



BACHAREL EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO EM FLUTTER PARA
AUXILIAR NO MANEJO DE IRRIGAÇÃO**

WENNYS CAMILO DA SILVA OLIVEIRA

Rio Verde, GO

2022



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO -
CAMPUS RIO VERDE
BACHAREL EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO EM FLUTTER PARA
AUXILIAR NO MANEJO DE IRRIGAÇÃO**

WENNYS CAMILO DA SILVA OLIVEIRA

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

Orientador: Prof. Ms. Marlus Dias Silva
Coorientador: Prof. Dr. Luan Peroni Venâncio
Instituto Federal Goiano

Rio Verde, GO
Setembro, 2022



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 12/2022 - CCBCC-RV/GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) **vinte e seis** dia(s) do mês de **setembro** de **2022**, às **9** horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: **Marlus Dias Silva (Orientador)**, **Luan Peroni Venâncio (Coorientador)** e os membros da banca **Heyde Francielle do Carmo França** e **Leandro Rodrigues da Silva Souza**, para examinar o Trabalho de Curso intitulado **Desenvolvimento de um aplicativo em flutter para auxiliar no manejo de irrigação** do(a) estudante **Wennys Camilo da Silva Oliveira**, Matrícula nº **2018102201940244** do Curso de **Bacharelado em Ciência da Computação** do IF Goiano – Campus **Rio Verde - GO**. A palavra foi concedida ao(a) estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do(a) candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Luan Peroni Venancio**, Luan Peroni Venancio - Aluno Bolsista - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500), em 26/09/2022 13:39:40.
- **Leandro Rodrigues da Silva Souza**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/09/2022 11:18:12.
- **Heyde Francielle do Carmo Franca**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/09/2022 10:45:37.
- **Marlus Dias Silva**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/09/2022 10:18:46.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 26/09/2022. 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: 428914
Código de Autenticação: 78ed25d630



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3620-5600



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Declaração nº 1/2022 - CCBCC-RV/GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

WENNYS CAMILO DA SILVA OLIVEIRA

DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICATIVO EM FLUTTER PARA AUXILIAR NO MANEJO DE IRRIGAÇÃO

Trabalho de curso DEFENDIDO E APROVADO em 26 de setembro de 2022, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Dr. Heyde Francielle do Carmo França
Instituto Federal Goiano

Leandro Rodrigues da Silva
Souza
Instituto Federal Goiano

Marlus Dias Silva
Orientador

Luan Peroni Venâncio
Coorientador

Rio Verde, GO
2022

Documento assinado eletronicamente por:

- Luan Peroni Venancio, Luan Peroni Venancio - Aluno Bolsista - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500), em 26/09/2022 13:36:05.
- Leandro Rodrigues da Silva Souza, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/09/2022 11:19:53.
- Heyde Francielle do Carmo Franca, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/09/2022 10:33:09.
- Marlus Dias Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/09/2022 09:59:06.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 26/09/2022. 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: 428852

Código de Autenticação: 37a6a686e7



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

OOL48d Oliveira, Wennys Camilo da Silva
Desenvolvimento de um aplicativo em flutter para auxiliar no manejo de irrigação utilizando dados do tensiômetro / Wennys Camilo da Silva Oliveira; orientador Marlus Dias Silva; co-orientador Luan Peroni Venâncio. -- Rio Verde, 2021.
22 p.

TCC (Graduação em Graduação em Ciência da Computação) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

1. Desenvolvimento Mobile. 2. Tensiômetro. 3. Manejo de Irrigação. 4. Irrigação. I. Silva, Marlus Dias, orient. II. Venâncio, Luan Peroni, co-orient. III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376

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

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> 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.

Local

/ /

Data

Wennys Camilo da Silva Oliveira

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Marcelo Elias Silva

Assinatura do(a) orientador(a)

Dedico esse trabalho a minha família, que me deu todo o suporte e apoio para concluir essa longa jornada.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a minha Mãe e ao meu Padrim, que dedicaram suas vidas para cuidar de mim e moldar-me e sempre me apoiarem.

Ao meu orientador e coorientador, que orientaram o trabalho com paciência e dedicação, sempre disponível a compartilhar todo o seu vasto conhecimento.

Aos professores do curso de Ciência da Computação, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Demanda captação de água no Brasil 2019. Fonte: Adaptado de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2021)	1
Figura 2 – Distribuição da precipitação média mensal no Brasil. Fonte ANA (2014)	4
Figura 3 – Vista em perspectiva e partes componentes de um tensiômetro munido de vacuômetro metálico. Fonte: Azevedo e Silva (1999)	6
Figura 4 – Sistemas de irrigação. Fonte: (ANA, 2021)	8
Figura 5 – Exemplo gráfico Curva de Retenção de água no solo. Fonte: (SENAR, 2019)	10
Figura 6 – Código que retorna a função e os pontos da linha de tendência potencial.	11
Figura 7 – Exemplo do objeto convertido para JSON	15
Figura 8 – Tela inicial do aplicativo	17
Figura 9 – Menu lateral	17
Figura 10 – Tela de edição e cadastro	19
Figura 11 – Tela inicial 2	19
Figura 12 – Gráfico CRAS	20
Figura 13 – Equação CRAS	20
Figura 14 – Dados do solo	21
Figura 15 – Dados da cultura	21
Figura 16 – Manejo da irrigação camada 1	22
Figura 17 – Manejo da irrigação camada 2	22
Figura 18 – Solo na Capacidade de Campo	23
Figura 19 – Registros das irrigações diárias	23
Figura 20 – Gráficos dos registros de irrigação	24
Figura 21 – Pergunta 1 - Questionário de usabilidade	25
Figura 22 – Pergunta 2 - Questionário de usabilidade	26
Figura 23 – Pergunta 3 - Questionário de usabilidade	26
Figura 24 – Pergunta 4 - Questionário de usabilidade	27
Figura 25 – Pergunta 5 - Questionário de usabilidade	27
Figura 26 – Pergunta 6 - Questionário de usabilidade	28
Figura 27 – Pergunta 7 - Questionário de usabilidade	28
Figura 28 – Pergunta 8 - Questionário de usabilidade	29
Figura 29 – Pergunta 9 - Questionário de usabilidade	29
Figura 30 – Pergunta 10 - Questionário de usabilidade	30
Figura 31 – Pergunta 11 - Questionário de usabilidade	30
Figura 32 – Pergunta 12 - Questionário de usabilidade	31
Figura 33 – Pergunta 13 - Questionário de usabilidade	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Participantes dos testes	25
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCR	Coeficiente da Curva de Retenção
ECR	Expoente da Curva de Retenção
LT	Leitura do Tensiômetro
PC	Profundidade da Camada
LVM	Lâmina na Velocidade Máxima
CRAS	Curva de Retenção de Água do Solo
MVP	<i>Minimum Viable Product</i>

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
2 – REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Irrigação	3
2.2 Irrigação no Brasil	3
2.3 Importância e manejo da irrigação	4
2.4 Métodos de manejo	5
2.5 Manejo via Solo	5
2.6 Tensiômetro	5
2.7 Momento da Irrigação utilizando tensiometria	7
2.8 Sistemas de Irrigação	7
2.9 Pivô Central	7
2.10 Dipositivos Móveis	8
2.11 Desenvolvimento Mobile	9
2.12 Desenvolvimento Híbrido	9
3 – MATERIAIS E MÉTODOS	10
3.1 Retenção de Água no Solo	10
3.1.1 Linha de Tendência	10
3.2 Dados do Solo	12
3.3 Dados da Cultura	12
3.4 Dados do Sistema de Irrigação	12
3.5 Manejo da Irrigação com o Tensiômetro	12
3.6 Ferramentas	13
3.6.1 Flutter	13
3.6.2 Linguagem de Programação Dart	14
3.6.3 Shared Preferences	14
3.6.4 Hosting	15
3.7 Pesquisa de usabilidade	15
4 – SOLUÇÃO PROPOSTA	17
4.1 Pesquisa de usabilidade do software/aplicativo	24
4.1.1 Escala do gráfico	25
5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6 – CONCLUSÃO	33

6.1	Trabalhos Futuros	33
	Referências	34
	Apêndices	36
	APÊNDICE A–Questionário para avaliação de usabilidade	37

1 INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada tem papel único no aumento da oferta de alimentos e na garantia da segurança alimentar e nutricional da população mundial e, segundo dados da (FAO, 2017) a agricultura irrigada mesmo ocupando apenas 20% da área cultivada do planeta, ela é responsável, em média, por 40% de toda a produção mundial de alimentos. Por outro lado, está sempre em evidência por ser uma grande usuária de água. No Brasil a demanda de captação de água em 2019 para irrigação representou 49,8% de toda a demanda (Figura 1). Como mostra a figura 1 a irrigação capta uma grande demanda no consumo de água, não que o consumo de água pela irrigação seja um fator negativo visto que ela tem uma grande importância na produção de alimentos mas tem-se tornando em evidência as questões de como manter ou maximizar os índices de produção e diminuir o consumo de recursos hídricos. Portanto surge a necessidade de se pensar a relação entre a irrigação e a economia de água.

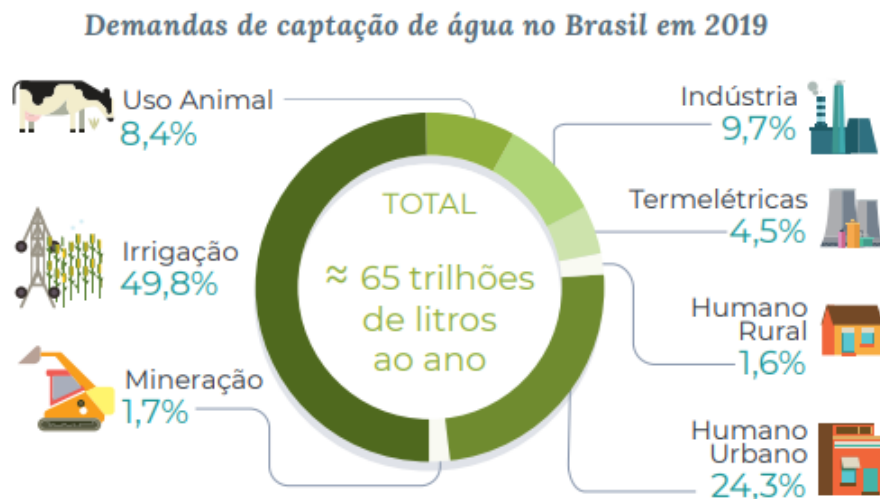


Figura 1 – Demanda captação de água no Brasil 2019. Fonte: Adaptado de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2021)

O manejo de irrigação consiste, basicamente, na adoção de critérios pré-estabelecidos, para a definição do momento e da quantidade de água que deve ser aplicada (NASCI-MENTO; BASSOI; PAZ, 2012). Durante o processo de aplicação da irrigação, em sistema agrícola, a quantidade, a qualidade e o momento aplicação da lâmina d'água revelam-se como as variáveis de maior potencial para gerar impactos negativos ao se buscar a eficiência do uso deste recurso natural. Além disso, torna-se difícil de estimar com precisão os efeitos de tomadas de decisão gerenciais, considerando as possíveis interações entre os componentes biológicos (genótipo, nutrição, sanidade, textura do solo) e o balanço hídrico (evapotranspiração (real e potencial), evaporação, temperatura e umidade relativa do ar e umidade do solo) para a cultura em exploração.

Na agricultura irrigada, a aplicação de água de forma inadequada, seja em excesso ou em déficit acarreta muitos prejuízos aos produtos (SENAR, 2019). Diante disso, é notória a necessidade de desenvolvimento de ferramentas para auxiliar no manejo da irrigação, visando redução de consumo de água, menor predisposição à incidência de doenças fitopatológicas devido à aplicação insuficiente e/ou excessiva de água, bem como, a redução de custo com energia elétrica decorrente do sistema de bombeamento d'água as quais poderão promover externalidades positivas ao meio ambiente e à sociedade.

Para alcançar o objetivo de auxiliar no manejo da irrigação, realizamos a criação de um aplicativo multiplataforma a fim de auxiliar o produtor na tomada de decisão na irrigação de suas culturas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Irrigação

A irrigação é uma técnica artificial utilizada para o fornecimento de água que utiliza um conjunto de equipamentos e técnicas para suprir a deficiência total ou parcial de água para as culturas plantadas. A prática consiste na aplicação de água, em quantidades predefinidas no solo em uma área específica e sua aplicação é feita para criar umidade ideal para o desenvolvimento das culturas. Esta definição engloba todas as formas de irrigar uma planta, desde aquela realizada com uma simples mangueira de jardim até o equipamento de irrigação mais sofisticado (TESTEZLAF, 2017).

A irrigação é uma prática que ocorre desde as antigas civilizações, principalmente em regiões secas como no Egito e na Mesopotâmia. Em regiões de características edafo-climáticas pouco favoráveis aos cultivos agrícolas e climáticas surgiu a necessidade e o desenvolvimento do uso da técnica, visando garantir maior segurança nos cultivos. Por outro lado, a agricultura tendeu a se progredir inicialmente em locais onde a quantidade e a distribuição espacial e temporal das chuvas são capazes de atender as demandas das culturas (ANA, 2017).

2.2 Irrigação no Brasil

Segundo a ANA (2017), no Brasil a irrigação teve início na década de 1900 para a produção da cultura do arroz no Rio Grande do Sul. A expressiva crescente da técnica em outras regiões do país ocorreu a partir das décadas de 70 e 80. Com crescimentos forte, novos polos surgiram nas últimas décadas.

São diversos fatores que contribuem para a necessidade de irrigação. Em regiões que são afetadas pela escassez de água, como no semiárido brasileiro, a irrigação é fundamental, que só é viabilizada através da aplicação artificial de água. Já em regiões afetadas pela escassez de água em períodos específicos como no Sudeste e principalmente no Centro-Oeste, algumas culturas só se viabilizam a aplicação suplementar nestes períodos figura 2 (ANA, 2017).

A irrigação no Brasil, infelizmente é rotineiramente realizada de forma empírica em muitas regiões, geralmente com grande desperdício de água, além disso há a utilização de irrigações em excesso que comprometem a produção (MAROUELLI, 2008). Assim, é necessário ao uso de critérios racionais para administrar as irrigações, visando a aplicação da água no momento certo e na quantidade apropriada.

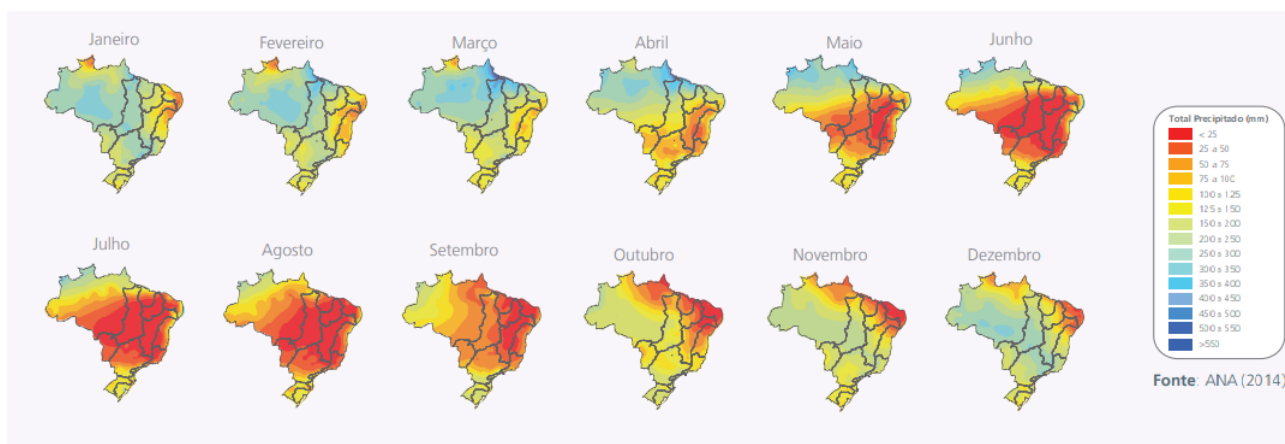


Figura 2 – Distribuição da precipitação média mensal no Brasil. Fonte ANA (2014)

2.3 Importância e manejo da irrigação

A irrigação é essencial para otimizar a produção de alimentos, fibras e bioenergias, levando desenvolvimento sustentável ao meio rural, com geração de empregos e renda de forma estável e impactando diretamente no aumento e o equilíbrio da oferta de alimentos e consequentemente no aumento da segurança alimentar e nutricional da população brasileira. Frutas, verduras, arroz, tomate, cebola, café, pimentão, batata, alho, são exemplos de alimentos produzidos sob alto percentual de irrigação (ANA, 2017).

As gerações atuais e futuras enfrentarão desafios para garantir que alimentos nutritivos sejam produzidos de forma sustentável a partir de recursos limitados de terra e água (BWAMBALE; ABAGALE; ANORNU, 2023). Assim, existe uma crescente e necessária preocupação com o uso eficiente da água na agricultura irrigada, com o aumento dos problemas de escassez de água de boa qualidade, o que agrava a competição entre os diversos setores que dela dependem, como a indústria, os abastecimentos humano e animal, a mineração etc. Nesse sentido fazer o correto uso da água na irrigação é essencial para evitar tais competições, bem como proporcionar uma prática sustentável, surgindo neste contexto o manejo da irrigação.

O manejo da irrigação consiste em procedimentos utilizados para irrigar as plantas com a quantidade correta de água e para manejar adequadamente a irrigação deve-se utilizar de parâmetros que auxiliem na determinação de “quando” irrigar e de parâmetros para definir “quanto” de água deve ser aplicada na irrigação (GIMENEZ; LUIZ, 2005).

As questões sobre o momento de irrigar e a quantidade a aplicar são básicas no manejo da água de irrigação. Isso envolve a decisão de irrigar em quantidades que possam ser armazenadas no solo, na camada correspondente à zona radicular, e em intervalos suficientes para atender à demanda de água das plantas (MAROUELLI, 2008).

Para a questão de quando irrigar? A resposta correta é o momento no qual as raízes da planta começam a ter dificuldades para fazer a absorção de água no solo, com isso fazendo que a cultura seja prejudicada. Em outras palavras a irrigação deve ser feita

quando a umidade no solo decresce e atinge a chamada Tensão crítica da água (T_c) para a cultura (GIMENEZ; LUIZ, 2005).

2.4 Métodos de manejo

Existem várias formas de se manejar a irrigação e de alguma forma terão que envolver um ou mais dos componentes da inter-relação solo, planta e atmosfera, que descreve o caminho para a água se mover do solo, por meio das plantas, para a atmosfera. Assim, existem três grandes grupos de manejo de irrigação: (i) com base nas condições de umidade do solo (manejo via solo), (ii) nas condições atmosféricas (manejo via clima) e (iii) nas condições de água na planta (manejo via planta). No presente trabalho, daremos foco ao primeiro.

2.5 Manejo via Solo

O monitoramento do nível da umidade do solo, onde se encontra maior atividade das raízes de uma cultura, tem sido indicada como uma das formas apropriadas para a verificação da efetividade das irrigações. Essa supervisão pode ser realizada, indiretamente, por meio de medidas e monitoramento do teor de água no solo. Com essas medidas, tanto superficiais quanto em profundidade, é possível reconhecer que a umidade do solo atingiu valores críticos predefinidos em razão do tipo de solo, da cultura, do estágio fenológico etc., e deve ser efetuada uma irrigação para elevar a umidade atual à capacidade de campo. Essas medidas podem ser conseguidas, facilmente, utilizando métodos de manejo, tal como o tensiômetro (AZEVEDO; SILVA, 1999).

2.6 Tensiômetro

Estar informado sobre o comportamento da água no solo é primordial para a tomada de decisões referentes ao manejo racional dos cultivos irrigados ou não. Nesse contexto, uma importante variável a ser mensurada é a energia com que a água está retida pela fração sólida do solo, conhecida na literatura que trata do tema por potencial mátrico ou tensão matricial (BRITO; LIBARDI; MORAES, 2009). Dito isso, existem instrumentos para realizar esse procedimento e um deles é o tensiômetro que é empregado para fazer a medição da tensão matricial de água no solo. Medem, portanto, a “força” com que a água é retida pelo solo, a qual afeta a absorção da cultura em questão, sendo utilizados para indicar o momento apropriado de se realizar as irrigações (MAROUELLI, 2008).

O tensiômetro constitui-se de um tubo rígido contendo água, uma cápsula cerâmica porosa conectada em sua extremidade inferior, que possibilita a troca de água entre o interior do tubo e o solo, e uma tampa em sua extremidade superior, para a manutenção do equipamento (Figura 3). Quando o solo está seco, uma porção da água deixa o tensiômetro

através da cápsula para o solo, formando um vácuo parcial em seu interior, que é medido por um vacuômetro, geralmente acoplado próximo à extremidade superior do tubo. Após a cultura ser irrigada, a água do solo volta para o interior do tensiômetro pela ação do vácuo formado durante a condição de solo seco. Assim, o tensiômetro nos possibilita medir o “esforço” que a planta está exercendo para extrair água do solo (MAROUELLI, 2008).

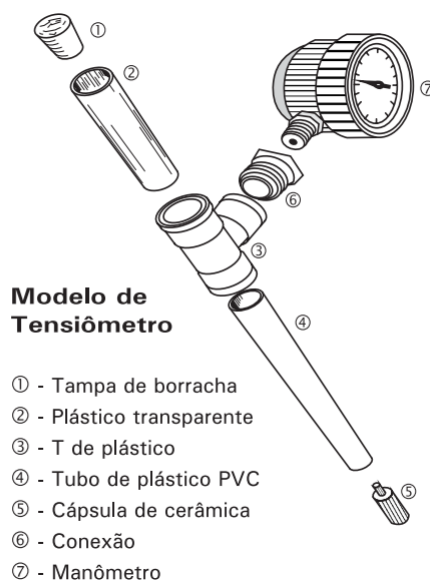


Figura 3 – Vista em perspectiva e partes componentes de um tensiômetro munido de vacuômetro metálico. Fonte: Azevedo e Silva (1999)

Em comparação com outros métodos de controle de irrigação, o tensiômetro tem como vantagens: (i) o conhecimento em tempo real da tensão da água no solo e, indiretamente do teor de água no solo; (ii) a utilização do conceito de potencial, medindo diretamente a retenção da água pelo solo; (iii) facilidade de uso, desde que convenientemente instalado, mantido e interpretado; (iv) e custo relativamente baixo e facilmente encontrado no comércio, possibilitando maior aplicação por parte de agricultores (AZEVEDO; SILVA, 1999).

O portal Raks (2020) fala de algumas desvantagens da utilização do tensiômetro como por exemplo a necessidade de manutenções constantes relacionadas a calibração, cuidados especiais no manuseio, limitação do uso em solos muito argilos e também a necessidade da disponibilidade humana para realizar as leituras.

As leituras do tensiômetro são feitas manualmente, corriqueiramente durante as primeiras horas da manhã. As leituras normalmente são anotadas em uma ficha de controle mensal ou em planilhas de excel, contendo informações sobre a cultura, data de plantio e a unidade de irrigação. Na tabela de leitura de controle também deve ser anotada a intensidade de cada chuva e irrigação realizada. Para facilitar a visualização dos dados e planejamentos das irrigações futuras (MAROUELLI, 2008). Pensando no aspecto operacional, o fato de uma utilização muito manual é uma grande desvantagem dos tensiômetros.

2.7 Momento da Irrigação utilizando tensiometria

Segundo Marouelli (2008), o processo de irrigação deve ser efetuados em todos os casos onde a média das leituras dos tensiômetros mais rasos for igual ou superior à tensão-limite recomendada para a hortaliça cultivada. Verificar que a tensão-limite é também função do sistema de irrigação utilizado e da textura do solo. A lâmina de água a ser aplicada por irrigação pode ser determinada a partir da leitura média dos tensiômetros mais rasos quando se dispõe da curva característica de retenção de água do solo. Caso não se disponha da curva, a lâmina de água pode ser ajustada, por tentativa, com base nas leituras diárias dos tensiômetros rasos e profundos. Considerar que, para uma mesma tensão-limite, solos arenosos requerem irrigações mais frequentes que solos argilosos, uma vez que os primeiros retêm menos água. Como regra geral, a lâmina de água a ser aplicada por irrigação em solos arenosos é menor que em solos argilosos, pois têm menor capacidade de armazenamento de água.

2.8 Sistemas de Irrigação

Existem diferentes sistemas de irrigação que podem ser utilizados, a escolha do tipo de sistema está ligado a diferentes variáveis. (LELIS; AUGUSTO, 2006) explica que o processo de seleção requer análise detalhada das condições como (cultura, solo e topografia).

Os principais métodos de irrigação (Figura 4) são os de aspersão, irrigação localizada (microaspersão e gotejamento), superfície (sulcos, faixas e inundação) e subsuperfície. Dentro do método de irrigação por aspersão, o sistema de pivô central destaca-se sistemas, uma vez que é de elevada eficiência de irrigação e tem liderado o crescimento das áreas irrigadas brasileiras nos últimos anos. Dados do ano de 2020 mostram que o Brasil possuía uma área de 1 milhão e 612 mil hectares irrigados por pivô central, com um total de 25.292 equipamentos (GUIMARÃES; LANDAU, 2020)

2.9 Pivô Central

O seu funcionamento é com base em uma linha lateral suspensa por torres de sustentação dotadas de rodas e motores que giram em torno de um ponto central.

O presente trabalho, considera o sistema de pivô central para manejo neste primeiro momento, sendo os demais sistemas adicionados posteriormente.

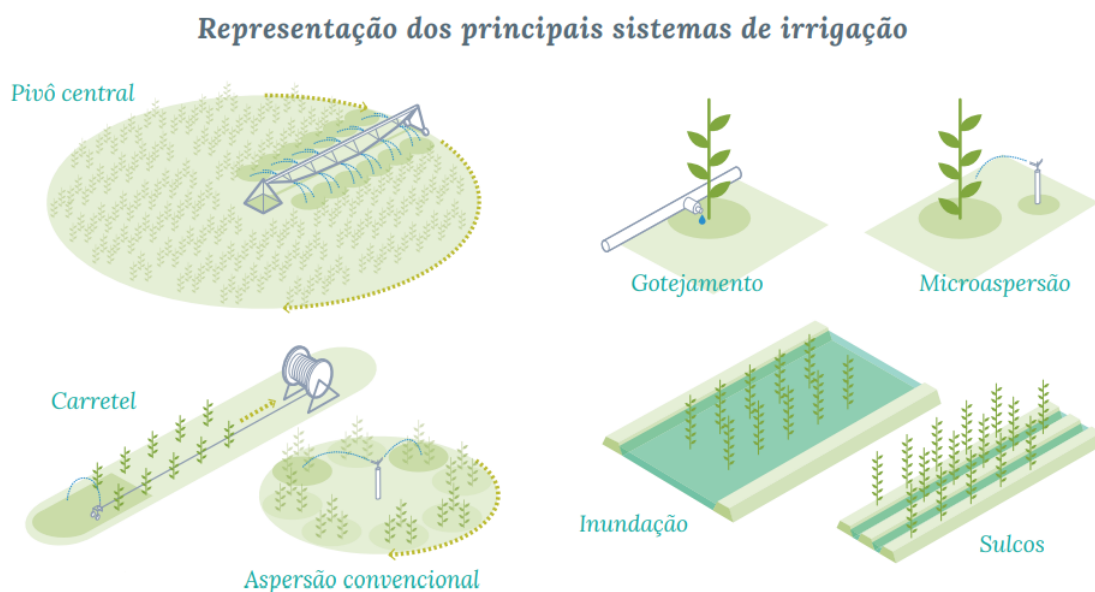


Figura 4 – Sistemas de irrigação. Fonte: (ANA, 2021)

2.10 Dispositivos Móveis

A cada ano aumenta a quantidade de tecnologias móveis sendo comercializadas e presentes no cotidiano dos brasileiros. Segundo Ferraz (2021) do portal IT Forum, No Brasil no ano de 2021 houve um aumento de 6% em relação ao final de ano de 2020, com 112 milhões de usuários no primeiro semestre de 2021. Com esse grande avanço os usuários vem buscando por soluções que facilitam ou simplificam sua rotina de alguma maneira.

Os dispositivos móveis mudaram a forma de como as pessoas vivem, o fácil acesso a esses dispositivos fez com que o acesso as informações ficassem mais simples e portáteis. De acordo com o site Viswanathan (2021), os dispositivos móveis é um termo geral para qualquer computador portátil ou smartphone, tablets, smartwatches, etc.

O mais popular desses dispositivos é o smartphone que possui muitas funcionalidades para os seus usuários. Segundo pesquisas da FGV (2021) no Brasil tem dois dispositivos digitais por habitante entre (computador, notebook, tablet e smartphone). Os smartphones rodam em sistemas operacionais que executam as suas tarefas a partir dele. E são os sistemas operacionais que permitem aos desenvolvedores de softwares e aplicativos criar apps que usamos diariamente. O presente trabalho desenvolverá um aplicativo que seja executado em diversas plataformas como "Android", "IOS", "Web" e "Desktop".

No setor agrícola, a digitalização através da implementação de tecnologias de ponta permite a otimização do uso da água, cuja escassez se tornou um dos mais relevantes e complexos problemas ambientais globais (CAYUELA et al., 2022).

2.11 Desenvolvimento Mobile

O desenvolvimento mobile tem dominado o mercado nos últimos anos, com a popularização dos smartphones os aplicativos também se popularizaram. Segundo o portal Gaea (2022) os princípios de desenvolvimento mobile direcionam o trabalho das principais empresas desse setor, com o desenvolvimento os procedimentos se tornam mais robustos e evitam erros. Além disso, garantem um elevado padrão de qualidade para as aplicações.

De acordo com (SANTOS et al., 2015) desenvolvimento mobile é um processo no qual são desenvolvidos aplicativos para pequenos dispositivos portáteis, sendo pré-instalado em dispositivos durante a fabricação ou baixado de loja de aplicativos ou outra distribuição de software.

Os aplicativos móveis se enquadram amplamente em três categorias: (i) nativo, (ii) baseados na web e (iii) híbridos. Os aplicativos nativos são executados no sistema operacional de um dispositivo e precisam ser adaptador para diferentes dispositivos. Já os aplicativos baseados na web exigem um navegador na Web em um dispositivo móvel. Por fim, os aplicativos híbridos são aplicativos baseados em nativos que rodam em diferentes plataformas (JOORABCHI; MESBAH; KRUCHTEN, 2013).

2.12 Desenvolvimento Híbrido

O desenvolvimento Híbrido de aplicativos tem se popularizado bastante. De acordo com portal Innovation (2022) aplicativos híbridos tem milhares de usuários no Brasil e no mundo, e os mesmos são utilizados por grandes empresas como Facebook, Instagram, Twitter, Uber, etc.

Os principais sistemas operacionais do mercado mobile atualmente são “Android” e “iOS” os dois sistemas possuem suas linguagens de programação nativas. No caso do android são Java ou Kotlin e para iOS é o Swift. Cada uma dessas plataformas possuem suas próprias ferramentas e elementos de interface.

No entanto (VENTEU; PINTO, 2018) diz que quanto mais sistemas diferentes existirem, maior o esforço, custo e tempo para desenvolver um app para todas as plataformas existentes, surgiu então o conceito de desenvolvimento híbrido ou multiplataforma, com a ideia de codificar apenas uma vez e envolver várias plataformas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Retenção de Água no Solo

Este trabalho utilizou como base a curva retenção de água no solo (CRAS), sendo gerada a partir de dados de solo amostrados pelo produtor rural e analisada em um laboratório de análise física. Os dados da CRAS, juntamente com os dados da cultura e do sistema de irrigação são cadastrados, permitindo realizar o manejo da irrigação via tensiometria. Na sequência, é explicados as informações que serão inseridas, bem como o resultados gerados por cada um delas e suas combinações.

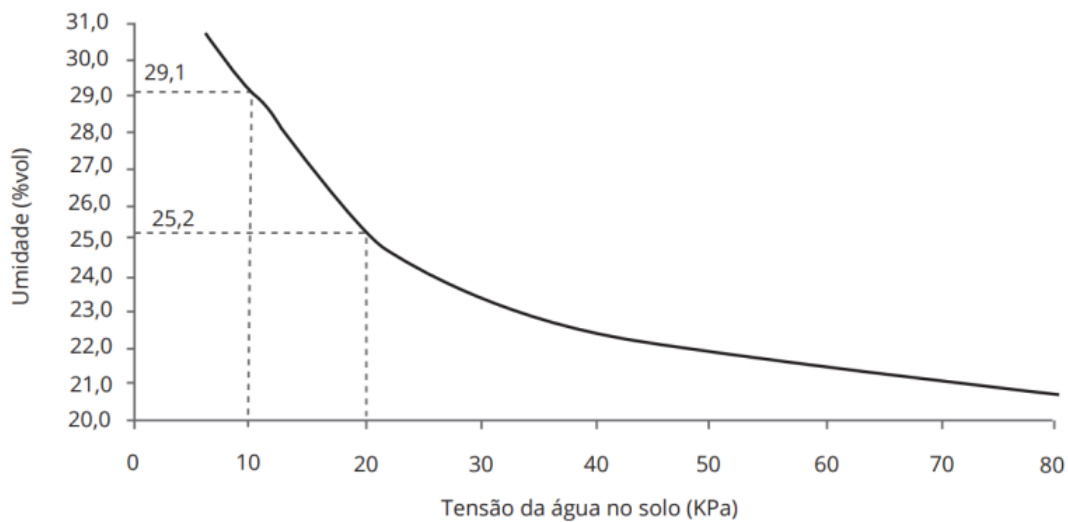


Figura 5 – Exemplo gráfico Curva de Retenção de água no solo. Fonte: (SENAR, 2019)

Como mostra o gráfico da (Figura 5) a CRAS relaciona portanto a porcentagem de água retida com a tensão do solo. Quando se fala em tensão do solo, quanto maior o número, mais seco o solo se encontra. Exemplo para uma tensão de 40kpa quer dizer que o solo está mais seco mais seco do que um solo com tensão de 30 kPa.

3.1.1 Linha de Tendência

A CRAS permite uma estimativa da disponibilidade de água no solo para as culturas, na profundidade de solo considerada. É com base nessas análises que o aplicativo irá informar se o solo já está na capacidade de campo ou se é necessário reliaizar uma irrigação. O cadastro da retenção pelo produtor é dado pelo potencial de água no solo (Kpa) e umidade do solo (Kg água/ Kg Solo) correspondente ao referido potencial.

Após cadastrados os dados da retenção, foi utilizado uma linha de tendência potencial para criar os pontos da CRAS e gerar a função correspondente. A abordagem

utilizado foi dada pelo (WEISSSTEIN, n.d) onde se obtêm a lei de potência usando o método dos mínimos quadrados.

$$y = Ax^B \quad (1)$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n (\ln x_i \ln y_i) - \sum_{i=1}^n (\ln x_i) \sum_{i=1}^n (\ln y_i)}{n \sum_{i=1}^n (\ln x_i)^2 - (\sum_{i=1}^n \ln x_i)^2} \quad (2)$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln y_i) - b \sum_{i=1}^n (\ln x_i)}{n} \quad (3)$$

Onde a é o coeficiente e b o expoente da função matemática. Na Figura 6 abaixo é o exemplo da função criada para retornar os pontos e salvar a curva de retenção de água do solo, na função é recebido como parâmetro a lista da retenção informada pelo produtor inicialmente.

```

1 Future<List<CrasChart>> getFittedPoints(List<CrasChart> data) async {
2   Logger logger = Logger();
3   List<num> sums = [0, 0, 0, 0];
4   List<CrasChart> fittedPoints = [];
5   num a;
6   num b;
7
8   int dataLen = data.length;
9   int i;
10  num logX;
11  num logY;
12
13  for (i = 0; i < dataLen; i++) {
14    sums[0] += logX = log(data[i].kpa);
15    sums[1] += logY = log(data[i].humidity);
16    sums[2] += logX * logY;
17    sums[3] += pow(logX, 2);
18  }
19
20  b = (i * sums[2] - sums[0] * sums[1]) / (i * sums[3] - pow(sums[0], 2));
21  a = pow(2.718281828459045, (sums[1] - b * sums[0]) / i);
22
23  for (i = 0; i < dataLen; i++) {
24    fittedPoints.add(CrasChart(
25      kpa: data[i].kpa, humidity: a * pow(data[i].kpa, b).toDouble());
26  }
27
28  logger.i("Coeficiente da Curva $a");
29  logger.i('Expoente da Curva $b');
30  logger.w("f(x) = $a x^$b");
31
32  final response = await _saveEquationUseCase(
33    CrasEquation(
34      coefficient: a.toStringAsFixed(4), exponent: b.toStringAsFixed(3)),
35  );
36  response.fold((L) {}, (result) {});
37  return fittedPoints;
38 }

```

Figura 6 – Código que retorna a função e os pontos da linha de tendência potencial.

3.2 Dados do Solo

Os dados do solo são além da CRAS, referem-se ao tipo da textura do solo (Arenosa, Argilosa e Média) e a densidade do solo (ds).

Com textura informada é possível obter a tensão (U_{PM}) e a umidade da capacidade de campo (U_{CC}). A umidade da capacidade de campo (U_{CC}) é definida pela retenção de água no solo para cada tipo de solo, e o ponto de murcha (U_{PM}) é dado pelo menor ponto de umidade do solo.

3.3 Dados da Cultura

Inicialmente foi disponibilizado dados para três culturas a escolha do produtor (Soja, Milho e Feijão). A tensão crítica para cada cultura é 30 a 60kpa para a soja, 35 a 50kpa para milho e 40 a 60 kPa para o feijão. Também é necessário a profundidade efetiva do sistema radicular (Z). Por fim, a data do plantio é coletada para gerar as informações de registro que o produtor poderá visualizar após o cadastro das suas irrigações.

3.4 Dados do Sistema de Irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi pivô central, e as informações coletadas referentes a ele são: (i) a lâmina e a eficiência de irrigação (E_i).

3.5 Manejo da Irrigação com o Tensiômetro

Com base nas informações anteriores o produtor poderá visualizar se é necessário ou não realizar a irrigação. Esta etapa foi dividida em duas camadas da lâmina de irrigação. Sendo a primeira camada representada pelo tensiômetro mais superficial e a camada dois, o mais profundo. A lâmina de irrigação resultante será do somatório das lâminas de cada uma das camadas.

$$\text{Umidade atual do solo (Ua)} = (CCR \times LT^{ECR}) \times 100 \quad (4)$$

$$\text{Lâmina líquida de irrigação (LL)} = \frac{U_{cc} - U_a}{10} \times ds \times PC(\text{Camada } i) \quad (5)$$

$$\text{Lâmina bruta de irrigação (LB)} = \frac{LL}{E_i/100} \quad (6)$$

$$\text{Lâmina líquida de irrigação total (LLT)} = LL(\text{camada1}) + LL(\text{camada2}) \quad (7)$$

$$\text{Lâmina bruta de irrigação total (LBT)} = LB(\text{camada1}) + LB(\text{camada2}) \quad (8)$$

$$\text{Regulagem} = \frac{100 \times LVM}{LBT} \quad (9)$$

Com base nos valores das lâminas de irrigação nas duas camadas é possível definir a regulagem do percentímetro (9) necessária para elevar o solo na capacidade de campo ou outro valor de umidade que o irrigante deseje.

Se a lâmina calculada for menor que a lâmina mínima do pivô central, ou seja, a lâmina à 100%, a mensagem “LB < L 100%” será mostrada para o usuário. Isso significa que a lâmina bruta de irrigação (LB) é menor que a lâmina à 100% (L 100%) que o equipamento aplica. Assim, a recomendação é esperar um pouco mais para irrigar. Se as leituras estiverem menores que 30 kPa, será mostrada a mensagem: “Na CC”, ou seja, que o solo está na capacidade de campo e não precisa irrigar, no caso de um solo argiloso e de textura média. Já no caso de um solo de uma textura arenosa, a mensagem será mostrada quando a leitura for menor que 10 kPa.

3.6 Ferramentas

Foi utilizado para o desenvolvimento do aplicativo o framework Flutter (v2.10.4), a linguagem de programação Dart (v2.16), plugin do Shared Preferences (v2.0.15) que é um mecanismo de armazenamento local e Flutter Charts (v20.1.52) para a visualização dos gráficos.

3.6.1 Flutter

Flutter é um framework desenvolvido pela Google e anunciado primeiramente em 2015 durante uma apresentação na cúpula de desenvolvedores Dart. Inicialmente, na sua primeira versão era chamada de “Sky” e posteriormente, foi nomeado para Flutter. Na documentação oficial da ferramenta dá-se a definição (em tradução direta): “Flutter é o kit de ferramentas de IU do Google para construir aplicativos bonitos e nativamente compilados para dispositivos móveis, web, desktop e incorporados a partir de uma única base de código.”

Uma grande vantagem do flutter se dá pelo fato de possuir widgets próprios, que deixam uma interface leve que permite ótima experiência ao usuário, conseguindo segundo a Google, exibir animações em 60 quadros por segundo e também pelo fato de se ter um desempenho quase como um aplicativo nativo (CAPPELI, 2018).

3.6.2 Linguagem de Programação Dart

Dart é uma linguagem de programação otimizada orientada a objetos para o desenvolvimento rápido de aplicativos. Seu objetivo é oferecer mais produtividade para o desenvolvimento multiplataforma, emparelhada com tempo de execução flexível para frameworks de aplicativos. Na documentação oficial diz que o “Dart fornece a linguagem e os tempos de execução que impulsionam os aplicativos em Flutter, mas o Dart também oferece suporte a muitas tarefas principais do desenvolvedor, como formatação, análise e teste de código”.

3.6.3 Shared Preferences

O Shared Preferences é um plugin de armazenamento baseado em chave e valor, utilizado quando não há necessidade de criação de um banco de dados. O plugin permite armazenamento de diversos tipos de valor, como int, float, Strings, booleans e listas de Strings. Com o uso do plugin o usuário irá preencher os dados somente uma vez e poderá editar a qualquer momento as informações.

Em algumas situações foi preciso salvar todo um objeto de uma classe no armazenamento como exemplo os dados da cultura e do sistema de irrigação.

```
class CultureData {  
    final String culture;  
    final String cultivateHybrid;  
    final String plantingDate;  
    final String criticalVoltage;  
    final int rootSystem;  
    final String blade;  
    final int efficiency;  
}
```

Como o SharedPreferences não aceita salvar um objeto completo foi utilizado uma estratégia de converter o objeto para JSON e depois encondar o JSON diretamente para String utilizando o jsonEncode da linguagem de progamação Dart. Para recuperar o objeto foi feito o processo inverso, converter string para JSON e depois converter de JSON para um objeto.

```
{  
  "culture": "0",  
  "cultivateHybrid": "BRS 523",  
  "plantingDate": "2022-07-08 00:00:00.000",  
  "criticalVoltage": "30 a 60",  
  "rootSystem": 30,  
  "blade": "6.35",  
  "efficiency": 88  
}
```

Figura 7 – Exemplo do objeto convertido para JSON

3.6.4 Hosting

Para hospedar a versão WEB da aplicação, foi utilizado o serviço do Firebase hosting, um recurso de hospedagem que permite armazenar sites estáticos de forma gratuita no plano "spark". Essa versão da aplicação pode ser acessada através do link <<https://tcc-wennys.web.app/>>.

Para a publicação das versões Android e iOS é necessário uma conta de desenvolvedor, que custa atualmente 25 dólares na Google Play Store e 99 dólares na Apple Store.

3.7 Pesquisa de usabilidade

Uma pesquisa foi realizada entre profissionais e estudantes da área da agronomia para analisar a usabilidade da aplicação. Foi disponibilizado for meio de um formulário online do Google Forms o questionário contendo 16 perguntas no total. Dentre as perguntas,

somente 3 eram abertas e 13 perguntas em escalas. As escalas foram divididas em cinco pontos, onde 5 é concordo totalmente, 4 é concordo parcialmente, 3 é indiferente, 2 discordo parcialmente e 1 discordo totalmente.

Essas escalas também são conhecidas como escala Likert, que permite que as declarações de opinião sejam traduzidas diretamente nos dados numéricos. Assim, é um tipo comum de exemplo de pesquisa quantitativa.

4 SOLUÇÃO PROPOSTA

O referente aplicativo ajudará na prática o produtor irrigante, para que ele possa acompanhar com eficiência suas irrigações, uma vez que ele realiza todos os cálculos necessários para decidir o momento certo e a quantidade em que se deve irrigar, a partir de poucos dados fornecidos. Os cálculos relacionados à irrigação são um grande gargalo dos irrigantes e com uso do aplicativo, se torna um processo automatizado e assertivo.

O aplicativo foi desenvolvido para ter um design minimalista e uma boa usabilidade. As funcionalidades são acessadas através de um menu lateral. Assim que o aplicativo é iniciado, o usuário verá uma tela igual esta abaixo:

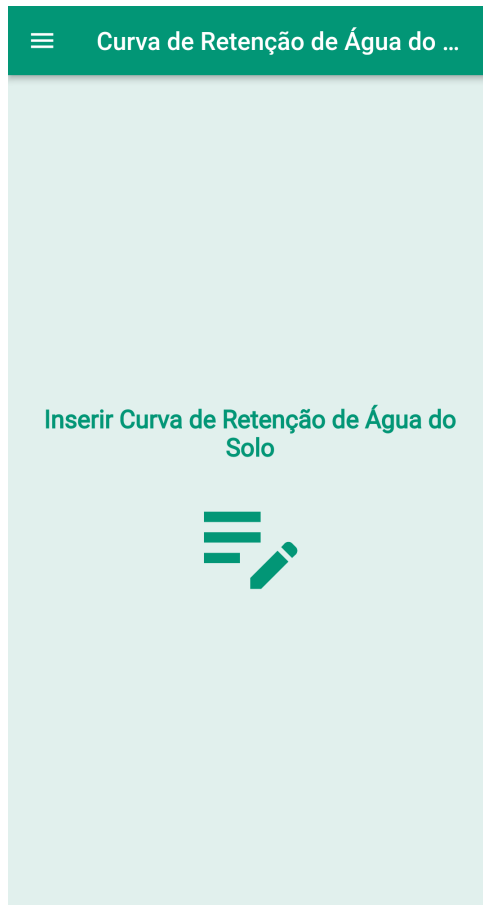


Figura 8 – Tela inicial do aplicativo



Figura 9 – Menu lateral

A figura 8, é a tela inicial quando o usuário acessa pela primeira vez o aplicativo, apresentando no centro da tela a ação de cadastrar a CRAS. Na figura 9 é exibido o menu lateral com as opções disponíveis, sendo elas:

- Curva de retenção de água no solo (CRAS)
- Equação do CRAS / Tensiômetro
- Dados do solo

- Dados da cultura e do sistema de irrigação
- Manejo de Irrigação com o Tensiômetro
- Registros de Irrigações

Quando o usuário acessa a funcionalidade para cadastrar a CRAS é realizado a navegação para a tela de edição e cadastro como mostra a figura 10, o cadastro é feito de forma dinâmica podendo adicionar e remover pontos da CRAS.

Figura 10 – Tela de edição e cadastro

Figura 11 – Tela inicial 2

Na figura 11 mostra a tela inicial quando o usuário já possui os dados da CRAS cadastrados com os botões de edição e visualização do gráfico.

Na figura 12 é apresentado o gráfico do CRAS gerado considerando um modelo potencial. A linha azul representa a linha de tendência potencial que foi gerada pela função da figura 6. Os pontos vermelhos são definidos com base em que o usuário inseriu anteriormente como mostra a figura 10.

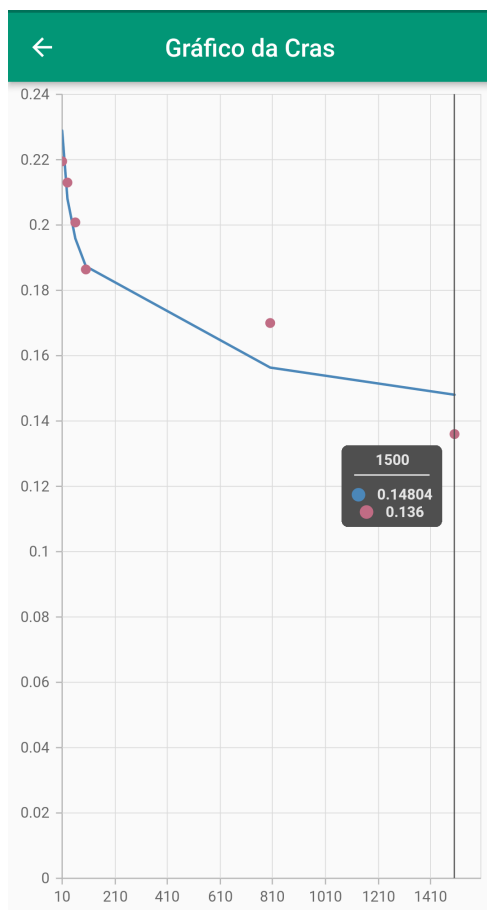


Figura 12 – Gráfico CRAS

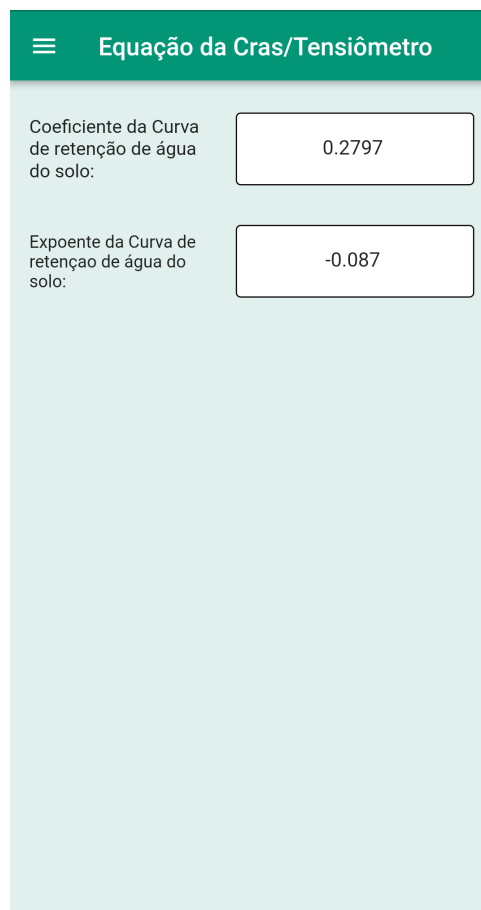


Figura 13 – Equação CRAS

Já na figura 13 mostra o coeficiente e o expoente da CRAS, a função foi gerada de acordo com a linha de tendência, os dois campos foram gerados automaticamente e não são editáveis pelo usuário, só é alterado automaticamente quando os pontos do gráfico são modificados. Isso é muito importante, pois evita que o usuário faça alterações indevidas.

A figura 14 mostra a tela onde o usuário informará os dados do solo, os campos que estão na cor cinza serão preenchidos automaticamente de acordo com o tipo de solo selecionado anteriormente.

Textura do Solo: Arenosa

Tensão da Capacidade de Campo: 10 kPa

Umidade da Capacidade de Campo (UCC): 21.95 %

Umidade no ponto de murcha (UPM): 13.60 %

Densidade do solo (ds): 1.2 g/cm³

Figura 14 – Dados do solo

Cultura: Soja

Cultivar/híbrido: BRS 523

Data de Plantio: 6 de janeiro de 2022

Tensão Crítica para a Cultura (Tc): 30 a 60 kPa

Prof. efetiva do sistema radicular (Z): 30

Lâmina à 100% (velocidade máxima): 7.80 mm/volta

Eficiência de Irrigação (Ei): 88 %

Figura 15 – Dados da cultura

A figura 15 é o cadastro dos dados da cultura e do sistema de irrigação, onde o usuário poderá salvar e quando quiser editar algum dado, é necessário voltar na tela e editar o campo desejado.

Nessa etapa são realizadas as leituras no tensiômetro na camada 1 e 2, que são representados pelos campos na cor verde. Os campos de umidade atual do solo, lâmina líquida de irrigação, lâmina bruta de irrigação e regulagem do percentímetro serão calculados automaticamente com bases nas fórmulas apresentadas anteriormente.

Manejo da Irrigação com o ...

Data de Plantio: 9 de julho de 2022

Profundidade camada 1 (superior): 20 cm

Profundidade camada 2 (inferior): 10 cm

Lamina de irrigação na camada 1

Leitura no Tensiometro: 49 KPa

Umidade atual do solo (Ua): 19.94 %

Lâmina líquida de irrigação (LL): 4.83 mm

Lâmina bruta de irrigação (LB): 5.49 mm

Figura 16 – Manejo da irrigação camada 1

Manejo da Irrigação com o ...

Lamina de irrigação na camada 2

Leitura no Tensiometro: 45 KPa

Umidade atual do solo (Ua): 20.08 %

Lâmina líquida de irrigação (LL): 2.24 mm

Lâmina bruta de irrigação (LB): 2.54 mm

Lâmina total de irrigação nas duas camadas

Lâmina líquida de irrigação (LL): 7.07 kPa

Lâmina bruta de irrigação (LB): 8.03 %

Regulagem do percentímetro: 97 %

Registrar Irrigação

Figura 17 – Manejo da irrigação camada 2

No exemplo da figura 17 é apresentado o cálculo total de irrigação nas duas camadas, e logo abaixo no campo de cor amarela é informado o valor necessário da regulagem do percentímetro para irrigar e elevar o solo na capacidade de campo.

O exemplo da figura 18 é quando o solo já está na capacidade de campo e não é necessário realizar uma irrigação.

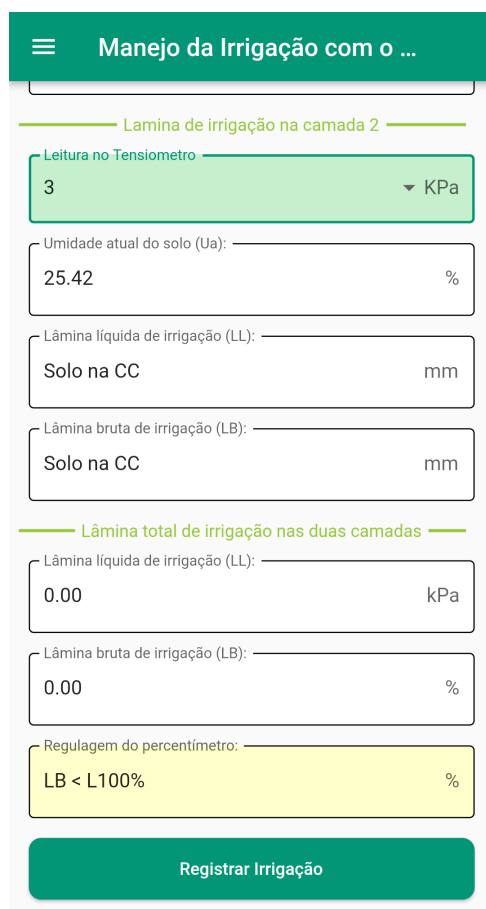


Figura 18 – Solo na Capacidade de Campo

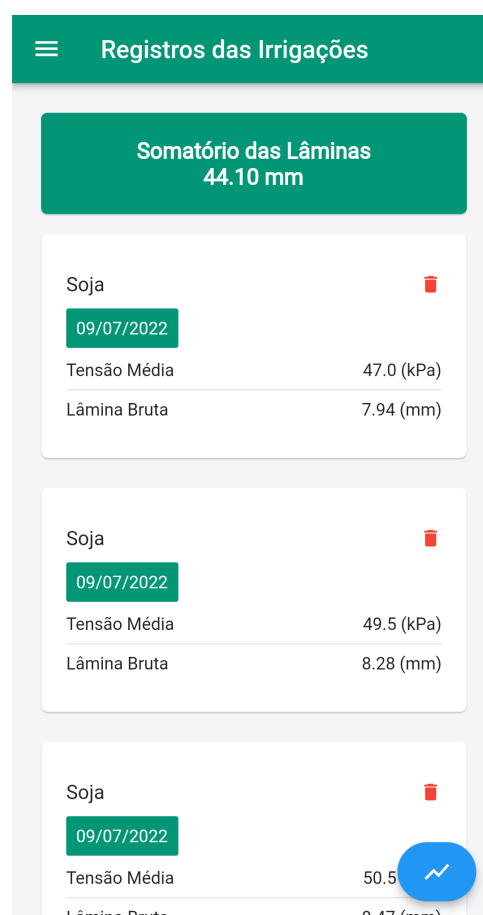


Figura 19 – Registros das irrigações diárias

Na figura 19 são apresentados os registros das leituras diárias salvas pelo produtor, os dados exibidos na tela são o somatório das lâminas, tipo de cultura, data da leitura, tensão média de leitura no tensiômetro e lâmina bruta.

Na figura 20 são apresentados os registros de leitura, os pontos são plotados com base na tensão média em Kpa para cada dia em que há um registro de irrigação.

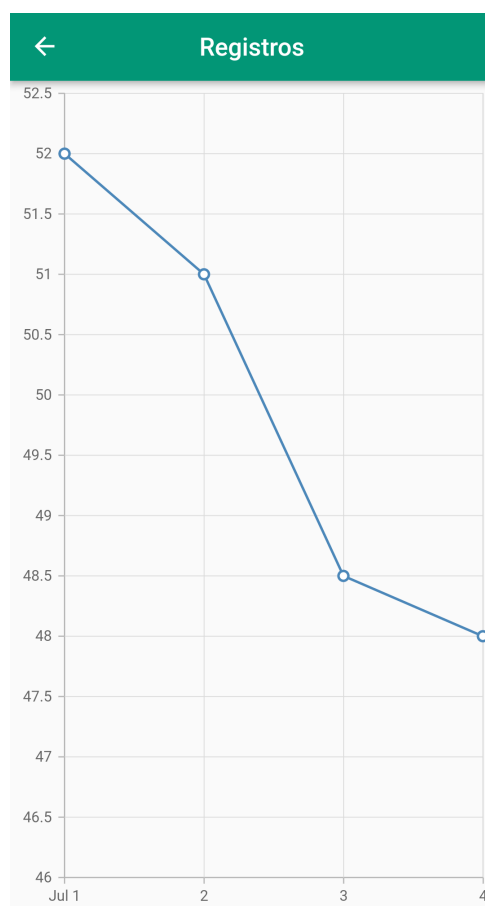


Figura 20 – Gráficos dos registros de irrigação

4.1 Pesquisa de usabilidade do software/aplicativo

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos no questionário sobre a usabilidade do sistema. No total foram 10 usuários que testaram e avaliaram o aplicativo, com o resultado da pesquisa é possível identificar quais os aspectos do sistema que o usuário está particularmente preocupado e os aspectos que está satisfeito.

A tabela 1 indica a área de formação de cada usuário que respondeu a pesquisa e sua respectiva ordem de preenchimento.

Tabela 1 – Participantes dos testes.

Nome	Área de formação
Evaldo Alves dos Santos	Ciências Agrárias
Igor Boninsenha	Agronomia
Gilmar Oliveira Santos	Agronomia
Reginaldo Miranda de Oliveira	Dr. Engenharia Agrícola e Ambiental
Marlla de Oliveira Hott	Agronomia
Lucas Silva	Agronomia
Maycon ferreira dos Santos	Técnico Agropecuário
Pedro Valasco	Engenharia Agrícola
Micael Fraga	Engenharia Ambiental / Hidrologia
Morgana Scaramussa Gonçalves	Engenheira Agrônoma

A figura 21 indica os resultado da pergunta: “No geral, estou satisfeito, com o quão fácil é usar este aplicativo”.

No geral, eu estou satisfeito com o quão fácil é usar este aplicativo
10 respostas

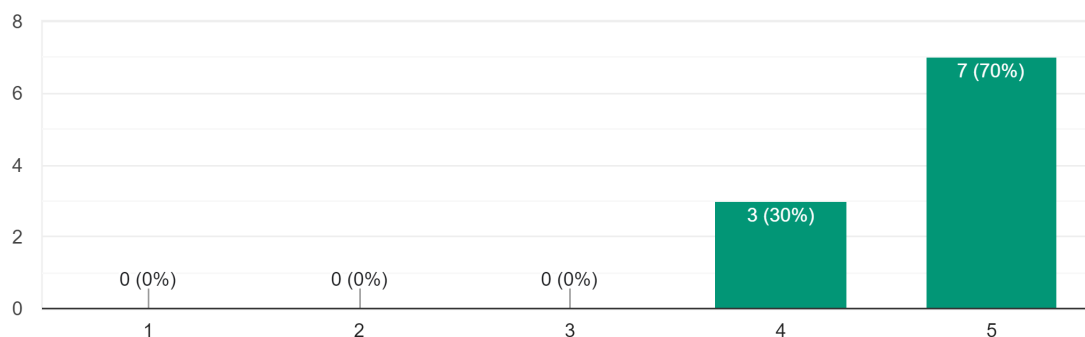


Figura 21 – Pergunta 1 - Questionário de usabilidade

4.1.1 Escala do gráfico

Relembrando para as escalas do gráficos de 1 a 5 forma definidas da seguinte forma, onde 5 é concordo totalmente, 4 concordo parcialmente, 3 indiferente, 2 discordo parcialmente e 1 discordo totalmente.

A figura 22 indica os resultado da pergunta: “É simples usar este aplicativo ?”.

É simples usar este aplicativo .

10 respostas

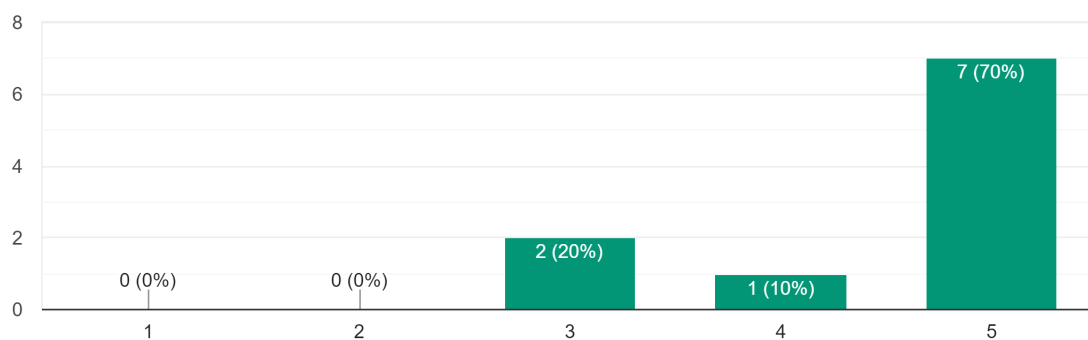


Figura 22 – Pergunta 2 - Questionário de usabilidade

A figura 23 indica os resultado da pergunta: “Sou capaz de completar o meu trabalho de forma eficiente usando este aplicativo ?”.

Sou capaz de completar o meu trabalho de forma eficiente usando este aplicativo

10 respostas

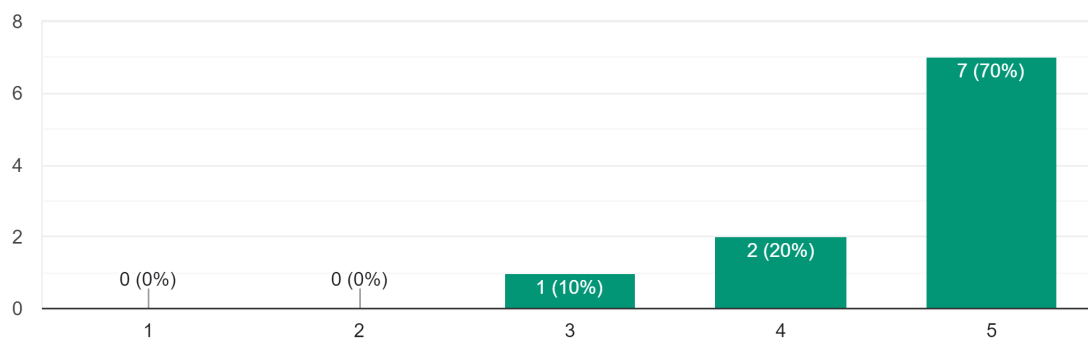


Figura 23 – Pergunta 3 - Questionário de usabilidade

A figura 24 indica os resultado da pergunta: “Eu me sinto confortável usando este aplicativo ?”.

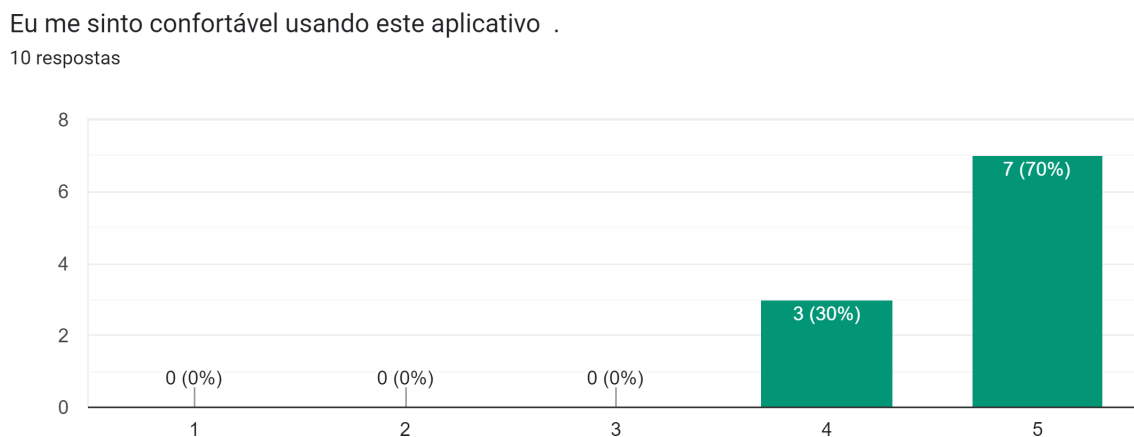


Figura 24 – Pergunta 4 - Questionário de usabilidade

A figura 25 indica os resultado da pergunta: “Foi facil de aprender usar este aplicativo ?”.

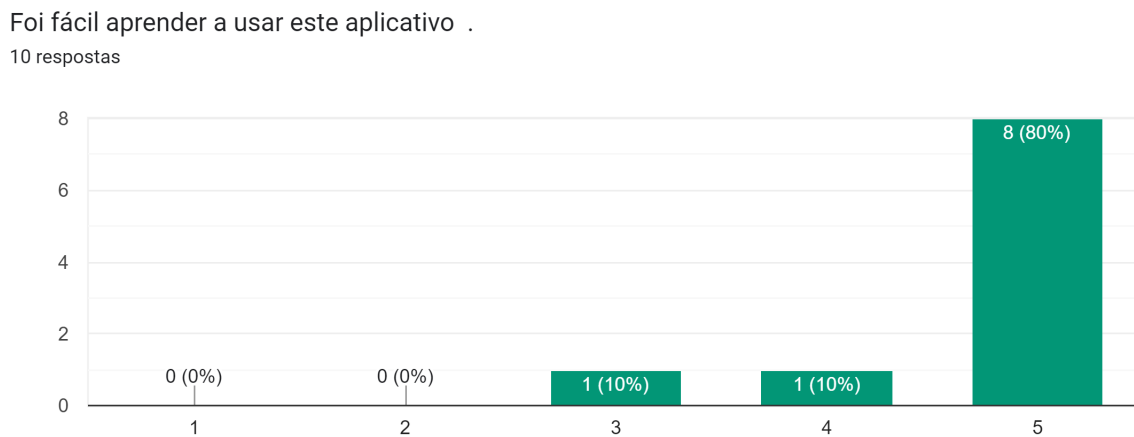


Figura 25 – Pergunta 5 - Questionário de usabilidade

A figura 26 indica os resultado da pergunta: “Eu acredito que me tornei mais produtivo usando este aplicativo ?” .

Eu acredito que me tornei produtivo usando este aplicativo.

10 respostas

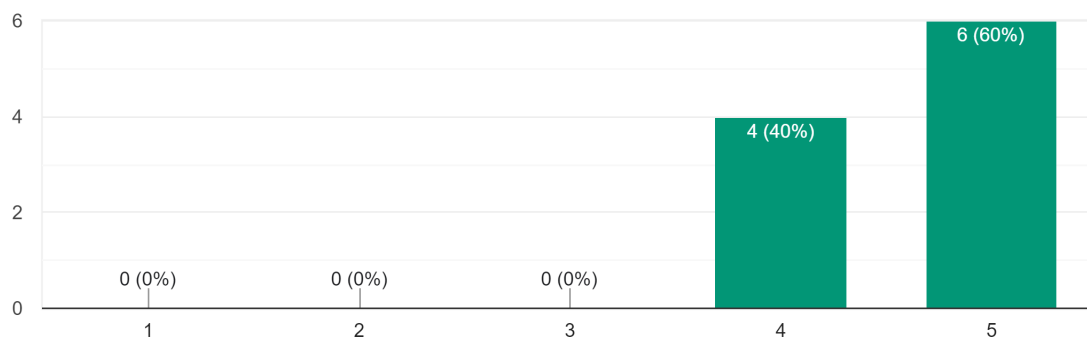


Figura 26 – Pergunta 6 - Questionário de usabilidade

A figura 27 indica os resultado da pergunta: “O aplicativo exibe mensagem de erro que claramente me dizem como corrigir/colucionar os problemas ?”.

O aplicativo exibe mensagens de erro que claramente me dizem como corrigir/solucionar os problemas.

10 respostas

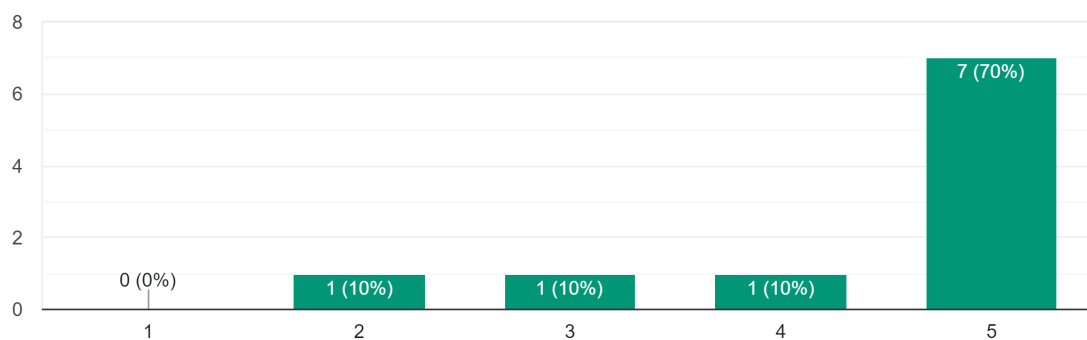


Figura 27 – Pergunta 7 - Questionário de usabilidade

A figura 28 indica os resultado da pergunta: “Sempre que eu cometo um erro usando o aplicativo, eu consigo voltar a utilizar o aplicativo com facilidade e rapidez ?”.

Sempre que eu cometo um erro usando o aplicativo, eu consigo voltar a utilizar o aplicativo com facilidade e rapidez.

10 respostas

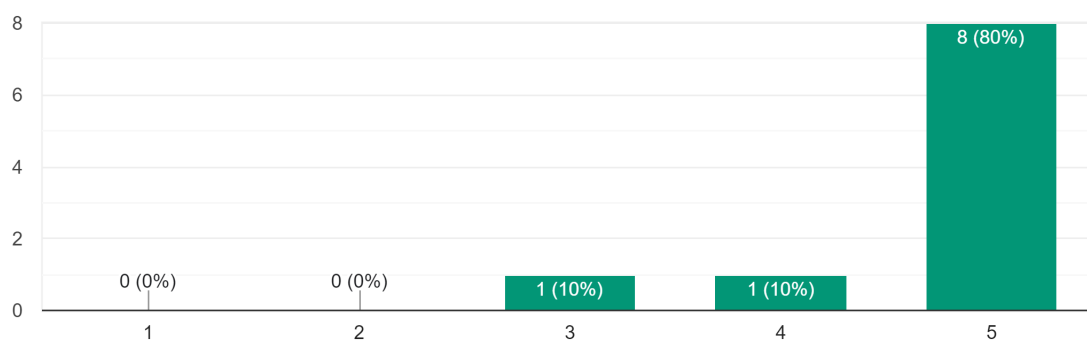


Figura 28 – Pergunta 8 - Questionário de usabilidade

A figura 29 indica os resultado da pergunta: “As informações fornecidas pelo aplicativo são fáceis de compreender ?”.

As informações fornecidas pelo aplicativo são fáceis de compreender.

10 respostas

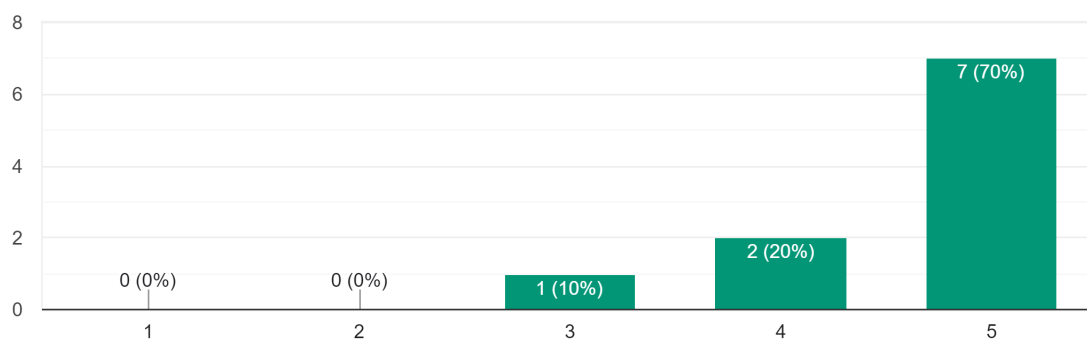


Figura 29 – Pergunta 9 - Questionário de usabilidade

A figura 30 indica os resultado da pergunta: “A organização de informações nas telas do aplicativo é clara ?”.

A organização de informações nas telas do aplicativo é clara.

10 respostas

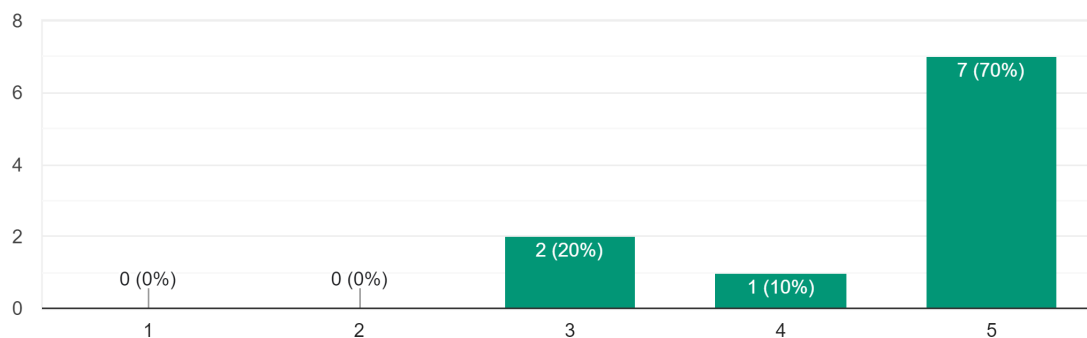


Figura 30 – Pergunta 10 - Questionário de usabilidade

A figura 31 indica os resultado da pergunta: “A interface deste aplicativo é agradável ?”.

A interface deste aplicativo é agradável.

10 respostas

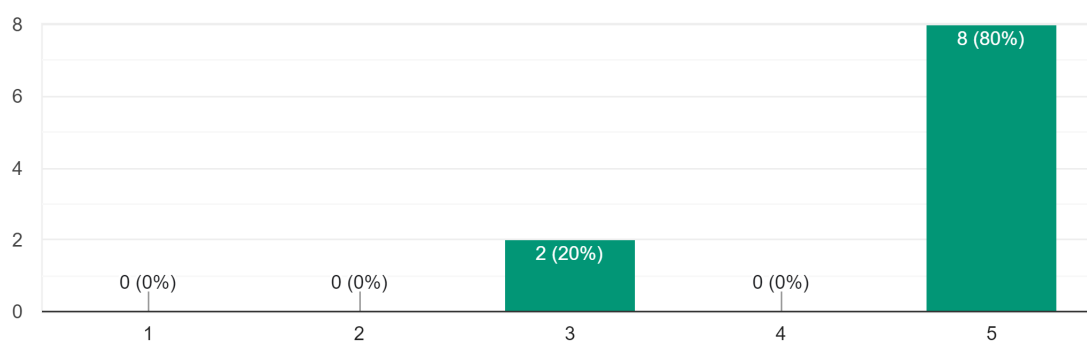


Figura 31 – Pergunta 11 - Questionário de usabilidade

A figura 32 indica os resultado da pergunta: “Este aplicativo tem todas as funções e recursos que eu espero que tenha ?”.

Este aplicativo tem todas as funções e recursos que eu espero que ele tenha.

10 respostas

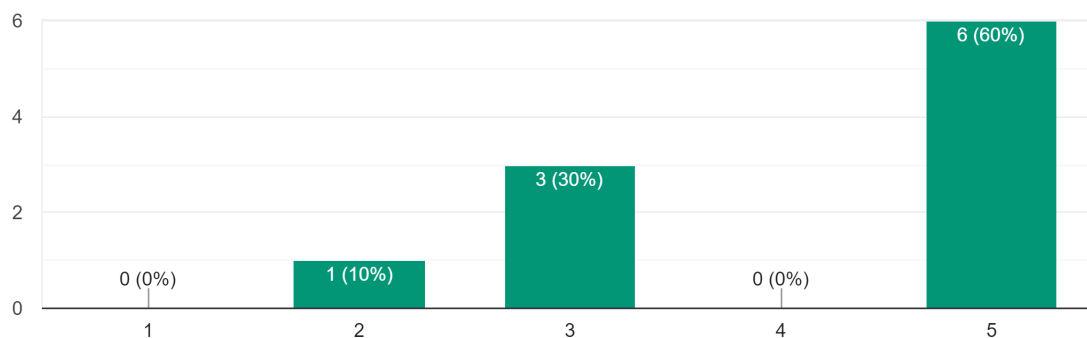


Figura 32 – Pergunta 12 - Questionário de usabilidade

A figura 33 indica os resultado da pergunta: “No geral estou satisfeito com este aplicativo ?”.

No geral, estou satisfeito com este aplicativo.

10 respostas

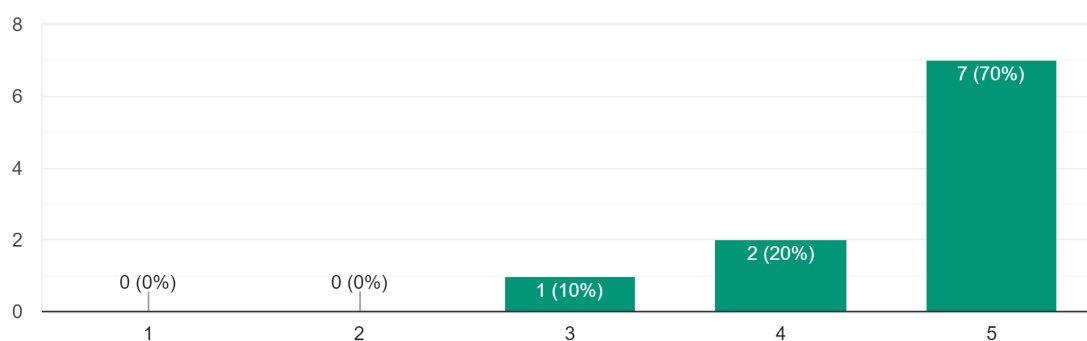


Figura 33 – Pergunta 13 - Questionário de usabilidade

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram que com a atual versão é possível fazer o manejo de áreas irrigadas de forma eficiente, considerando que 60% dos usuários consideraram-se mais produtivos ao utilizar a ferramenta e 70% deles satisfeitos ao utilizar o aplicativo.

No que se refere às melhorias a serem realizadas no App, disponibilizar mais informações para guiar o usuário no aplicativo, principalmente os iniciantes, considerando as respostas obtidas para a pergunta: “O aplicativo exibe mensagens de erro que claramente me dizem como corrigir/solucionar problemas?”.

Em relação às funcionalidades, ficou evidente que é possível aumentar a robustez do mesmo por meio de novas funções, considerando que as seguintes respostas foram dadas: (i) Adicionar opções de cadastro das tensões em atm e MPa; (ii) “Seria interessante no manejo ter um campo para adicionar a entrada de água pela chuva para manejo e outra, assim tem se um registro histórico de chuva na propriedade, além de poder fazer um balanço hídrico”.

De maneira geral, a pesquisa mostrou que o aplicativo foi bem aceito pelos usuários, que utilizaram por completo sem grandes dificuldades. Por ser a primeira versão do aplicativo, este trabalho buscou como base de seu planejamento o conceito de MVP que é a sigla em inglês para produto mínimo viável, buscando construir a versão mais simples e enxuta do aplicativo, empregando o mínimo possível de recursos para entregar a principal proposta de valor da ideia. Posteriormente, considerando os feedbacks e os com nossos objetivos iniciais, acrescentaremos outras funcionalidades deixando o App cada vez mais funcional.

6 CONCLUSÃO

A sugestão inicial deste trabalho foi criar um aplicativo para auxiliar no manejo da água na irrigação utilizando o tensiômetro, foi utilizado de um conjunto de dados sendo eles solo, sistema de irrigação e cultura para uma tomada de decisão mais assertiva.

A aplicação mostrou-se eficaz devido a sua fácil utilização para quem já tem experiência com irrigação, o que comprova sua utilização como auxílio no manejo da irrigação além de melhorar o ganho em relação a praticidade em comparação com as análises e registros feitos manualmente, também pode minimizar os erros relacionados a cálculos, já que agora passa ser de uma forma automatizada.

6.1 Trabalhos Futuros

Para maior alcance de usuários novas funcionalidades podem ser implementadas para outros sistemas de irrigação à destacar: gotejamento, microaspersão e aspersão convencional e também adicionar informações das principais culturas agrícolas irrigadas.

Outro fator importante, seria a criação de uma funcionalidade onde irrigante ou produtor possa cadastrar os pivôs em que possui na propriedade e também a possibilidade de exportar relatórios em PDF referentes as suas irrigações.

Seria interessante adicionar o balanço hídrico para quantificar as entradas e saídas de água em um intervalo de tempo, como foi sugerido pelo usuário de teste na pesquisa de usabilidade.

Para o questionário de usabilidade pode-se realizar uma avaliação mais detalhada passando por cada funcionalidade. Com isso gerando ainda mais pontos para serem aperfeiçoados em próximas versões.

Referências

- ANA. *Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil*. [S.l.]: ANA, Agência Nacional de Águas (Brasil), 2014. Citado 2 vezes nas páginas e 4.
- ANA. *Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada*. [S.l.]: ANA, Agência Nacional de Águas (Brasil), 2017. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 4.
- ANA. *Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada*. [S.l.]: ANA, Agência Nacional de Águas (Brasil), 2021. Citado 3 vezes nas páginas , 1 e 8.
- AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M. Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação. Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 1999. Citado 3 vezes nas páginas , 5 e 6.
- BRITO, A. d. S.; LIBARDI, P. L. M. J. C. A.; MORAES, S. O. Desempenho do tensiômetro com diferentes sistemas de leitura. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, p. 17–24, 2009. Citado na página 5.
- BWAMBALE, E.; ABAGALE, F. K.; ANORNU, G. K. Data-driven model predictive control for precision irrigation management. *Smart Agricultural Technology*, v. 3, p. 100074, 2023. ISSN 2772-3755. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375522000399>>. Citado na página 4.
- CAPPELI, E. *Desenvolvimento Híbrido com Flutter: Prós e Contras*. 2018. Disponível em: <<https://shortest.link/1tRb>>. Acesso em: 20 de Outubro de 2021. Citado na página 13.
- CAYUELA, C. M. F. et al. An ict-based decision support system for precision irrigation management in outdoor orange and greenhouse tomato crops. *Agricultural Water Management*, v. 269, p. 107686, 2022. ISSN 0378-3774. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377422002335>>. Citado na página 8.
- FAO. *Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: Identificação de Áreas Prioritárias*. [S.l.]: FAO, 2017. 243 p. Citado na página 1.
- FERRAZ, K. *Estudo: uso de dispositivos móveis salta 6% no Brasil*. 2021. Disponível em: <<https://shortest.link/3Tdd>>. Acesso em: 02 de julho de 2022. Citado na página 8.
- FGV. *Retrospectiva 2021: Brasil tem dois dispositivos digitais por habitante, revela pesquisa da FGV*. 2021. Disponível em: <<https://portal.fgv.br/noticias/retrospectiva-2021-brasil-tem-dois-dispositivos-digitais-habitante-revela-pesquisa-fgv>>. Acesso em: 13 de setembro de 2022. Citado na página 8.
- GAEA. *Desenvolvimento mobile: entenda os seus princípios!* 2022. Disponível em: <<https://gaea.com.br/desenvolvimento-mobile/>>. Acesso em: 02 de julho de 2022. Citado na página 9.
- GIMENEZ, A.; LUIZ, W. *Sistema Irrigas para Manejo de Irrigação: Fundamentos*. [S.l.]: Embrapa Hortaliças, 2005. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 5.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C. Georreferenciamento dos pivôs centrais de irrigação no Brasil: Ano base 2021. *Embrapa Milho e Sorgo*, 2020. ISSN 1679-0154. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1128368>>. Citado na página 7.

INNOVATION, S. *Aplicativo híbrido: O que é e por que você deveria conhecer*. 2022. Disponível em: <<https://shortest.link/3Tef>>. Acesso em: 02 de julho de 2022. Citado na página 9.

JOORABCHI, M. E.; MESBAH, A.; KRUCHTEN, P. Real challenges in mobile app development. In: *2013 ACM / IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 15–24. Citado na página 9.

LELIS, C.; AUGUSTO, R. Métodos de irrigação e quimigação. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO., p. 1, 2006. ISSN 1679-1150. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19630/1/Circ_86.pdf>. Citado na página 7.

MAROUELLI, W. A. *Tensiômetros para o Controle de Irrigação em Hortaliças*. [S.l.]: Embrapa Hortaliças, 2008. 1–11 p. Citado 5 vezes nas páginas 3, 4, 5, 6 e 7.

NASCIMENTO, P. d. S.; BASSOI, L. H.; PAZ, V. P. d. S. Planilha eletrônica para auxílio à tomada de decisão em manejo de irrigação. Embrapa Semiárido., p. 15, 2012. Citado na página 1.

RAKS. *Tensiômetro no manejo de irrigação: ainda vale a pena usar?* 2020. Disponível em: <<https://raks.com.br/tensiometro-dispositivo-para-controle-de-irrigacao/>>. Acesso em: 10 de setembro de 2022. Citado na página 6.

SANTOS, A. R. et al. Combining challenge-based learning and scrum framework for mobile application development. Proceedings of the 2015 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education - ITiCSE '15., p. 1–2, 2015. Citado na página 9.

SENAR. Gestão e manejo de irrigação 2. irrigação agrícola i. *Serviço Nacional de Aprendizagem Rural*. 84 p; il. 21 cm (Coleção Senar, 250, 2019. Citado 3 vezes nas páginas , 2 e 10.

TESTEZLAF, R. *Irrigação: métodos, sistemas e aplicações*. [S.l.]: FEAGRI, 2017. Citado na página 3.

VENTEU, K. C.; PINTO, G. S. Desenvolvimento móvel híbrido. *Revista Interface Tecnológica*, v. 15, n. 1, p. 86–96, jun. 2018. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/337>>. Citado na página 9.

VISWANATHAN, P. *What Is a Mobile Device?* 2021. Disponível em: <<https://shortest.link/3ID2>>. Acesso em: 02 de julho de 2022. Citado na página 8.

WEISSTEIN, E. W. *Least Squares Fitting–Power Law*. n.d. Disponível em: <<https://mathworld.wolfram.com/LeastSquaresFittingPowerLaw.html>>. Acesso em: 07 de julho de 2022. Citado na página 11.

Apêndices

APÊNDICE A – Questionário para avaliação de usabilidade

Avaliação do Aplicativo para Manejo de Irrigação

Este questionário faz parte de uma pesquisa de trabalho de conclusão de curso sobre "Aplicativo para Manejo de Irrigação".

Este questionário oferece a oportunidade de VOCÊ manifestar a sua SATISFAÇÃO com a USABILIDADE do Aplicativo.

Suas respostas nos ajudarão a entender quais os aspectos do sistema que você está particularmente preocupado e os aspectos que está satisfeito.

Para maior qualidade da resposta, antes de responder, pense em todas as tarefas que você tem feito com o aplicativo.

Por favor, leia cada afirmação e indique o quão você concorda ou discorda com a afirmação.

Versão Web do aplicativo: <https://tcc-wennys.web.app/#/cras>

Versão do Android:

*Obrigatório

1. Nome *

2. Área de formação *

3. No geral, eu estou satisfeito com o quão fácil *
é usar este aplicativo

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Pouco satisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

4. É simples usar este aplicativo . *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

5. Sou capaz de completar o meu trabalho de *
forma eficiente usando este aplicativo

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

6. Eu me sinto confortável usando este aplicativo . *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

7. Foi fácil aprender a usar este aplicativo . *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

8. Eu acredito que me tornei produtivo usando este aplicativo. *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Discordo totalmente Concordo totalmente

9. O aplicativo exibe mensagens de erro que claramente me dizem como corrigir/solucionar os problemas. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

10. Sempre que eu cometo um erro usando o aplicativo, eu consigo voltar a utilizar o aplicativo com facilidade e rapidez. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

11. As informações fornecidas pelo aplicativo são fáceis de compreender. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

12. A organização de informações nas telas do aplicativo é clara. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

13. A interface deste aplicativo é agradável. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

14. Este aplicativo tem todas as funções e recursos que eu espero que ele tenha. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

15. No geral, estou satisfeito com este aplicativo. *

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente

16. Feedback adicional (Críticas e Sugestões)

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários