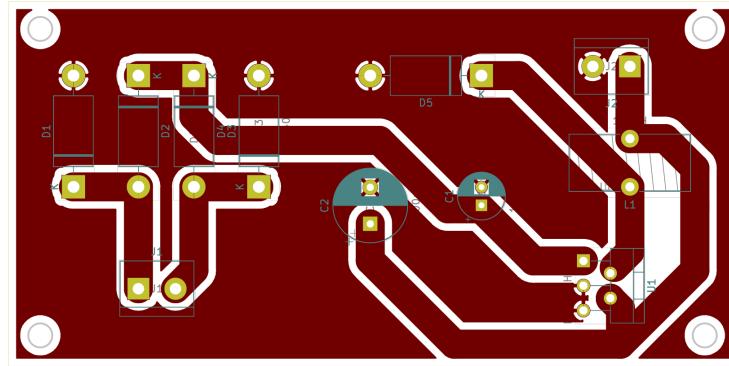


Figura 17 – Layout para Circuito de Alimentação da Central de Controle

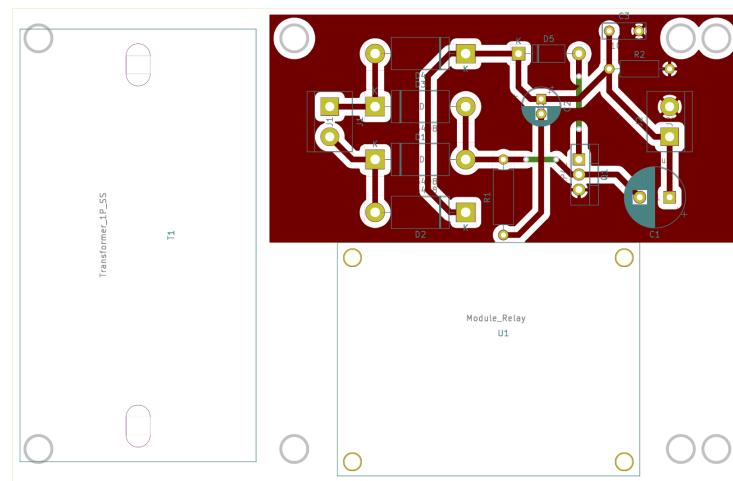


Figura 18 – Layout para Circuito de Alimentação do Sistema de Atuadores

Circuitos de Controle & Sensoriamento

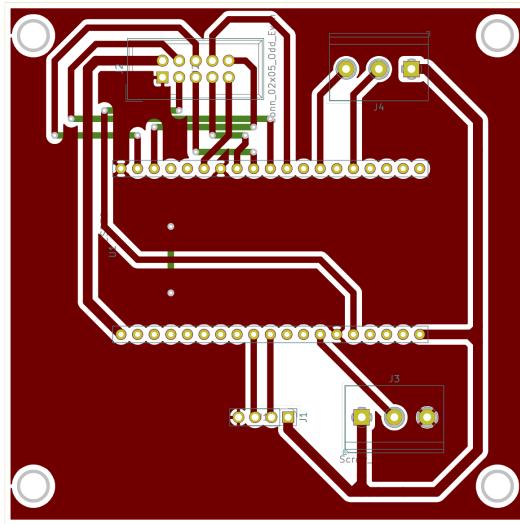


Figura 19 – Layout para Circuito do Sistema de Atuadores

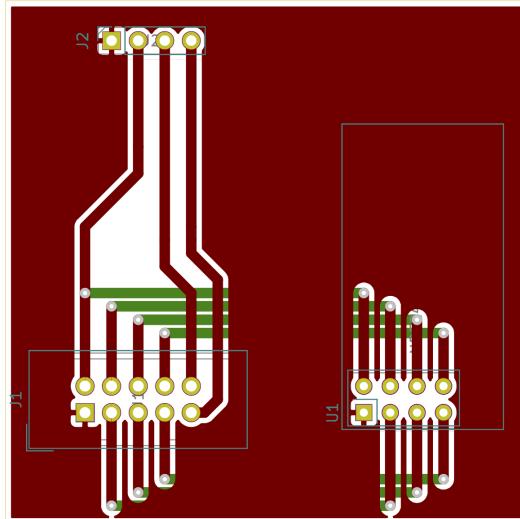


Figura 20 – Layout para Circuito de Comunicação do Sistema de Atuadores

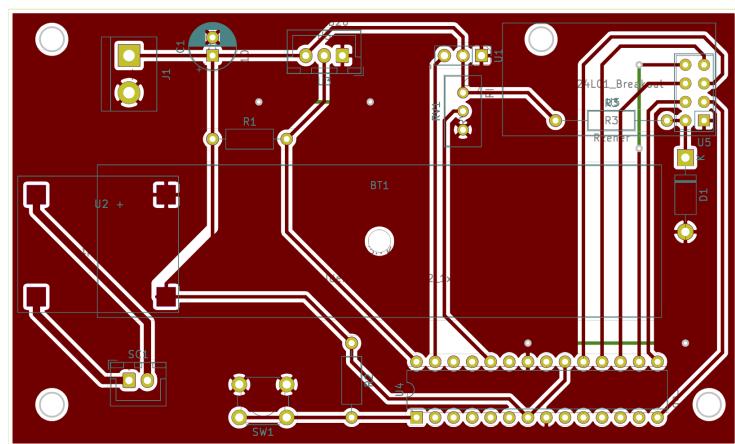


Figura 21 – Layout para Circuito dos Módulos Medidores

9 Sistema de Software

A solução de software trata-se de uma aplicação *Web* responsiva que permitirá o monitoramento das centrais e seus módulos medidores associados de forma a serem gerenciadas facilmente por cada usuário responsável pelo ambiente a ser irrigado.

O sistema como um todo é subdividido em serviços que terão responsabilidades específicas para compor o produto de software como um todo, trabalhando com o acoplamento entre arquiteturas para estabilizar um sistema mais robusto e seguro.

9.1 Representação arquitetural preliminar

A arquitetura geral do sistema é composta pelo conjunto das arquiteturas mestre-escravo e de microsserviços, com a finalidade de tratar mais apropriadamente o fluxo de comunicação entre o serviço gerenciador e as centrais controladoras associadas, que realizam a coleta e o gerenciamento de dados.

9.1.1 Mestre-Escravo

A arquitetura mestre-escravo, também denominada como arquitetura supervisor-trabalhador, é uma arquitetura de sistema em que um dos componentes realiza o sistema de controle (denominado mestre) e os outros realizam tarefas específicas (denominados escravos), com o objetivo de transferir as informações coletadas ao mestre.

Ao analisar a Figura 22, é possível associar os papéis representados com o proposto pela arquitetura, sendo que:

- Mestre: serviço gerenciador responsável por realizar a coleta das métricas coletadas pelos módulos a partir das centrais cadastradas, possibilitando a associação via chave de acesso, além de realizar o tratamento das informações disponibilizar para a aplicação *web*, abordando-o como um sistema reconfigurável.
- Escravos: centrais controladoras responsáveis pela coleta dos dados dos módulos medidores, com a proposta final de realizar o envio dos resultados ao Serviço Gerenciador.

9.1.2 Microsserviços

Com o foco no baixo acoplamento e na alta coesão, a arquitetura de microsserviços propõe a fragmentação do sistema geral em diversos serviços específicos. Com o objetivo

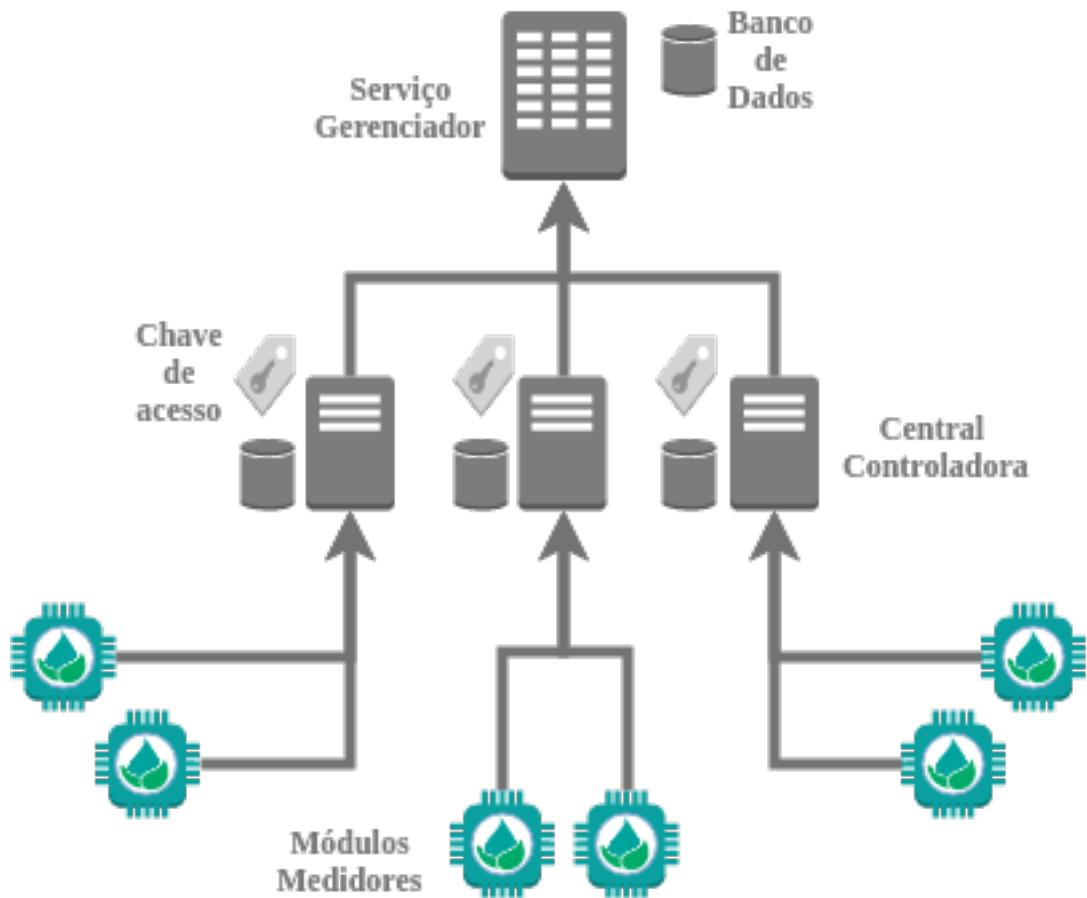


Figura 22 – Representação da arquitetura Mestre-Escravo com várias centrais

de manter uma fácil manutenibilidade nos serviços criados e uma boa estabilidade no serviço como um todo, impedindo a interrupção do sistema por completo do sistema, além de uma fácil escalabilidade para novas funcionalidades.

Os serviços apresentados na Figura 23 terão a finalidade de construir uma aplicação com mais variabilidade e escalabilidade, agregando valor a mais ao produto final.

- ElasticSearch: um dos serviços que compõe o ElasticStack, sendo considerado a parte mais importante de toda sua stack por ser uma ferramenta que permite a realização de buscas em tempo real dos dados armazenados em no banco de dados da aplicação associando à estrutura não-relacionado de banco de dados orientado à documento. Ele será o serviço que reunirá todos os dados coletados ao longo do tempo e disponibilizará para o serviço de visualização.
- Kibana: serviço de visualização que compõe a ElasticStack. Tem como principal funcionalidade fornecer recursos geradores de visualizações para os dados armazenados no ElasticSearch. Um exemplo de aplicação desse serviço pode ser visto na figura 24.

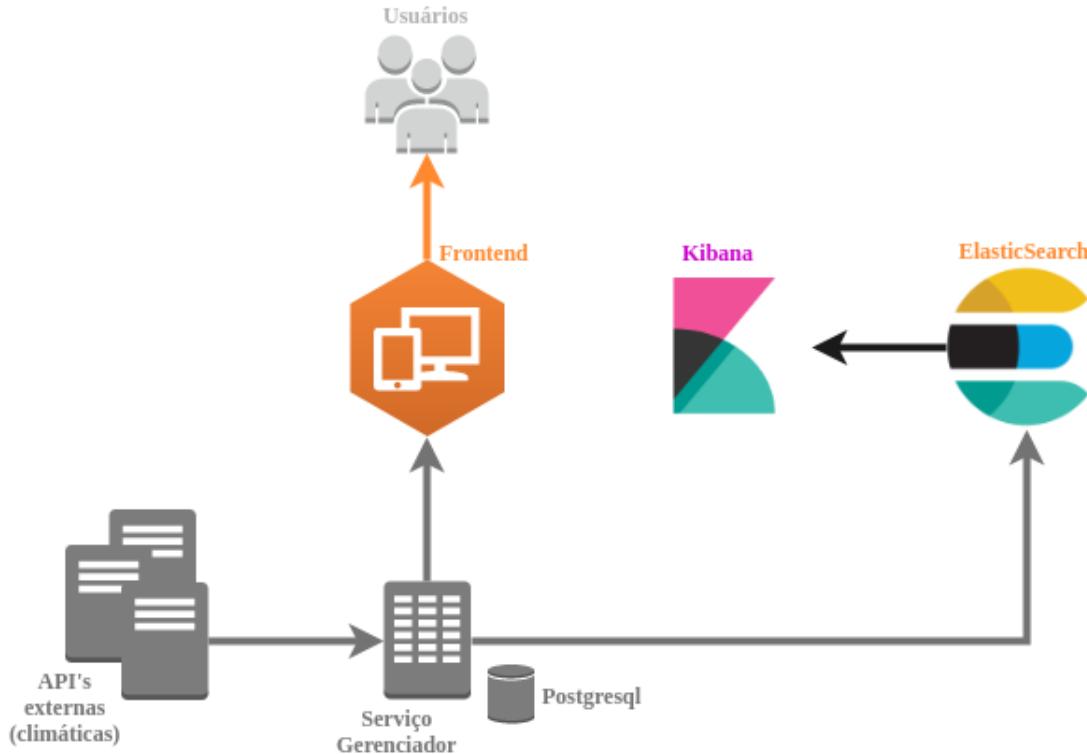


Figura 23 – Representação da arquitetura de microsserviços

- APIs externas: serviços que possuem tarefas específicas para serem feitas, dependentes do tipo de informação que será necessário coletar para realizar a análise do ambiente para realizar o processo automatizado de irrigação.
- Serviço gerenciador: serviço associado à outra arquitetura apresentada que será tratado como o componente central do sistema como um todo, possuindo robustas finalidades para realizar o processo automatizado da irrigação através de agendamento, realizando uma análise detalhada das condições climáticas do ambiente e do solo.
- Postgresql: banco de dados responsável pelo manuseamento de todos os dados necessários para o bom funcionamento do serviço gerenciador.

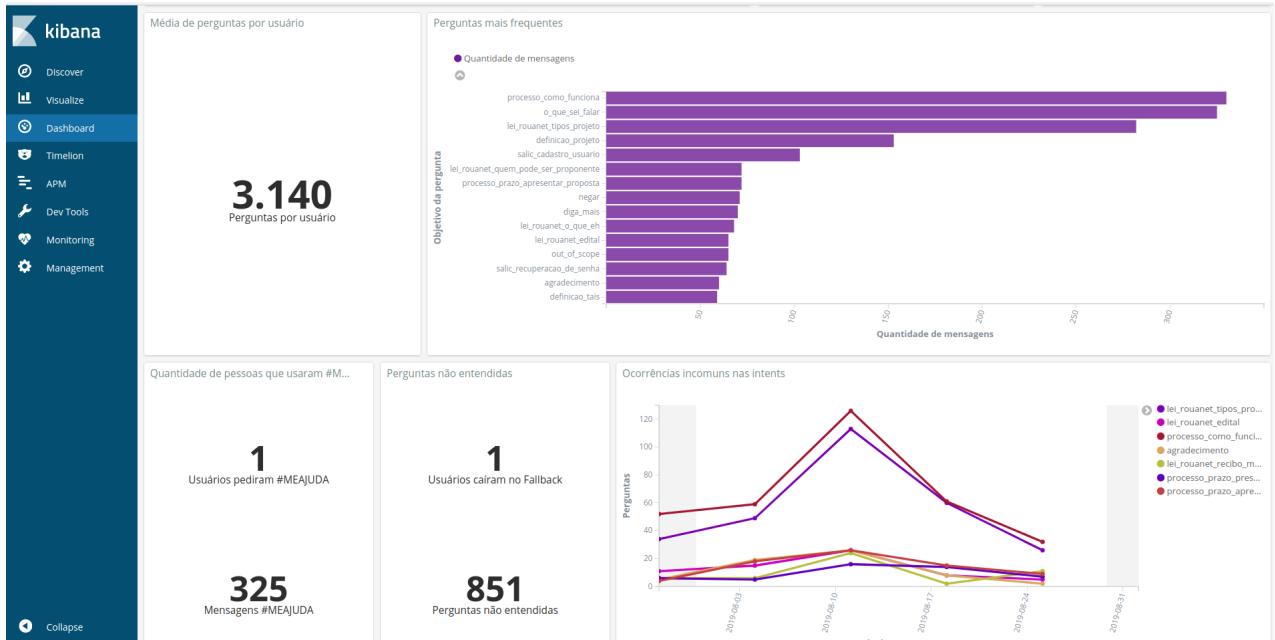


Figura 24 – Exemplo de gráficos gerados pelo Kibana ([TAIS...](#), 2017)

Desse modo, a aplicação desta arquitetura é de extrema importância para haver uma boa relevância na solução de software, garantindo um alto valor para o usuário, conseguindo, de forma prática, realizar o monitoramento em tempo real dos locais onde os módulos e as centrais estão alocadas.

9.2 Solução Arquitetural

9.2.1 Documento de Arquitetura

Especificando a arquitetura da solução de software com base na representação preliminar, no apêndice G se encontra o documento de arquitetura, artefato pertencente a metodologia adotada pela equipe.

Neste documento, são descritas as tecnologias adotadas, bem como o diagrama de classe da solução.

9.2.2 Diagrama de Classes

O diagrama de classes representa as classes que são determinantes para o funcionamento da aplicação. Este diagrama presente na figura 25 servirá como base para o desenvolvimento da API e da interface web.

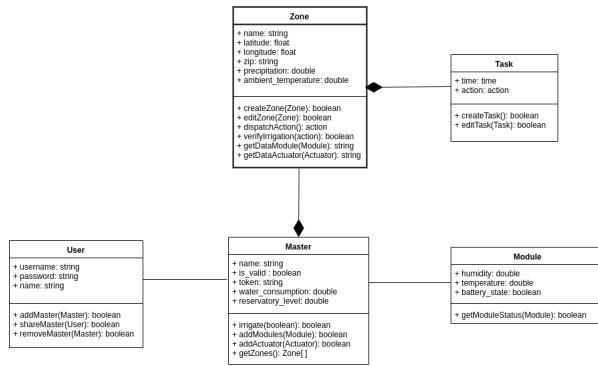


Figura 25 – Diagrama de Arquitetura - Sistema de Software

9.2.3 Diagrama de Sequência

Ligado aos requisitos levantados na seção 3.2.4, derivou-se o diagrama de Sequência. Este tem como propósito mostrar iterações entre objetos na sequência que estes ocorrem na aplicação.(BELL, 2004). Sua descrição pode ocorrer com ações ou como funções da própria aplicação.

Na figura 49, que encontra-se no apêndice F está o sistema de software, passando pela comunicação da central de controle, os microsserviços de coleta e a aplicação web.

9.2.4 Diagrama de Banco de Dados

Como a aplicação lida com controle de usuário e necessita armazenar as informações das temperatura, umidade e agendamento de irrigação de cada central, e além disso, precisa persistir os dados das zonas cadastradas, modelamos o o diagrama de entidade relacionamento (DER), na figura 27 para orientar na criação do banco de dados da aplicação, além das especificações dos atributos de cada entidade, com o diagrama lógico (MER).

As informações do banco de dados serão consumidas pelo *dashboard* de visualização *Kibana*, onde é feito o monitoramento das variáveis de irrigação.

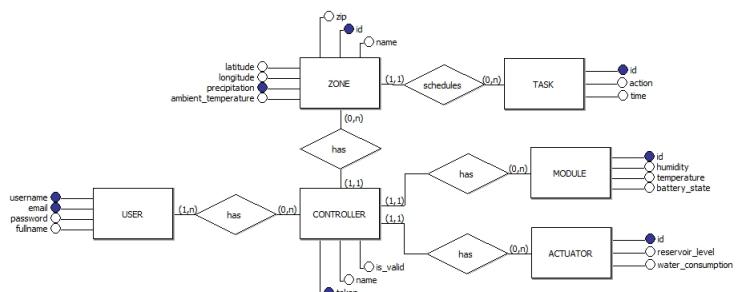


Figura 26 – Diagrama de Banco de Dados - Diagrama Entidade-Relacionamento

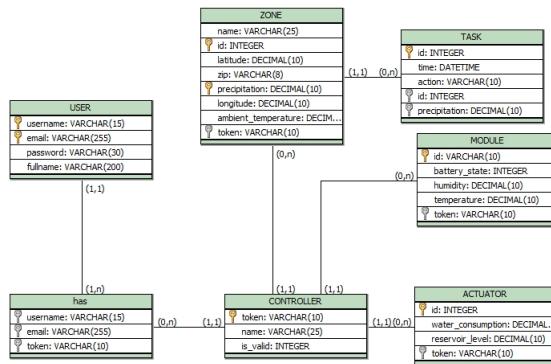


Figura 27 – Diagrama de Banco de Dados - Diagrama Lógico

9.2.5 Interface com usuário

Pensando na aplicação *Web*, desenvolveu-se os protótipos de alta fidelidade das telas voltadas para o acesso em dispositivos móveis.

Em sua primeira tela, na figura 28, temos o acesso da aplicação, que necessita de *login*. Este acesso ocorrerá caso a pessoa já tenha cadastro na aplicação. Na figura 29, está a tela de cadastro.

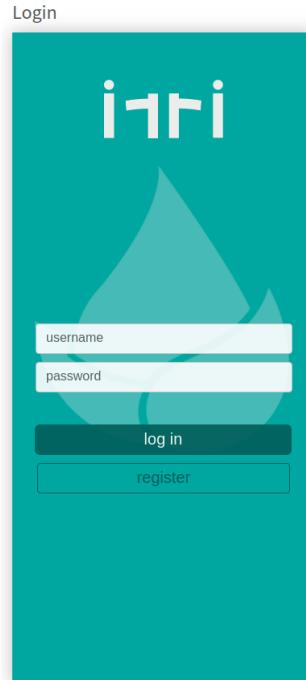


Figura 28 – Protótipo da tela de Login - Irri

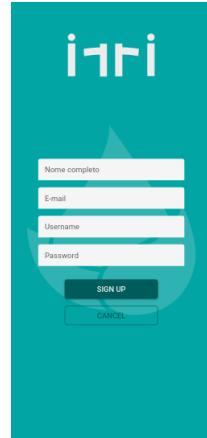


Figura 29 – Protótipo da tela de Cadastro - Irri

Após o login, a tela mostrada tem como função mostrar as centrais cadastradas para o usuário. A aplicação permite que o usuário possua mais de uma central a ser controlada. Na figura 30 observa-se a disposição das informações das centrais estão em carrossel, para evitar várias informações ou mudança de tela.



Figura 30 – Protótipo da tela de Central - Irri

Assim que acessado a central desejada, é mostrado uma lista de zonas associadas a central, e para observar suas informações de temperatura, umidade e bateria dos módulos que se encontram nela, basta clicar no item da lista. Figura 36 e ??.

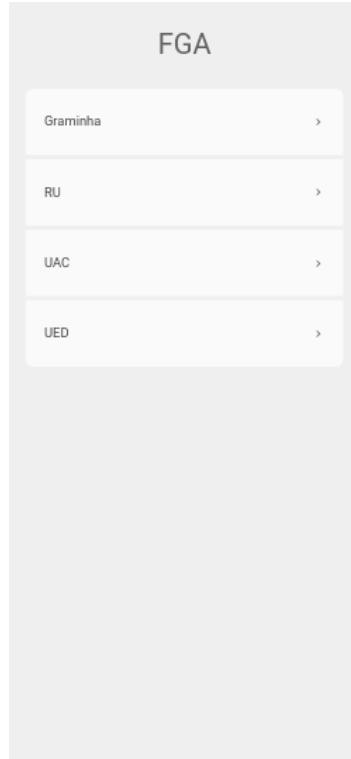


Figura 31 – Protótipo da tela de Zonas - Irri



Figura 32 – Protótipo da tela de Zonas e Informações - Irri

9.2.6 Protocolos de Comunicação

Os protocolos de comunicação são de suma importância para a comunicação entre diferentes aplicações ou serviços com o objetivo de, através de uma conexão realizada, realizar a transferência de dados entre dois sistemas computacionais, onde tais protocolos podem ser implementados tanto via *hardware* quanto via *software*, havendo, também, uma combinação dos dois para um tipo de comunicação específica. Neste contexto, a base de todos os protocolos relacionados à integração Central Controladora e Aplicação *Mobile* trabalha com o protocolo HTTP.

Segundo o RFC 793, ([USC, 1981](#)), o Protocolo de Controle de Transmissão (TCP) é um dos protocolos sob os quais assenta a Internet. Complementado pelo Protocolo de Internet, normalmente denominados de TCP/IP, torna-se adequado para redes globais pela sua versatilidade e robustez, pois este verifica se os dados são enviados de forma correta e na sequência apropriada e sem erros pela rede. Sendo um protocolo a nível de transporte, a maioria das aplicações cibernéticas são enquadradas, provendo confiabilidade, através da entrega sistemática e da verificação de erros dos pacotes de dados.

Relacionado ao TCP, com base no documento do RFC 2616, ([AL, 1999](#)), o Protocolo de Transferência por Hipertexto (HTTP) é um protocolo a nível de aplicação para sistemas de informação de hipermídia, distribuídos e colaborativos. Sendo um protocolo de requisição e respostas, o processo para a utilização se dá através de uma requisição enviada por um cliente à um servidor específico, montando o pacote de dados com informações do usuário quanto a versão do protocolo e a especificação dos dados necessários para realizar a requisição.

9.2.6.1 Protocolo de Comunicação entre o Serviço Central e a Central Controladora

A comunicação entre o Serviço Central e as Centrais Controladoras associadas aos usuários que realizaram o cadastro são realizadas através da tecnologia *WebSocket* que permite a comunicação bidirecional por um único soquete TCP (*Transmission Control Protocol*).

Com a central de controle conectada na rede local, será aberto o soquete para que todos os pacotes preparados com os dados coletados pela central de controle sejam entregues de forma mais confiável e eficaz ao serviço central.

9.2.6.2 Protocolo de Comunicação entre os microsserviços e o Serviço Central

O serviço central, responsável pelo gerenciamento da lógica de negócios, possui comunicação com todos os outros componentes da arquitetura. Logo, pela natureza de uma API REST, toda a comunicação efetuada com os outros serviços utiliza o protocolo HTTPS em camada de aplicação, resultando no uso do TCP/IP em camada de transporte.

Ressalta-se que a comunicação por *Websocket* é paralela a uma comunicação HTTP que é estabelecida entre a controladora e o serviço central.

A escolha de comunicação HTTP entre microsserviços vem da confiabilidade que ela provê, porém por se apresentar como uma conexão unidirecional e que mantêm a conexão de curto prazo, é necessário a utilização de *WebSocket* para o envio bidirecional de dados e para mensagens em tempo real para a comunicação integral com a parte eletrônica do projeto, pois ele fornece uma conexão por um único soquete de maneira mais rápida, entregando melhor desempenho ao sistema, diretamente influenciando na melhor usabilidade ao usuário.

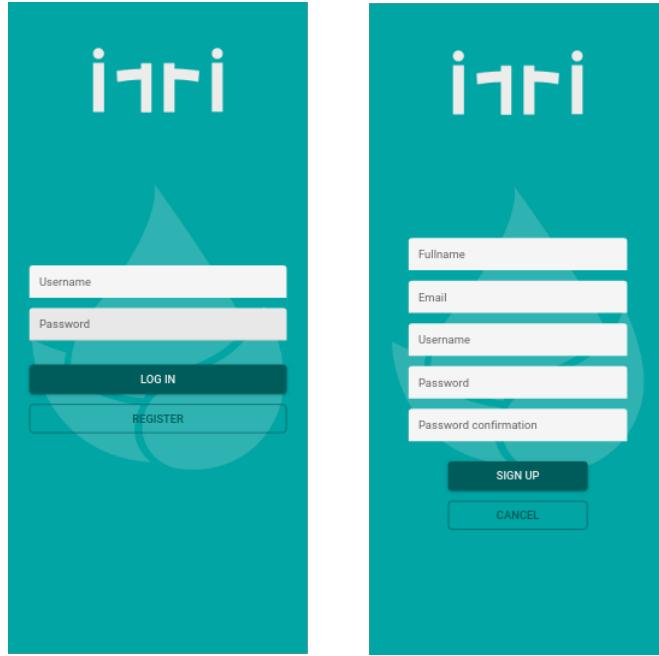
9.3 Construção

9.3.1 WebApp

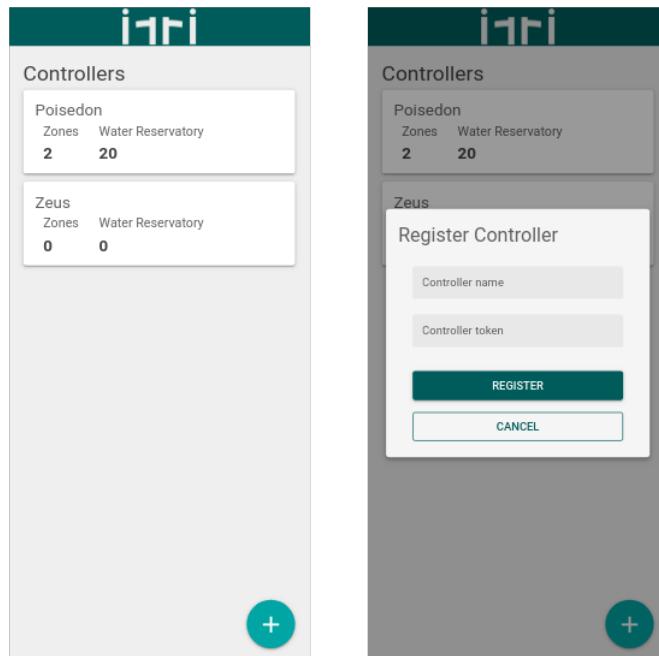
O webapp é o módulo responsável por ser a interface de comunicação e interação entre o usuário e todo o sistema Irri. É nele onde será possível realizar o *login*, cadastrar novas centrais de controle, visualizar as informações relevantes sobre as medições de cada central, além de poder realizar agendamentos e ligar/desligar o sistema.

É desenvolvido utilizando as tecnologias Vue.js, Quasar e VueX. E tem como objetivo fornecer somente o *frontend* de toda a aplicação. Com isso, é necessário conectar com o serviço de *backend*, o *Central Service*.

As primeiras telas desenvolvidas foram as de *login* e de *signup* para o usuário acessar as funcionalidades da aplicação, já encontra-se integrada com o *backend*.

Figura 33 – Interfaces de *Login* e *Signup*

Logo em seguida, quando o usuário é validado na aplicação e acessa a página seguinte, que são as suas centrais de controle, é possível cadastrar uma nova ou então visualizar as informações sobre cada uma, a criação e visualização das informações também já estão integradas com o *backend*.

Figura 34 – Interfaces de *controllers* e associação de *controllers*

É possível também acessar a página de zonas, porém ela está com dados simulados, por não estar integrada com o *backend*.

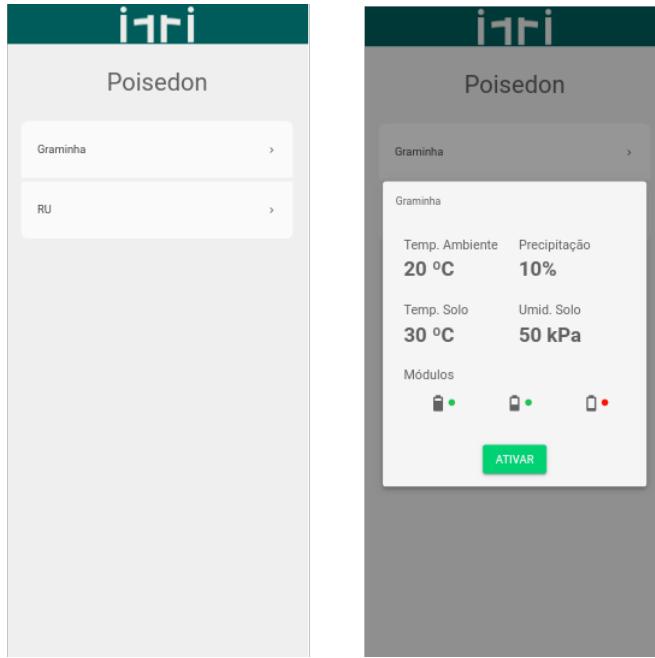


Figura 35 – Interfaces das zonas e das medições

Para fazer o gerenciamento do projeto, o desenvolvimento e o acompanhamento das evoluções, está sendo utilizado o Github. Onde está presente toda documentação referente ao microsserviço do WebApp. Comandos para executar em modo de desenvolvimento estão descritos no README do repositório <<https://github.com/pi2-irri/webapp>>.

9.3.2 IrriBerry

O projeto IrriBerry é responsável pelo sistema que atuará dentro da Raspberry utilizada na Central. Suas responsabilidades se consistem em: registrar a Central no banco de dados ou verificar que ela já existe toda vez que for ligada, enviar os dados recebidos dos módulos atuadores em um dado período de tempo e enviá-los ao serviço central, e receber comandos vindos do Serviço Central para a Central em específico.

Ele está sendo desenvolvido utilizando a terceira versão do Python, o recebimento dos dados vindos dos módulos será antes tratado e recebido por uma *websocket* local e da mesma maneira os envios dos comandos recebidos pelo Serviço Central serão enviados para a unidade responsável pelos controles em *hardware* que ligarão e desligarão a bomba de água. A comunicação entre a API conhecida como Serviço Central e o sistema IrriBerry é feita a partir de requisições na API REST, neste momento vale ressaltar que o uso de *websockets* foi retirado, pois se tornou desnecessário e poderia ser cumprido com soluções técnicas mais simples e consistentes que serão descritas posteriormente.

Como mencionado anteriormente, o uso de *websockets* foi substituído pela técnica de *HTTP Polling* que consiste em requisições HTTP espaçadas em janelas de tempo fixas.

Ela traz a desvantagem de uma conexão com maior atraso e que não é bidirecional, porém essas desvantagens não são relevantes tendo em vista que um atraso de meio segundo a um segundo é aceitável e não prejudica a usabilidade do usuário quando estiver dando comandos de ligar a desligar. Quanto à questão da falta de bidirecionalidade podemos afirmar que ela não chegou a ser necessária e seria um acréscimo que seria utilizado como uma vantagem já que seria optado o uso de *websocket*.

O uso da técnica de *HTTP Polling* se torna um desafio na parte em que é necessária uma remodelagem no banco de dados para que exista um *endpoint* que, ao ser requisitado, receberá a Central como parâmetro e proverá a situação atual em que ela deveria estar, por exemplo, ligada ou desligada e em caso de estar ligada por quanto tempo ela deve permanecer neste estado. A questão de ser uma técnica sensível ao tempo traz riscos também, um deles é a situação em que a conexão de internet apresenta lentidão e o problema deve ser mitigado de maneira que ao não receber nenhuma resposta o sistema tem duas opções: continuar enviando requisições podendo causar atrasos maiores e um *flood* de respostas depois ou aumentar sua janela de tempo trazendo problemas de usabilidade para o usuário.

Para mitigar os riscos descritos a interface com o usuário será modificada para avisá-lo do problema de conexão, assim o sistema pode aumentar sua janela de tempo de envio das requisições sem prejudicar a usabilidade do usuário de forma abrupta.

Todo o código se encontra hospedado em um projeto no GitHub e se apresenta como *open source* assim como todos os outros do projeto Irri. Ele pode ser acessado pelo link <<https://github.com/PI2-Irri/IrrBerry>>.

9.3.3 Algoritmo de análise dos dados coletados

Segundo a proposta, deve-se analisar os dados do ambiente e do solo da área a ser irrigada. Para isso criamos serviço modularizados para cada tipo de dado, sendo esses o **Weather Service**, responsável pela coleta de temperatura e chances de precipitação, e **Central Service**, API responsável pela transferência dos dados da central ao frontend WebApp, e também pela análise da irrigação levando em consideração os dados coletados.

9.3.3.1 Weather Service - Serviço de coleta de dados climáticos

Weather Service é um serviço em *Django* responsável pela consulta diária na API aberta OpenWeather¹, que com base na latitude e longitude do local, esta retorna os dados meteorológicos deste local.

No caso do projeto, os dados observados são:

¹ <https://openweathermap.org/api>

- Temperatura atual (Celsius)
- Temperatura mínima e máxima (Celsius)
- Velocidade do vento (kmh)
- Precipitação (mm)

Como se realiza a requisição e estrutura dos dados retornados se encontra no RE-ADME.md do repositório **weather-service** <<https://github.com/PI2-Irri/weather-service>>, na organização do projeto. Também está presente no apêndice ??.

9.3.3.2 Central Service - Módulo de análise da irrigação

Além das informações obtidas pelo serviço de coleta de dados climáticos, existem os dados advindos dos módulos medidores: temperatura e umidade do solo. Todas essas são importantes para o manejo de irrigação de gramados e jardins (??). Para isso, o módulo de coleta de dados, acoplado a este serviço, tem como proposta coletar os dados obtidos da temperatura e umidade do solo pelos módulos medidores para o auxílio nos cálculos relativos ao agendamento.

Segundo ([RAINBIRD, 2008](#)), a quantidade de água por dia para a manutenção de gramados e jardins (mm/dia) varia de acordo com o temperatura e a umidade relativa do ar. A tabela abaixo demonstra as variações de acordo com o tipo de clima.

TABELA DE CLIMA PET	
CLIMA	mm/dia
frio e úmido	2,5 – 3,8
frio e quente	3,8 – 5,1
temperado úmido	3,8 – 5,1
temperado seco	5,1 – 6,4
quente e úmido	5,1 – 7,6
quente e seco	7,6 – 11,4

- frio equivale a temperaturas abaixo de 20°C
 - temperado equivale a temperaturas entre 20°C e 32°C
 - quente equivale a temperaturas acima de 32°C
 - úmido equivale a umidade relativa acima de 50%
 - seco equivale a umidade relativa abaixo de 50%.

Figura 36 – Tabela de nível de precipitação para cada tipo de clima ([RAINBIRD, 2008](#))

Logo, com esses resultados, os únicos fatores restantes para o que iremos avaliar são as informações relativas aos limites de um bom cultivo de gramados ou jardins. Tais

informações incluem a umidade e a temperatura ideal do solo, levando em conta gramados semelhantes à Z. Japonica ([GURGEL", 2003](#)), como também a temperatura ambiente e o nível de precipitação, obtidas pelo serviço [9.3.3.1](#). Com o cruzamento desses dados, é possível definir o quanto de água é necessário para realizar a irrigação no momento definido, como também avaliar se o horário de irrigação é adequado.

Para isso, o algoritmo de decisão da irrigação funcionará através dos seguintes passos:

- Coletar dados do nível do reservatório.
- Analisar o nível do reservatório: se menor que o necessário para irrigação, abastecer, senão, continua.
- Coletar dados de temperatura ambiente e de precipitação do serviço [9.3.3.1](#).
- Analisar a precipitação na localidade: se haver precipitação no dia indicado, retorna, senão, continua.
- Coletar dados de temperatura e umidade dos módulos medidores.
- Analisar, de forma comparativa, os dados da umidade do solo, temperatura do solo e temperatura de ambiente: se a umidade estiver acima de 50%, retorna, senão, se a temperatura do solo estiver acima do indicado (33 C) e a temperatura ambiente estiver acima do indicado (32,3 C), continua, senão, retorna.
- Ativa a controladora destinada à realizar a irrigação.
- Retorna.

Além das medidas dos módulos medidores, os atuadores oferecem informações para controle de água consumida. Estes dados são o nível do reservatório e consumo de água.

Em relação aos endpoints fornecidos pela central-service, estes se encontram no README.md do repositório e no apêndice [G.3](#).

9.3.3.3 Controller Simulator

O Controller Simulator, como referente no nome, simula os dados que a Central Service receberia e trataria para fornecer ao WebApp.

Para as medidas dos atuadores, simula-se o consumo de água entre 10 a 45 litros. Este intervalo se mantém para o nível de reservatório.

Em relação as medidas de umidade e temperatura do solo advindos dos módulos medidores, é definido a temperatura e umidade máxima, respectivamente, de 39C e 80%, e no caso da temperatura é 30C e umidade mínima de 30%.

Após essa definição, os valores gerados vão aumentando gradativamente, e sempre comparando com as medidas anteriores. A partir do momento que essas medições chegaram ao seu valor máximo, elas decaem até chegar em seu mínimo.

Seu funcionamento também está descrito no README.md do repositório **controller-simulator** <<https://github.com/PI2-Irri/controller-simulator>>, e no apêndice G.3 do relatório.

10 Custos

Tabela 3 – Custos preliminares

ID	Componente	Modelo	Fornecedor	Qtd.	Preço R\$	
					Unitario	Final
EL1	Sistema embarcado da Central	Raspberry Pi 3B+	Mercado Livre	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
EL2	Micocontrolador do Atuador	Esp32	Mercado Livre	1	R\$ 36,90	R\$ 36,90
EL3	Micocontrolador do Modulo Medidor	Attiny85	Curto Circuito	3	R\$ 14,00	R\$ 42,00
EL4	Sensor de temperatura	Ds18b20	Hu Infinito	3	R\$ 14,90	R\$ 44,70
EL5	Sensor Umidade Capacitivo	SEN0193	Mercado Livre	3	R\$ 17,90	R\$ 53,70
EL6	Trasnceptor RF	nRF24L01+	Hu Infinito	4	R\$ 6,56	R\$ 26,24
EL7	Trasnceptor RF (com Antena)	nRF24L01+	Hu Infinito	1	R\$ 32,90	R\$ 32,90
EL8	Bateria Litio	18650	Hu Infinito	3	R\$ 8,99	R\$ 26,97
EL9	Mini Painel Solar	Nyct	Mercado Livre	3	R\$ 25,90	R\$ 77,70
EL10	Display LCD	5" TFT TOUCH	Mercado Livre	1	R\$ 207,00	R\$ 207,00
EL11	Modulo Rele 5V	MDLRL5V04CNAL	Hu Infinito	1	R\$ 19,90	R\$ 19,90
EL12	Miscelâneas	x	x	1	R\$ 180,00	R\$ 180,00
EL						R\$ 948,01
ES3	Contator/Relé térmico			1	R\$ 190,66	R\$ 190,66
ES4	Quadro elétrico IP-54	x	Loja Física	1	72,57	R\$ 0,00
ES5	Cabos	CA	Loja Física	20	R\$ 5,50	R\$ 110,00
ES6	Mangueira de Irrigação	PVC	Loja Física	30	R\$ 1,35	R\$ 40,50
ES7	Aspersores	Tramontina	Via Inox	3	R\$ 30,00	R\$ 90,00
ES8	Bomba Hidráulica	Claw Apm 75	Fermachine	1	R\$ 800,00	R\$ 800,00
ES9	Plataforma Movel	x	Leroy Merlin	1	R\$ 474,20	R\$ 425,00
ES10	Miscelâneas	x	x	1	R\$ 407,00	R\$ 407,00
ES11	PETG	x	Loja Física	2	R\$ 125,00	R\$ 250,00
ES12	Verniz	x	Loja Física	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
ES13	Tubo quadrado metalon	x	Loja Física	1	R\$ 50,00	R\$ 50,00
ES14	Cantoneira	x	Loja Física	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00
ES15	Lona de proteção	x	Loja Física	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
ES16	MDF	x	Loja Física	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
ES17	Reservatório	x	Mercado Livre	1	R\$ 70,00	R\$ 70,00
ES						R\$ 2.725,75
Total						R\$ 3.673,74

11 Riscos

O Guia PMBOK 6^a edição descreve a importância do gerenciamento de riscos que estão inertes no desenvolvimento de quaisquer tipo de projeto. Identificar os Riscos é o processo de identificação dos riscos individuais do projeto, bem como fontes de risco geral do projeto, e de documentar suas características.

A documentação e o rastreio de cada risco inerte ao projeto é o principal benefício deste processo, permitindo executar ações preventivas e mitigar o impacto no desenvolvimento do projeto.

A probabilidade de ocorrência de cada risco é quantificada a partir do intervalo de **Muito Baixo**, **Baixo**, **Médio**, **Alto** e **Muito Alto**, representado pela porcentagem abaixo, respectivamente.

- Muito Baixo (0 - 20%)
- Baixo (21% - 40%)
- Médio (41% - 60%)
- Alto (61% - 80%)
- Muito Alto (81% - 100%)

11.1 Análise quantitativa dos Riscos

Os riscos estão associados à todo processo de desenvolvimento e planejamento do projeto. Isto posto, é necessário quantificar qual seria o impacto, probabilidade e prioridade da ocorrência deste risco no decorrer do desenvolvimento.

Para quantificar este impacto, foi definido um sistema de quantificação que possui a seguinte escala:

- Muito Baixo
- Baixo
- Moderado
- Alto
- Muito Alto

11.2 Planejamento de Respostas dos Riscos

O planejamento de respostas dos riscos considera atividades, rotinas e propostas em resposta aos riscos associados à solução proposta. Nesse sentido, é necessário seguir uma ordem de aplicação dessas atividades a qual está descrita a seguir.

11.2.1 Riscos Negativos

Os riscos negativos impactam o andamento do projeto de maneira que impede ou dificulta a sua execução. Para evitar esses entraves, as seguintes medidas podem ser tomadas:

11.2.1.1 Prevenção

A prevenção é uma estratégia de resposta ao risco, assim, a equipe age de modo a eliminar a ameaça ou proteger o projeto contra os impactos provenientes desses riscos. Ou seja, o planejamento feito pode ser alterado buscando a eliminação total da ameaça. Pode-se, também, estender o cronograma, alterando a estratégia ou até mesmo reduzir o escopo para que tais riscos sejam prevenidos.

11.2.1.2 Transferência

A estratégia consiste na transferência de riscos alocando o impacto e a responsabilidade da ameaça para terceiros. No entanto, esse tipo de abordagem não é capaz de eliminar o risco, apenas designa o esforço de gerenciamento dela para uma outra área, equipe ou software.

11.2.1.3 Mitigação

O processo de mitigar um risco é uma resposta em que a equipe envolvida no desenvolvimento do projeto atua buscando a redução da probabilidade ou impacto do risco. Ações que buscam a redução da ocorrência do risco são mais vantajosas do que a de reparar danos. Há situações em que não é possível reduzir a probabilidade de ocorrência do risco, então, deve-se abordar fatores capazes de determinar a gravidade do impacto.

11.2.1.4 Aceitação

A aceitação é uma medida que deve ser evitada já que implica em uma falta de ação em resposta ao risco. Essa abordagem só é aplicada quando não há solução ou há inviabilidade econômica para evitar, diminuir ou transferir.

11.3 Descrição dos Riscos

Tabela 4 – Riscos

Risco	Consequência	Probabilidade	Impacto	Medida a tomar
Risco do Projeto				
A Universidade aderir à greve em apoio a educação	Paralisação do desenvolvimento do projeto	Baixa	Muito Alto	<p>Aceitação - Aguardar o retorno das atividades acadêmicas.</p> <p>Prevenir - Fazer um re-planejamento do escopo adequando-o às novas datas das <i>releases</i> após a greve</p>
Algum membro desistir e/ou trancar a disciplina	Gerar uma carga de trabalho maior para os outros membros da equipe Atrasar o desenvolvimento do projeto	Moderada	Muito Alto	<p>Prevenir - Fazer um acompanhamento pessoal toda semana do desempenho de cada membro, e adequando o trabalho à sua necessidade</p> <p>Mitigar - Adequar o escopo do projeto às datas das <i>releases</i> e a quantidade de membros do projeto</p>

Aumento no custo de produção do projeto devido à adversidades	A equipe necessitará de mais verba para finalização do projeto	Alta	Moderado	Prevenir - Fazer um planejamento de custos com uma margem para ações emergenciais de gastos
Danificação dos componentes físicos do projeto	Atraso no desenvolvimento e aumento no custo do projeto	Alta	Alto	Prevenir - Possuir peças reservas para componentes mais críticos
Perda, roubo ou furto de equipamento dos membros ou do projeto	Atraso no desenvolvimento do projeto e aumento no custo de produção	Baixa	Alto	Aceitação Mitigar - Redistribuir as atividades à serem realizadas de acordo com as condições de cada membro da equipe

Riscos de Estrutura

A estrutura não se integrar corretamente com as outras áreas	Atraso no desenvolvimento do projeto e aumento no custo de produção	Moderado	Muito Alto	Prevenir - Grupo de estrutura deve sempre conversar com as demais áreas
Estrutura ser danificada durante montagem/transporte dos componentes	Atraso no desenvolvimento do projeto e aumento no custo de produção	Baixo	Alto	Prevenir - Ter cautela durante o transporte da estrutura e procurar um local fixo para deixá-la armazenada

A equipe de estruturas não ter domínio sobre os dimensionamentos a serem feitos	Atraso no desenvolvimento do projeto	Baixo	Muito alto	Prevenir - Estudar sobre cálculos de vazão.
Estrutura não ter domínio sobre cálculo e simulação da perda de cargas	Atraso no desenvolvimento do projeto e baixa eficiência	Moderado	Moderado	Prevenir- Estudar os cálculos sobre perdas de cargas e simulação
Estrutura não suporta o peso dos componentes	Atraso no desenvolvimento do projeto e aumento no custo de produção	Moderado	Alto	Prevenir - Efetuar simulações estruturais em softwares de elementos finitos antes da escolha dos materiais e peças constituintes
Estrutura não ter portabilidade o suficiente para ser transportada	Aumento do custo de produção	Moderado	Baixo	Prevenir - Realizar esboços e teste com todos os componentes
Estrutura não suportar as condições climáticas do sol e chuva	Aumento do custo de produção e perda de componentes	Alto	Alto	Prevenir - Realizar simulações estruturais antes da construção do sistema

Ocorrer vazamento nas tubulações	Aumento do custo de produção, atraso no desenvolvimento do projeto e baixa eficiência	Moderado	Alto	Prevenir - Verificar os acoplamentos entre as tubulações do sistema e observar se não há rachaduras nas mesmas
Rachadura nas tubulações	Aumento do custo de produção e atraso no desenvolvimento do projeto	Moderado	Alto	Prevenir - Verificar a tubulação antes da compra e evitar o manuseio incorreto das mesmas
Motobomba não funcionar	Atraso no desenvolvimento do projeto e possível elevação do custo	Baixo	Muito alto	Prevenir - Verificar o correto funcionamento do equipamento antes de efetuar a compra do mesmo e evitar o manuseio incorreto
Aspersores não funcionarem corretamente	Atraso no desenvolvimento do projeto e possível elevação do custo	Moderado	Alto	Prevenir - Verificar se o dimensionamento do sistema como um todo foi feito corretamente e se as especificações foram atendidas, ou ainda se o equipamento foi comprado com defeito

Erro no dimensionamento da bomba e cálculo perda de carga	A bomba não fornecer pressão e vazão suficiente para os aspersores irrigarem a área de forma uniforme	Médio	Alto	Prevenir - Consultar professores da área de Fluidos/máquinas hidráulicas, utilizar softwares para simular cálculos de perda de carga no projeto
Erro no dimensionamento do circuito de força e comando da bomba hidráulica	Não funcionamento da bomba hidráulica e controles requisitados	Médio	Alto	Prevenir - Consultar professores da área de Potência e utilizar softwares como CadESimu para simulação

Riscos de Software

A equipe de desenvolvimento não ter domínio técnico sobre partes das tecnologias escolhidas	Atraso no desenvolvimento dos serviços planejados	Baixa	Alto	Prevenir - Escolher tecnologias similares às já conhecidas pela equipe. Caso contrário, estudar antes do início do desenvolvimento
---	---	-------	------	---

Instabilidade nos serviços de terceiros (ex: Github, DockerHub, etc)	Atraso no desenvolvimento, configuração, gerência e integração dos softwares	Baixa	Alto	Prevenir - Utilizar serviços diversificados e evitar a dependência de uma única fonte fornecedora. Tentar ao máximo manter serviços mantidos pela própria equipe.
Integração dos sistemas embarcados com a aplicação de software	Atraso no desenvolvimento e/ou na entrega do projeto	Moderado	Muito Alto	Prevenir - Aproximar o desenvolvimento da equipe de Eletrônica e de Software. Manter uma taxa satisfatória dos testes de integração de todos os serviços desenvolvidos.

Riscos de Eletrônica

Não conhecimento das tecnologias selecionadas para implementação	Atrasos no desenvolvimento	Baixa	Médio	Prevenir: Realizar capacitação prévia
Danos causados aos componentes eletrônicos pelo time de desenvolvimento	Não funcionamento de subsistemas e aumento de custos do projeto	Moderada	Alto	Mitigar: Assegurar condições de uso dentro dos padrões tolerados

Falha no senso-riamento	Perda de dados	Moderada	Moderado	Mitigar: Desenvolver testes individuais para os sensores
Falha na comunicação	Atrasos indesejados no sistema	Moderada	Alto	Mitigar
Danos aos componentes causados por fatores externos (temperatura e umidade)	Não funcionamento de subsistemas e aumento de custos do projeto	Moderada	Alto	Prevenir: Isolar elementos sensíveis
Falhas no projeto das placas de circuito impresso	Não funcionamento do projeto	Moderada	Moderado	Prevenir
Falhas no sistema de alimentação dos componentes eletrônicos (tensão, corrente e potência)	Não funcionamento do projeto	Baixa	Muito Alto	Prevenir: Assegurar dimensionamento correto dos parâmetros desejados

12 Considerações

Neste ponto de controle, além de consolidar o escopo da solução, conseguimos definir a sua composição e justificar suas escolhas. Além disso, a parte de software conseguiu desenvolver parte da aplicação WebApp, adiantando a entrega de parte do produto.

O andamento da equipe segue de acordo com o cronograma, trazendo a segurança da entrega do produto ao final da disciplina.

Referências

- 000]softgoal AL.], L. C. . [et. Non-functional requirements in software engineering. In: _____. [S.l.: s.n.], 2000. p. 15–16. Nenhuma citação no texto.
- AL, R. F. et. *Hypertext Transfer Protocol*. 1999. <Https://tools.ietf.org/html/rfc2616>. Acesso em: 02 out. 2019. Citado na página 54.
- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Índice s como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. Campina Grande, Brazil, p. 382 – 388, 2009. Citado na página 11.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO*: Informação e documentação — referências. Rio de Janeiro, 2004. Citado na página 36.
- BELL, D. *The sequence diagram*. 2004. <<https://developer.ibm.com/articles/the-sequence-diagram/>>. Acesso em: 29 set. 2019. Citado na página 50.
- BERNARDO, S. Manual de irrigação, 5ed. In: _____. [S.l.]: UFV, 1989. p. 596. Citado na página 11.
- CONSTRUINDODECOR. 2016. <<http://construindodecor.com.br/irrigacao-por-gotejamento/>>. Acesso em: 27 ago. 2019. Citado 4 vezes nas páginas 3, 12, 15 e 18.
- EMBRAPA. Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o cerrado: Programa de financiamento de equipamentos de irrigação. Planaltina DF, Brazil, p. 8–9, 1983. Citado 3 vezes nas páginas 5, 14 e 15.
- FERREIRA, R. . P. Cultivo e utilização da alfafa em pastejo para alimentação de vacas leiteiras. Brasília , Brazil, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 18.
- GEOGRAFIAGAMA. 2014. <https://www.achetudoeregiao.com.br/df/gama/dados_gerais.htm/>. Acesso em: 29 ago. 2019. Citado na página 14.
- GURGEL", R. G. A. "PRINCIPAIS ESPÉCIES E VARIEDADES DE GRAMA". 2003. <<http://infograma.com.br/wp-content/uploads/2015/10/PRINCIPAIS-ESPÉCIES-E-VARIEDADES-DE-GRAMAS.pdf>>. Citado na página 60.
- IRRIGAÇÃO. 2016. <<https://www.irrigacao.net/aspersao/saiba-tudo-sobre-irrigacao-por-aspersao-convencional/>>. Acesso em: 27 ago. 2019. Citado na página 12.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do cerrado brasileiro. Brasília, Brazil, p. 147 – 155, 2005. Citado na página 11.
- KNIES, A. . E. Projeto do método de irrigação por aspersão: Sistema de aspersão convencional. projeto de irrigação e drenagem. 2010. Citado 4 vezes nas páginas 15, 16, 17 e 18.

NEL, T. *The Calibration of Flow Meters - Good Practice Guide*. TÜV SÜD Global, Munich - Germany, 2017. 1-35 p. Citado na página 41.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. Campina Grande, Brazil, p. 465 – 473, 2000. Citado na página 11.

RADAELLI, E. *Irrigação correta diminui desperdício de água, explica especialista do ES*. 2016. <<http://g1.globo.com/espirito-santo/agronegocios/noticia/2016/12/especialista-do-es-mostra-modelo-ideal-de-irrigacao-durante-seca.html>>. Acesso em: 29 set. 2019. Citado na página 13.

RAINBIRD. *CURSO DE PROJETOS E INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO PARA JARDINS E GRAMADOS*. 2008. <<https://www.rainbird.com.br/pdf/?urlredirect=/upload/ferramentas-de-trabalho/Manual-de-Irrigacao-e-Montagem/Manual-de-Irrigaco-2008.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 59.

SANTENO. *Soluções em irrigação*. 2019. <<https://www.santeno.com.br/santeno-i/>>. Acesso em: 29 set. 2019. Citado na página 12.

SOARES, J. M. Sistema de irrigação por aspersão. i. dimensionamento. Petrolina, Brazil, p. 14, 1986. Citado 3 vezes nas páginas 13, 16 e 18.

TAIS - Assistente Virtual da Secretaria Especial da Cultura. 2017. <<https://github.com/lappis-unb/tais>>. Acesso em: 30 ago. 2019. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 49.

USC. *TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL*. 1981. <Https://tools.ietf.org/html/rfc793>. Acesso em: 02 out. 2019. Citado na página 54.

Apêndices

APÊNDICE A – TERMO DE ABERTURA DE PROJETO

A.1 Descrição do Projeto

O projeto consiste em um sistema de irrigação automatizado para gramados e pequenas vegetações. O usuário terá controle do sistema via web mobile com acesso à dados do solo e consumo d'água.

A.2 Propósito e Justificativa

Percebeu-se que a forma de irrigação utilizada no gramado da Faculdade do Gama não é eficiente. Não possuem controle de gasto hídrico e necessitam do manuseio da mangueira para revezar as áreas. Com isso, surgiu a ideia de fornecer um produto que irrigue a área uniformemente sem necessidade de manuseio e de forma automatizada.

A.3 Objetivos

O objetivo é desenvolver um produto que seja capaz de irrigar de forma mais eficiente e automatizada. Com possibilidade de implementação em qualquer área que respeite o limite de $400m^2$.

A.4 Requisitos

Abaixo estão descritos os requisitos de alto nível do sistema:

- O usuário poderá gerenciar o agendamento da irrigação remotamente.
- O usuário poderá gerenciar as centrais de controle remotamente.
- Os atuadores deverão cobrir a irrigação de toda área planejada.
- O usuário poderá analisar a eficiência da irrigação remotamente.
- O sistema deverá propor ao usuário as condições propícias para a irrigação.
- O sistema deverá ser escalável.
- O sistema deverá ser portável.

A.5 Riscos

Tabela 5 – Riscos

Risco	Consequência	Probabilidade	Impacto	Medida a tomar
Risco do Projeto				
A Universidade aderir à greve em apoio a educação	Paralisação do desenvolvimento do projeto	Baixa	Muito Alto	Aceitação - Aguardar o retorno das atividades acadêmicas. Prevenir - Fazer um re-planejamento do escopo adequando-o às novas datas das <i>releases</i> após a greve
Algum membro desistir e/ou trancar a disciplina	Gerar uma carga de trabalho maior para os outros membros da equipe Atrasar o desenvolvimento do projeto	Moderada	Muito Alto	Prevenir - Fazer um acompanhamento pessoal toda semana do desempenho de cada membro, e adequando o trabalho à sua necessidade Mitigar - Adequar o escopo do projeto às datas das <i>releases</i> e a quantidade de membros do projeto

Aumento no custo de produção do projeto devido à adversidades	A equipe necessitará de mais verba para finalização do projeto	Alta	Moderado	Prevenir - Fazer um planejamento de custos com uma margem para ações emergenciais de gastos
Danificação dos componentes físicos do projeto	Atraso no desenvolvimento e aumento no custo do projeto	Alta	Alto	Prevenir - Possuir peças reservas para componentes mais críticos
Perda, roubo ou furto de equipamento dos membros ou do projeto	Atraso no desenvolvimento do projeto e aumento no custo de produção	Baixa	Alto	Aceitação Mitigar - Redistribuir as atividades à serem realizadas de acordo com as condições de cada membro da equipe

A.6 Marcos do Projeto

Durante a execução projeto, ocorrerão entregas principais, os Pontos de Controle. Logo, essas entregas são os marcos do projeto, que são compostas pela documentação e o partes físicas do produto. Na tabela 6, é descrito os marcos e suas datas.

Marco	Descrição	Data
Ponto de Controle 1	Definição da problemática, e seu refinamento. Detalhamento da solução e escopo	30/8
Ponto de Controle 2	Modelagem, cálculos, simulação e testes da solução proposta e subsistemas que a compõe.	01/10
Ponto de Controle 3	Construção dos componentes e/ou subsistemas propostos.	21/10

Ponto de Controle 4	Integração dos componentes e subsistemas. Finalização do produto	04/12
---------------------	--	-------

A.7 Partes Envolvidas

- Equipe de Projeto: Integrantes das Engenharias presentes na Universidade de Brasília - Campus Gama.
- Professores da disciplina: Avaliarão o projeto durante a disciplina, assim como sua qualidade.

A.8 Gerência

A gerência é composta pelos membros da equipe, e estes tendo a ciência de suas responsabilidades.

APÊNDICE B – ESTRUTURA ANALÍTICA DE PROJETO

B.1 Estrutura Analítica por ponto de controle

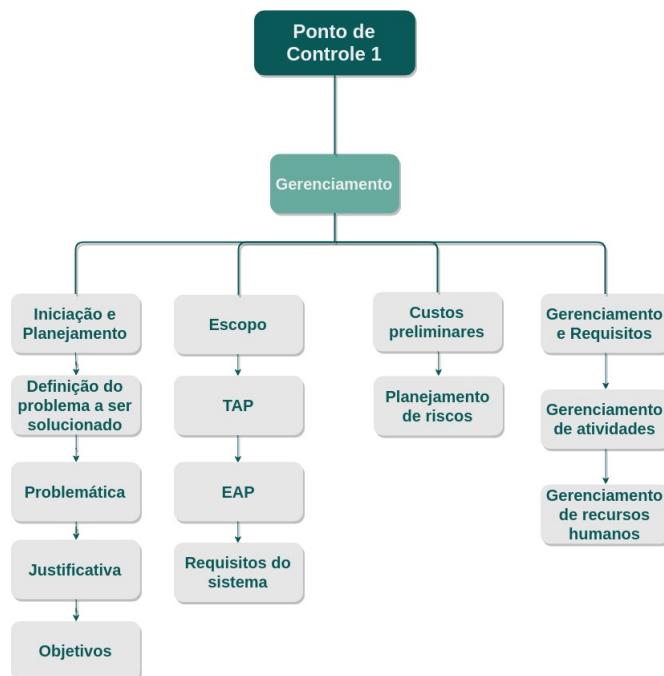


Figura 37 – Estrutura Analítica do Projeto Irri - Ponto de Controle 1

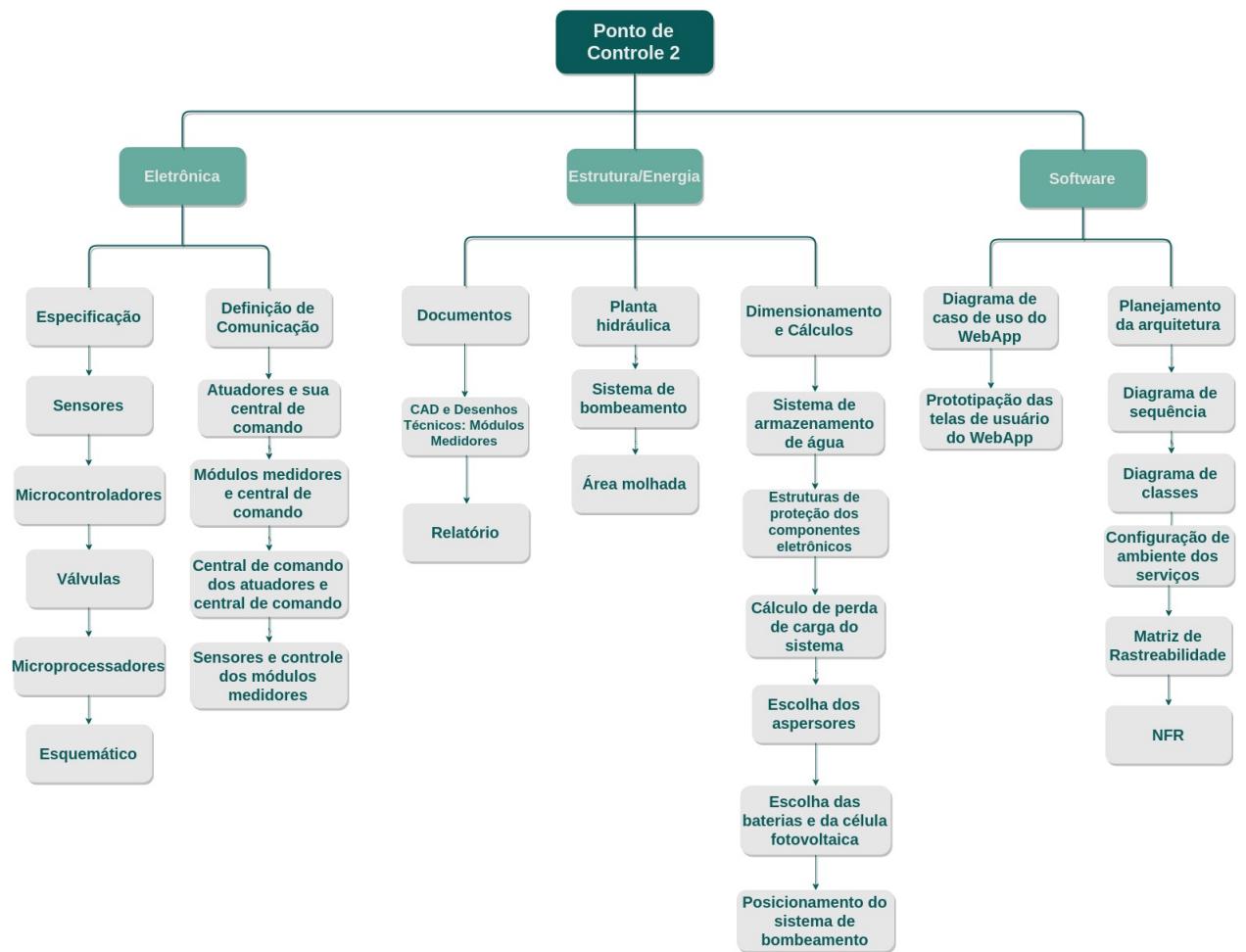


Figura 38 – Estrutura Analítica do Projeto Irri - Ponto de Controle 2

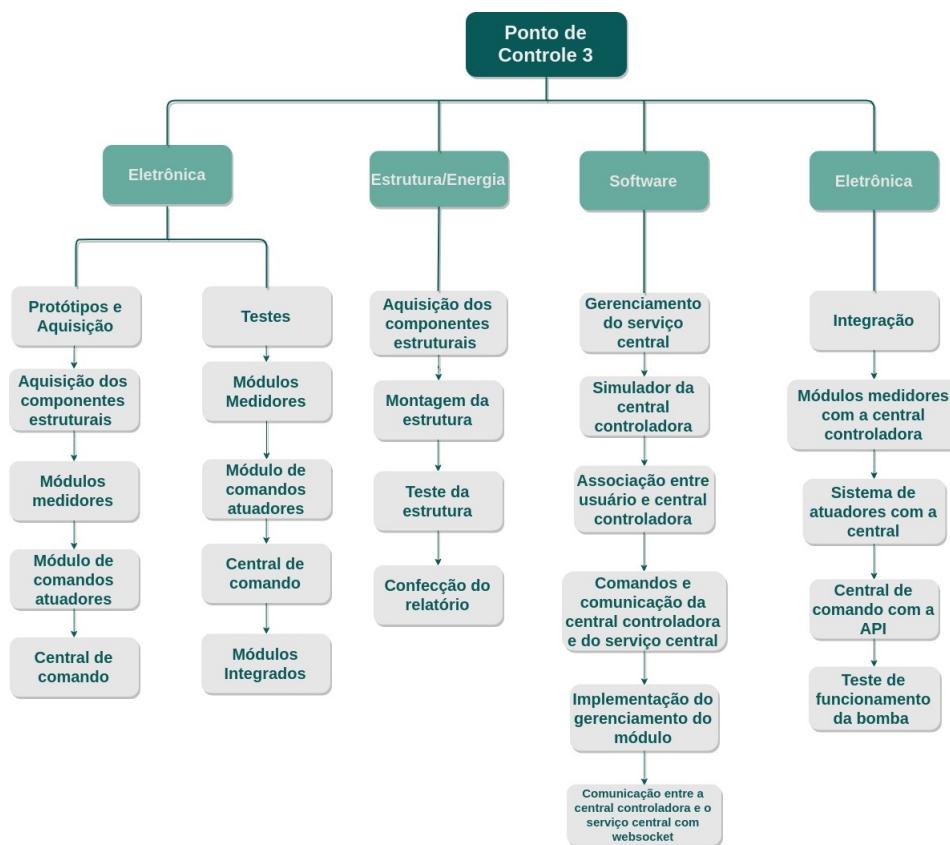


Figura 39 – Estrutura Analítica do Projeto Irri - Ponto de Controle 3

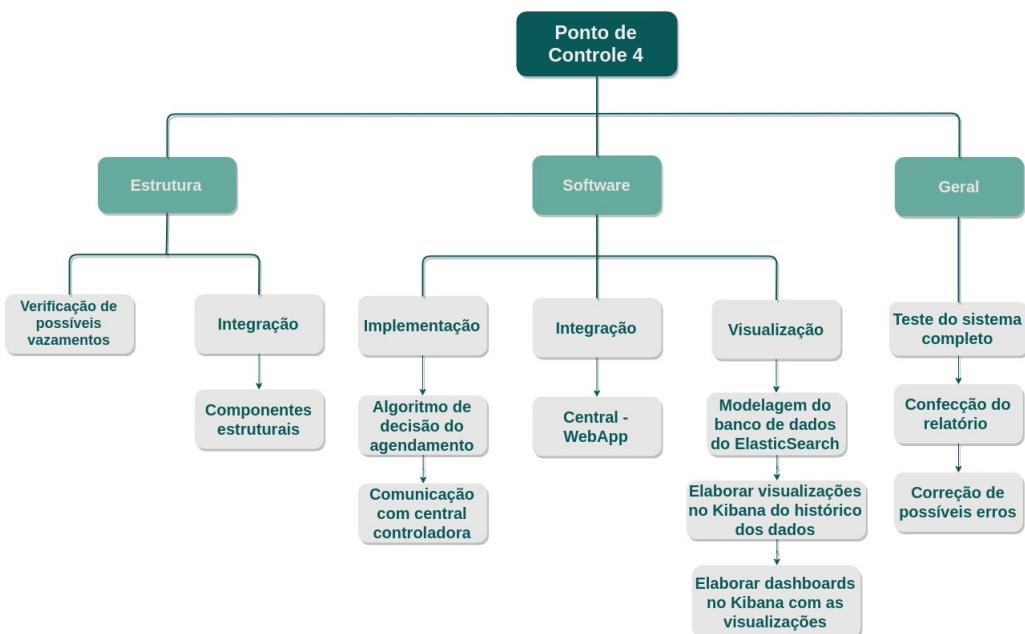


Figura 40 – Estrutura Analítica do Projeto Irri - Ponto de Controle 4

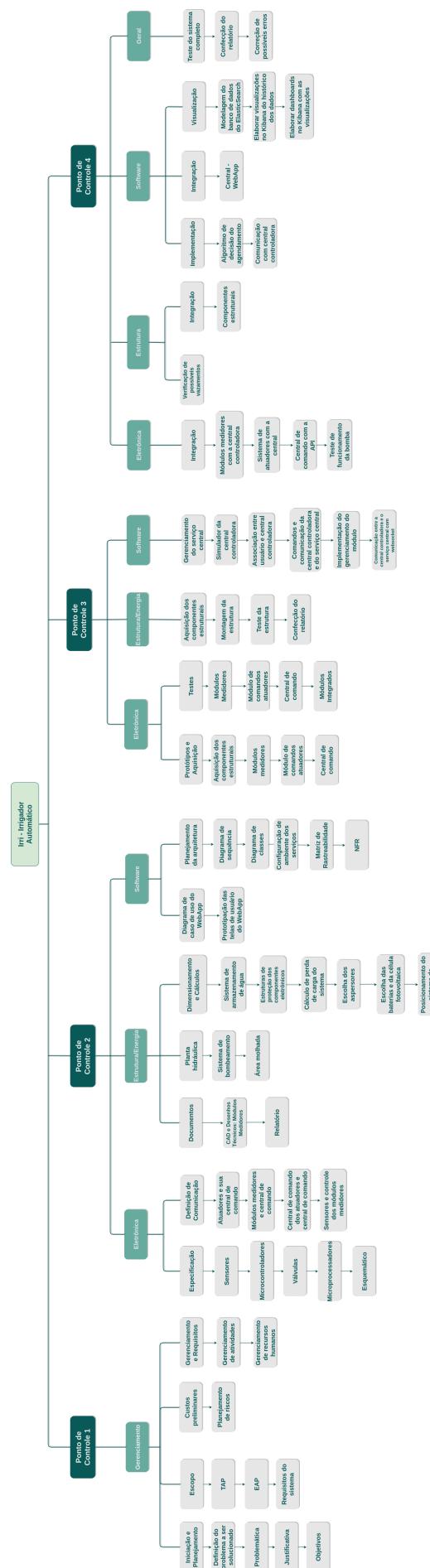


Figura 41 – Estrutura Analítica do Projeto Irri

APÊNDICE C – CRONOGRAMA

C.1 Cronograma de Tarefas

		Ponto de Controle 1	
Sprint		Tarefa	Equipe Responsável
Início	Término		
14/08	30/08	INICIAÇÃO	
		Definição do problema a ser解决ado	Geral
		PLANEJAMENTO	
		Problemática	Estrutura e Energia
		Justificativa e Objetivos	Geral
		GERENCIAMENTO	
		Metodologia	Software
		Organização da equipe	Software
		TAP	Software
		EAP	Geral
		Gerenciamento de atividades	Software
		Gerenciamento de recursos humanos	Software
		REQUISITOS	
		Requisitos do sistema	Geral
		Requisitos dos subsistemas	Geral
		PREMISSAS E RESTRIÇÕES	
		Premissas	Software/Eletrônica
		Restrições	Software/Eletrônica
		SOLUÇÃO	
		Escopo	Geral
		Solução por área de atuação	Geral
		CUSTOS	
		Custos preliminares	Energia/Estrutura/Eletrônica
		RISCOS	
		Planejamento de riscos	Geral
		Entrega do PC1	30/08

Figura 42 – Cronograma - Ponto de Controle 1

Sprint	Tarefa	Equipe Responsável
Sprint 1 31/08	Posicionamento do sistema de bombeamento	Energia/Estrutura
	Planta hidráulica do sistema de bombeamento	Energia/Estrutura
	Dimensionamento do sistema de armazenamento de água	Energia/Estrutura
	Planta hidráulica da área molhada	Energia/Estrutura
	Posicionamento do sistema fotovoltaico	Energia
	Especificação dos sensores	Eletrônica
	Especificação das válvulas	Eletrônica
	Especificação dos microcontroladores	Eletrônica
	Especificação dos microprocessadores	Eletrônica
	Dimensionamento das estruturas de proteção dos componentes eletrônicos	Energia/Estrutura
	Planejamento da arquitetura geral do software	Software
	Planejamento da arquitetura dos submodulos	Software
	Destinhar os requisitos de alto nível em histórias de usuário	Software
Sprint 2 07/09	Cálculo de perda de carga do sistema	Energia
	Escolha dos aspersores	Energia
	Escolha das baterias e da célula fotovoltaica	Energia
	Confecção do CAD e desenho técnico das estruturas de proteção dos componentes eletrônicos	Estrutura
	Especificação dos protocolos de comunicação assíncrona	Eletrônica
	Comunicação entre sensores e controle dos módulos medidores	Eletrônica
	Comunicação entre atuadores e central de comando dos atuadores	Eletrônica
	Diagrama de classe dos submodulos	Software
	Diagrama de caso de uso do WebApp	Software
	Diagrama de sequência do WebApp	Software
	Documento de arquitetura dos submodulos do software	Software
	Diagrama NFR dos submodulos	Software
Sprint 3 14/09	Escolha da bomba hidráulica do sistema	Energia/Estrutura
	Escolha da plataforma móvel	Estrutura
	Escolha do painel solar de alimentação da bomba hidráulica	Energia
	Confecção do CAD e desenho técnico da plataforma móvel	Estrutura
	Comunicação entre módulos medidores e central de comando	Eletrônica
	Prototipação das telas de usuário do WebApp	Software
	Configuração de ambiente dos serviços	Software
	Matriz de Rastreabilidade	Software

Figura 43 – Cronograma - Ponto de Controle 2

Sprint 4 21/09	Confecção do relatório da solução estrutural	Energia/Estrutura
	Confecção do relatório do sistema fotovoltaico	Energia
	Confecção do relatório do sistema de bombeamento	Energia
	Comunicação entre central de comando dos atuadores e central de comando	Eletrônica
	Modelagem do banco de dados	Software
	Cadastro de usuário no WebApp	Software
	Login de usuário no WebApp	Software
Sprint 5 28/09	Comunicação do serviço central com API climática	Software
	Confecção do relatório da solução estrutural	Energia/Estrutura
	Aquisição dos componentes estruturais	Estrutura
	Confecção do relatório do sistema de bombeamento	Energia
	Especificação do esquemático geral	Eletrônica
	Pesquisar o impacto de cada variável no agendamento da irrigação	Software
	Desenvolver visualização dos dados de temperatura	Software
	Desenvolver visualização dos dados de umidade	Software

Figura 44 – Cronograma - Ponto de Controle 2 (Continuação)

Sprint	Tarefa	Equipe Responsável
Sprint 6 05/10	Aquisição dos componentes estruturais	Estrutura
	Prototipagem dos módulos medidores	Eletrônica
	Prototipagem do módulo de comandos atuadores	Eletrônica
	Implementação do gerenciamento do serviço central	Software
	Implementação de um simulador da central controladora	Software
	Implementação da associação entre usuário e central controladora	Software
Sprint 7 12/10	Montagem da estrutura	Estrutura
	Teste da estrutura	Estrutura
	Confecção do relatório	Todas
	Prototipagem da central de comando	Eletrônica
	Teste dos módulos medidores	Eletrônica
	Teste do módulo de comandos atuadores	Eletrônica
Sprint 8 19/10	Implementação dos comandos e comunicação da central controladora e o serviço central	Software
	Implementação do gerenciamento do módulo	Software
	Teste da estrutura	Estrutura
	Confecção do relatório	Todas
	Testes da Central de comando	Eletrônica
Sprint 8 19/10	Teste dos módulos integrados	Eletrônica
	Implementação da comunicação entre a central controladora e o serviço central com websocket	Software
	Implementação das telas de agendamento	Software

Figura 45 – Cronograma - Ponto de Controle 3

Sprint	Tarefa	Equipe Responsável
Sprint 9 26/10	Integração dos componentes estruturais com o restante do sistema	Estrutura
	Integração dos módulos medidores com a central controladora	Eletrônica
	Implementação do algoritmo de decisão do agendamento	Software
	Implementação do software de comunicação avulso da central controladora	Software
Sprint 10 02/11	Verificar possíveis vazamentos	Estrutura
	Integração do sistema de atuadores com a central	Eletrônica
	Implementar a comunicação de maneira real entre a central controladora e o serviço central	Software
Sprint 11 09/11	Verificar o funcionamento de todos os componentes do sistema	Estrutura
	Integração da central de comando com a API	Eletrônica
	Utilização dos dados reais no WebApp	Software
	Modelagem do banco de dados do ElasticSearch	Software
Sprint 12 16/11	Teste de portabilidade	Estrutura
	Teste da central de comandos com os módulos medidores e sistema de atuadores	Eletrônica
	Elaborar visualizações no Kibana do histórico dos dados	Software
	Teste de montagem e desmontagem	Estrutura

Figura 46 – Cronograma - Ponto de Controle 4

Sprint 13 23/11	Teste de funcionamento da bomba	Estrutura
	Teste do sistema completo	Todas
	Confecção do relatório	Todas
	Correção de possíveis erros	Todas
	Elaborar dashboards no Kibana com as visualizações	Software
	Correção de possíveis erros	Todas
Sprint 14 30/11	Confecção do relatório	Todas

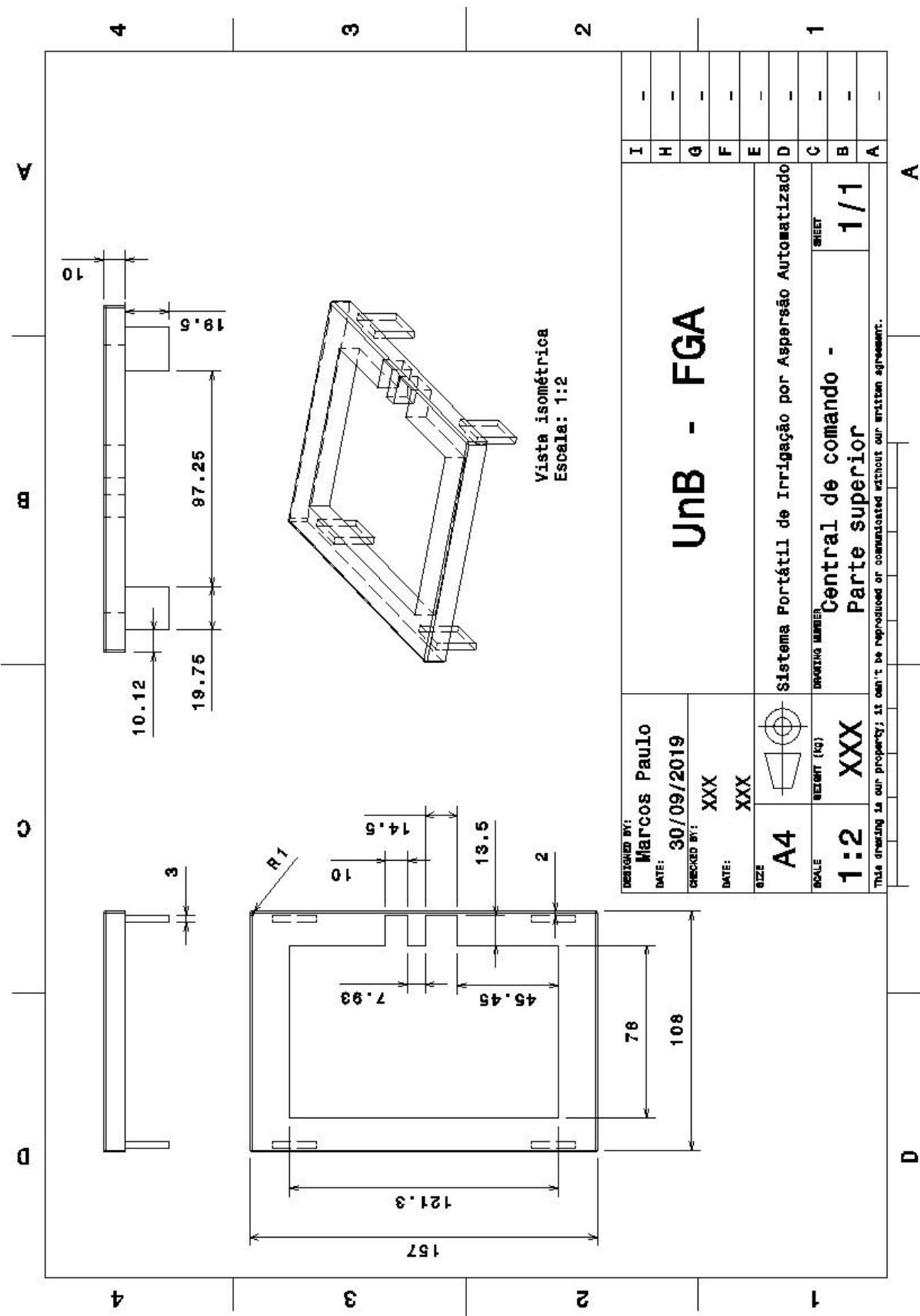
Figura 47 – Cronograma - Ponto de Controle 4 (Continuação)

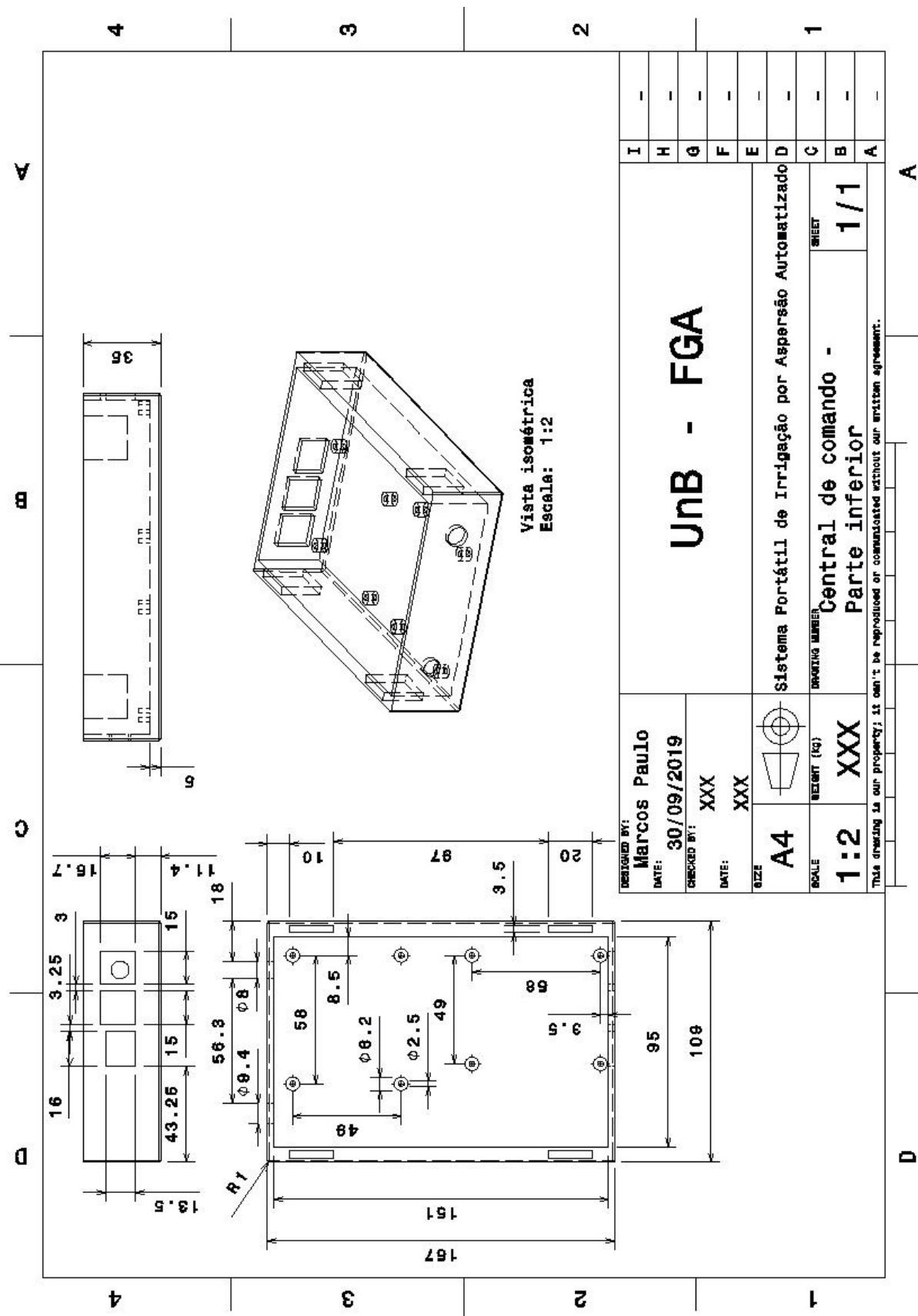
APÊNDICE D – LISTA É/NÃO É

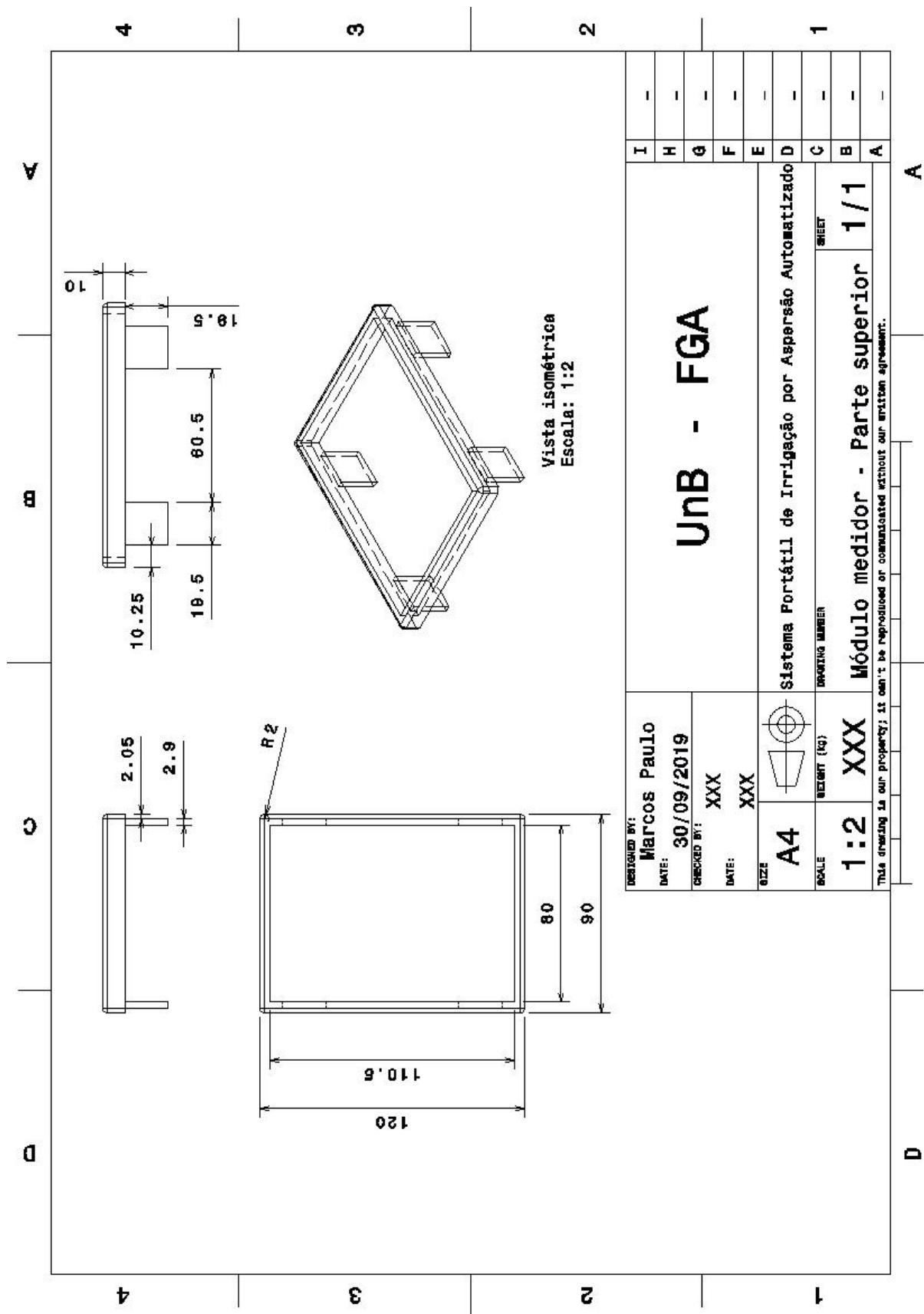
Tabela 7 – Lista É/Não é

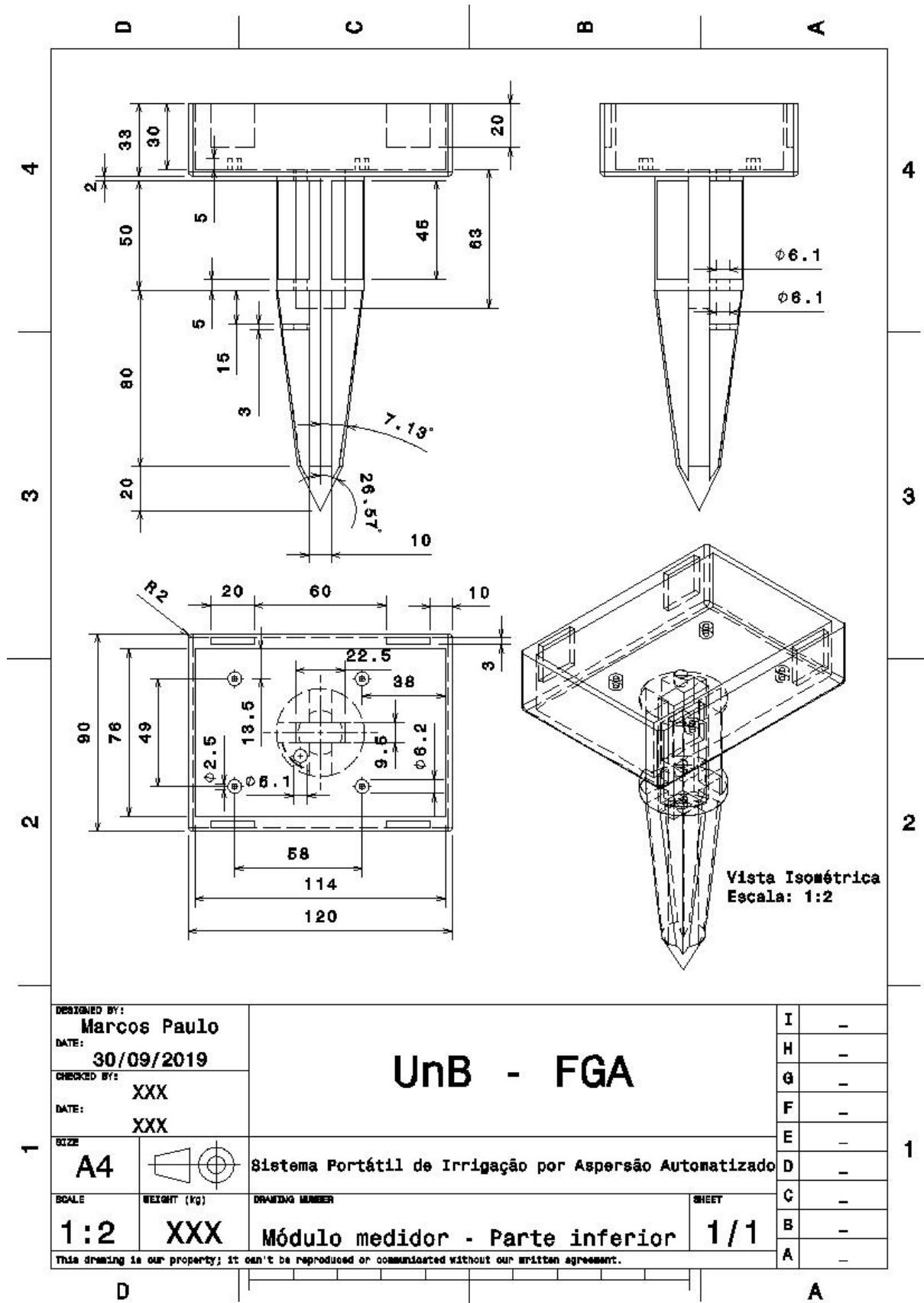
É	Não é
É um sistema de irrigação para gramados e pequenas vegetações.	Não é um sistema de irrigação para cultura ou plantio.
É um sistema que oferece funcionalidades automáticas.	Não é um sistema totalmente autônomo.
É capaz de coletar/armazenar dados de umidade e temperatura sob o solo.	Não é capaz de coletar dados de temperatura do ambiente.
É um sistema portável.	Não é fixo ou requer instalação sob o solo a ser irrigado.

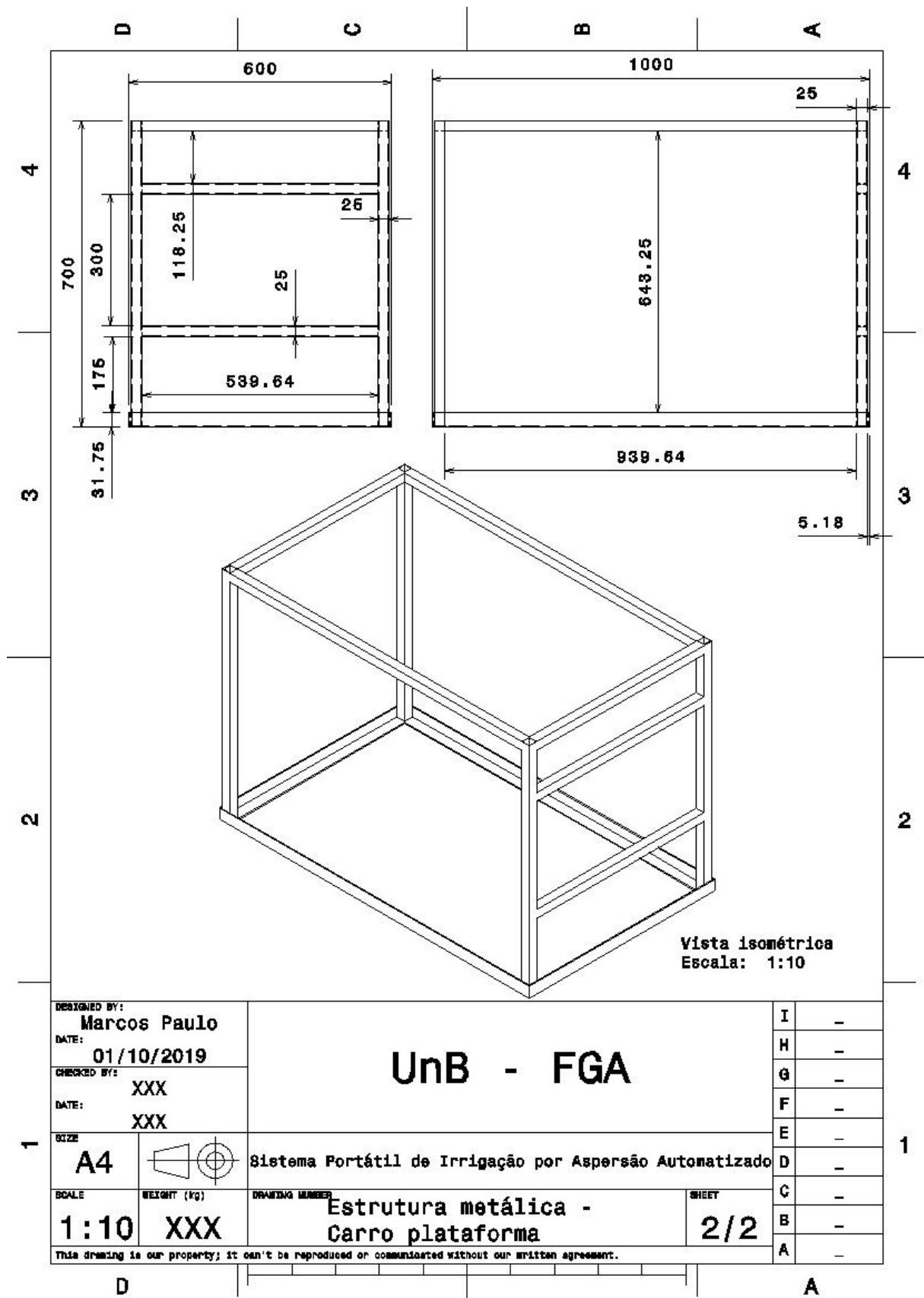
APÊNDICE E – Desenhos técnicos da estrutura

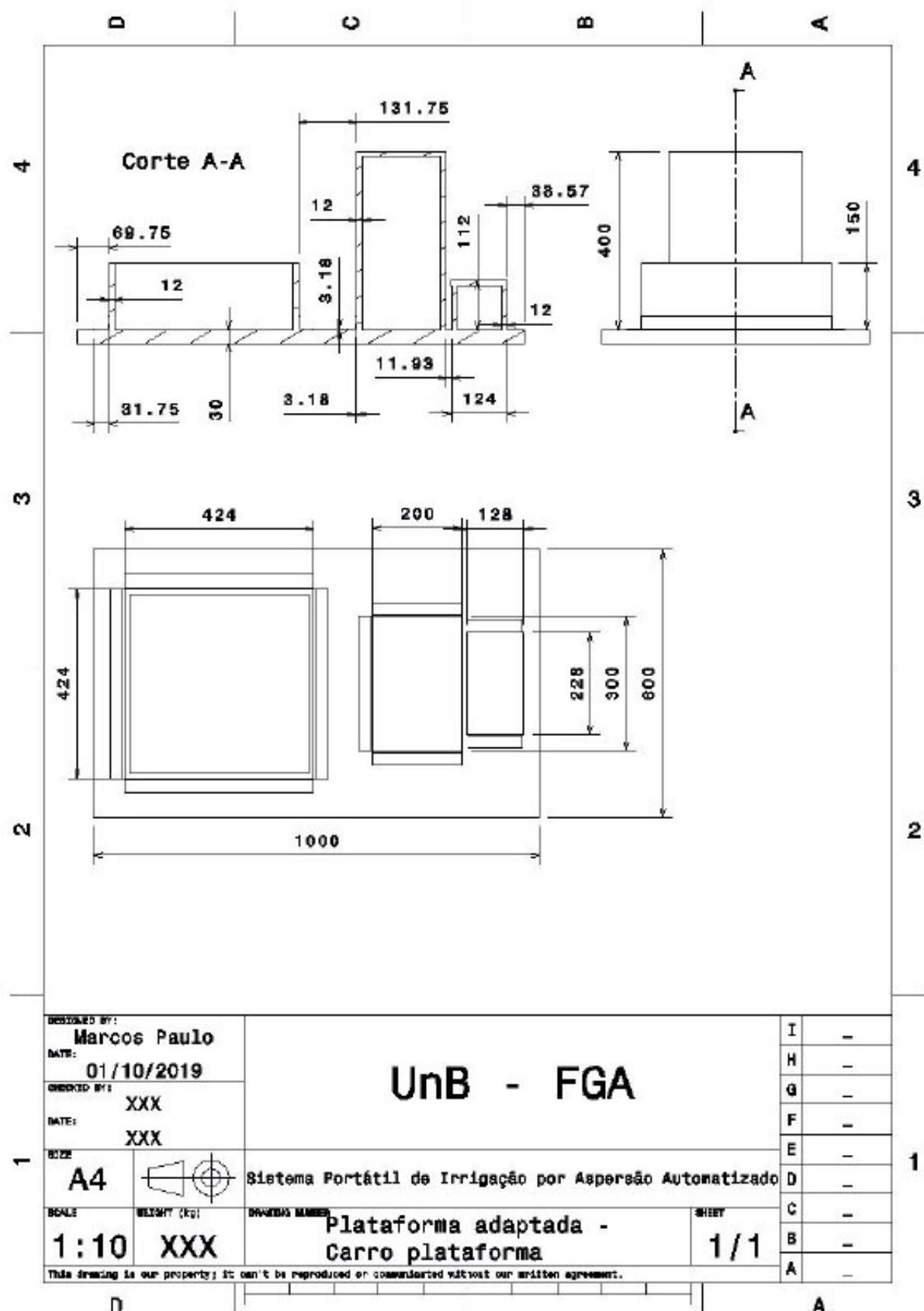












APÊNDICE F – Solução de Software

F.1 Softgoal Interdependency Graph

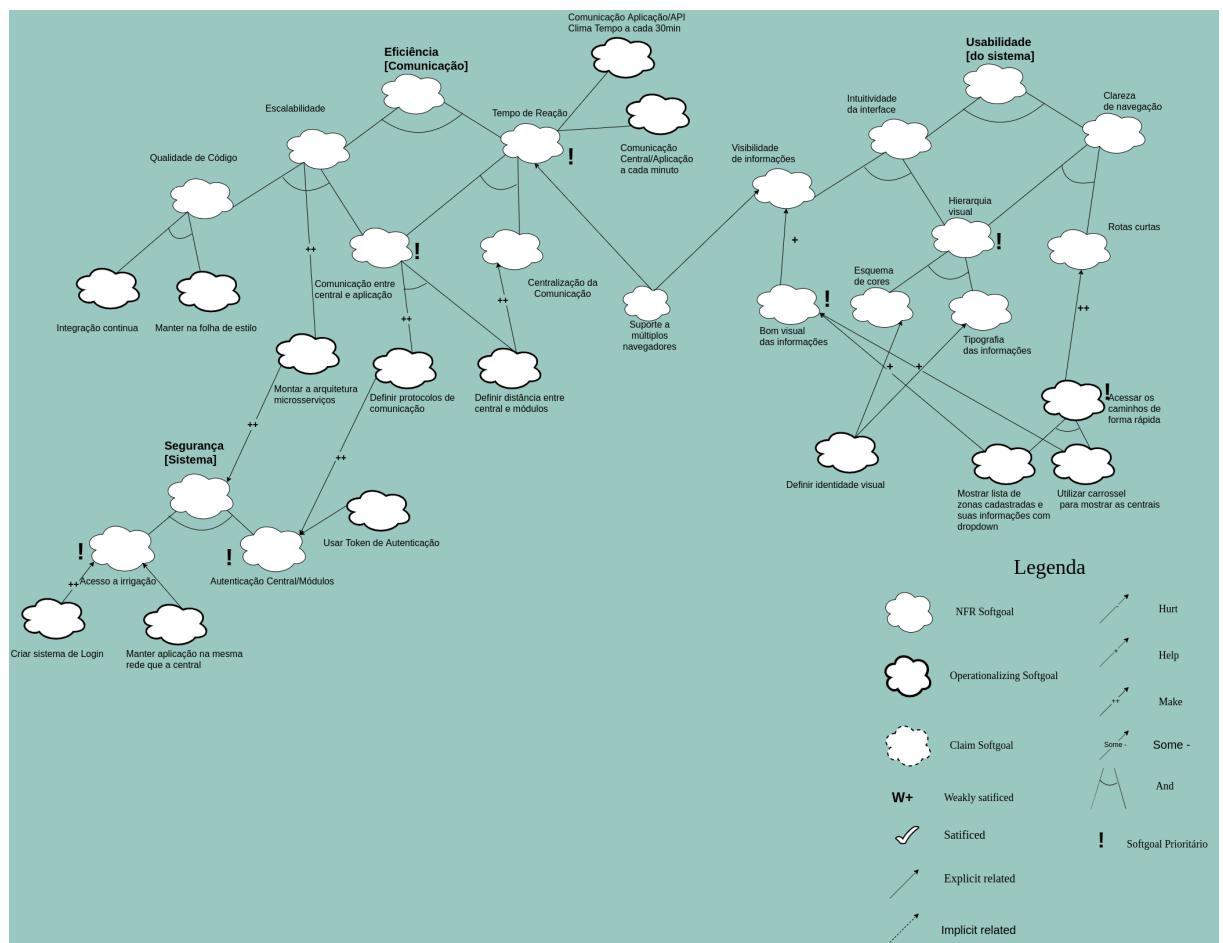
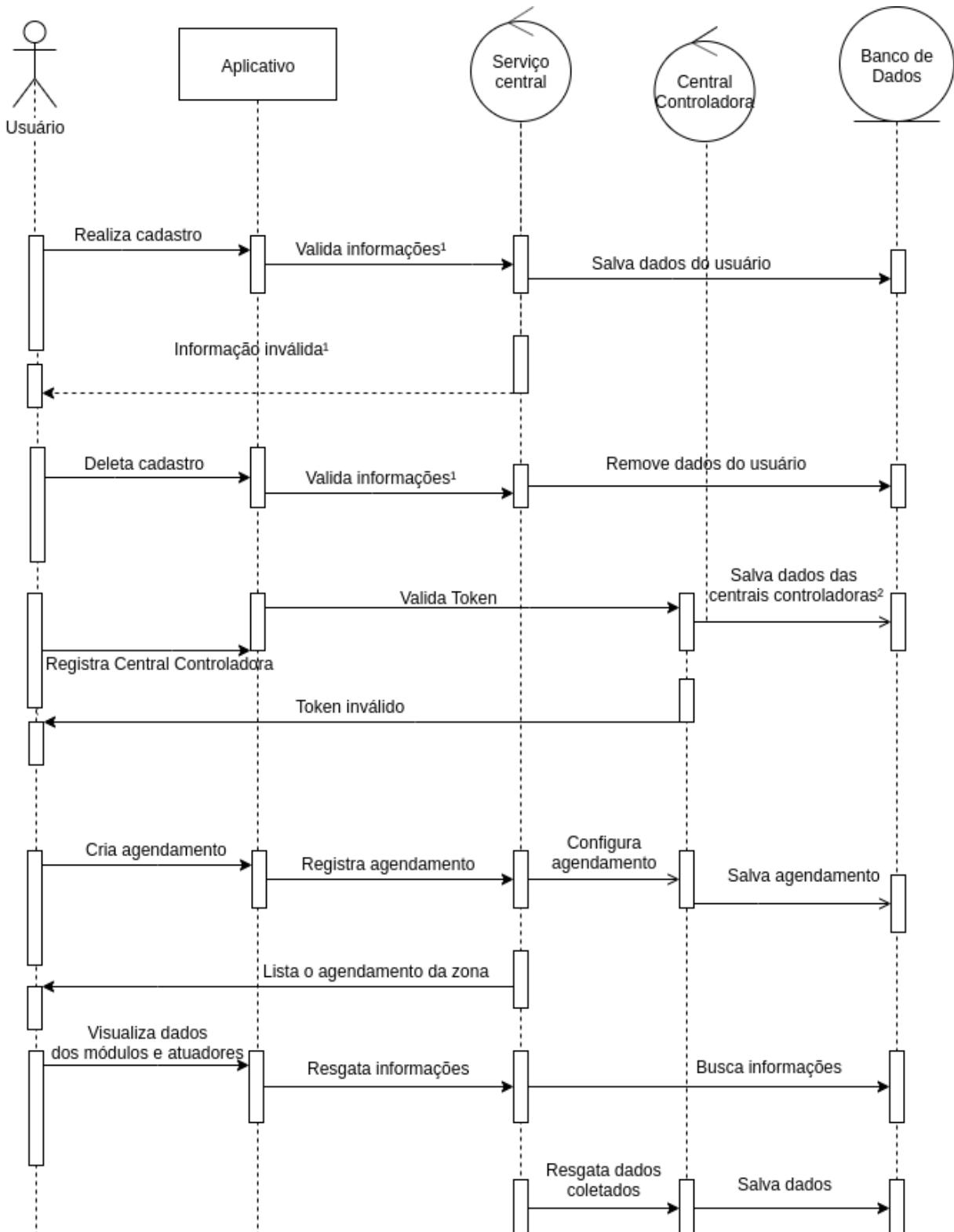


Figura 48 – Softgoal Interdependency Graph - Sistema de Software

F.2 Diagrama de Sequência



Observações:

- As informações validadas são informações comuns de registro de usuário:
 - Nome de usuário (único)
 - E-mail (e-mail único)
 - Senha
 - Confirmação de senha (semelhante à senha)
- Salva os dados relativos aos componentes

APÊNDICE G – Documento de Arquitetura

G.1 Introdução

Este documento visa apresentar a arquitetura de software aplicada no desenvolvimento do sistema gerenciador de irrigação, o Irri, garantindo uma facilidade de visualização dos requisitos e da estrutura para com os desenvolvedores.

G.1.1 Finalidade

Ao esboçar uma visão ampla das arquiteturas associada ao sistema, é possível evidenciar seus aspectos. Sendo assim, este documento procurará transparecer as decisões arquiteturais que foram tomadas, complementando com uma robustez nas informações.

G.1.2 Escopo

A aplicação Irri terá como finalidade gerenciar os sistemas de controle de irrigação de forma dinâmica e eficiente, controlando seus atuadores para que a irrigação, anteriormente agendada, seja feita de forma automática.

O sistema geral corresponde no produto que realizará a irrigação, sendo um sistema de atuadores compondo o sistema de irrigação, em conjunto com sua respectiva central de monitoramento e gerenciamento, com o suporte de módulos medidores que farão a coleta dos dados do solo para serem enviadas à central, que terá a função gerenciar o funcionamento e analisar quando será mais apropriado realizar a irrigação.

Logo, o sistema de irrigação será gerenciado pela aplicação <i>Web/Mobile</i>, fazendo o controle das centrais e dos módulos medidores, realizando agendamentos periódicos para a ativação dos atuadores com o objetivo de irrigar o local no tempo determinado, de forma inteligente, considerando outros fatores que podem influenciar na qualidade da irrigação.

G.1.3 Visão Geral

O documento, através de quatro principais tópicos e suas ramificações, visa detalhar a arquitetura e os requisitos do software. Facilitando o desenvolvimento e esclarecendo dúvidas a respeito deste.

G.1.4 Definições, Acrônimos e Abreviações

- API: Application Programming Interface
- MTV: Model-Template-View

G.2 Representação da Arquitetura

G.2.1 Diagrama de Relações

O projeto foi modelado para uma arquitetura híbrida, envolvendo a arquitetura distribuída vulgarmente denominada de arquitetura mestre/escravo e a arquitetura de microsserviços, a fim de dar dinamicidade e sendo mais apropriada pela estrutura exigida pelo produto geral.

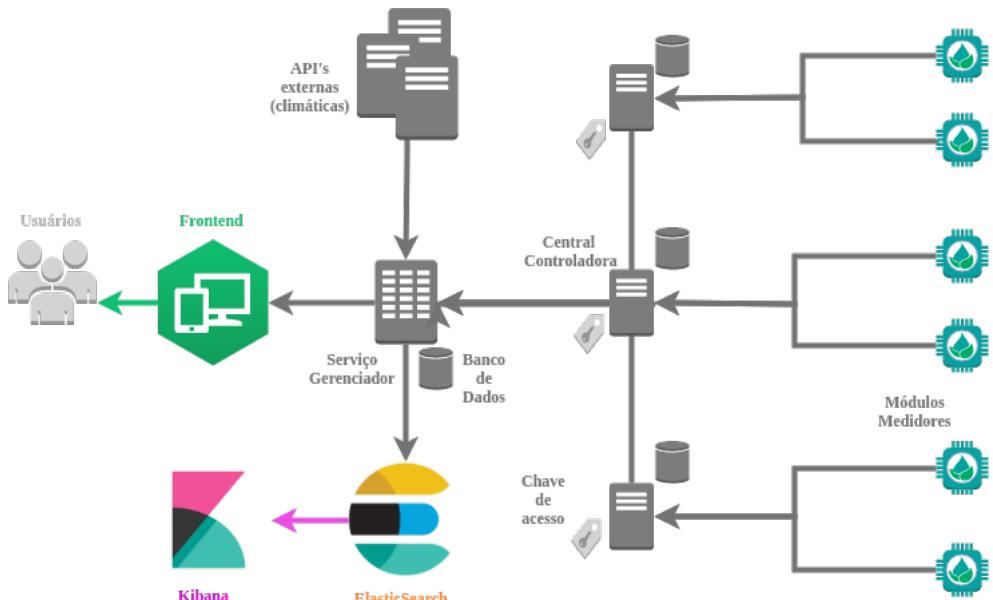


Figura 50 – Arquitetura geral do sistema

O projeto foi modelado para uma arquitetura híbrida, envolvendo a arquitetura distribuída vulgarmente denominada de arquitetura mestre/escravo e a arquitetura de microsserviços, a fim de dar dinamicidade e sendo mais apropriada pela estrutura exigida pelo produto geral.

O módulo que representa a arquitetura distribuída trabalha com pequenos serviços que possuem tarefas específicas, normalmente únicas, concentrando uma rede de informações e permitindo que o servidor supervisor consiga coletar, de forma precisa e já tratada, as informações necessárias solicitadas pelo serviço.

No caso do projeto, a arquitetura vem cobrir a necessidade de haver um serviço central que gerencie todos os centrais de controle que estão acopladas a cada sistema de

irrigação, realizando o gerenciamento dos dados, centralizando no serviço ao qual deve ser feito a análise dos dados coletados.

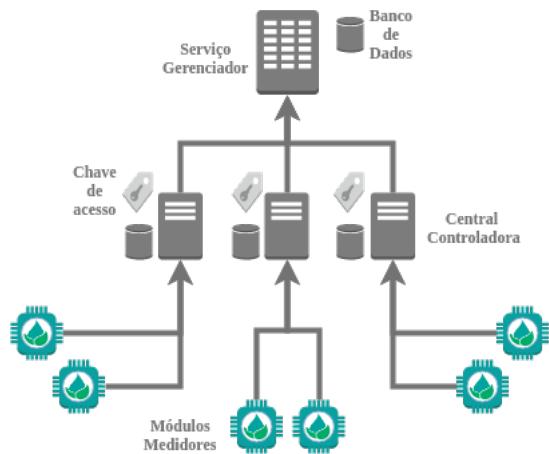


Figura 51 – Arquitetura Distribuída do sistema

Como informado imagem acima, o sistema é composto pelas centrais de controle realizando a coleta dos dados obtidos pelos sensores inclusos nos módulos medidores, onde o serviço central faz o controle de todos as centrais controladoras, centralizando todos os dados coletados.

Já, relacionado ao módulo arquitetural de microsserviços, foram definidos três principais: o serviço para a obtenção de dados climáticos, o de gerenciador das centrais controladoras (servidor mestre da arquitetura distribuída) e de disponibilização de visualizadores para a análise estatística dos dados coletados pelos módulos medidores e pelos atuadores.

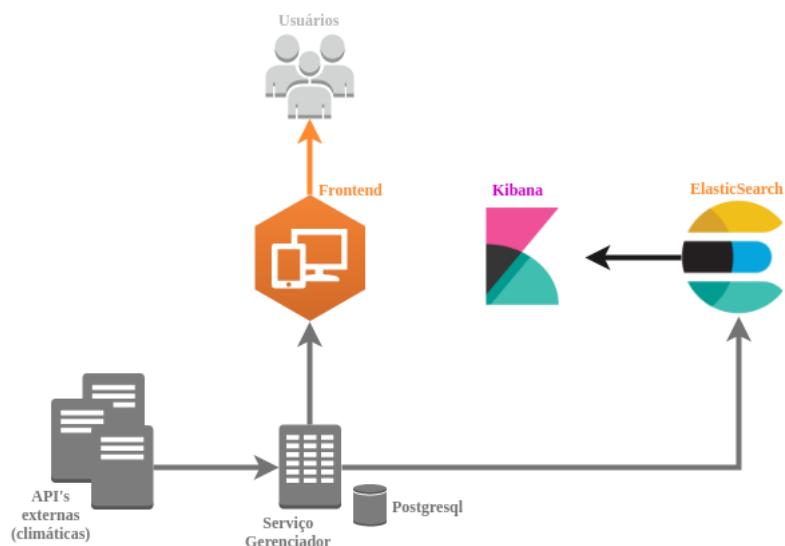


Figura 52 – Arquitetura de microsserviços

G.2.2 Tecnologias

G.2.2.1 Django

A tecnologia Django é um framework para desenvolvimento <i>web</i>, escrito em Python, que utiliza o padrão arquitetural model-template-view (MTV). Ele terá a finalidade de ajudar na construção das API's de coleta climática como também no sistema gerenciador das centrais controladoras, pois a dinamicidade, praticidade e robustez que ele pode oferecer é de alto valor para o sistema.



Figura 53 – Logo Django

Com o fluxo representado pela Figura 5, o processo de construção das API's se torna mais simples e intuitiva, delegando para cada módulo a responsabilidade de cada atividade, realizando a criação de endpoints de forma mais simples e prática.

Django Architecture

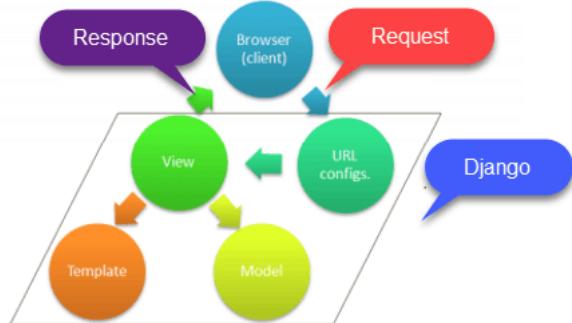


Figura 54 – Fluxo arquitetural do Django

G.2.2.2 VueJS

O *Vue.js* é um *framework* progressivo do JavaScript, de código aberto, para a construção da parte de interface para o usuário, popularmente descrita como FrontEnd. Com a facilidade de integração de novas bibliotecas e uma boa organização arquitetural dos componentes dispostos, ele será de fundamental importância para a criação da interface da aplicação, tornando mais prático o desenvolvimento.

Com várias ferramentas a serem integradas para deixar mais dinâmico o processo de construção da aplicação, a ferramenta de formatação de códigos HTML, denominada *pug* e a ferramenta de auxílio para criação de códigos CSS, *stylus*, tornará o processo de desenvolvimento da interface da aplicação mais prático e fácil.

G.2.2.3 Quasar

O Quasar é um framework que trabalha em conjunto com o VueJS, sendo ideal para a criação de componentes e estruturas comuns em aplicações *web*, permitindo uma boa flexibilidade, garantindo um ambiente responsivo, fornecendo uma boa experiência de usuário tanto em dispositivos *mobile* quanto em *Desktops*.

G.3 Metas e Restrições de Arquitetura

As restrições de arquitetura do projeto são:

- Utilização de um Banco de Dados *PostgreSQL* para os serviços de gerenciamento das centrais controladoras e de coleta de dados climáticos. Já, para o serviço de disponibilização de visualizadores, será associado o banco de dados *ElasticSearch*, que tem uma boa dinamicidade para trabalhar com o serviço do Kibana para realizar a disponibilidade dos visualizadores.
- Utilização da ferramenta Docker para a virtualização dos ambientes de forma prática e adequada.
- Conexão com a internet necessária.

As metas do projeto são:

- Disponibilizar uma aplicação com uma boa usabilidade a fim de tornar prático e ágil o processo de agendamento de irrigação, como também o gerenciamento das centrais pertencentes ao cliente.
- Cobrir os problemas relacionados à irrigação automática, como a necessidade do controle de regagem pela análise dos dados de tempo e do solo.

APÊNDICE H – Simulador Central de Controle

H.1 Objetivo

O objetivo do simulador da central de controle é gerar medidas dos atuadores e dos módulos medidores a fim de simular a arquitetura distribuída alocada do irrigador e do sistema envolvido.

Os dados gerados são subdivididos em especificações de dados dos módulos e das medidas associadas, sendo elas divididas em medidas do atuador e medidas dos módulos medidores:

H.1.1 Dados de cada módulo medidor

```
{
  "id": 1,
  "rf_address": "EF0102FF",
  "url": "http://localhost:3000/modules/1"
}
```

H.1.2 Medidas do atuador

```
{
  "id": 3,
  "water_consumption": 20.3,
  "reservoir_level": 3,
  "url": "http://localhost:3000/actuator_measurements/"
}
```

H.1.3 Medidas da coleta dos módulos medidores

```
{
  "id": 3,
  "temperature": 37.1,
  "ground_humidity": 50,
  "battery_level": 5,
  "module": "http://localhost:3000/modules/1/",
```

```
    "url": "http://localhost:3000/module_measurements/3/"  
}
```

H.2 Como utilizar?

H.2.1 Ambiente de desenvolvimento

Para subir o ambiente de desenvolvimento, você deve ter o *docker* e o *docker-compose* instalados.

Após a instalação de ambos, caso seja a primeira vez que o ambiente é usado ou quando realiza alguma alteração no arquivo *Dockerfile*, execute:

```
sudo docker-compose up --build
```

Caso contrário, após ter feito a *build* anteriormente, mas sem realizar alterações no *Dockerfile*, use:

```
sudo docker-compose up
```

Para acessar o *container* ou do simulador:

```
sudo docker exec -it simulator-api bash
```

ou de seu banco associado:

```
sudo docker exec -it simulator-db bash
```

H.3 Endpoints

H.3.1 /modules/

Objetivo: realizar a criação, a leitura, a deleção e a modificação dos dados relativos aos módulos medidores.

[GET] - Sem parâmetros

200: quando a requisição é feita com sucesso, retorna uma lista de módulos

- id: ID do módulo do tipo *integer*
- address: Endereço RF para comunicação do tipo *string*

- url: Url para acessar o módulo específico do tipo *string*

[POST] - Com parâmetros

Parâmetros

- rf_address: Endereço RF para comunicação

[PUT] ou [PATCH] - Com parâmetros

Parâmetros

- rf_address: Endereço RF para comunicação

H.3.2 /module_measurements/

[GET] - Sem parâmetros

200: quando a requisição é feita com sucesso, retorna uma lista de medidas relacionadas aos módulos cadastrados

Saídas

- id: Id do módulo do tipo *integer*
- temperature: Temperatura do solo do tipo *float*
- ground_humidity: Umidade do solo do tipo *integer*
- battery_level: Nível de bateria do módulo medidor do tipo *integer*
- url: Url para acessar o módulo específico do tipo *string*

H.3.3 /actuator_measurements/

[GET] Sem parâmetros

200: quando a requisição é feita com sucesso, retorna uma lista de medidas relacionadas aos atuadores

APÊNDICE I – Central Service: API de comunicação central/interface

I.1 Objetivo

Microsserviço de comunicação entre a interface web do Irri¹ e a central de controle do sistema de módulos e atuadores.

Nesta aplicação persistimos/retornamos os dados do **usuário**, **controladoras**, **módulos**, e as **medidas** tanto dos atuadores quanto dos módulos.

I.2 Como utilizar?

I.2.1 Ambiente de desenvolvimento

Para subir o ambiente de desenvolvimento, você deve ter o `docker` e o `docker-compose` instalados.

Após a instalação de ambos, caso seja a primeira vez que o ambiente é usado ou quando realiza alguma alteração no arquivo Dockerfile, execute:

```
sudo docker-compose up --build
```

Caso contrário, após ter feito a build anteriormente, mas sem realizar alterações no Dockerfile, use:

```
sudo docker-compose up
```

Para acessar o container ou do simulador:

```
sudo docker exec -it central-service bash
```

ou de seu banco associado:

```
sudo docker exec -it central-db bash
```

¹ <<https://github.com/PI2-Irri/webapp>>

I.3 Endpoints

I.3.1 Usuários

Disponibiliza a funcionalidade de login e registro do usuário, retornando informações não-confidenciais que identificam que auxiliam na construção do FrontEnd.

I.3.1.1 SignUp

POST: `http://localhost:4001/signup/`

Parâmetros

- `username`: Nome de usuário para identificação e login
- `fullname`: Nome completo do usuário cadastrado
- `email`: Email do usuário cadastrado
- `password`: Senha da conta do usuário

I.3.1.2 Login

POST: `http://localhost:4001/login/`

Parâmetros

- `username`: Nome de usuário para identificação e login
- `password`: Senha da conta do usuário

ou

Parâmetros

- `email` : Email do usuário cadastrado
- `password`: Senha da conta do usuário

I.3.2 Controladoras

I.3.2.1 Criação de Controladoras

POST: `http://localhost:4001/controllers/`

É necessário colocar o `token` de autenticação no header do request.

Parâmetros

- name: Nome fictício da controladora
- token: Identificador único de cada central
- is_active: Identificador do estado da controladora

I.3.2.2 Coleta de dados de cada controller

GET: http://localhost:4001/controllers/

É necessário colocar o token de autenticação no header do request.

Parâmetros

- token: Identificador único de cada central

Quando 200 : retorna a central desejada

I.3.2.3 Coleta de dados das controladoras de um usuário específico

GET: http://localhost:4001/controllers/*nfo*/

É necessário colocar o token de autenticação no header do request.

Sem parâmetros

Quando 200 : retorna a central desejada, juntamente com os dados da zona e da última medida coletada pelo módulo associado a central.

I.3.3 Módulos

I.3.3.1 Criação dos módulos medidores

POST: http://localhost:4001/modules/

É necessário colocar o token de autenticação no header do request.

Parâmetros

- rf_address: Identificador único de cada módulo
- controller: Controladora responsável pelo módulo

I.3.3.2 Coleção de todos os módulos medidores de uma controller

GET: http://localhost:4001/modules/

É necessário colocar o **token de autenticação** no **header** do **request**.

Parâmetros

- controller: Controladora responsável pelos módulos

Quando 200 : retorna todos os módulos associados à central inserida

I.3.3.3 Coleção de todos os módulos medidores de um usuário

GET: http://localhost:4001/modules/

É necessário colocar o **token de autenticação** no **header** do **request**.

Sem parâmetros

Quando 200 : retorna todos os módulos associados ao usuário

I.3.4 Zonas

I.3.4.1 Criação de zona

POST: http://localhost:4001/zones/

É necessário colocar o **token de autenticação** no **header** do **request**.

Parâmetros

- name: Nome para a zona onde a controladora se localiza
- zip: Endereço do local onde a controladora se encontra
- controller: Controladora responsável pela zona

I.3.4.2 Coleção das zonas associadas à controladora

GET: http://localhost:4001/zones/

É necessário colocar o **token de autenticação** no **header** do **request**.

Parâmetros

- controller: Controladora responsável pela zona

I.3.5 Medições

I.3.5.1 Medidas dos atuadores

GET: `http://localhost:4001/actuatorsmeasurements/`

É necessário colocar o **token** de autenticação no header do request.

Parâmetros

- controller: Controladora responsável pelas medidas dos atuadores

I.3.5.2 Medidas dos módulos medidores

GET: `http://localhost:4001/modulesmeasurements/`

É necessário colocar o **token** de autenticação no header do request.

Parâmetros

- module: Módulo responsável pelas medidas dos atuadores

APÊNDICE J – Serviço de dados meteorológicos

Este serviço tem como proposta fazer a coleta dos dados diários de cada localidade cadastrada, em paralelo com a coleta de dados de previsão do tempo. Este serviço faz uso de uma API aberta, chamada OpenWeather¹, que disponibiliza dados meteorológicos de diversas localidades do mundo, tendo uma boa precisão comparada a outros serviços de código fechado.

J.1 Dados disponíveis

Neste serviço, é possível coletar os seguintes dados:

- Temperatura atual (Celsius)
- Temperatura mínima
- Temperatura máxima
- Velocidade do vento (km/h)
- Precipitação (mm)

J.2 Dados meteorológicos atuais

Disponibiliza uma amostra dos dados coletados de minuto a minuto (dados comumente atualizados), de acordo com a API² utilizada para a coleta das informações meteorológicas.

GET: `http://localhost:4000/minutely_measurement/`

```
[  
 {  
   "id": 312,  
   "collection_time": "2019-09-16T10:11:23-03:00",  
   "temperature": 298.39,  
   "temperature_min": 297.15,  
   "temperature_max": 299.82,  
   "wind_velocity": 6.2,
```

¹ <<https://openweathermap.org/api>>

² <<https://openweathermap.org/api>>

```

    "rain_precipitation": null,
    "location": "http://localhost:4000/locations/1/",
    "url": "http://localhost:4000/minutely_measurement/312/"
}
]

```

Parâmetros

- location: Filtra dados pelo nome do local. (Ex: Gama, Ceilândia)
- latitude: Filtra dados pela latitude do local. (Necessita do campo de longitude)
- longitude: Filtra dados pela longitude do local. (Necessita do campo de latitude)
- start_date: Filtra dados delimitando o período inicial para a coleta. (Necessita do campo end_date)
- end_date: Filtra dados delimitando o período final para a coleta. (Necessita do campo start_date)

J.3 Previsão dos dados meteorológicos

Disponibiliza os dados diários coletados de cada localidade. Este endpoint tem uma peculiaridade de que ele só coleta dados de 3 em 3 horas, ou seja, sua coleta começa de 00:00 até sua última coleta, às 21:00, totalizando 7 medidas para cada dia.

GET: `http://localhost:4000/forecast_measurement/`

```

[
{
  "id": 344,
  "collection_time": "2019-09-16T21:00:00",
  "temperature": 294.37,
  "temperature_min": 294.0,
  "temperature_max": 294.37,
  "wind_velocity": 1.47,
  "rain_precipitation": null,
  "location": "http://localhost:4000/locations/1/",
  "url": "http://localhost:4000/forecast_measurement/344/"
},
{
  "id": 345,

```

```
    "collection_time": "2019-09-16T00:00:00",
    "temperature": 291.858,
    "temperature_min": 291.858,
    "temperature_max": 291.858,
    "wind_velocity": 2.08,
    "rain_precipitation": null,
    "location": "http://localhost:4000/locations/1/",
    "url": "http://localhost:4000/forecast_measurement/345/"
}
]
```

Parâmetros

- location: Filtra dados pelo nome do local. (Ex: Gama, Ceilândia)
- latitude: Filtra dados pela latitude do local. (Necessita do campo de longitude)
- longitude: Filtra dados pela longitude do local. (Necessita do campo de latitude)
- start_date: Filtra dados delimitando o período inicial para a coleta. (Necessita do campo end_date)
- end_date: Filtra dados delimitando o período final para a coleta. (Necessita do campo start_date)

J.4 Referências

OpenWeather, **We Deliver 2 Billion Forecasts Per Day**, Disponível em: <https://openweathermap.org/api>³

³ <<https://openweathermap.org/api>>