



BACHAREL EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**@DIA APLICATIVO PARA DIMENSIONAMENTO DE IRRIGAÇÃO
POR ASPERSÃO**

GUSTAVO MOURA BARROS

Rio Verde, GO

2025



INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
BACHAREL EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**@DIA APLICATIVO PARA DIMENSIONAMENTO DE IRRIGAÇÃO
POR ASPERSÃO**

GUSTAVO MOURA BARROS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Soares de Oliveira Bailão
Coorientador: Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira
Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde

Rio Verde, GO
Fevereiro, 2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

M929@ Moura Barros, Gustavo Moura
@DIA APLICATIVO PARA DIMENSIONAMENTO DE
IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO / Gustavo Moura Moura Barros.
Rio Verde 2025.

40f. il.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Soares de Oliveira Bailão.

Coorientador: Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira.

Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0219201 -
Bacharelado em Ciência da Computação - Integral - Rio Verde
(Campus Rio Verde).

1. Dimensionamento. 2. Gestão dos recursos hídricos. 3.
Desenvolvimento de software. I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
 **GUSTAVO MOURA BARROS**
Data: 26/02/2025 22:08:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local _____
Data _____

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANO SOARES DE OLIVEIRA BAILAO**
Data: 27/02/2025 08:55:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Regulamento de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – IF Goiano - Campus Rio Verde

ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 21 dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte e cinco, às 08h horas, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Prof. Adriano Soares de Oliveira Bailão (orientador), Prof. Marlus Dias Silva e Prof. Caike da Rocha Damke, para examinar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “@DIA APLICATIVO PARA DIMENSIONAMENTO DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO” de Gustavo Moura Barros, estudante do curso de Ciência da Computação do IF Goiano – Campus Rio Verde, sob Matrícula nº 2020102201940040. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição do candidato pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Rio Verde, 21 de fevereiro de 2025.

(Assinado eletronicamente)

Adriano Soares de Oliveira Bailão

Orientador(a)

(Assinado eletronicamente)

Marlus Dias Silva

Membro da Banca Examinadora

(Assinado eletronicamente)

Caike da Rocha Damke

Membro da Banca Examinadora

Documento assinado eletronicamente por:

- **Adriano Soares de Oliveira Bailao**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 25/02/2025 15:43:58.
- **Marlus Dias Silva**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 25/02/2025 15:52:49.
- **Caике da Rocha Damke**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 25/02/2025 15:56:24.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 25/02/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 680581

Código de Autenticação: df041c3c64



RESUMO

BARROS, GUSTAVO. **@Dia Aplicativo para Dimensionamento de Irrigação por Aspersão**. Fevereiro, 2025. 40 f. Monografia – (Curso de Bacharel em Ciência da Computação), Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. Rio Verde, GO.

Este artigo apresenta o desenvolvimento do @Dia, um software multiplataforma para o dimensionamento de irrigação por aspersão, que tem o propósito de oferecer uma solução coesa e essencial para melhorar a eficiência e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. O aplicativo elaborado compreende todas as etapas do processo de dimensionamento, desde a coleta de dados básicos do projeto, como localização, área, cultura e condições agrônômicas, hidráulicas e climáticas, até a definição de equipamentos, incluindo parâmetros de motobombas, modelos de aspersores e de tubulações. O sistema tem o intuito de otimizar o uso de água, energia e recursos financeiros, garantindo uma distribuição uniforme e eficiente da irrigação. O software foi desenvolvido utilizando o framework Flutter para o front-end e Express.js para a API RESTful, que se comunica com o banco de dados NoSQL MongoDB hospedado na nuvem. O aplicativo oferece uma experiência interativa e funcional, possibilitando que as variáveis de dimensionamento sejam editadas a qualquer momento e permitindo que os usuários salvem seus projetos, os quais podem ser acessados posteriormente tanto em plataformas web quanto mobile. Além disso, a tela de resultados permite a exportação dos dados gerados em formatos como PDF e Excel, facilitando a visualização dos resultados obtidos. Após os testes realizados, concluiu-se que a utilização do software é eficaz e abrange até mesmo dimensionamentos em terrenos irregulares.

Palavras-chave: Dimensionamento, Gestão dos Recursos Hídricos, Desenvolvimento de Software.

ABSTRACT

BARROS, GUSTAVO. @Dia Sprinkler Irrigation Sizing Software. Fevereiro, 2025. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharel em Ciência da Computação, Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. Rio Verde, GO, Fevereiro, 2025.

This article presents the development of @Dia, a multiplatform software for sizing sprinkler supervision, which aims to offer a cohesive and essential solution to improve the efficiency and sustainability of agricultural systems. The developed application comprises all stages of the sizing process, from the collection of basic project data, such as location, area, culture and agronomic, hydraulic and climatic conditions, to the definition of equipment, including parameters of motor pumps, sprinkler models and of pipes. The system is intended to optimize the use of water, energy and financial resources, ensuring a uniform and efficient distribution of efficiency. The software was developed using the Flutter framework for the front-end and Express.js for the RESTful API, which communicates with the NoSQL MongoDB database hosted in the cloud. The application offers an interactive and functional experience, enabling sizing variables to be edited at any time and allowing users to save their projects, which can be accessed later on both web and mobile platforms. Furthermore, the results screen allows the export of generated data in formats such as PDF and Excel, making it easier to view the results obtained. After the tests carried out, it was concluded that the use of the software is effective and even covers dimensioning on irregular terrain.

Keywords: Sizing, Water Resources Management, Software Development.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
2 – PROBLEMA E JUSTIFICATIVA	2
3 – OBJETIVOS	3
3.1 Objetivos Gerais	3
3.2 Objetivos Específicos	3
4 – REVISÃO DE LITERATURA	4
5 – MATERIAIS E MÉTODOS	5
5.1 Dados do Solo e da Cultura	5
5.1.1 Disponibilidade Total de água no Solo (DTA)	5
5.1.2 Capacidade Total da água no Solo (CTA)	5
5.1.3 Sistema Radicular	6
5.1.4 Velocidade de infiltração Básica (VIB)	7
5.1.5 Demanda hídrica pela Cultura e pela Atmosfera – Evapotranspiração	8
5.2 Dados Hidrológicos	9
5.2.1 Vazão	9
5.2.2 Pressão	9
5.2.3 Perda de Carga (hf)	10
5.2.4 Perda de Carga Localizada (hf_{loc})	11
5.3 Aspersor	11
5.3.1 Espaçamento	11
5.3.2 Índice de Precipitação (I_p)	12
5.3.3 Demais fatores presentes na escolha do aspersor	12
5.4 Dimensionamento Agrônomo	12
5.4.1 Turno de Rega (T_r)	13
5.4.2 Tempo de Irrigação Necessário (T_{in})	13
5.4.3 Número de Blocos Irrigados por Dia (N_{biad})	13
5.4.4 Número de Aspersores em Operação Conjunta (N_{aoc})	14
5.5 Dimensionamento Hidráulico	14
5.5.1 Dimensionamento das Linhas Laterais	14
5.5.2 Dimensionamento da Linha de Derivação	15
5.5.3 Dimensionamento da Linha Principal e Linha de Sucção	16
5.5.4 Dimensionamento do Conjunto Motobomba	16
5.6 Casos de Uso	17
5.7 Prototipação	18
5.7.1 Tela de Login	18
5.7.2 Tela de Cadastro	19
5.7.3 Tela Inicial (Home)	20
5.7.4 Tela de Dados Iniciais	21
5.7.5 Tela de Dimensionamento Agrônomo	22
5.7.6 Tela de Dimensionamento Hidráulico	23
5.7.7 Tela de Resultados	25

5.8	Desenvolvimento	26
5.8.1	Flutter	27
5.8.2	Express.js	27
5.8.3	MongoDB	27
6	– RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
6.1	Interfaces do usuário	28
6.1.1	Interface de Login	28
6.1.2	Interface de Cadastro	29
6.1.3	Interface Inicial (Home)	30
6.1.4	Interface de Dados Iniciais	31
6.1.5	Interface de Dimensionamento Agronômico	32
6.1.6	Interface de Dimensionamento Hidráulico	33
6.1.7	Interface de Resultados	35
6.1.8	Experimentos Realizados	36
7	– CONCLUSÃO	39
7.1	Trabalhos Futuros	39
	Referências	40

1 INTRODUÇÃO

A irrigação desempenha um papel essencial na melhoria da produtividade agrícola e na garantia das condições mínimas para o cultivo, especialmente em períodos de estiagem. Com as mudanças climáticas e a crescente imprevisibilidade dos padrões de chuva, o uso eficiente da irrigação tornou-se ainda mais crucial para atender à demanda hídrica das culturas.

Segundo Gomes (1997), dentre as várias formas de irrigação, a irrigação por aspersão é uma das mais usadas nas lavouras intensivas das principais culturas produzidas do Brasil, e é a que permite maiores flexibilidades no manejo, mas sua eficiência pode ser comprometida por práticas inadequadas, resultando em desperdício de água e redução no desempenho do sistema. Para maximizar os lucros na agricultura irrigada, é imprescindível um dimensionamento adequado dos sistemas de irrigação, aliado a práticas de manejo que promovam maior eficiência no uso da água.

A obtenção de melhores resultados na irrigação exige uma aplicação uniforme da água, o que pode implicar custos mais elevados na instalação do sistema. O grau de uniformidade desejado deverá considerar alguns fatores, como a escassez de água e o déficit de água necessário para suplementar a irrigação. Nos casos em que a água é limitante a utilização de irrigação com déficit permite maior retorno econômico que a irrigação completa (CALHEIROS C.B.M., 1996).

2 PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

O dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão é uma atividade essencial para o planejamento de projetos agrícolas eficientes e sustentáveis. A escolha correta dos tipos e tamanhos de aspersores, bem como a determinação adequada das pressões e vazões necessárias, influenciam diretamente a uniformidade de distribuição de água no campo e, conseqüentemente, a produtividade e qualidade das culturas. Além disso, um sistema de irrigação por aspersão bem dimensionado e gerenciado pode contribuir para a economia de água e energia, a redução de custos operacionais e a minimização dos impactos ambientais, especialmente em regiões com recursos hídricos limitados. Portanto, a realização de estudos sobre o dimensionamento de irrigação por aspersão é crucial para a promoção do desenvolvimento sustentável da agricultura e para a garantia da segurança alimentar e hídrica em todo o mundo.

Além disso, o dimensionamento correto de sistemas de irrigação por aspersão é fundamental para evitar desperdícios de água, que podem ser prejudiciais para o meio ambiente e para a economia da propriedade rural. A falta de planejamento e de conhecimento técnico adequado pode resultar em ineficiências no uso da água, como perdas por evaporação, escoamento superficial e lixiviação de nutrientes do solo, que afetam negativamente a qualidade e produtividade das culturas.

Por outro lado, a falta de água é um dos principais desafios enfrentados pela agricultura, principalmente em regiões áridas e semiáridas. Nesse sentido, sistemas de irrigação por aspersão bem dimensionados podem ajudar a superar essa limitação, permitindo o uso racional da água e aumentando a produtividade das culturas. Com o aumento da demanda por alimentos e o crescente impacto das mudanças climáticas na agricultura, torna-se cada vez mais importante a adoção de técnicas e tecnologias que permitam a produção de alimentos de forma sustentável.

Portanto, a realização de estudos e pesquisas sobre o dimensionamento de irrigação por aspersão é essencial para melhorar a eficiência e rentabilidade da agricultura, promovendo o desenvolvimento econômico e social das regiões rurais, preservando o meio ambiente e garantindo a segurança alimentar e hídrica da população.

3 OBJETIVOS

Este capítulo delinea os objetivos gerais e específicos do artigo, que aborda o desenvolvimento de um software de dimensionamento de irrigação por aspersão. O objetivo principal deste estudo é apresentar uma solução eficiente e interativa para auxiliar no processo de dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão, considerando as variáveis relevantes envolvidas.

3.1 Objetivos Gerais

A implementação final do software deve englobar todas as funcionalidades necessárias para efetuar as etapas do dimensionamento de irrigação por aspersão, observando simultaneamente as variáveis envolvidas, objetivando tornar o sistema de dimensionamento bastante interativo com o usuário, resultando no aumento de sua eficiência.

3.2 Objetivos Específicos

Para alcançar os objetivos gerais, foram definidos todos os objetivos específicos abaixo:

- Definir as especificações técnicas e funcionais do software para dimensionamento de irrigação por aspersão;
- Selecionar as ferramentas adequadas para o desenvolvimento do software, incluindo a linguagem de programação Dart, o Framework Flutter e o banco de dados MongoDB;
- Desenvolver um esquema de banco de dados para armazenar os dados de dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão;
- Criar uma interface de usuário intuitiva e fácil de usar para o dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão;
- Permitir que o usuário selecione diferentes tipos de culturas e tipos de solo para dimensionar o sistema de irrigação por aspersão;
- Permitir que o usuário gerencie diferentes configurações de sistemas de irrigação por aspersão, como o tamanho da área irrigada e as características do solo;
- Possibilitar salvar as informações registradas pelo usuário em diferentes formatos, para o reuso de informações já fornecidas;
- Integrar o software com o banco de dados MongoDB para armazenar e recuperar os dados de dimensionamento;
- Implementar a funcionalidade de multiplataforma para o software, permitindo que ele seja usado tanto em dispositivos móveis quanto em computadores desktop;
- Propor melhorias para o software a partir da avaliação dos resultados obtidos.

4 REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com Biscaro (2009), a definição de certos parâmetros envolvidos num projeto permite estipular a condição adequada de manejo e controle da irrigação, garantindo assim o sucesso da operação. Nesses parâmetros estão envolvidos itens como o tipo de cultura, as características do solo, seu estado e disponibilidade de água, as características do clima, as características técnicas do aspersor, etc. De posse dessas informações e processando-as da maneira adequada podem-se determinar fatores importantes que são a quantidade de água a aplicar, o tempo gasto na irrigação, o intervalo entre irrigações consecutivas, o tempo de funcionamento do sistema, o número de seções irrigadas consecutivamente, o número de seções irrigadas por intervalo de tempo, a vazão necessária ao sistema, entre outros.

O dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão é uma prática crucial para otimizar a utilização de água, energia e recursos financeiros na agricultura. Segundo Allen et al. (1998), o dimensionamento adequado é essencial para garantir a eficiência na distribuição da água, considerando fatores como a topografia, o tipo de solo e a demanda das culturas. Esses fatores são fundamentais para a determinação dos parâmetros de operação de sistemas de irrigação, como a pressão e a vazão dos aspersores.

Além disso, o uso de tecnologias emergentes tem ganhado destaque no desenvolvimento de soluções para o setor agrícola. O uso de frameworks multiplataforma como Flutter tem mostrado ser uma alternativa eficiente para o desenvolvimento de aplicativos móveis que exigem alto desempenho e integração com diferentes dispositivos (FLUTTER., 2020). Essa abordagem facilita a criação de softwares que oferecem interfaces dinâmicas e responsivas, essenciais para uma experiência de usuário otimizada.

No contexto de bancos de dados, o MongoDB, uma solução NoSQL, tem sido amplamente adotado devido à sua flexibilidade na manipulação de grandes volumes de dados não estruturados, como os provenientes de medições ambientais e de sistemas de irrigação inteligentes (CHODOROW, 2013).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, são apresentados os cálculos e fórmulas utilizados para determinar as variáveis dimensionamento agrônômico e hidráulico, como também são especificadas todas as tecnologias usadas para desenvolver o aplicativo. A metodologia de dimensionamento foi amplamente baseada no livro *Projetos de Irrigação por Aspersão: com ênfase em áreas pequenas e irregulares*, de Barros A. C. (2022).

5.1 Dados do Solo e da Cultura

Esta seção descreve os cálculos e fórmulas utilizados para determinar as variáveis iniciais de um dimensionamento.

5.1.1 Disponibilidade Total de água no Solo (DTA)

A diferença entre a umidade do solo na capacidade de retenção e a umidade no ponto de murcha permanente reflete a quantidade total de água disponível no solo, conhecida como Disponibilidade Total de Água. Em outras palavras, representa a quantidade de milímetros de água disponível por centímetro de solo. A fórmula para calcular a DTA pode ser observada a seguir:

$$DTA = \left(\frac{CC - PM}{10} \right) \times d_a \quad (1)$$

Onde:

- DTA representa a disponibilidade total da água no solo, em mm cm⁻¹;
- CC é a capacidade de campo, em % massa seca;
- PM é o ponto de murcha, em % massa seca;
- d_a é a densidade aparente do solo, em kg dm⁻³.

5.1.2 Capacidade Total da água no Solo (CTA)

Para mensurar o dimensionamento adequado do reservatório ou a profundidade do mesmo, é necessário levar em consideração a extensão efetiva do sistema radicular da cultura a ser irrigada. Dessa forma, podemos calcular a capacidade total de água (CTA) no solo da seguinte maneira:

$$CTA = DTA \times z \quad (2)$$

Onde:

- CTA representa a capacidade total da água no solo, em mm;
- DTA é a disponibilidade total da água no solo, em mm cm⁻¹;
- z é a profundidade efetivado sistema radicular, em cm.

5.1.3 Sistema Radicular

Ao dimensionar um sistema de irrigação por aspersão, é essencial considerar o sistema radicular da cultura a ser irrigada. O sistema radicular é responsável pela absorção de água e nutrientes do solo, influenciando a eficiência da irrigação. Conhecer a profundidade efetiva do sistema radicular ajuda a determinar a quantidade de água necessária para atender às demandas da cultura. Isso garante uma utilização eficiente da água e um melhor desenvolvimento das plantas.

Diante disso, alguns valores de profundidade efetiva do sistema radicular estão apresentados na Tabela 1.1.

Tabela 1 – Profundidade efetiva do sistema radicular de algumas culturas

Culturas Hortaliças	Profundidade (cm)	Culturas Cereais	Profundidade (cm)
Alface	15 - 30	Amendoim	15 - 30
Batata	25 - 60	Cereais menores	50 - 100
Cebola	25 - 60	Feijão	15 - 30
Ervilha	50 - 70	Milho	30 - 60
Melão	20 - 40	Trigo	20 - 40
Milho doce	30 - 50		
Quiabo	30 - 60		
Pepino	35 - 50		
Tomate	25 - 70		
Frutas	Profundidade (cm)	Plantas Industriais	Profundidade (cm)
Abacaxi	30 - 60	Algodão	50 - 110
Banana	30 - 50	Cana de açúcar	50 - 120
Manga	50 - 120	Soja	40 - 70
Citros	60 - 150	Tabaco	30 - 60
Videira	50 - 100		
Forrageiras	Profundidade (cm)		
Alfafa	40 - 70		
Sorgo	50 - 100		

Durante o manejo da irrigação, é necessário evitar que a umidade do solo atinja o valor característico do Ponto de Murcha, pois nesse estágio a planta não absorverá mais água e entrará em déficit hídrico permanente, limitando sua produção. Para alcançar esse objetivo, utilizamos um fator f para limitar o tamanho do reservatório, considerando-o como a capacidade real de água disponível para a planta (CRA).

$$CRA = CTA \times f \quad (3)$$

Onde:

- CRA representa a capacidade real da água no solo, em mm;
- f é o fator de disponibilidade de água no solo.

Normalmente, o valor do fator f é de 0,5, porém, para determinadas culturas, esse valor pode variar, conforme mencionado anteriormente.

Tabela 2 – Valores do fator de disponibilidade da água no solo

Cultura e Profundidade do Sistema Radicular	Fator f
Frutas e vegetais de preços elevados, com raízes rasas	0,25 - 0,40
Frutas e culturas com sistema radicular de profundidade média	0,4 - 0,50
Forrageiras, grãos e culturas com sistema radicular profundo	0,50

A quantidade real de irrigação necessária (IRN) é calculada subtraindo-se a precipitação efetiva da capacidade real de água disponível (CRA). No entanto, em regiões mais secas, é comum que o valor de CRA seja igual ao valor de IRN. Por essa razão, o projeto de irrigação deve ser dimensionado de forma a permitir a aplicação de uma lâmina de água igual a CRA ou IRN, levando em consideração a eficiência do sistema, resultando no valor total de irrigação necessário (ITN). Veja a seguir.

$$IRN \leq CRA \quad (4)$$

Onde:

- IRN representa a irrigação real necessária, em mm;
- CRA é a capacidade real da água no solo, em mm.

Em seguida, a lâmina é corrigida levando em consideração a eficiência desejada do sistema de irrigação por aspersão, com valores geralmente variando entre 80% e 90%.

$$ITN = \frac{IRN}{E_a} \quad (5)$$

Onde:

- ITN é a irrigação total necessária, em mm;
- IRN é a irrigação real necessária, em mm;
- E_a é a eficiência de irrigação, em decimal.

Foi constatado que os valores de textura do solo estão diretamente relacionados com a capacidade de retenção de água no solo. Portanto, é possível utilizar a tabela a seguir para esse fim:

Tabela 3 – Textura e disponibilidade de água no solo

Textura/Classe	Disponibilidade total de água (DTA) em mm água/cm de solo
Grossa/arenoso	0,4 a 0,8
Média/médio	0,8 a 1,6
Fina/argiloso	1,2 a 2,4

5.1.4 Velocidade de infiltração Básica (VIB)

A velocidade de infiltração básica (VIB) é um fator físico do solo que desempenha um papel crucial no dimensionamento de projetos de irrigação por aspersão. A VIB representa a taxa máxima na qual uma determinada quantidade de água infiltra no solo. Quando ocorrem chuvas intensas ou a irrigação é aplicada em uma taxa maior do que a capacidade de infiltração do solo, ocorre o escoamento superficial de água, também conhecido como enxurrada. Para evitar o escoamento superficial em sistemas de irrigação,

é necessário realizar testes de infiltração de água no solo para calcular a VIB e selecionar um aspersor que aplique água a uma taxa menor que essa velocidade ($I_a < VIB$).

Uma das metodologias utilizadas para determinar a VIB é por meio de ensaios com anéis infiltrômetros. Esses ensaios consistem na aplicação contínua de água até que a quantidade infiltrada se torne constante ao longo do tempo. Caso não se disponha de equipamento específico, é possível utilizar estimativas de intensidade máxima de precipitação de um aspersor com base no tipo de solo (conforme mostrado na Tabela 4).

Dessa forma, a determinação da VIB e o uso adequado da taxa de aplicação de água são essenciais para evitar o escoamento superficial indesejado e garantir a eficiência do sistema de irrigação por aspersão.

Tabela 4 – Máxima intensidade de aplicação (mm h^{-1}) sugerida em função do tipo de solo e declividade. (Keller e Bliesner, 1990)

Textura	Declividade			
	0 - 5%	5 - 8%	8 - 12%	12 - 16%
Arenosa	19 a 25	13 a 20	10 a 15	8 a 10
Siltosa	8 a 13	6 a 10	4 a 8	2,5 a 5
Muito argilosa	4	2,5	2	1,5

Portanto, é necessário selecionar um aspersor que tenha um índice de precipitação menor do que essa taxa de infiltração básica.

5.1.5 Demanda hídrica pela Cultura e pela Atmosfera – Evapotranspiração

A água extraída do solo pelas raízes da planta percorre o xilema e chega até as folhas. Na parte aérea, essa água é liberada para a atmosfera através dos estômatos, processo conhecido como transpiração. Além disso, uma parte da água presente no solo também é transferida diretamente para a atmosfera por meio de processos evaporativos. Portanto, a evapotranspiração é a soma dos processos de transpiração e evaporação, sendo um dos principais mecanismos de remoção de água do solo nos ecossistemas.

A evapotranspiração (ET) pode ser estimada de várias formas, mas, para fins de projetos de irrigação, considera-se apenas a evapotranspiração potencial da cultura (ETP_c). A ETP_c calcula o consumo máximo de água por uma cultura em um determinado mês mais quente do ano, levando em consideração o seu coeficiente de cultivo (K_c) mais elevado. Isso é importante para dimensionar a quantidade adequada de água a ser fornecida por meio da irrigação.

$$ETP_c = K_c \times ET_o \quad (6)$$

Onde:

- ETP_c representa evapotranspiração potencial da cultura, em mm dia^{-1} ;
- K_c é o coeficiente de cultura, sendo adimensional;
- ET_o é a evapotranspiração de referência, em mm dia .

O consumo hídrico do sistema é expresso em milímetros (mm), assim como a precipitação. Uma lâmina de irrigação de 5 mm equivale a 5 litros por metro quadrado (m^2). Para dimensionar a quantidade de água necessária, considera-se o maior valor de evapotranspiração de referência (ET_o) no momento de maior consumo hídrico da cultura, representado pelo coeficiente de cultivo (K_c) mais elevado. O modelo de Penman-Monteith

(P-M) é amplamente utilizado para estimar a evapotranspiração de referência, sendo recomendado pela FAO. Os valores de ET_o e K_c podem ser obtidos em sites de dados climatológicos e artigos científicos, respectivamente. O dimensionamento do sistema de irrigação é essencial para garantir o suprimento adequado de água, considerando a escala de tempo e as condições climáticas específicas.

5.2 Dados Hidrológicos

Os fundamentos de hidráulica e hidrologia são cruciais para dimensionar sistemas de irrigação, determinando tanto a disponibilidade de água quanto os diâmetros das tubulações.

5.2.1 Vazão

Cada sistema de irrigação utiliza um volume de água ao longo do tempo, exigindo uma vazão adequada para cobrir toda a área a ser irrigada. Se a vazão não for suficiente, é necessário calcular o volume diário disponível e estabelecer uma estratégia apropriada. A necessidade de vazão de um projeto é calculada por meio da seguinte equação específica:

$$Q_a = \frac{10 \times A \times ET_a}{E_a \times Tid} \quad (7)$$

Onde:

- Q_a é a vazão aproximada, em $m^3 h^{-1}$;
- A é a área, em ha;
- ET_a é a evapotranspiração da cultura, em $mm dia^{-1}$;
- E_a é a eficiência de irrigação, em decimal;
- Tid é o tempo de irrigação diário, em h.

A escassez hídrica é um fator determinante na escolha e dimensionamento de sistemas de irrigação. A avaliação prévia da vazão disponível na área é fundamental para garantir a eficiência e sustentabilidade do sistema.

A vazão (Q) pode ser calculada considerando a área transversal de passagem (A) e a velocidade (v) do escoamento do líquido. Como as tubulações são circulares e estão completamente cheias de água, sendo um conduto forçado, a vazão pode ser determinada com base no diâmetro da tubulação e na velocidade do fluxo dentro do tubo. Desse modo, obtemos as seguintes equações:

$$Q = \frac{\pi \times D^2}{4} \times v \quad (8)$$

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \quad (9)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}} \quad (10)$$

5.2.2 Pressão

O processo de transporte de água em sistemas de irrigação por aspersão ocorre de maneira pressurizada, ou seja, a água flui através da tubulação com uma pressão interna

maior do que a pressão atmosférica. Para garantir esse fluxo, é necessária uma fonte de energia que impulse o líquido, permitindo que o aspersor funcione com a pressão adequada. Durante esse processo de condução na tubulação, ocorrem perdas de pressão, conhecidas na hidráulica como perdas de carga, representadas pelo símbolo hf . Estas são classificadas em duas categorias:

- Perda de carga ao longo da tubulação, chamada simplesmente de perda de carga (hf);
- Perda de carga localizada (hf_{loc}).

A perda de carga ao longo da tubulação (hf) é causada pela resistência ao fluxo do líquido no interior das tubulações, enquanto a perda de carga localizada (hf_{loc}) resulta da energia dissipada em componentes específicos do sistema de irrigação, como curvas ou válvulas. A soma dessas perdas é denominada perda de carga total (Hf), sendo definida como:

$$Hf = hf + hf_{loc} \quad (11)$$

Onde:

- Hf é a perda de carga total, em mca;
- hf é a perda de carga ao longo da tubulação, em mca;
- hf_{loc} é a perda de carga localizada, em mca;

5.2.3 Perda de Carga (hf)

Existem diversas fórmulas para o cálculo da perda de carga, sendo a equação de Darcy-Weisbach uma das mais destacadas, devido ao uso de vários coeficientes que aumentam a precisão dos resultados. Por isso, ela se tornou o principal método utilizado para calcular a perda de carga no software formulado neste artigo. Essa equação é definida por:

$$hf_{Darcy-Weisbach} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (12)$$

Onde:

- $hf_{Darcy-Weisbach}$ é a perda de carga calculada por Darcy-Weisbach, em mca;
- L é o comprimento total da tubulação, em m;
- D é o diâmetro interno da tubulação, em m;
- V é a velocidade de escoamento do fluido na tubulação, em $m\ s^{-1}$;
- g é a aceleração gravitacional, em m/s^2 ; (no software foi adotado como $9,8\ m\ s^{-2}$).
- f é o coeficiente de atrito.

O valor do fator de atrito (f) é determinado com base no Número de Reynolds (Re) e na rugosidade do tubo. Para esse cálculo, é utilizada a equação de Blasius, conforme apresentado a seguir:

$$f = \frac{0,32}{Re^{0,25}} \quad (13)$$

Onde:

- f é o coeficiente de atrito;
- Re é o número de Reynolds.

O número de Reynolds, grandeza adimensional usada para caracterizar o tipo de escoamento de um fluido, é calculado com base na relação entre forças inerciais e viscosas no fluido, sendo dado pela seguinte equação:

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad (14)$$

Onde:

- V é a velocidade de escoamento do fluido na tubulação, em $m\ s^{-1}$;
- D é o diâmetro interno da tubulação, em m ;
- ν é a viscosidade cinemática do líquido, em $m^2\ s^{-1}$. (no software foi adotado como $1,003 \times 10^{-6} m^2 s^{-1}$).

5.2.4 Perda de Carga Localizada (hf_{loc})

Para a obtenção da perda de carga localizada, foi utilizada a seguinte equação:

$$hf_{loc} = K \times \frac{V}{2g} \quad (15)$$

Onde:

- V é a velocidade de escoamento do fluido na tubulação, em $m\ s^{-1}$;
- K é a constante que varia com o tipo e diâmetro da peça.

5.3 Aspensor

O aspensor é o componente central em um sistema de irrigação e desempenha um papel fundamental no dimensionamento adequado do sistema. Diversos fatores devem ser considerados na escolha do aspensor, incluindo o espaçamento, a sobreposição, o índice de precipitação e a relação entre vazão e pressão de operação.

5.3.1 Espaçamento

O espaçamento entre aspersores é definido pela distância entre eles, tanto lateralmente quanto entre as linhas de irrigação. Normalmente, esses espaçamentos são definidos em múltiplos de 4 ou 6, uma vez que as barras de tubulação são comercializadas nesses comprimentos. A escolha do espaçamento ideal está associada à experiência prática em projetos. Em áreas onde o tempo para irrigação é limitado e a extensão da área é grande, costuma-se optar por aspersores de maior vazão e raio de alcance, o que requer um espaçamento maior. Já em áreas menores, com mais tempo disponível para irrigação, é possível utilizar espaçamentos menores.

O perfil de distribuição de água de um aspensor refere-se à quantidade de água precipitada em função da distância. À medida que o jato de água se afasta do aspensor, a quantidade de água (em milímetros) que chega ao solo diminui.

Devido a essa redução na quantidade de água ao longo do alcance do jato, é necessário compensar essa área para garantir uma distribuição uniforme. Surge, então, o conceito de sobreposição, que é a porcentagem do diâmetro molhado que é coberta pelo diâmetro irrigado de outro aspensor, considerando o espaçamento entre eles.

A seguir, é apresentada a equação para calcular a sobreposição:

$$Sob = \left[\frac{E_{asp} - 2 \times \left(E_{asp} - \frac{D_i}{2} \right)}{E_{asp}} \right] \times 100 \quad (16)$$

Onde:

- Sob é a sobreposição dos perfis de irrigação dos aspersores, em %;
- E_{asp} é o espaçamento entre aspersores, em m;
- D_i é o diâmetro irrigado pelos aspersores para uma pressão escolhida, em m.

Como mencionado anteriormente, a sobreposição depende do espaçamento entre os aspersores e do diâmetro irrigado por cada um. Para uma operação eficiente, a sobreposição deve ser de, no mínimo, 65%. Caso esse valor não seja alcançado, é necessário ajustar o espaçamento entre os aspersores ou o diâmetro irrigado, o que pode ser feito alterando a pressão de serviço ou trocando o bocal do aspersor.

5.3.2 Índice de Precipitação (I_p)

O índice ou taxa de precipitação refere-se à quantidade de água que atinge a superfície em um determinado período. É importante que esse valor seja sempre menor ou igual à velocidade de infiltração de água no solo. Sua obtenção é definida por:

$$I_p = \frac{q \times 1000}{E_{asp} \times E_L} \quad (17)$$

Onde:

- I_p é o índice de precipitação do aspersor, em mm h^{-1} ;
- q é a vazão do bocal do aspersor, em m^3s^{-1} ;
- E_{asp} é o espaçamento entre aspersores, em m;
- E_L é o espaçamento entre linhas, em m.

O índice q será definido a partir da escolha do aspersor, o qual estará previamente cadastrado no banco de dados do sistema.

5.3.3 Demais fatores presentes na escolha do aspersor

Além da vazão do aspersor (q), outros termos antecipadamente registrados, também serão designados ao escolher determinado modelo de aspersor. Estes são:

- A Pressão de Trabalho (Ha), sendo responsável pelo alcance do jato de água, a uniformidade de distribuição e a eficiência na irrigação;
- E o Diâmetro Molhado (Di), que estabelece a medida do diâmetro da área irrigada pelo equipamento. É a extensão máxima alcançada pela água em todas as direções, formando um círculo. Esse parâmetro é fundamental para planejar a cobertura adequada da área a ser irrigada, evitando tanto falhas quanto sobreposição excessiva entre aspersores.

5.4 Dimensionamento Agronômico

O dimensionamento agronômico se utiliza de diversas fórmulas para calcular a quantidade de água disponível no solo, considerando a profundidade do sistema radicular, o consumo diário máximo da cultura e fatores operacionais, como o tempo máximo de irrigação por dia. Após os cálculos, é possível determinar os parâmetros necessários para a

seleção do aspersor, definir o tempo ideal de irrigação e identificar o número máximo de blocos que a área pode comportar.

Diversos dos dados listados abaixo já foram mencionados nas seções anteriores, desse modo será dado ênfase aos parâmetros finais presentes no dimensionamento agrônômico.

5.4.1 Turno de Rega (T_r)

O turno de rega (T_r) é o intervalo de tempo, em dias, entre uma irrigação e outra em uma determinada área. Sua fórmula é dada por:

$$T_r = \frac{IRN}{ETP_c} \quad (18)$$

Onde:

- T_r é o turno de rega, em dias;
- IRN é a irrigação real necessária, em mm;
- ETP_c é a evapotranspiração da cultura, em mm dia⁻¹.

O valor calculado de sua equação indica o T_r máximo possível, mas pode-se optar por utilizar esse valor máximo ou qualquer outro menor. Caso o T_r adotado seja inferior ao máximo, é necessário ajustar a lâmina de irrigação aplicada, realizando a correção dos valores de IRN e ITN .

5.4.2 Tempo de Irrigação Necessário (T_{in})

O tempo de irrigação necessário (T_{in}) corresponde ao período, em horas, que o aspersor selecionado precisa para aplicar a lâmina de água requerida. Sendo obtido pela equação:

$$T_{in} = \frac{ITN}{I_p} \quad (19)$$

Onde:

- T_{in} é o tempo de irrigação necessário, em h;
- ITN é a irrigação total necessária, em mm;
- I_p é o índice de precipitação do aspersor, em mm h⁻¹.

5.4.3 Número de Blocos Irrigados por Dia (N_{biad})

Os blocos de irrigação são subunidades dentro do sistema, onde todos os aspersores de um determinado bloco operam simultaneamente. Este parâmetro é formulado por:

$$N_{biad} = \frac{T_{id}}{T_{in}} \quad (20)$$

Onde:

- N_{biad} é o número de blocos irrigados por dia;
- T_{id} é o tempo de irrigação diário, em h;
- T_{in} é o tempo de irrigação necessário, em h;

5.4.4 Número de Aspersores em Operação Conjunta (N_{aoc})

Refere-se à quantidade de aspersores que estarão em operação simultânea dentro de um bloco de irrigação. Sendo calculado por:

$$N_{aoc} = \frac{N_t}{T_{in} \times N_{biad}} \quad (21)$$

Onde:

- N_{aoc} é o número de aspersores em operação conjunta;
- N_t é o número total de aspersores; (este parâmetro deverá ser informado pelo usuário).
- T_{in} é o tempo de irrigação necessário, em h;
- N_{biad} é o número de blocos irrigados por dia.

5.5 Dimensionamento Hidráulico

No dimensionamento hidráulico, são determinados os diâmetros das tubulações para todas as linhas e realizados os cálculos das perdas de carga, com o objetivo de estimar a pressão total necessária para o correto dimensionamento do sistema de bombeamento.

5.5.1 Dimensionamento das Linhas Laterais

Em áreas homogêneas, onde todas as linhas possuem a mesma quantidade de aspersores, deve-se dimensionar a linha mais crítica. Em projetos com distribuição desigual, além da linha crítica, também é necessário dimensionar as linhas com a maior quantidade de aspersores. Embora esse processo possa parecer complexo, o uso de planilhas eletrônicas torna o procedimento ágil e preciso. O critério de projeto para a linha lateral é determinado por:

$$\Delta H_{maxLL} = (Ps \times 0,2) \pm \Delta Z_{lateral} \quad (22)$$

Onde:

- ΔH_{maxLL} é a variação de pressão máxima permissível na lateral, em m;
- Ps é a pressão de serviço do aspersor, em m;
- $\Delta Z_{lateral}$ é o desnível geométrico da linha lateral, em m.

Se for um aclave, o $\Delta Z_{lateral}$ será diminuído, caso seja um declive, ele deverá ser somado.

O trecho da lateral é considerado como a distância entre um aspersor e o início do próximo. Esses trechos são definidos como o segmento que vai de um aspersor até o ponto inicial do seguinte. Abaixo está apresentada a fórmula que calcula a vazão do trecho.

$$Q_{trecho} = N_a \times q \quad (23)$$

Onde:

- Q_{trecho} é a vazão da linha lateral, em m^3s^{-1} ;
- N_a é o número de aspersores ligados ao trecho;
- q é a vazão do aspersor, em m^3s^{-1} .

Seguindo nesse mesmo raciocínio, outro termo que deve ser abordado é a velocidade do líquido no tubo, sendo dado por:

$$V = \frac{4 \times Q_{trecho}}{\pi \times D_i^2} \quad (24)$$

Onde:

- V é a velocidade do líquido no trecho, em m s^{-1} ;
- Q_{trecho} é a vazão da linha lateral, em m^3s^{-1} ;
- D_i é o diâmetro interno da tubulação, em m.

A pressão de entrada no início da linha lateral ($PELL$ ou H_{in}) garante o funcionamento eficiente dos aspersores e a uniformidade na irrigação. Uma pressão adequada considera as perdas de carga, sendo essencial para evitar falhas na distribuição de água e garantir eficiência no sistema. Sua obtenção é possível através da seguinte fórmula:

$$PELL = PS + (0,75hf_{lateral}) + A_a + 0,5\Delta Z \quad (25)$$

Onde:

- $PELL$ é a pressão no início da linha lateral, em mca;
- $hf_{lateral}$ é a perda de carga na linha lateral, em mca;
- PS é a pressão de serviço do aspersor, em mca;
- A_a é a altura da haste em relação ao solo, em m; (sendo um dado informado pelo usuário).
- ΔZ é o desnível, em m.

Deve ser levado em consideração que se for um aclave, o ΔZ deverá ser positivo, caso contrário será um valor negativo.

5.5.2 Dimensionamento da Linha de Derivação

O dimensionamento da linha de derivação em um sistema de irrigação por aspersão envolve calcular o diâmetro adequado das tubulações que distribuem a água para os aspersores. Isso é crucial para garantir uma pressão uniforme e eficiente ao longo da linha, evitando problemas como vazamentos ou baixa pressão, e assegurando uma distribuição equilibrada da água nas áreas irrigadas. Um de seus principais termos a ser calculado é a vazão dos trechos nas linhas de derivação, sendo denotado por:

$$Q_{td} = N_{ad} \times q \quad (26)$$

Onde:

- Q_{td} é a vazão no trecho na linha de derivação, em $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
- N_{ad} é o número de aspersores ligados ao trecho da linha de derivação;
- q é a vazão do aspersor, em mca.

É crucial verificar se as tubulações são capazes de suportar a pressão nos trechos. Para isso, deve-se garantir que a pressão de entrada no trecho (PET) seja igual ou superior à pressão nominal suportada pelo tubo escolhido (PN). A pressão de entrada pode ser definida por:

$$PET_i = PET_{i-1} + hf_{trecho} + \Delta Z \quad (27)$$

Onde:

- PET_i é a pressão de entrada no trecho, em mca;
- PET_{i-1} é a pressão de entrada no trecho anterior, em mca;
- hf_{trecho} é a perda de carga no trecho, em mca;
- ΔZ é o desnível no trecho, em m.

O valor de PET não pode ser superior ao PN da tubulação, o PN deve se manter superior a todo momento.

A pressão de entrada no início da linha de derivação ($PELD$ ou H_{inLD}) é a pressão disponível para os aspersores ao longo da tubulação secundária do sistema de irrigação. Este valor deve ser adequado para garantir que a água seja distribuída uniformemente e com eficiência para todos os aspersores conectados. Uma pressão insuficiente pode levar a uma irrigação desigual, enquanto uma pressão excessiva pode causar desperdício de água e danos aos aspersores. Ela é dada por:

$$PELD = PET_{menor} + hf_{cavalete} + \sum hf_{LD} + \sum 0,5\Delta Z \quad (28)$$

Onde:

- $PELD$ é a pressão no início da linha de derivação, em mca;
- PET_{menor} é o menor valor de pressão de entrada no trecho da derivação, em mca;
- $hf_{cavalete}$ é a pressão do cavalete, em mca; (esse dado será informado pelo usuário).
- $\sum hf_{LD}$ é o somatório das perdas de carga da derivação, em mca;
- $\sum \Delta Z$ é o somatório dos desníveis da derivação, em m.

5.5.3 Dimensionamento da Linha Principal e Linha de Sucção

O dimensionamento da linha principal e da linha de sucção é essencial para o desempenho eficiente de um sistema de irrigação por aspersão.

- **Linha Principal:** A linha principal é responsável por transportar a água do ponto de abastecimento até as linhas de derivação. Seu dimensionamento deve considerar o fluxo de água necessário e as perdas de carga ao longo da tubulação para garantir que a pressão adequada chegue às linhas de derivação;
- **Linha de Sucção:** A linha de sucção conduz a água do reservatório ou fonte até a bomba. O dimensionamento deve assegurar que o fluxo de água para a bomba seja suficiente e que as perdas de carga sejam minimizadas para otimizar a eficiência da bomba e evitar cavitação.

O dimensionamento das linhas é realizado da mesma forma que para a linha de derivação, com a exceção de que, para a linha de sucção, deve-se adotar uma velocidade máxima de 1 m s^{-1} .

5.5.4 Dimensionamento do Conjunto Motobomba

O conjunto moto-bomba será dimensionado com base na energia requerida para o funcionamento adequado do aspersor, além da energia necessária para superar os desníveis e compensar as perdas de carga.

A Pressão de Entrada no Moto-Bomba (PEMB) é a pressão da água na entrada da bomba, sendo crucial para garantir que a bomba funcione corretamente. O ajuste inadequado pode causar problemas de desempenho, enquanto a pressão adequada assegura eficiência e uma irrigação uniforme. Para sua obtenção é usada a seguinte fórmula:

$$PEMB = PET_{UTP} + hf_{UTP} \quad (29)$$

Onde:

- $PEMB$ é a pressão de entrada na moto-bomba, em mca;
- PET_{UTP} é a pressão de entrada no último trecho da principal, em mca;
- hf_{UTP} é a perda de carga do último trecho da principal, em mca.

A altura manométrica (H_{man}) é a medida da pressão total necessária para transportar água do ponto de captação até os aspersores, incluindo a elevação e as perdas de carga, por consequência é fundamental para dimensionar a bomba e garantir que a pressão adequada seja mantida ao longo do sistema de irrigação, assegurando uma distribuição eficiente e uniforme da água.

$$H_{man} = PEMB + hf_{suc} + hf_{saida} + Hgs + hf_{filtros} + hf_{loc} \quad (30)$$

Onde:

- H_{man} é a altura manométrica total, em mca;
- $PEMB$ é a pressão de entrada na moto-bomba, em mca;
- hf_{suc} é a perda de carga na linha de sucção, em mca;
- hf_{saida} é a perda de carga na saída da bomba, em mca;
- Hgs é o desnível geométrico da sucção, em m;
- $hf_{filtros}$ é a perda de carga nos filtros, em mca;
- hf_{loc} é a perda de carga localizada, sendo 5% da H_{man} .

5.6 Casos de Uso

Os casos de uso do software, mostrado na figura 1, foram modelados para contemplar as interações tanto do Usuário quanto do Administrador, com funcionalidades específicas para cada perfil.

O Administrador possui privilégios CRUD (Criar, visualizar, atualizar e excluir) para gerenciar as configurações do sistema, sendo eles o CRUD de Cultura, CRUD de Aspersor e CRUD de Tubulação. Essas funcionalidades permitem ao administrador criar, ler, atualizar e excluir informações essenciais para o correto dimensionamento do sistema de irrigação. Isso garante a manutenção e atualização contínua dos dados técnicos utilizados pelo software.

Por outro lado, o Usuário tem acesso a funcionalidades voltadas ao uso prático do software. O processo de Fazer Login, que é central para o acesso ao sistema, estende funcionalidades como Registrar Conta e Recuperar Senha, permitindo flexibilidade para novos usuários e recuperação de credenciais. Após o login, o usuário pode Gerenciar Dimensionamentos, funcionalidade que agrupa a capacidade de Excluir, Adicionar e Editar Dimensionamentos, sendo as duas últimas dessas ações estendendo a possibilidade de Salvar Dados para garantir a persistência das informações.

Esse modelo de casos de uso permite uma clara distinção entre as ações administrativas e operacionais, garantindo uma interface simples para o usuário final e funcionalidades mais detalhadas e técnicas para o administrador do sistema.

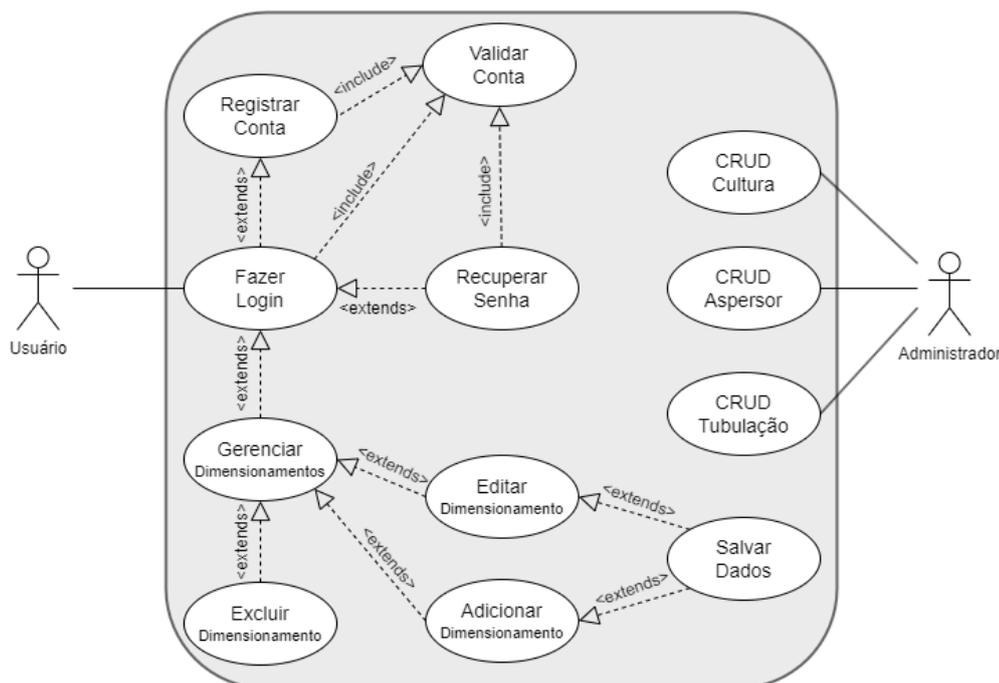


Figura 1 – Casos de Uso do software Dia.

5.7 Prototipação

Com o objetivo de desenvolver uma interface intuitiva e amigável, foi realizada a prototipação das principais telas do software utilizando a ferramenta gratuita Balsamiq. O processo de prototipação permitiu testar e validar a usabilidade das funcionalidades antes de sua implementação, garantindo que o design atendesse às necessidades dos usuários finais. Nesta seção, serão apresentadas as telas prototipadas, destacando suas funcionalidades e o fluxo de navegação dentro do sistema.

5.7.1 Tela de Login

A tela de login será o ponto de entrada para o usuário no software Dia, sendo fundamental para garantir a segurança e controle de acesso. Para realizar a autenticação, o usuário deverá fornecer seu endereço de e-mail e senha previamente cadastrados. A interface foi projetada de maneira simples e direta, para facilitar o processo de login, minimizando o número de interações necessárias.

Além do formulário de login, a tela oferece um link para redirecionamento à página de cadastro, caso o usuário ainda não tenha uma conta. Após a autenticação bem-sucedida, o usuário será encaminhado automaticamente para a tela principal do sistema, a Home. A disposição dos elementos na tela foi pensada para ser intuitiva, com destaque para os campos de login e ações primárias (entrar e cadastro), a fim de maximizar a eficiência da navegação.

As figuras abaixo apresentam a versão web e mobile da tela de login, projetadas para serem responsivas e manterem uma experiência consistente entre dispositivos diferentes.

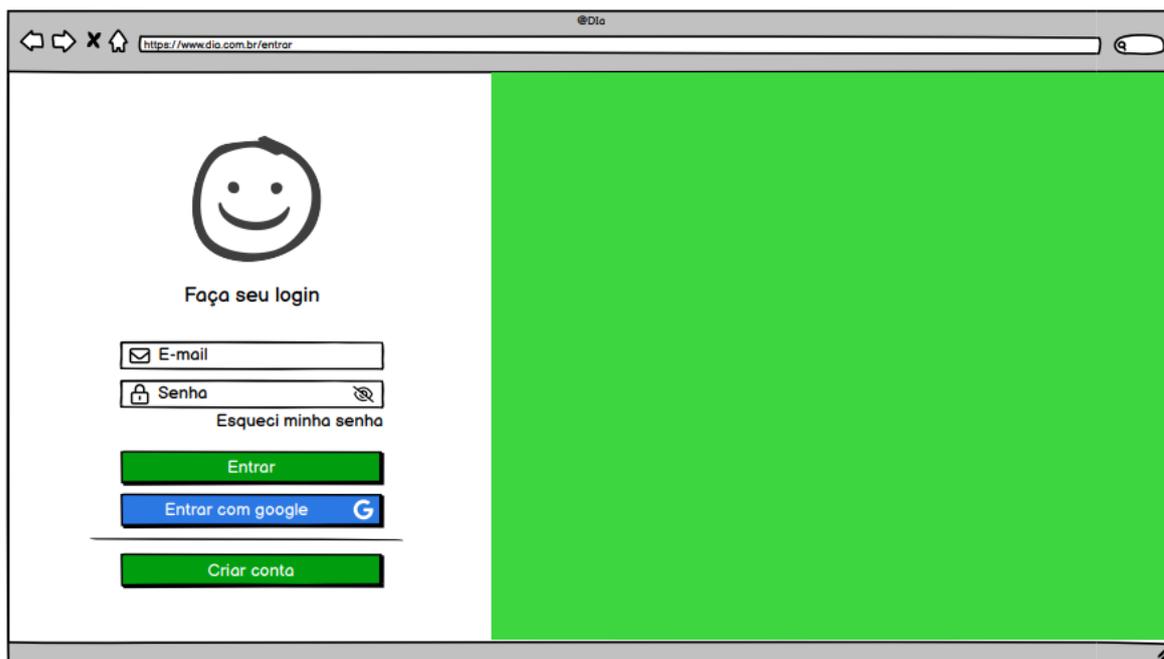


Figura 2 – Login - Versão Web.



Figura 3 – Login - Versão Mobile.

5.7.2 Tela de Cadastro

A tela de cadastro permite que novos usuários criem uma conta no software Dia, fornecendo informações essenciais como nome, e-mail e senha. O design da interface foi projetado para ser simples e eficiente, orientando o usuário passo a passo no preenchimento dos dados. Após o cadastro, o usuário será redirecionado automaticamente para a tela de login, onde poderá acessar o sistema utilizando as credenciais recém-criadas. Abaixo, estão dispostas as telas responsáveis pela efetuação do cadastro.

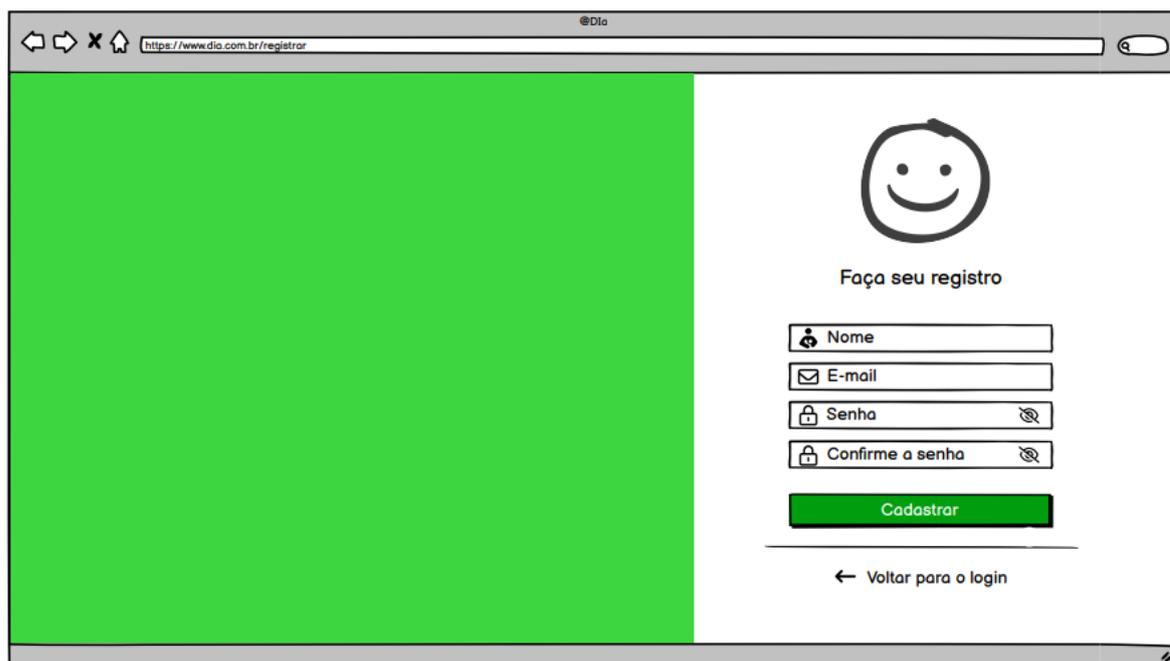


Figura 4 – Cadastro - Versão Web.



Figura 5 – Cadastro - Versão Mobile.

5.7.3 Tela Inicial (Home)

A tela de Home é a página inicial do software Dia, onde o usuário tem acesso às principais funcionalidades e informações do sistema. O layout foi projetado para ser claro e organizado, permitindo uma navegação intuitiva entre as diferentes seções e funcionalidades disponíveis. Seguem as telas prototipadas com o propósito apresentado:



Figura 6 – Home - Versão Web.



Figura 7 – Home - Versão Mobile.

5.7.4 Tela de Dados Iniciais

A tela de Dados Iniciais permite ao usuário fornecer as informações básicas necessárias para configurar um novo projeto no software Dia. Nessa etapa, o usuário deverá inserir dados como nome do projeto, proprietário, localização, área total, e tempo de irrigação. Além disso, são solicitadas informações detalhadas sobre o solo e a água, bem como dados climáticos relevantes e especificações sobre a cultura a ser semeada. A prototipagem descrita está mostrada nas figuras abaixo:

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://www.dia.com.br/dimensionamento/id=13/p1>. The page has a green header with the logo '@DIA' and the title 'Dados iniciais para o projeto'. The main content area is divided into three sections: 'Dados Básicos', 'Dados de Solo e Água', and 'Dados Climáticos e da Cultura'. Each section contains various input fields, including text boxes, dropdown menus, and units. At the bottom, there are two green buttons: 'Voltar' (left) and 'Avançar' (right).

Figura 8 – Dados Iniciais - Versão Web.

The screenshot shows a mobile phone displaying the same 'Dados Iniciais' form. The interface is adapted for a smaller screen, with the same sections: 'Dados Básicos', 'Dados de Solo e Água', and 'Dados Climáticos e da Cultura'. The input fields are arranged vertically. At the bottom of the screen, there are two large, prominent navigation buttons: a red one with a left arrow and a green one with a right arrow.

Figura 9 – Dados Iniciais - Versão Mobile.

5.7.5 Tela de Dimensionamento Agrônômico

A tela de Dimensionamento Agrônômico permite ao usuário inserir dados específicos essenciais para o planejamento e a execução eficiente do sistema de irrigação. Nesta seção, o usuário deve fornecer informações detalhadas sobre a disponibilidade de água, escolher o tipo de aspersor mais adequado para a cultura em questão, e definir o espaçamento entre os blocos irrigados. A tela está mostrada nas seguintes figuras:

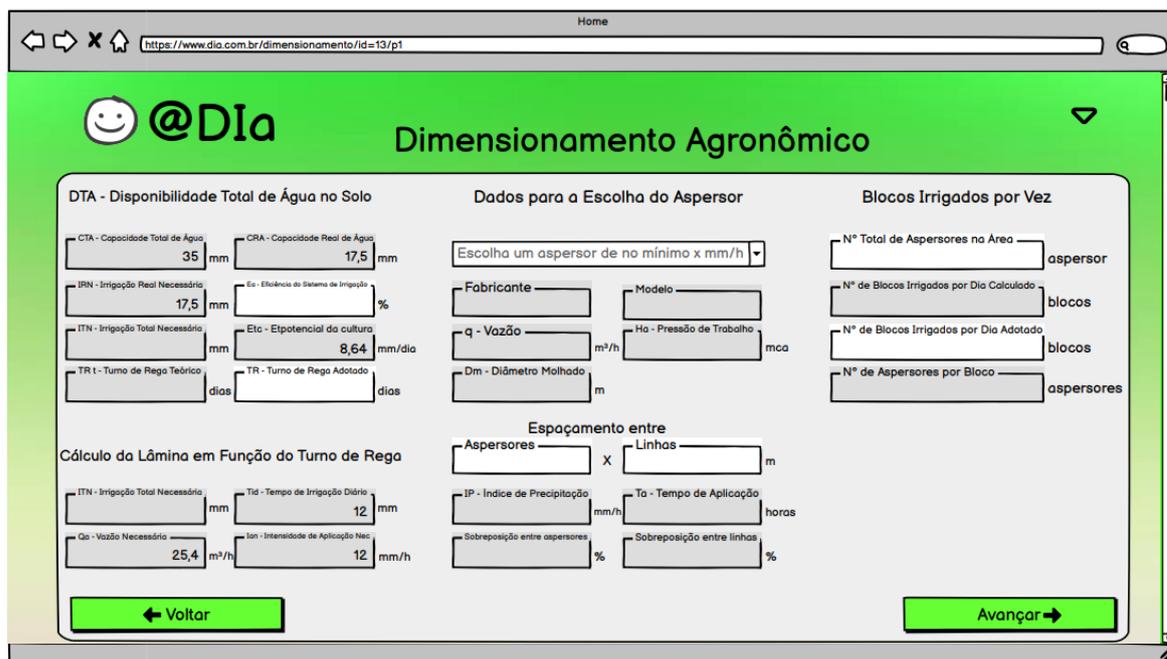


Figura 10 – Dimensionamento Agrônômico - Versão Web.

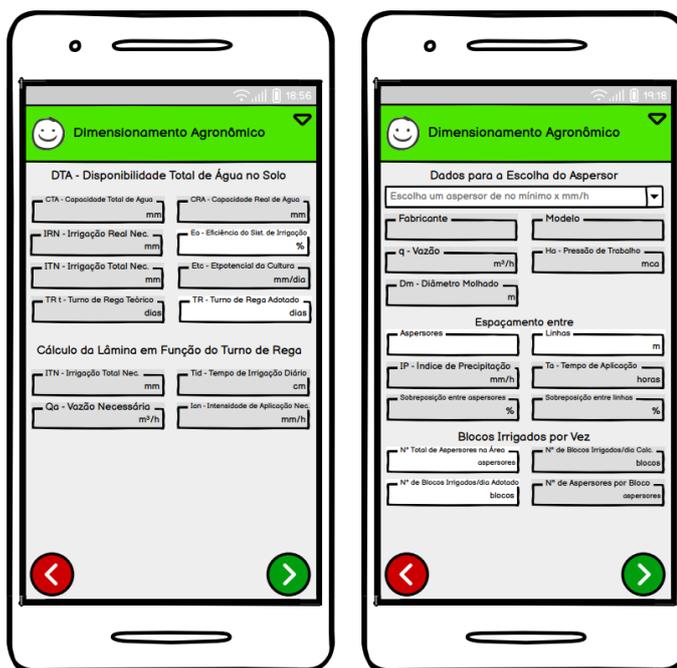


Figura 11 – Dimensionamento Agrônômico - Versão Mobile.

5.7.6 Tela de Dimensionamento Hidráulico

A tela de Dimensionamento Hidráulico permite ao usuário fornecer informações essenciais para a configuração do sistema de irrigação, incluindo dados sobre a linha lateral, linha de derivação, linha principal e linha de sucção. Nessa seção, o usuário também pode realizar o dimensionamento do conjunto motobomba, assegurando que o sistema opere de maneira eficiente e confiável. As telas responsáveis pelo descrito estão posicionadas nas figuras a seguir.

Dados do Aspersor Escolhido

Marca: Modelo:

Hs - Pressão de Serviço: mca Altura de Instalar a Haste: m

Pré-Seleção

Desnível da Lateral: m Número Total de Aspersores:

Comprimento da Linha: m Diâmetro Teórico: mm

Dimensionamento da Linha Lateral

Trecho	L	N aspers	Vazão	DN	PN	DI	e	V	RE	f	Hf	Hf acu.	PET	Ação
add trecho														

PELL - Pressão de Entrada na Linha Lateral: mca hfl - Perda de Carga Lateral: mca Critério:

Dimensionamento da Linha de Derivação

Trecho	L	N aspers	Vazão	DN	PN	DI	e	V	RE	f	Hf	Hf acu.	PET	Ação
add trecho														

Hf cavalete: mca PELD - Pressão de Entrada na Linha de Derivação: mca hfd - Perda de Carga Derivação: mca Menor:

Dimensionamento da Linha Principal

Trecho	L	Vazão	DN	PN	DI	e	V	RE	f	Hf	Hf acu.	PET	Ação
add trecho													

PELL - Pressão de Entrada na Linha Lateral: mca PET - Último Trecho: mca hf - Último Trecho: mca

Figura 12 – Dimensionamento Hidráulico - Versão Web.

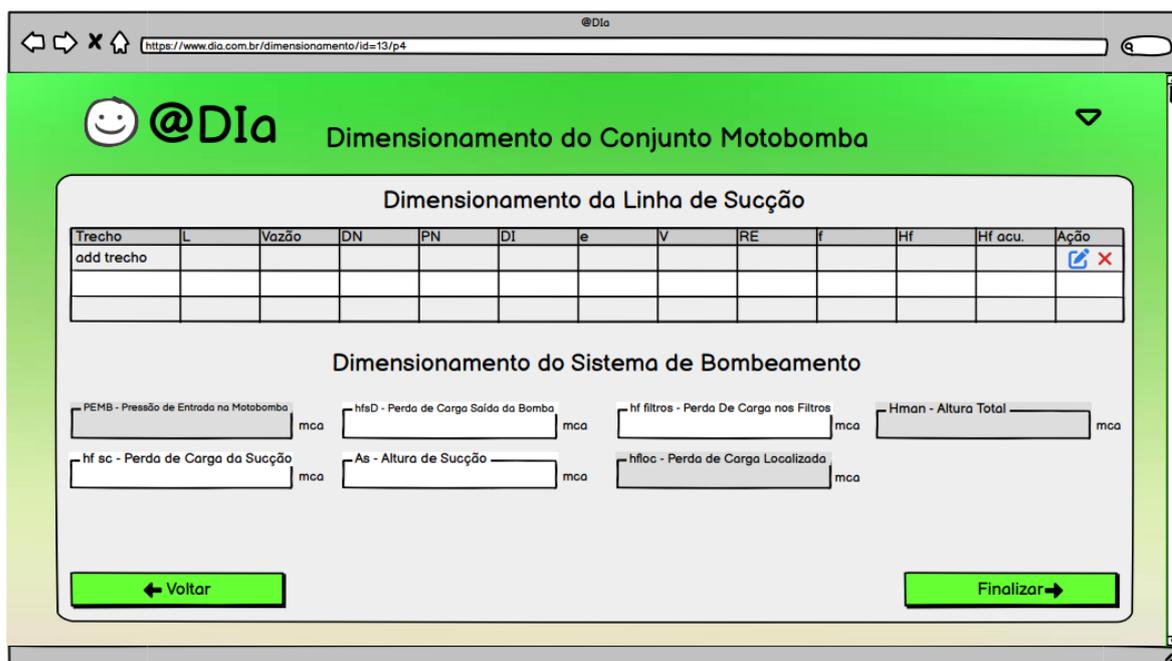


Figura 13 – Dimensionamento Hidráulico - Conjunto Motobomba - Versão Web.

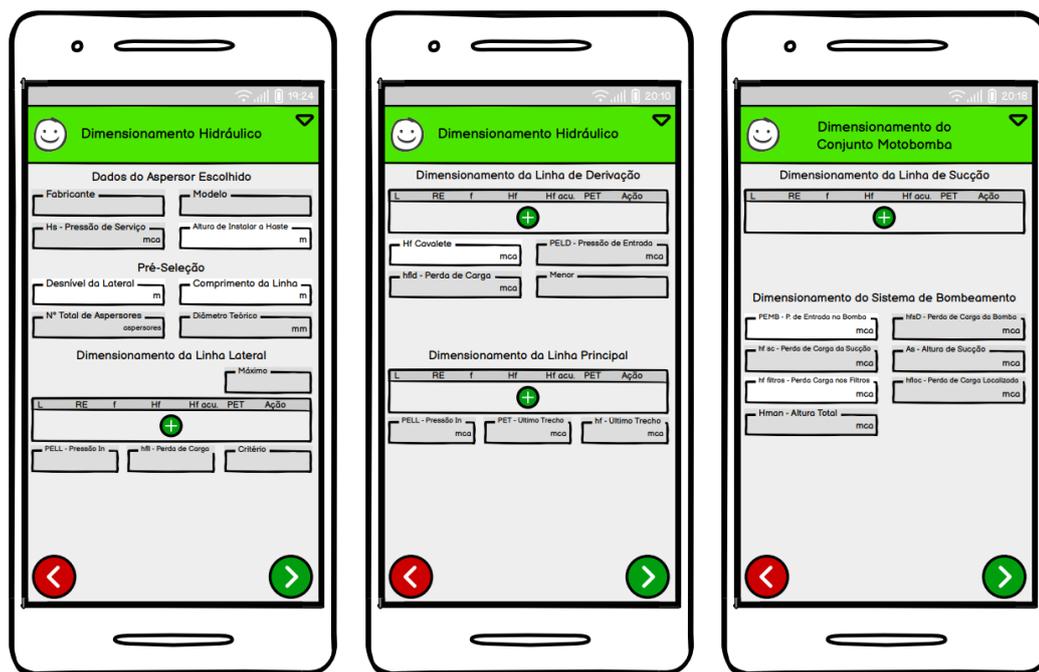


Figura 14 – Dimensionamento Hidráulico - Versão Mobile.

5.7.7 Tela de Resultados

A tela de Resultados apresenta ao usuário todos os dados obtidos a partir do dimensionamento de irrigação por aspersão, consolidando as informações de maneira clara e acessível. Nesta seção, o usuário pode visualizar os resultados detalhados, incluindo cálculos de vazão, pressão e eficiência do sistema, facilitando a análise do desempenho da irrigação.

Além disso, a tela oferece opções para exportar os dados em formatos PDF e Excel, permitindo que o usuário salve e compartilhe as informações de forma prática.

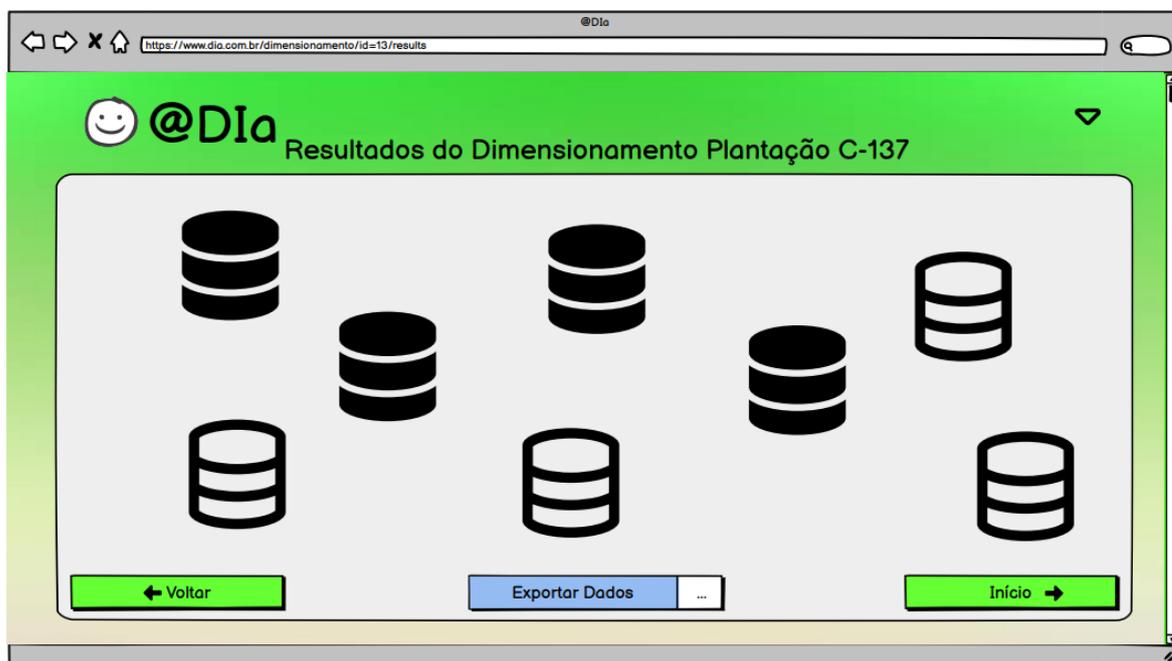


Figura 15 – Resultados - Versão Web.

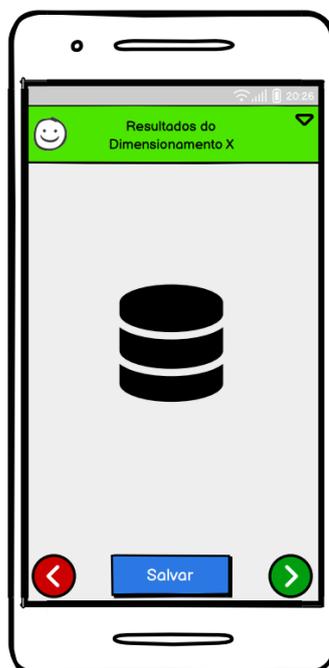


Figura 16 – Resultados - Versão Mobile.

5.8 Desenvolvimento

O desenvolvimento do software Dia foi realizado utilizando uma abordagem ágil, com ênfase em ciclos iterativos e incrementais para garantir a entrega contínua de

funcionalidades. A escolha das tecnologias envolveu uma combinação de linguagens de programação, bibliotecas, frameworks e serviços de banco de dados em nuvem para atender aos requisitos de desempenho, escalabilidade e flexibilidade do projeto.

5.8.1 Flutter

Para a construção da interface do usuário, o front-end, foi usado o Flutter, um framework de código aberto mantido pelo Google, que utiliza Dart como linguagem de programação. Este framework foi escolhido por sua capacidade de criar interfaces nativas para web e dispositivos móveis com uma única base de código, reduzindo o tempo necessário de desenvolvimento.

Com o Flutter, foi possível garantir uma interface dinâmica e responsiva, proporcionando uma experiência de usuário coesa tanto em navegadores de computadores, quanto em dispositivos móveis. Além disso, ele oferece uma imensa gama de widgets personalizáveis, o que permitiu criar layouts complexos e animações suaves, fatores que foram essenciais para atender aos requisitos visuais e de usabilidade do Dia.

5.8.2 Express.js

Devido à ausência de uma biblioteca nativa no Flutter para comunicação direta com o MongoDB, foi necessário desenvolver o back-end utilizando o framework Express.js. Esse framework foi baseado no Node.js, facilitando a configuração e o desenvolvimento de uma API.

A API RESTful foi desenvolvida utilizando a biblioteca oficial do MongoDB para Node.js, o que permitiu realizar operações de leitura, escrita e atualização no banco de dados. O Express.js também facilitou a autenticação de usuários e o tratamento de erros.

Além disso, a utilização de Node.js como base permitiu que o back-end do Dia fosse altamente escalável e não bloqueante, utilizando um modelo assíncrono para lidar com múltiplas requisições simultâneas. Essa característica foi fundamental para garantir o desempenho em ambientes com alta demanda de usuários.

5.8.3 MongoDB

Para o gerenciamento de dados, foi utilizado o banco de dados NoSQL MongoDB. O MongoDB foi escolhido principalmente por sua flexibilidade na modelagem de dados, permitindo que o software Dia armazenasse informações de maneira dinâmica, sem a necessidade de estruturas rígidas, como em bancos de dados relacionais. Tal flexibilidade foi crucial para acomodar as mudanças contínuas nas funcionalidades e requisitos de dados durante o desenvolvimento, uma vez que em um dimensionamento contém diversas variáveis, apontadas nas seções anteriores.

Além disso, o uso de índices apropriados e consultas otimizadas foi implementado para melhorar a performance nas operações de busca e filtragem de dados. O MongoDB Atlas, a versão em nuvem do banco, também foi utilizado para facilitar o gerenciamento, backup e a segurança dos dados de forma centralizada.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Interfaces do usuário

As telas prototipadas do software, citadas na Seção 4.7, foram desenvolvidas utilizando diferentes *widgets* do framework Flutter. Nesta seção, serão apresentadas todas as telas construídas para o software Dia.

6.1.1 Interface de Login

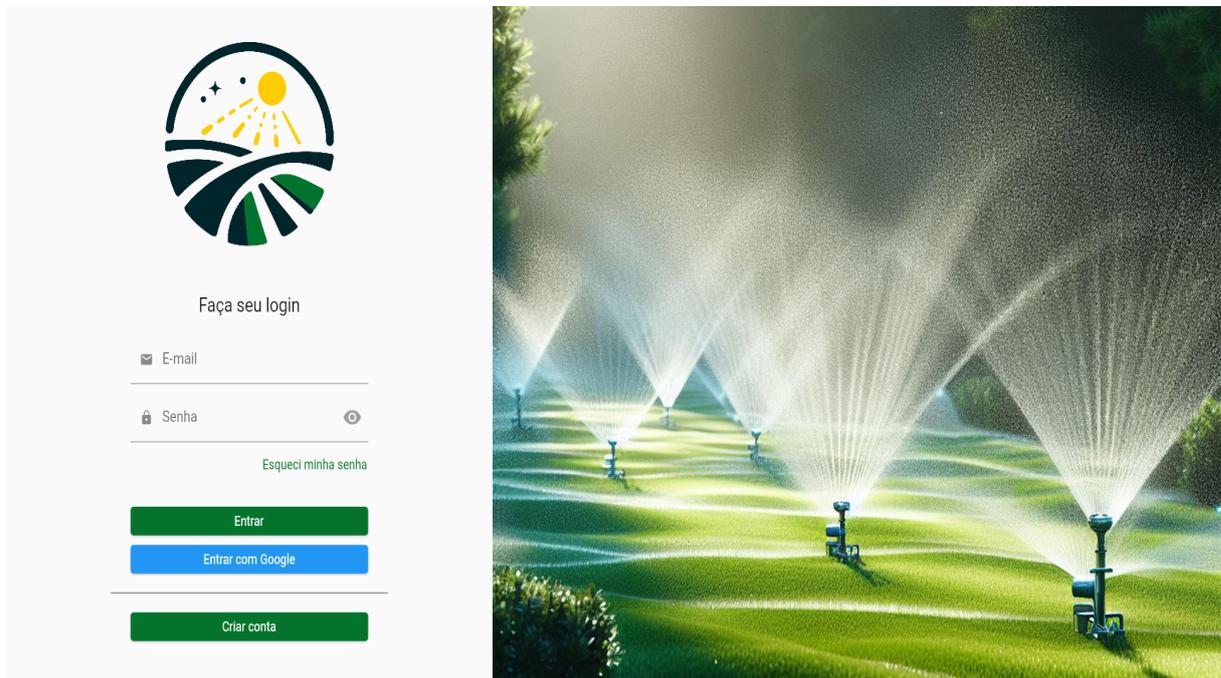


Figura 17 – Login - Versão Web.

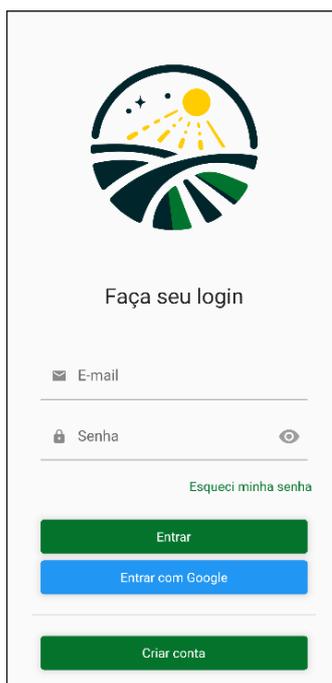


Figura 18 – Login - Versão Mobile.

6.1.2 Interface de Cadastro

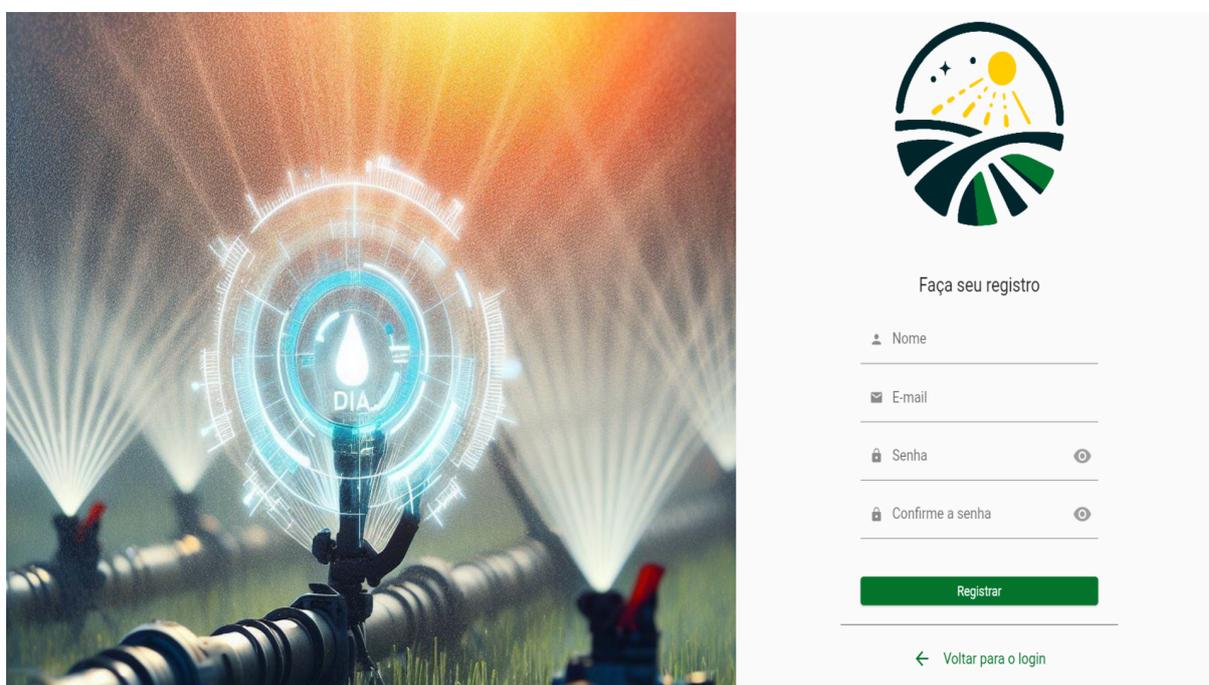


Figura 19 – Cadastro - Versão Web.

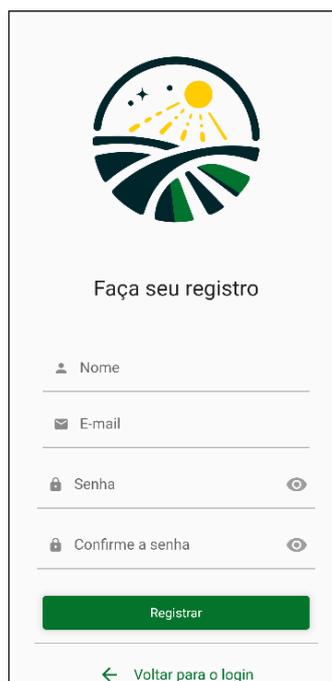


Figura 20 – Cadastro - Versão Mobile.

6.1.3 Interface Inicial (Home)

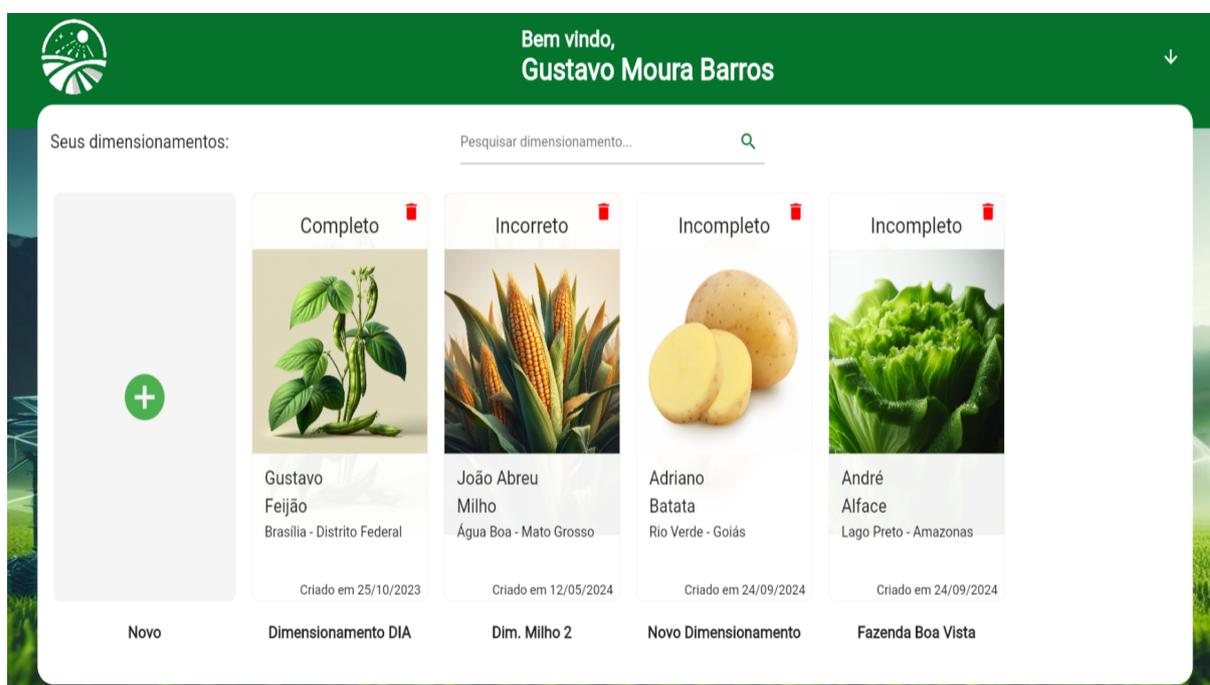


Figura 21 – Home - Versão Web.



Figura 22 – Home - Versão Mobile.

6.1.4 Interface de Dados Iniciais

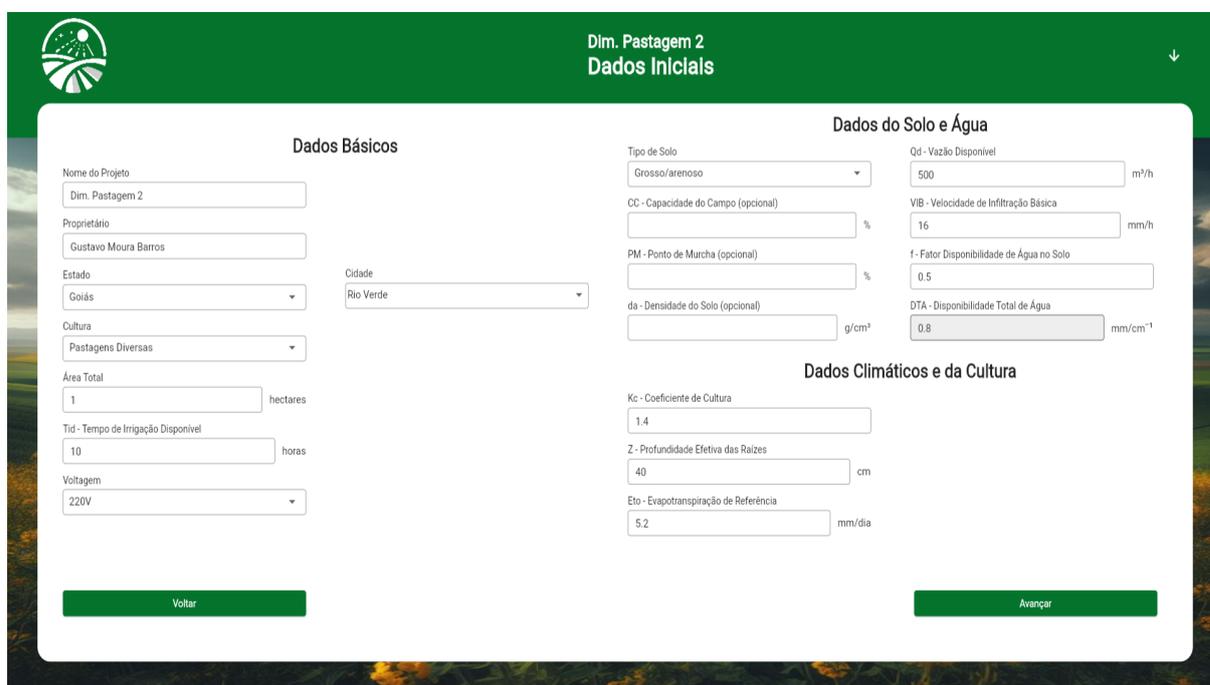


Figura 23 – Dados Iniciais - Versão Web.

Dim. Milho 2
Dados Iniciais

Dados Básicos

Nome do Projeto: Dim. Milho 2
Proprietário: João Abreu
Estado: Mato Grosso
Cidade: Água Boa
Cultura: Milho
Voltagem: 220V
Área Total: 5 hectares
Tempo de Irrigação Disponível: 12 horas

Dados de Solo e Água

Tipo de Solo: Grosso/arenoso
Vazão Disponível: 1500 m³/h
Capacidade de Campo: %
VIB: 20 mm/h
Ponto de Murcha: f: 0.5
Densidade do Solo: g/cm³
DTA: 0.8 mm/cm³

Dados Climáticos e da Cultura

Coefficiente de Cultura: 0.9
Eto: 3 mm/dia
Profundidade das Raízes: 60 cm

Volter Avançar

Figura 24 – Dados Iniciais - Versão Mobile.

6.1.5 Interface de Dimensionamento Agrônômico

Dim. Pastagem 2
Dimensionamento Agrônômico

Disponibilidade de Água e Turno de Rega

CTA - Capacidade Total de Água: 28 mm
CRA - Capacidade Real de Água: 14 mm
IRN - Irrigação Total Necessária: 14 mm
Ea - Eficiência do Sistema de Irrigação: 84 %
ITN - Irrigação Total Necessária: 16.67 mm
ETPc - Etpotencial da Cultura: 7.28 mm/dia
TR 1 - Turno de Rega Teórico: 2.2 dias
TR - Turno de Rega Adotado: 2 dias

Lâmina em função do Turno de Rega

ITN - Irrigação Total Necessária: 16.67 mm
Tid - Tempo de Irrigação Diário: 10 mm/h
Qa - Vazão Necessária: 8.52 m³/h
Ian - Intensidade de Aplicação: 1.72 mm/h

Seleção do Aspersor

Aspersor: Agropolo - NY 25 - Amarelo X Cinza
Fabricante: Agropolo
Modelo: NY 25 - Amarelo X Cinza
q - Vazão do Aspersor: 0.528 m³/h
Ha - Pressão de Trabalho: 20 mca
Di - Diâmetro Molhado: 24 m
Espaçamento entre Aspersores: 12 m
Espaçamento entre Linhas: 12 m
IP - Índice de Precipitação: 3.67 mm/h
Ta - Tempo de Aplicação: 4.73 horas
Sobreposição entre Aspersores: 100 %
Sobreposição entre Linhas: 100 %

Subunidades Irrigadas por vez

Nº Total de Aspersores na Área: 61 aspersores
Nº de Blocos Irrigados por Dia Calculado: 2.2 blocos
Nº de Blocos Irrigados por Dia Adotado: 2 blocos
Nº de Aspersores por Bloco: 15.25 aspersores

Volter Avançar

Figura 25 – Dimensionamento Agrônômico - Versão Web.

Figura 26 – Dimensionamento Agrônômico - Versão Mobile.

6.1.6 Interface de Dimensionamento Hidráulico

Trecho	L	Q(m³/h)	Tubulação	Di(mm)	V(m/s)	f	RE	Hf	Hf acumu	ΔZ	PET
1	48.85	7.92	50 PN 40	48.1	1.21	0.021	58061	1.56	1.56	0.5	30.05
2	35.68	7.92	50 PN 40	48.1	1.21	0.021	58060	1.14	2.7	0	31.19
3	39.74	7.92	50 PN 80	46.7	1.28	0.02	59800	1.47	4.17	1	33.65

Figura 27 – Dimensionamento Hidráulico - Versão Web.

20 mca 85 % 90 m 33.94 mm

Espaçamento entre Aspersores: 12 m Distância de Derivação até o último aspersor: 15 m

Dimensionamento da Linha Lateral

Mostrar Dimensionamento Lateral

Dimensionamento da Linha de Derivação

Mostrar Dimensionamento de Derivação

Dimensionamento da Linha Principal

Mostrar Dimensionamento Principal

Dimensionamento da Linha de Sucção

Trecho	L	Q(m³/h)	Tubulação	Di(mm)	V(m/s)	f	RE	Hf
1	4	7.92	75 PN 80	75.5	1.5	38520	0.53	0.02

Remover último trecho Adicionar Trecho

Ocultar Dimensionamento de Sucção

Dimensionamento do Conjunto Motobomba

Hfsc - Perda de Carga da Sucção: 2.7 mca As - Altura de Sucção: 1.5 mca PEMB - Pressão de Entrada na Motobomba: 35.13 mca Hman - Altura Manométrica: 42.16 mca

HfSD - Perda de Carga na Saída da Bomba: 3.2 mca Hf filtros - Perda de Carga nos Filtros: 2 mca Hfloc - Perda de Carga Localizada: 2.23 mca

Ocultar Dimensionamento do Conjunto Motobomba

Voltar Finalizar

Figura 28 – Dimensionamento Hidráulico - Conjunto Motobomba - Versão Web.

Dados do Aspersor Escolhido

q - Vazão do Aspersor: 1.8 m³/h Aa - Altura da Haste: 1.2 m

Ha - Pressão de Trabalho: 30 mca Pressão Máxima desejada: 85 %

Esp. entre Aspersores: 5 m Distância de Derivação: 15 m

Pré-Seleção

Desnível da Lateral: 0.5 m Nº Total de Aspersores: 200 aspersores

L - Comp. da Linha: 90 m Diâmetro Teórico: 64.79 mm

Voltar Avançar

Dimensionamento da Linha Lateral

Máximo: 25

Trecho	L	Nº Aspersores	Q(m³/h)
1	40	8	14.4
2	42	8	14.4

PELL: 70.31 mca

Remover último Adicionar Trecho

Voltar Avançar

Dimensionamento da Linha de Derivação

Trecho	L	Nº Aspersores	Q(m³/h)
1	60	10	18

Hf cavalete: 0 mca PELD: 69.78 mca Menor PET: 69.92 mca

Remover último Adicionar Trecho

Voltar Avançar

Figura 29 – Dimensionamento Hidráulico - Versão Mobile.

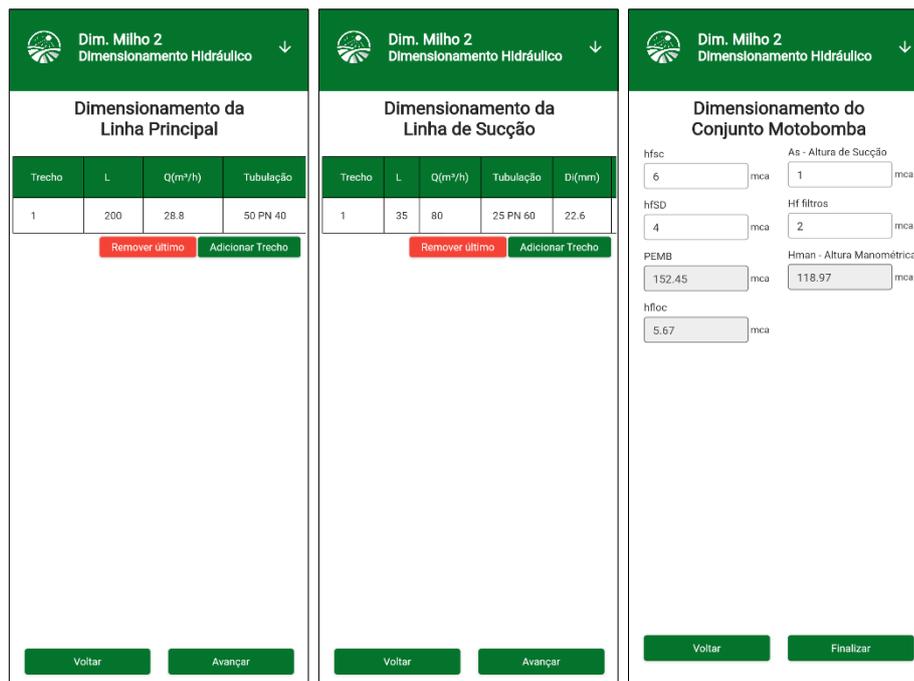


Figura 30 – Dimensionamento Hidráulico e Conjunto Motobomba - Versão Mobile.

6.1.7 Interface de Resultados

Dados do projeto		Dados de solo e cultura			
Localização	Água Boa - Mato Grosso	DTA - Disponibilidade total de água no solo	0.8	mm/cm	
Ea - Eficiência de irrigação	95 %	CTA - Capacidade total de água	48	mm	
Classificação do solo	Grosso/arenoso	CRA - Capacidade de retenção de água	24	mm	
CC - capacidade de campo	0 % massa	IRN - Irrigação real necessária	24	mm	
PM - Ponto de murcha	0 % massa	ITN - Irrigação total necessária corrigida	5.68	mm	
da - Densidade aparente	0 g/cm³	ETPc - Evapotranspiração potencial da cultura	2.7	mm/dia	
VIB - Velocidade de infiltração	20 mm/h	TR - Turno de rega - adotado	8.89	dias	
Tid - Tempo de irrigação diário	12 mm	Qa - Vazão aproximada necessária	11.84	m³/h	
Eto - Evapotranspiração de referência	3 mm/dia	Qd - Vazão disponível	1500	m³/h	
Cultura	Milho	Ian - Intensidade de Aplicação	0.47	mm/h	
f - Fator de disponibilidade da água no solo	0.5				

Figura 31 – Topo da Interface de Resultados - Versão Web.



Figura 32 – Final da Interface de Resultados - Versão Web.

6.1.8 Experimentos Realizados

Para validar as funcionalidades do software, foram realizados dimensionamentos com base em dados previamente fornecidos pelos professores do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. Esses dados foram disponibilizados por meio de planilhas e utilizados como referência para os testes. As tabelas 5 e 6 apresentam os resultados de um desses testes, evidenciando que os dados gerados estão consistentes e alinhados com as variáveis de entrada fornecidas.

Tabela 5 – Variáveis Gerais do Dimensionamento

Dados Iniciais	Valor	Medida	Solo e Cultura	Valor	Medida
Local	Rio Verde - GO		DTA	0,8	mm/cm
Ea	84	%	CTA	28	mm
Solo	Grosso/arenoso		CRA	14	mm
CC		% massa	IRN	14	mm
PM		% massa	ITN	16,67	mm
da		g/cm ³	ETPc	7,28	mm/dia
VIB	16	mm/h	TR	2	dias
Tid	10	h	Qa	8,52	m ³ /h
Eto	5,2	mm/dia	Qd	500	m ³ /h
Cultura	Pastagens Diversas	%	Ian	1,72	mm/h
f	0,5				
Kc	1,4				
Z	40	cm			
Área Total	1.5	ha			
Dados do Aspersor	Valor	Medida	Blocos	Valor	Medida
Fabricante	Agropolo		Nt	61	asp
Modelo	Amarelo x Cinza		Nbiad	2	blocos
q	0,528	m ³ /h	Naoc	15,25	asp
Ha	20	m			
Di	24	m			
Easp	12	m			
EL	12	m			
IP	3,67	mm/h			
Ta	4,73	h			
Sob asp	100	%			
Sob Ll	100	%			
Pré-Seleção	Valor	Medida	Dim. Hidráulico	Valor	Medida
Aa	1,6	m	PELL	21,7	mca
Pmax	85	%	Hfcavalete	0	mca
Dd	15	m	PELD	28	mca
Dzlat	0.5	m			
L	90	m			
Dt	33,94	mm			
Motobomba	Valor	Medida			
PEMB	35,13	mca			
Hf sc	2,7	mca			
HfSD	3,2	mca			
As	1,5	mca			
hf filtros	2	mca			
hfloc	2,23	mca			
Hman	42,16	mca			

Tabela 6 – Dados do Dimensionamento Hidráulico

Dimensionamento Lateral											
L	A	Q	T	Di	V	f	RE	Hf	Hfac	Dz	PET
12	1	0,53	25 PN 60	22,6	0,37	0,033	8338,20	0,12	0,12	0	21,72
0,15	2	1,06	25 PN 60	22,6	0,73	0,029	16448,65	0,01	0,13	0	21,73
Linha de Derivação											
L	A	Q	T	Di	V	f	RE	Hf	Hfac	Dz	PET
12	3	1,58	25 PN 60	22,6	1,09	0,03	24560,32	0,83	0,83	0,125	22,79
12	6	3,17	32 PN 60	29	1,33	0,02	38454,64	0,86	1,69	0,125	23,66
12	10	5,28	50 PN 40	48,1	0,81	0,02	38844,47	0,19	1,89	0,125	23,96
12	15	7,92	50 PN 40	48,1	1,21	0,02	58026,92	0,0192	2,07	0,125	24,46
Linha Principal											
L		Q	T	Di	V	f	RE	Hf	Hfac	Dz	PET
48,85		7,92	50 PN 40	48,1	1,21	0,021	58061	1,56	1,56	0,5	30,05
35,68		7,92	50 PN 40	48,1	1,21	0,021	58060	1,14	2,70	0	31,19
39,74		7,92	50 PN 80	48,1	1,28	0,020	59800	1,47	4,17	1	33,65
Linha de Sucção											
L		Q	T	Di	V	f	RE	Hf			
4		7,92	75 PN 80	75,5	1,5	38520	0,53	0,02			

7 CONCLUSÃO

Para fazendeiros e agricultores, fazer as decisões de plantio nunca foi uma tarefa fácil. Quando se trata de terrenos irregulares, se torna uma tarefa ainda mais difícil, já que o desnivelamento do ambiente dificulta a distribuição uniforme da água e o planejamento eficiente do sistema de irrigação. O trabalho apresentado propôs e elaborou um software que efetua um dimensionamento de irrigação por aspersão, que funciona tanto na plataforma web quanto mobile.

Para o desenvolvimento, utilizou-se o framework Flutter para compor o front-end, enquanto o Express.js foi empregado para constituir uma API RESTful que permite a comunicação do aplicativo com o banco de dados MongoDB, hospedado na nuvem.

O software abrange todas as etapas de um dimensionamento de irrigação por aspersão. Ele inicia com a coleta de dados básicos do terreno do projeto, como localização e área, e inclui informações agronômicas, hidráulicas e climáticas. Além disso, auxilia na escolha da motobomba mais adequada e, ao final, permite a exportação de todos os dados gerados durante o processo. Logo, verifica-se que os objetivos gerais e específicos deste trabalho foram plenamente atingidos.

7.1 Trabalhos Futuros

Como continuidade deste projeto, propõe-se o desenvolvimento de uma nova API RESTful em Python, incorporando técnicas de machine learning. Essa API seria capaz de analisar dados de entrada e dimensionamentos anteriores, permitindo a geração de previsões mais precisas e a automação de decisões importantes, como a escolha do aspersor, o espaçamento, as tubulações e os parâmetros mais adequados da motobomba para cada projeto.

Adicionalmente, planeja-se a integração de uma API de terceiros ou a atualização da API atual para obter dados climáticos automaticamente com base na localização selecionada. Essa funcionalidade auxiliaria no cálculo da evapotranspiração de referência, simplificando o preenchimento de variáveis e melhorando a precisão dos resultados.

Essas melhorias visam aumentar a eficiência, a personalização e a usabilidade do software, reduzindo a necessidade de intervenção manual e consequentemente tornando o processo de dimensionamento de irrigação ainda mais completo e acessível.

Referências

- ALLEN, R. G. et al. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. [S.l.]: FAO Irrigation and Drainage Paper, 1998. 300 p. Citado na página 4.
- BARROS A. C., S. O. M. P. J. C. N. A. S. C. *Projetos de Irrigação por Aspersão Com ênfase em áreas pequenas e irregulares*. [S.l.]: Universidade Federal da Grande Dourados, 2022. Citado na página 5.
- BISCARO, G. A. *Sistemas de irrigação por aspersão*. [S.l.]: Universidade Federal da Grande Dourados, 2009. Citado na página 4.
- CALHEIROS C.B.M., Q. J. F. J. P. P. Estratégias ótimas de irrigação do feijoeiro: água como fator limitante da produção. *Brasília*, Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 31, p. 509–515, 1996. Citado na página 1.
- CHODOROW, K. *Mongodb: The definitive guide: Powerful and scalable data storage*. O'Reilly Media, 2013. Citado na página 4.
- FLUTTER. Flutter documentation. Google, 2020. Citado na página 4.
- GOMES, H. Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. *UFPB*, rev. ampl. Campina Grande, p. 390, 1997. Citado na página 1.