

UNIVERSIDADE ABERTA



UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES
E ALTO DOURO



**Avaliação das *Progressive Web Apps* como solução digital para a monitorização das
plantações de cajueiros: caso de Norte de Moçambique**

Musekwa Iguna Evariste

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Informática e Tecnologia Web

Orientador: Prof. Doutor Ricardo José Baptista

Coorientador: Doutor Eng^o. Filipe Neves Dos Santos

2023

UNIVERSIDADE ABERTA



UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES
E ALTO DOURO



**Avaliação das *Progressive Web Apps* como solução digital para a monitorização das
plantações de cajueiros: Caso de Norte de Moçambique**

Musekwa Iguna Evariste

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Informática e Tecnologia Web

Orientador: Prof. Doutor Ricardo José Baptista

Coorientador: Doutor Eng^o. Filipe Neves Dos Santos

Abril 2023

A utilização da presente dissertação é permitida apenas nos termos previstos na licença abaixo indicada.

O utilizador que necessita a permissão para fazer uso desta dissertação em condições não previstas nessa licença, deverá contactar o autor, através do Repositório Aberto da Universidade Aberta.



Attribution-NonCommercial-NoDerivs
CC BY-NC-ND

Agradecimentos

Nesta fase tão crucial do meu percurso acadêmico, gostaria de expressar a minha sincera gratidão às seguintes pessoas e instituições que contribuíram de forma significativa para o sucesso deste trabalho de pesquisa:

- Ao Prof. Ricardo José Baptista, pelo seu apoio incansável, orientação sábia e valiosos *insights* ao longo deste projeto.
- Ao Doutor Eng^o. Filipe Neves Dos Santos, pela sua paciência, coorientação pragmática, concisa e pautada pelo aperfeiçoamento desta dissertação.
- À minha esposa, Rehema Somi Musekwa, por ter sido a minha principal fonte de encorajamento e motivação em momentos difíceis da realização deste projeto.
- Ao Instituto de Amêndoas de Moçambique, IP, por permitir que o seu pessoal partilhe as informações sobre a produção de caju, no âmbito desse projeto.

A todos aqueles que me ajudaram de alguma forma ao longo deste projeto, expresso a minha profunda gratidão. Suas inestimáveis contribuições foram fundamentais para o sucesso desta dissertação.

Dedicatória

Dedico esta dissertação à minha amada família, que sempre me apoiou em todas as etapas da minha jornada acadêmica. Agradeço pelo incentivo e encorajamento incessante.

Minha esposa, Rehema Somi Musekwa e as minhas filhas, Leslie Aziza Musekwa, Joelle Kyana Musekwa e Seraia Kyala Musekwa, vocês são a minha fonte de inspiração e motivação para alcançar os meus objetivos!

Resumo

O objetivo desta dissertação foi avaliar a adequação das *Progressive Web Apps (PWAs)* como uma solução digital para a monitorização das plantações de cajueiros no norte de Moçambique. A metodologia utilizada consistiu num estudo de caso que envolveu três fases principais, nomeadamente, a fase de análise das necessidades em volta da informatização dos processos da monitorização das plantações de cajueiros, a de desenvolvimento duma aplicação *PWA* que simula o processo de monitorização e a de inquérito sobre a satisfação dos utilizadores da aplicação desenvolvida. Os resultados mostraram, por um lado, que as *PWAs* são uma abordagem viável para informatização dos processos de monitorização das plantações de cajueiros em Moçambique e, por outro, que o grau de aceitabilidade desta aplicação dependeria essencialmente da capacidade desta de funcionar em ambos os modos *offline* e *online*. Este estudo foi um contributo valioso tanto para a área de tecnologia *Web* quanto para a de agricultura de precisão, pois ele propôs uma metodologia simplificada de desenvolvimento de uma aplicação que introduz a precisão na cultura de caju em Moçambique. O presente estudo despertou a pertinência de um outro estudo futuramente, que consistiria em avaliar a viabilidade em usar a rede *LoRA* para permitir a conexão de dispositivos da *Internet* das Coisas para monitorizar as variações do clima e solo e o impacto que estas variações teriam na cultura de caju.

Palavras-chave:

Progressive Web Apps (PWA), caju, monitorização, Agricultura de Precisão (AP), produtores de caju.

Abstract

The objective of this dissertation was to evaluate the suitability of Progressive Web Apps (PWAs) as a digital solution for monitoring cashew plantations in Northern Mozambique. The methodology used consisted of a case study that involved three main phases, namely, the phase of business and requirements analysis around the digitization of the monitoring processes of the cashew plantations, the development of a PWA application that simulates the monitoring processes and the survey on the satisfaction of the users of the developed application. The results showed, on the one hand, that PWAs are a viable approach to digitize the monitoring processes of the cashew plantations in Mozambique and, on the other hand, that the degree of acceptability of this application would depend essentially on its ability to work in both offline and online modes. This study was a valuable contribution to both the area of Web technologies and precision agriculture, as it proposed a simplified methodology for the development of an application that introduces precision in the cashew crop in Mozambique. The present study aroused the pertinence of another future study, which would consist of evaluating the feasibility in using the LoRA network to allow the connection of Internet of Things devices to monitor climate and soil variations and the impact that these variations would have on the cashew crop.

Keywords:

Progressive Web Apps (PWA), cashew, monitoring, precision agriculture (PA), cashew farmers.

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	12
1.2. OBJETIVOS DE INVESTIGAÇÃO	15
1.3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO.....	15
1.3.1. <i>Tipo de investigação</i>	16
1.3.2. <i>Fases de investigação</i>	16
1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	17
2. REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1. CULTURA DO CAJU.....	18
2.1.1. <i>Origem e trajeto histórico do caju</i>	18
2.1.2. <i>Condições para a cultura do caju</i>	19
2.1.3. <i>Trajectoria histórica da cultura de caju em Moçambique</i>	22
2.2. AGRICULTURA DE PRECISÃO.....	25
2.2.1. <i>Conceito de Agricultura de Precisão</i>	25
2.2.2. <i>Tecnologias de comunicação e gestão para agricultura de precisão</i>	27
2.2.3. <i>Protocolos e redes de comunicação</i>	30
2.2.4. <i>Software de Apoio à Decisão para agricultura de precisão (open e closed sources)</i>	33
2.2.5. <i>Introdução da precisão na cultura do caju</i>	33
2.3. PROGRESSIVE WEB APPS	35
2.3.1. <i>Conceito de Progressive Web Apps</i>	36
2.3.2. <i>Uso das Progressive Web Apps numa Agricultura de Precisão</i>	38
3. DESENVOLVIMENTO DA PROGRESSIVE WEB APP.....	41
3.1. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO	41
3.2. ANÁLISE DAS NECESSIDADES	42
3.3. ESPECIFICAÇÃO DOS REQUISITOS DO SISTEMA	45
3.3.1. <i>Requisitos funcionais</i>	45
3.3.2. <i>Requisitos não-funcionais</i>	48
3.4. PROTOTIPAGEM DA APLICAÇÃO	48
3.5. IMPLEMENTAÇÃO.....	49
3.5.1 <i>Arquitetura do SisCaju</i>	50
3.5.1. <i>Tecnologias e ferramentas para o desenvolvimento do SisCaju</i>	51
3.5.2. <i>Apresentação do SisCaju</i>	52
4. RESULTADOS	65
4.1. ANÁLISE DE DADOS DO INQUÉRITO	65
4.1.1. <i>Questionário sobre a Experiência de Utilizadores</i>	65
4.1.2. <i>Validação de dados do inquérito</i>	71

4.1.3.	<i>Interpretação de dados do inquérito</i>	73
4.1.4.	<i>Benchmarking</i>	76
4.2.	ANÁLISE DE DADOS DA ENTREVISTA	78
4.3.	DISCUSSÃO	82
5.	CONCLUSÃO	84
5.1.	LIMITAÇÕES DA PESQUISA	85
5.2.	SUGESTÕES PARA DESENVOLVIMENTOS E PESQUISAS FUTURAS	85
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
	ANEXO I	92
	ANEXO II	94

Índice de Tabelas

Tabela 2.1: As principais tecnologias de coleta de dados numa área cultivada.....	28
Tabela 2.2: As tecnologias para análise de dados e tomada de decisão.....	29
Tabela 2.3: As tecnologias da taxa variável.....	30
Tabela 2.4: As tecnologias de comunicação com especificações para a agricultura de precisão	31
Tabela 2.5: As características similares entre LoRA e alguns protocolos de LPWAN	32
Tabela 3.1: Cenário de atividades. O registo de pomar de cajueiros	43
Tabela 3.2: Cenário de atividades. A monitorização de pomar de cajueiros	44
Tabela 3.3: Cenário de atividades. A visualização de estado do pomar de cajueiros	44
Tabela 3.4: As principais classes de utilizadores do <i>SisCaju</i>	45
Tabela 3.5: A funcionalidade de autenticação e autorização de utilizadores.....	53
Tabela 3.6: A funcionalidade de registo e classificação de produtores de caju	55
Tabela 3.7: A funcionalidade de registo e classificação de plantações de cajueiros.....	56
Tabela 3.8: A funcionalidade de monitorização de plantações de cajueiros.....	58
Tabela 3.9: As propriedades do <i>schema</i> do pomar	60
Tabela 3.10: Os <i>URLs</i> e metodos para os recursos do pomar	62
Tabela 4.1: O agrupamento dos 26 itens do inquérito por cada escala de <i>UEQ</i>	68
Tabela 4.2: A conversão dos valores da escala de <i>Likert</i>	70
Tabela 4.3: A classificação do produto compara ao <i>benchmark</i>	71
Tabela 4.4: Os participantes com respostas inconsistentes	72
Tabela 4.5: Os resultados por item.....	74
Tabela 4.6: As médias e respetivas variâncias das escalas de <i>UEQ</i>	75
Tabela 4.7: As médias por conjunto de qualidades.....	76
Tabela 4.8: O resultado de comparação do <i>SisCaju</i> ao <i>benchmark</i>	77
Tabela 4.9: Os intervalos das percentagens com respetivas menções.....	79
Tabela 4.10: Grupo 1. As vantagens de usar o <i>SisCaju</i> para monitorizar plantações de cajueiros.....	80
Tabela 4.11: Grupo 2. As desvantagens de usar o <i>SisCaju</i> para monitorizar plantações de cajueiros	80
Tabela 4.12: Grupo 3. As tarefas mais importantes que o <i>SisCaju</i> faz.....	81
Tabela 4.13: Grupo 4. As tarefas menos importantes que o <i>SisCaju</i> faz	82

Índice de Figuras

Figura 2.1: A imagem ilustrativa do caju.....	19
Figura 3.1: O modelo V de desenvolvimento de <i>software</i>	41
Figura 3.2: Os exemplos da <i>interface</i> de utilizadores desenhadas com o <i>Figma</i>	49
Figura 3.3: A arquitetura monolítica do <i>SisCaju</i>	50
Figura 3.4: Os exemplos da <i>interface</i> de autenticação de utilizador.....	54
Figura 3.5: Os exemplos da <i>interface</i> de registo de produtor	55
Figura 3.6: Os exemplos da <i>interface</i> de registo de plantações	57
Figura 3.7: Os exemplos da <i>interface</i> de monitorização de plantações de cajueiros	59
Figura 3.8: Código-fonte. O trecho do <i>schema</i> do pomar.....	60
Figura 3.9: Código-fonte. O trecho de um algoritmo dentro do <i>schema</i> do pomar	61
Figura 3.10: Código-fonte. O trecho das <i>APIs</i> da aplicação	62
Figura 3.11: Código-fonte. O trecho da função executada para adicionar uma divisão do pomar	63
Figura 4.1: Os respondentes ao inquérito por província e perfil.....	66
Figura 4.2: A estrutura das escalas de <i>UEQ</i>	67
Figura 4.3: O exemplo de item numa escala de <i>Likert</i>	69
Figura 4.4: As médias das escalas com respetivas margens de erro	75
Figura 4.5: As médias por conjunto de qualidades	76
Figura 4.6: O resultado da comparação do <i>SisCaju</i> ao <i>benchmark</i>	78

.

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

SPA:Single Page Application

PWA:*Progressive Web App*

SisCaju :Sistema de Monitorização das Plantações de Cajueiros

IAM, IP:Instituto de Amêndoas de Moçambique, Instituto Público

IoT:Internet of Things

HTTP:*Hypertext Transfer Protocol*

SMS:*Short Message Service*

TICs:Tecnologias de Informação e Comunicação

UEQ:*User Experience Questionnaire*

URLs:*Uniform Resource Locator*

1. Introdução

No sector da agricultura em Moçambique, a cultura do caju é uma das culturas cuja falta de mecanismo de monitorização ainda resulta no nível de produção abaixo das expectativas. Diversos fatores suscetíveis a impactar negativamente a produção podem ser antecipadamente prevenidos, se existir um mecanismo por meio do qual o Instituto de Amêndoas de Moçambique, Instituto Público (IAM, IP) e seus parceiros monitorizem remotamente as plantações do caju e as classifiquem segundo a área do cultivo, o número de cajueiros produtivos e as necessidades fitossanitárias em cada circunscrição geográfica.

Do mesmo modo, a produção do caju pode aumentar se os produtores, cuja maioria tem um nível de escolaridade baixo, tiver acesso, em tempo útil, a uma assistência técnica, em termos das boas práticas do manejo integrado do caju, proporcional a necessidades das suas respetivas plantações.

Também, a obtenção de informação sobre as plantações, em tempo útil, pode flexibilizar o processo de tomada de decisões práticas que visem alocar uma medida certa de recursos certos segundo as especificidades de cada plantação.

Assim sendo, o presente trabalho de investigação consiste em avaliar a adequação das *Progressive Web Apps (PWAs)* e determinar que estas são uma solução para a informatização da monitorização da cultura e produção do caju na região norte de Moçambique.

Esta investigação é essencialmente um estudo de caso que inicia com o desenvolvimento de um protótipo *PWA*, seguido por um teste de aceitação e coleta de dados sobre o nível de satisfação dos potenciais utilizadores da aplicação desenvolvida e termina com a apresentação de resultados de inquérito e entrevista.

1.1. Contextualização do problema

Em África, Moçambique é um dos melhores produtores e exportadores de caju. Num relatório do Banco Mundial sobre a cadeia de valor do caju em Moçambique, Costa & Delgado (2019) revelaram que o país possui um potencial enorme em termos do solo e do clima favoráveis para o aumentar a sua produção do caju e para impactar positivamente a vida dos produtores e outros intervenientes neste subsector da agricultura. Com 3.9 % da Taxa de Crescimento Anual Composta

(CAGR) de 2008 a 2017, o país está a executar um plano estratégico de promoção de produção e comercialização do caju suscetível de impulsionar o aumento dessa taxa para 7% até o ano de 2027. Este plano consiste na alocação de recursos aos atores necessitados em diferentes níveis da cadeia de valor do caju, com o intuito de promover a produção e a comercialização desse produto agrícola.

No que refere os produtores, que constituem uma das categorias desses atores, a assistência técnica é um dos recursos imprescindível que contribui ao aumento da produção. Essa assistência consiste essencialmente num treinamento sobre as boas práticas de manejo integrado de caju, oferecido anualmente aos produtores pelos agrónomos.

De acordo com uma pesquisa realizada por Antonio & Griffith (2017), há, no país, mais de 1.4 milhões de famílias cuja atividade principal de geração de rendimento é a cultura do caju. A maioria destas famílias é caracterizada por um nível de escolaridade baixo que contribui ao seu desconhecimento das boas práticas de manejo integrado de caju. Por meio do IAM, IP, o plano do Governo Moçambicano e parceiros privados de assistir aos produtores segundo as especificidades que as suas plantações respetivas apresentam tem beneficiado a menos de 10% de famílias dos produtores de caju. A falta dos recursos humanos qualificados suficientes para tecnicamente assistirem a todos os produtores em todo o território nacional é apontada como uma das causas que mantêm a produção nacional do caju ainda abaixo das expectativas. Essa carência de pessoal agrónomo qualificado dificulta também o inventário em tempo real das necessidades dos produtores em termos dos pesticidas, fertilizantes e treinamento sobre as boas práticas, na base das quais necessidades o IAM, IP e seus parceiros prestariam assistência específica e pontual.

Para assistir os produtores do caju a melhorarem as suas produções e, conseqüentemente, os seus rendimentos, é indispensável dotar produtores duma ferramenta tecnológica que lhes prestem assistência específica às necessidades das suas plantações, onde for que estejam, sem a intervenção física do pessoal agrónomo.

Também, é indispensável que a mesma ferramenta esteja usada pelos agrónomos para fazerem o acompanhamento remoto das atividades que os produtores realizam nas suas respetivas plantações.

Sendo de extrema importância a obtenção, em tempo útil, dos indicadores de ocorrências das adversidades que podem impactar negativamente a produtividade das plantações, é indispensável

um sistema que monitoriza as fases fenológicas do caju e sugere ações preventivas ou corretivas proporcionais a adversidades de que se possui os indicadores.

A informatização de serviços de monitorização passa pelo desenvolvimento de um sistema simultaneamente móvel e web capaz de proporcionar funcionalidades, primeiro, de registo de produtores e suas plantações, segundo, de rastreamento das fases anuais da produção do caju, plantaçoão por plantaçoão e, por fim, de recomendaçoão das ações preventivas ou corretivas a tomar, segundo as necessidades específicas de cada plantaçoão.

Segundo o INE¹, em Moçoambique, um pouco menos de 98 % das zonas rurais são áreas ou com uma conexão de Internet lenta ou sem acesso à Internet. Isso torna inadequado o uso de um sistema de monitorizaçoão completamente dependente da conexão à *Internet*.

Nesse contexto, as *Progressive Web Apps (PWAs)* surgem como uma abordagem para o desenvolvimento desse sistema. Além de serem “*acessíveis a partir de diversos dispositivos de tamanhos e plataformas diferentes [...], as PWAs proporcionam uma experiência de utilizador única em todos ambientes, independentemente da qualidade da rede de Internet*” (Malavolta, 2016). Também, visto que usufruem das capacidades anteriormente reservadas a aplicaçoões nativas, como a georreferenciaçoão por sistema de posicionamento global (*GPS*) e a captura de imagens por meio da câmara, as *PWAs* são uma opçoão recomendável para a georreferenciaçoão e monitorizaçoão das plantaçoões (Mena, *et al.*, 2019).

Assim, o alcance dos objetivos desta investigaçoão permitirá responder à seguinte pergunta: “***Como as Progressive Web Apps proporcionam uma soluçoão digital para a monitorizaçoão das plantaçoões de cajueiros no norte de Moçoambique?***”

O resultado da investigaçoão poderá ser o ponto de partida para o IAM, IP e seus parceiros repensarem numa abordagem moderna de introduçoão de uma agricultura de precisão no contexto da produçoão do caju, tendo como objetivo ajudar os produtores do caju a aumentarem os seus rendimentos, minimizando o impacto ambiental sobre as produçoões.

¹ Instituto Nacional de Estatística em Moçoambique (2017)

1.2. Objetivos de Investigação

O objetivo geral deste trabalho de investigação é de “*avaliar a adequação das PWAs como uma solução digital para a monitorização das plantações de cajueiros no norte de Moçambique*”.

Para alcançar esse objetivo geral, a presente investigação cinge-se em quatro objetivos específicos:

- analisar os problemas relativos à monitorização das plantações de cajueiros;
- propor uma solução digital aos problemas de monitorização das plantações de cajueiros, baseando-se na abordagem das *PWAs*;
- desenvolver um protótipo *PWA*;
- validar o grau de satisfação dos agrónomos e produtores de caju relativamente à solução digital proposta.

Além de um novo conhecimento sobre a melhor implementação das *PWAs* para atender as necessidades digitais nas áreas onde o acesso à Internet é limitado, o presente trabalho de investigação propõe uma solução miniaturizada ao problema da informatização do processo de monitorização das plantações de cajueiros em Moçambique.

Para alcançar os objetivos acima enunciados, foca-se em responder a seguintes perguntas objetivas:

- Quais problemas se colocam no processo de monitorização as plantações de cajueiros no norte de Moçambique?
- Como as *PWAs* podem ser desenhadas e implementadas para resolver o problema da monitorização as plantações de cajueiros?

1.3. Metodologia de investigação

O plano de uma investigação requer do investigador uma indicação clara do pressuposto filosófico que vai adotar, da abordagem de investigação relativa a esse pressuposto, e dos métodos que materializarão essa abordagem (Creswell & Creswell, 2018).

Para realizar um estudo de caso, assumiu-se uma postura post-positivista, tendo-se recorrido tanto a pesquisa quantitativa como qualitativa para realizar um estudo de caso.

Os dados quantitativos foram coletados mediante um questionário *UEQ* enquanto os qualitativos mediante entrevistas.

Foram envolvidos 31 respondentes, destes 21 agricultores, 5 técnicos agrónomos extensionistas e 5 agrónomos especialistas.

1.3.1. Tipo de investigação

Quanto aos procedimentos técnicos, a investigação foi um estudo de caso, que consistiu numa avaliação da adequação das *PWAs* como solução digital ao problema da monitorização das plantações de cajueiros no contexto moçambicano.

Quanto aos objetivos, a investigação foi predominantemente exploratória, tendo envolvido inquérito e entrevista.

Segundo Yin (2003), o estudo de casos é “uma investigação de certo fenómeno contemporâneo dentro do seu contexto de vida real, especialmente quando as fronteiras entre o fenómeno e o contexto não estão evidentes”.

“Um estudo de casos lida com uma situação tecnicamente única onde existem muito mais variáveis de interesse do que dados disponíveis, e como resultado, é baseado em diversas fontes de evidências, e ainda recebe o benefício de proposições teóricas desenvolvidas anteriormente que devem conduzir ou direccionar a coleta e análise de dados” (Yin, 2003).

1.3.2. Fases de investigação

A investigação consistiu em três fases, nomeadamente, (1) a fase de análise das necessidades em volta da monitorização das plantações de cajueiros; (2) a fase de desenvolvimento duma *PWA* que simula a monitorização das plantações de cajueiros; e (3) a fase de inquérito e entrevista sobre a satisfação dos potenciais utilizadores da *PWA* desenvolvida.

- *Fase 1:* nesta fase, a investigação privilegiou a exploração das necessidades dos agrónomos e produtores do caju no que refere a monitorização das plantações de cajueiros, com o intuito de basear a especificação dos requisitos da *PWA* nessas necessidades.
- *Fase 2:* consistiu em desenvolver uma aplicação web *full-stack* e convertê-la numa *PWA* para simular uma solução a problemas de monitorização das plantações de cajueiros;

- *Fase 2*: consistiu, primeiro, em submeter a *PWA* desenvolvida a um teste por alguns agrônomos e produtores de caju, em seguida, coletar as suas impressões por meio de um Questionário de Experiência de Utilizadores (*UEQ*) e entrevistas e, por fim, analisar os dados coletados.

1.4. Organização da dissertação

O presente documento descreve o trabalho desenvolvido e está organizado em cinco capítulos.

Após a introdução, seguiram:

- Revisão da Literatura
- Desenvolvimento da *Progressive Web App*
- Resultados
- Conclusão

O documento termina com as Referências Bibliográficas e os Anexos.

2. Revisão da Literatura

Neste capítulo, é feita a revisão da literatura em volta de conceitos e principais temas abordados nesta dissertação, nomeadamente, a cultura de caju (2.1.), a agricultura de precisão (2.2.) e as *Progressive Web Apps* (2.3.).

2.1. Cultura do caju

Esta seção relata sobre a origem, expansão e condições exógenas e endógenas que influenciam a cultura de caju.

2.1.1. Origem e trajeto histórico do caju

O cajueiro é uma planta da família *anacardiaceae*, composta de cerca de 70 géneros e 700 espécies (Alexandre, 2013). Ele pertence ao género de *Anacardium*, constituído por aproximadamente 22 espécies, sendo 21 originárias das Américas do Sul e Central e 1 da Malásia. Dessas espécies, apenas a espécie *Anacardium occidentale L.*, de origem brasileira, é explorada comercialmente. É uma planta multiuso, pois todas as suas partes (raízes, tronco, casca, folhas e fruto) são úteis. O seu fruto, o caju (Figura: 2.1.), é considerado o mais valioso e constituído de duas partes: o fruto propriamente dito, a castanha do caju, que é um aquénio reniforme de cor marrom-acinzentada composto pelo pericarpo (casca) e pela amêndoa (semente) e considerada uma das castanhas comestíveis mais comercializadas no mercado mundial (Tola & Mazengia, 2019) e o seu pedúnculo floral, o pseudofruto, que é um corpo piriforme, amarelo, rosado ou vermelho.



Figura: 2.1: A imagem ilustrativa do caju

A sua expansão das Américas para outros países intertropicais nos continentes Africano e Asiático começou no século das grandes navegações, quando os primeiros europeus que chegaram na América Latina, motivados pelo interesse económico, iniciaram a exportação de espécies de plantas com alguma utilidade comercial. “*Os portugueses desempenharam um importante papel e pioneiro da difusão das espécies tropicais, a princípio, de maneira pragmática, tentando aclimatá-las em suas diferentes posições*” (Alexandre, 2013, p. 11), destas espécies consta o caju que embarcou nas naus portuguesas para a África, começando pelo Moçambique, nos fins do Século XVI, depois em Angola e Guiné-Bissau (Idem, 2013) e para a Ásia, entrando pela Índia e, mais tarde, estendido para Sri Lanka, Indonésia, Filipinas, Vietnam e outros países da Ásia sudeste.

2.1.2. *Condições para a cultura do caju*

Como qualquer espécie vegetal, o cajueiro tem determinados requisitos em termos de meio ambiente, clima, topografia, solo e outras condições específicas desejáveis, tais como os caracteres genótipos de uma boa produtividade e tratos culturais adequados que, quando não são atendidos dentro de certo intervalo de variação, resultam em menor desenvolvimento, retardamento ou aceleração anormal do ciclo biológico e baixo rendimento produtivo.

Mas, diferente de muitas outras, essa planta se destaca pela capacidade adaptativa aos solos empobrecidos, ao estresse hídrico e à elevada insolação e produz em período seco, na entressafra de culturas anuais. Tal capacidade a torna produtiva mesmo nos ambientes em que outras plantas têm a dificuldade de prosperar. Embora resista aos efeitos edafoclimáticos, quando deparado com certas adversidades, tais como as pragas e doenças, as irregularidades nas precipitações

pluviométricas e a falta de uniformidade de plantio, o cajueiro produz relativamente menos em termos de quantidade e qualidade.

A cultura do caju prospera mais essencialmente nas regiões tropicais, em temperaturas variando de 22°C a 40°C, sendo 27°C considerada a temperatura média ideal para o desenvolvimento e a frutificação normais (Feitosa & Feitosa, 1971; Parente *et al.*, 1972).

Quanto à umidade relativa do ar, o cajueiro se desenvolve bem entre os limites de 70% a 85%, embora haja casos de pleno desenvolvimento da planta em regiões onde a umidade relativa do ar, por longo período, é de 50%. Por outro lado, observa-se maior incidência de doenças causadas por fungos nas folhas, flores e frutos em regiões onde a umidade relativa do ar é superior a 85% (Crisóstomo, 2013).

No que se refere aos ventos, uma velocidade destes de 7 m/s ou superior promove elevada queda de flores, frutos, ramos e, por vezes, da própria planta. Tanto é que uma umidade do ar muito baixa ocasiona ventos de maior velocidade que podem causar o ressecamento da folhagem e das panículas (Aguiar & Costa, 2002; Parente *et al.*, 1972).

Outros fatores condicionantes do cultivo do cajueiro são os períodos chuvoso e seco anuais. Quando as chuvas anuais são situadas entre 800 e 1100 mm (Mole, 2000) e distribuídas em 5 a 7 meses e o período seco de 5 a 6 meses, coincidindo com as fases de floração e frutificação, o cultivo do cajueiro é realizado com sucesso. Contudo, cultivos bem-sucedidos têm sido também observados em regiões onde as chuvas alcançam 4000 mm e uma estação seca de 4 a 7 meses.

Ademais, o cajueiro não se desenvolve bem em solos rasos e muito argiloso. Preferencialmente, deve ser cultivado em solos de textura arenosa ou franco arenosa (com menos de 15% de argila), relevo plano ou suave ondulado, não sujeitos a encharcamento, sem camadas impermeáveis e de profundidade superior a 1.5 m (Crisóstomo, 2013).

A diversidade de plantas do cajueiro é agrupada em quatro tipos, nomeadamente, o cajueiro comum, o anão precoce, o gigante e o selvagem (Mitchell & Mori, 1987; Barros *et al.*, 1998; Masawe, 2009), mas dois dentre eles são os mais conhecidos e cultivados: o comum e o anão precoce (Araújo, 2013). As plantas do tipo comum têm a altura média de 5 a 8 metros e diâmetro da copa de 12 a 14 metros, com plantas em que a altura chega a 15 metros de altura e a copa a 20 metros de diâmetro. As plantas do tipo anão precoce alcançam a altura média de 4 metros e

diâmetro de copa entre 6 e 8 metros, sendo possível, no entanto, encontrar plantas fora desse padrão.

A formação de uma plantação dos cajueiros inicia com a obtenção e o plantio de mudas oriundas dos viveiros. Estas mudas resultam da propagação sexual (sementes) ou vegetativa assexual (enxertia). As plantas oriundas das sementes são popularmente chamadas de ‘*pé-franco*’ e tecnicamente, de ‘*mudas seminais*’ ou ‘*seedlings*’. Devido ao facto de o cajueiro apresentar polinização cruzada (entre indivíduos diferentes), suas sementes são geneticamente diferentes, originando, assim, plantas diferentes, com alta taxa de heterogeneidade (Chipojola *et al*, 2013). Por outro lado, a enxertia é destacada como o método mais viável de produção de mudas dos cajueiros suficientemente homogêneos e correspondentes aos requisitos comerciais. De acordo como Adiga *et al* (2020), a adoção da enxertia como método ideal da propagação vegetativa do cajueiro se dá pela necessidade de intensificar o cultivo de genótipos (clones) com características agronómicas e comercial de interesse, pois a enxertia desempenha um papel importante no melhoramento de produção, expansão da copa, floração, qualidade dos frutos e tolerância do cajueiro ao estresse.

O cajueiro apresenta um padrão de crescimento que alterna entre as fases vegetativas (crescimento) e as reprodutivas (ciclo produtivo). O início e a duração destas fases de crescimento variam segundo as variedades dos cajueiros, visto que cada fase é regulada ambos por fatores genéticos e ambientais (Saroj *et al.*, 2014). Após o plantio das mudas que ocorre numa área previamente preparada, o agricultor realiza atividades suscetíveis a proporcionar um bom crescimento dos cajueiros, tais como a rega, a limpeza, o tutoramento, a adubação, as podas (de formação, de manutenção, fitossanitária, de renovação da copa e de substituição da copa), o tratamento fitossanitário (contra as pragas e doenças) e outros.

Antes da primeira produção, as mudas plantadas iniciam o estágio de estabelecimento que dura entre 1 e 3 meses, seguido pelo estágio do crescimento exponencial que varia entre 4 meses e 2 anos, influenciados pelos fatores endógenos (genéticos) e exógenos (ambientais e fitossanitários). Passado o estágio do crescimento exponencial, inicia o estágio da produção do caju, que coincide com o início do ciclo anual de produção.

Enquanto o cajueiro prossegue o seu crescimento normal, incrementando quantitativamente e qualitativamente a sua produção e desenvolvendo a sua copa, o ciclo anual de produção passa por

oito fases que culminam anualmente na produção de caju, nomeadamente, (i) a fase das folhas dormentes, (ii) a do início da brotação, (iii) a do fluxo vermelho, (iv) a do início da formação da panícula, (v) a do início da abertura de panículas, (vi) a dos frutos, (vii) a da frutificação plena e a (viii) da maturação dos frutos.

Portanto, enquanto planta perene, o cajueiro passa anualmente por uma série de fases fenológicas que são influenciados pelos fatores endógenos e exógenos que determinam a qualidade e quantidade do caju produzido anualmente.

2.1.3. *Trajectoria histórica da cultura de caju em Moçambique*

Importado do Brasil para Moçambique no século XVI, num contexto da expansão mercantil portuguesa, o caju se tornou numa das culturas de rendimento deste país, que figurou como um dos maiores produtores e exportador mundial de castanha de caju durante os princípios da década de 1970. A trajetória histórica da cultura do caju em Moçambique resume-se no seguinte:

“Mozambique has favourable ecological conditions to the development of this crop. Until the mid-1970s, it was the first cashew world producer with 210,000 mt in 1973. In 1975, the production was severely reduced to 15,000 mt due to its political problems. Due to this problem in Mozambique, the nut production in Tanzania presented a notable development until the year 1974, when it produced 140,000 mt. From this year on its production decreased. However, it increased from 2000 on, reaching 123,000 mt in 2004.” (Paiva et al., 2009)

A cultura do caju se foi progressivamente disseminando por quase toda a faixa do litoral moçambicano, com maior incidência nas regiões norte e sul do país. Ao Norte, Nampula e Cabo Delgado com mais de 50% da produção total do país, ao Centro, Zambézia, e, ao Sulo, Gaza e Inhambane com cerca de 30%, são as províncias mais representativas em quantidades de castanha produzida e que apresentam maior potencial de crescimento (Frei & Peixinho, 2012).

O desenvolvimento do sector do caju em Moçambique resume-se em três momentos históricos e políticos que o país vivenciou e que correspondem a três modelos de desenvolvimento diferentes em que, dadas as suas diferenças estruturais, proporcionam diferentes formas de abordagem, da maneira de encarar a atividade agrícola e cada um com implicações sobre a organização social da produção e sobre também as formas de organização do espaço produtivo.

O primeiro momento correspondeu à época colonial e foi caracterizado pelo modelo de desenvolvimento em que a exploração consistia no aproveitamento máximo dos recursos naturais

e humanos locais para o cumprimento dos objetivos comerciais da metrópole. Promoveu-se a agricultura de média escala com ênfase para as monoculturas para exportação. Este período representou, para o sector do caju, o auge da produção no país onde a produtividade por árvore variava em torno de 8 a 9 kg/planta e a produção total do país chegou a ultrapassar a cifra das 200 mil toneladas, colocando Moçambique entre os maiores produtores e exportadores de castanha de caju no mundo.

O segundo momento correspondeu ao período pós-independência, subdividido em duas fases. Na primeira fase, entre 1976 e 1987, ocorreu uma campanha de conscientização por meio de discursos políticos para mobilização no sentido da participação massiva em atividades agrícolas, apoiando-se na Lei 9/79 de 10 de julho para as cooperativas. Como resultado, criou-se formas coletivas de produção (organização coletiva, sistema de cooperativas), tipicamente socialista, que beneficiavam os camponeses, numa economia nacional centralizada nos órgãos superiores que assumiam conhecer os problemas e necessidades sentidas pelas populações.

A instauração deste modelo sofreu de interferências negativas ligadas ao início e intensificação da guerra civil e a rejeição da maioria das populações ao processo de aldeamento, que, em conjunto, afetaram a capacidade de influenciar positivamente os índices de produção e produtividade do caju, ao mesmo tempo em que tornaram fraco o processo de troca comercial de produtos. Na segunda fase do período pós-independência com relação ao sector do caju, de 1987 a 1997, Moçambique, estando mergulhado numa crise económica, não ficou indiferente às mudanças político-económicas internacionais.

Pois, estas desencadearam, por sua vez, uma série de mudanças internas que resultaram na mudança do modelo de desenvolvimento, ora de característica centralizada, para um modelo neoliberal. Nesse quadro, Chambane (2011) refere que, para o sector do caju, esperava-se em vão que, como resultado da liberalização do mercado, a concorrência e o aumento dos preços pudessem se transformar em incentivos para a renovação do parque cajuícola nacional e, conseqüentemente, o aumento da produção e produtividade.

O terceiro período correspondeu ao pós-ajustamento estrutural e inicia a partir de finais 1997 e é marcada pela maior intervenção do Governo que investiu em iniciativas de revitalização das plantações de caju, mediante o repovoamento e o manejo integrado do cajueiro, o melhoramento das plantas por cruzamento artificiais, identificação de clones tolerantes a doenças e pragas, o

incentivo ao associativismo, bem como a concessão de assistência técnica aos camponeses produtores de caju, com o objetivo de recolocar o país entre os maiores produtores mundiais desta cultura.

Nesse âmbito, o governo moçambicano aprovou, no Conselho de Ministros, pelo Decreto nº 43/97 de 23 de dezembro, a criação do Instituto de Fomento do Caju (INCAJU), atualmente designada por Instituto de Amêndoas de Moçambique (IAM, IP), que é um órgão encarregue para a definição das políticas, das estratégias e para a coordenação e supervisão das atividades que visam o aumento da produção e o relançamento da indústria do caju em Moçambique (Boletim da República, 30 dezembro, 1997).

Desde a criação desta instituição pública, o sector de caju está a registar uma dinâmica cujas consequências visíveis são a proliferação de plantações de caju, o interesse cada vez maior dos pequenos agricultores a consorciar as suas respetivas culturas de subsistência com a cultura de caju, a regulação da comercialização, a revitalização das indústrias de processamento e o aumento da produção e das quantidades de castanha de caju anualmente exportadas.

Os dados estatísticos do período entre 1990 e 2000 revelam que a área colhida com caju no país aumentou de 40 mil em 1990 para 69 mil hectares em 2000 (FAO, 2012), representando um aumento em torno de 72,5%.

Em 2010, a área colhida com caju passou para pouco mais de 77 mil hectares, o equivalente a um aumento na ordem de 10% em relação ao ano de 2000. Do mesmo modo, os níveis de castanha produzida e comercializada no país aumentaram de 31 mil em 1990 duplicando para 62 mil toneladas em 2000 e para pouco mais de 112 mil toneladas em 2010 (INCAJU, 2011, 2012).

Esses aumentos constituem o resultado das políticas governamentais adotadas e implementadas pelo IAM, IP, visando a revitalização do sector do caju, através do repovoamento e manejo integrado do cajueiro bem como do melhoramento por cruzamentos artificiais de clones mais produtivos.

Uaciquete & Campos (2012) descreveram também estatisticamente este crescimento, tendo identificado como principal fator do crescimento o aumento de produção e distribuição de mudas (12,5%), de número de árvores tratadas com químicos (7.8%), de número de árvores plantadas (7.8%) e de número de produtores envolvidos (3.3%). Para manter constante este crescimento, o

IAM, IP passou a aplicar o Regulamento para o Fomento, Produção, Comercialização, Processamento e Exportação do Caju que, desde 2018, permite ajustar o sector do caju à demanda nacional e internacional da castanha de caju, estabelecendo regras específicas para o fomento, produção, comercialização, processamento e exportação do caju.

No que toca os atores da cadeia de valor de caju em Moçambique, este regulamento os classifica em sete categorias, nomeadamente, os produtores, fomentadores, comerciantes, processadores, exportadores, investigadores e financiadores.

Os produtores, por sua vez, são classificados em subcategorias, segundo o número de cajueiros ou da área de cultivo de que são proprietários, sendo considerados produtores familiares os proprietários de plantações com até 5 hectares ou com número de cajueiros que não excede 250 e produtores comerciais privados aqueles cujas plantações se estendem numa área superior a 5 hectares ou com número de cajueiros superior a 250. Alguns destes produtores individuais, movidos pela vontade de tirar maior proveito da sua produção da castanha de caju, são organizados em cooperativas e associações que se fixam um objetivo comum de ordem social ou económico.

Portanto, o cultivo de cajueiro possui uma grande importância socioeconómica em Moçambique, já que a maior parte da produção é realizada por pequenos produtores, contribuindo para a geração de milhares de empregos na região Norte e Sul do país, distribuídos entre campo e indústria. Essa importância económica é enfatizada também pelas atividades das indústrias de processamento e empresas de exportação de castanha e amêndoa de caju que contribuem, por sua vez, na dinamização da comercialização desses produtos agrícolas.

2.2. Agricultura de Precisão

Nesta seção, define-se o conceito de agricultura de precisão, faz-se um estado da arte das tecnologias frequentemente usadas numa agricultura de precisão e, por fim, apresenta-se o que cultivar o caju com precisão significa.

2.2.1. Conceito de Agricultura de Precisão

As práticas agrícolas convencionais se baseiam no pressuposto segundo o qual o solo sobre o qual se pratica uma determinada cultura é todo homogéneo, estando as formas de gestão das parcelas associadas à aplicação indiscriminada de *inputs* e considerando que não existe variabilidade

(Nahry *et al.*, 2011; Coelho *et al.*, 2003). É deste modo que Tschiedel *et al.* (2002) referem que a agricultura de precisão veio inverter esta forma de encarar as práticas agrícolas, fazendo com que o agricultor passasse a aplicar os *inputs* nos locais corretos e em quantidades ideais.

O conceito de agricultura de precisão pode ser definido como:

“aplicação diferenciada e à medida dos fatores de produção, tendo em conta a variação espacial e temporal produtiva do meio e das necessidades específicas das culturas, de forma a aumentar a sua eficiência de utilização e, assim, melhorar o rendimento económico e reduzir o impacto ambiental da atividade agrícola” (Coelho & Silva, 2009).

Ou seja, uma prática que consiste em associar as tecnologias de informação e comunicação (TICs) à gestão diferenciada de grandes áreas de cultivo, em resposta à variabilidade destas, tendo dois objetivos principais: o aumento do rendimento dos agricultores alcançado pelo aumento da produtividade e da qualidade de produtos agrícolas e a redução do impacto ambiental resultante da atividade agrícola.

É uma filosofia que assenta no facto de produzir mais com menos, aplicando apenas o necessário às culturas e minimizando danos ambientais. Consiste num conjunto de processos, nomeadamente, recolha de dados, conversão desses dados em conhecimento e, por último, aplicação desse conhecimento em locais específicos da parcela (WVU, 2008).

Aubert *et al.* (2012) destacam que a diferença entre “praticar” agricultura de precisão ou agricultura convencional se limita apenas na “interpretação” da parcela cultivada: no primeiro caso, a gestão de solo e cultura é feita consoante a variabilidade presente, é uma gestão intra-parcelar, enquanto em agricultura convencional, a gestão de solo e cultura é feita uniformemente para toda a parcela, através de valores médios, sendo esta considerada homogénea.

A agricultura de precisão tornou-se num tema de pesquisa a nível mundial no final do século XX, tendo aparecido como um novo sistema de cultura (Zhang *et al.*, 2002), quando começou a integrar-se a tecnologia da informação em máquinas, tratores e alfaías agrícolas (Auernhammer, 2001).

Srinivasan (2006) refere que a motivação por trás desse conceito é a existência de dois tipos de variabilidade que afetam diretamente a produção: a espacial e a temporal. Se, por um lado, a variabilidade espacial mede o solo e outras características físicas específicas a plantação, cultura

e capacidade de produção em diferentes locais da área cultivada, a variabilidade temporal, por outro, mede as mesmas variações em termos do tempo e das condições climáticas.

Braga (2016) comenta que o conceito de AP faz com que haja um conhecimento mais pormenorizado da parcela onde a variabilidade temporal e espacial da mesma é gerida, tendo como objetivos melhorar o rendimento económico do próprio agricultor e reduzir o impacto ambiental causada pela atividade agrícola realizada nessa parcela.

Ao recorrer à AP, pretende-se, por um lado, otimizar a gestão da informação e do conhecimento agronómico (Braga *et al.*, 2011) e, por outro, automatizar a gestão da variabilidade espacial existente numa parcela (Coelho *et al.*, 2003).

2.2.2. *Tecnologias de comunicação e gestão para agricultura de precisão*

As tecnologias de comunicação e gestão servem de coluna vertebral para o conceito de Agricultura de Precisão (Munack & Speckmann, 2001), pois sem elas, seria praticamente impossível implementar este conceito, que consiste em três estágios diferentes, nomeadamente, (i) a coleta de dados, (ii) a análise e tomada de decisão baseada na informação extraída dos dados e (iii) o controlo da taxa variável dos parâmetros espaciais e temporais que afetam diretamente a produção numa área cultivada (National Research Council, 1997).

Por causa da imprescindibilidade das TICs, não se pode falar da agricultura de precisão sem subentender o predominante papel que elas desempenham em cada um dos estágios da Agricultura de Precisão mencionados. Numa revisão sistemática de literatura sobre as tecnologias aplicadas na agricultura de precisão, Bhakta *et al.* (2019) identificaram listas não exaustivas de tecnologias que podem ser utilizadas em cada um desses estágios.

O primeiro estágio da Agricultura de Precisão em que as TICs intervêm é o de coleta de dados, que consiste em desenvolver procedimentos seguros de aquisição, transferência e armazenamento de dados. Para uma coleta de dados mais precisos, as áreas de cultivos têm sido subdivididas em zonas menores.

Tabela: 2.1: As principais tecnologias de coleta de dados numa área cultivada

Categorias	Tecnologias	
GPS (Global Positioning System)	DGPS	Differential GPS.
	TRKGPS	Real-Time Kinematic GPS
	UDGPS	User Defined GPS
RS (Remote Sensing)	SRS	Satellite-based RS
	ANRS	Airborne and Near-field RS
OTG_SENSOR (Wireless On-the Go Sensors)	SFP	Soil and Field Parameter
	CEP	Crop and Environment Parameter
YM (Yield Monitors)	CVYM	Cereals and Vegetables YM
	FIYM	Fruits and Industrial crops YM

(Bhakta *et al.*, 2019)

A respeito das tecnologias de coleta de dados (Tabela: 2.1.), a revisão de literatura realizada por Bhakta *et al.* (2019) concluiu que, da categoria de *GPS*, o *RTKGPS* é a solução digital mais utilizada nos *drones* vocacionados à coleta de amostras de dados em tempo real; o *ANRS* é útil para observar os parâmetros da área cultivada e da cultura; a maioria dos *OTG_SENSOR* serve para medir o solo e os parâmetros da área cultivada, enquanto poucos são desenhados para monitorizar a cultura e as condições ambientais e os *YM* ajudam realizar uma medição automática de colheita e produção.

O segundo estágio da Agricultura de Precisão é o de análise de dados e tomada de decisão baseada na informação extraída dos dados. No âmbito da Agricultura de Precisão, a análise de dados consiste em extrair relacionamentos entre diferentes áreas de cultivo e os parâmetros cuja variabilidade está em observação. A visualização destes relacionamentos é geralmente feita em mapas de prescrição que indicam a devida ação a tomar, em resultado à análise de dados feita. O controlo de decisões é também feito baseando-se nesses mapas.

Tabela: 2.2: As tecnologias para análise de dados e tomada de decisão

Tecnologias	
GIS	Geographic Information System
DSS	Decision Support System
FL	Fuzzy Logic
MLT	Machine Learning Technology
ANFIS	Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System
CC	Cloud Computing
Soft	Soft Computing
IOT	Internet of Things

(Bhakta *et al.*, 2019)

A Tabela 2.2. alista algumas tecnologias que ajudam em análise de dados e apoiam à tomada de decisões baseadas na informação extraída dos dados analisados. O trabalho realizado por Bhakta *et al.* (2019) revelou que *GIS* é o sistema que ajuda mais na tomada de decisão sobre áreas de cultivo por ser capaz de armazenar, analisar, mostrar e gerir dados geoespaciais. O mesmo trabalho revelou também que a combinação de diversas tecnologias pode servir no desenvolvimento de um *DSS* mais específico a uma área de cultivo.

No que refere à variabilidade dos parâmetros, que consiste em terceiro estágio de uma Agricultura de Precisão, Srinivasan (2006) revela que a produtividade agrícola depende essencialmente de 9 tipos de parâmetros, a saber, os parâmetros topológicos (PT) que ajudam analisar a estrutura da área cultivada e a textura do solo, a fertilidade do solo (FS), as propriedades físicas do solo (PFS), as propriedades químicas do solo (PQS), as ervas daninhas (ED), a variabilidade da cultura (VC), a distribuição da produção (DP), as condições climáticas (CC) e a variabilidade adicional (VA) tal como as doenças ou a infeção por praga ou parasitas, danos causados por fenómenos, por calamidades naturais (ventos, inundações, tempestades, etc.), e assim por diante.

Já, para um controlo automatizado desses parâmetros, no âmbito da Agricultura de Precisão, é introduzido o conceito de Controlo da Taxa Variável (CTV) que consiste em implementar as decisões no tempo e espaço certos. O CTV é um processo de aplicação otimizada de variantes taxas dos *inputs* (água, fertilizantes, pesticidas, etc.) nas zonas apropriadas dentro de uma área de

cultivo. Esta utilização otimizada de recursos ajuda manter os ganhos económicos, garantindo a sustentabilidade e a segurança ambiental. A tecnologia utilizada para controlar a taxa variável é chamada Tecnologia da Taxa Variável (TTV) (National Research Council, 1997).

A Tabela 2.3. apresenta algumas TTV.

Tabela: 2.3: As tecnologias da taxa variável (TTV)

Tecnologias	
VRF	Variable Rate Fertigation
VRP	Variable Rate Pesticide
VRH	Variable Rate Herbicide
VRI	Variable Rate Irrigation

(National Research Council, 1997)

Srinivasan (2006) insistiu na necessidade de recorrer à uma combinação inteligente destas TTV, com vista a explorar resultados decorrentes das correlações que, na maioria dos casos, existem entre os parâmetros espaciais e temporais.

2.2.3. Protocolos e redes de comunicação

No âmbito da Agricultura de Precisão, os protocolos e tecnologias de comunicação numa rede sem fio de sensores (*Wireless Sensor Network - WSN*) servem para conectar os nós de sensores entre si e prover um canal de comunicação entre o nó coordenador e o *gateway*. Dependendo do tipo de aplicação, a topologia desta rede de sensores e os requisitos de comunicação podem variar (Triantafyllou *et al.*, 2019).

Os avanços tecnológicos impulsionaram a emergência de redes sem fio de dispositivos (sensores) conectados entre si e à *Internet* através de um protocolo de comunicação com objetivos de monitorizar a variabilidade dos parâmetros, sejam espaciais ou temporais de uma área de cultivo, processar e transmitir a informação sobre esta variabilidade para o agricultor. Taskin e Yazar (2020) chama esta conectividade entre sensores de “*Internet das Coisas*” (*IoT*).

Existem diversos tipos de protocolos de comunicação sem fio que conectam sensores entre si, mas as tecnologias de comunicação de *Low Power Wide Area Network (LPWAN)* são as mais preferidas. Quando comparadas com outras tecnologias de comunicação, tais como, os *Short-range Wireless (Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee)*, o *WiMAX*, e o *GPRS*, os *LPWAN (SigFox, LoRa, Weightless-W, Narrowband-IoT)* permitem uma conectividade em áreas maiores, variando de

poucos a dezenas de quilómetros, consomem pouca energia, embora proporcionem uma baixa taxa de transmissão de dados (Noreen *et al.*, 2017).

Conforme na Tabela 2.4., Thakur, *et al.* (2019) fizeram uma análise comparativa das tecnologias de comunicação, quanto às suas respetivas especificações para a agricultura de precisão, tendo sido excluídas desta análise as *LPWAN*.

Tabela: 2.4: As tecnologias de comunicação com especificações para a agricultura de precisão

Especificações	Tecnologias				
	ZigBee	Bluetooth	Wi-Fi	GPRS 2g / 3g / 4g	WiMAX
Padrão (Standard)	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.1	IEEE 802.11 a,b,g,n	--	IEEE 802.16 a,e
Frequência da banda	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Cobertura	10 a 100 m	100 m	32 m	Área de cobertura de GSM	50 km
Taxa de dados	20 Kbits/s a 250 Kbits/s	1 mbps	11 a 54 mbps	50 a 100 kbps / 200 kbps / 0.1 a 1 Gb	50-100 mbps
Consumo de energia	Baixo	Médio	Alto	Médio	Médio
Custo	Baixo	Baixo	Alto	Médio	Alto
Modulação/Protocolo	DSSS, CSMA/CA	FHSS, GFSK	DSSS/CCK, OFDM	SNDTCP, LLC	OFDM
Segurança	128 bits	64 ou 128 bits	128 bits	128 bits	160 bits

Thakur, *et al.* (2019)

A Tabela 2.4. mostra que em termos de frequência da banda, estas tecnologias tem a mesma capacidade, desde que não seja superado o limite perimétrico da cobertura. Embora seja possível obter uma grande cobertura com o *WiMAX*, esta tecnologia tem a desvantagem de ser muito caro e grande consumidor de energia. Do mesmo modo, em termos de custo e consumo de energia, o *Wi-Fi* é o menos recomendável para uma Agricultura de Precisão, enquanto o *ZigBee* e o *Bluetooth* podem servir para conectar dispositivos numa área significativamente pequena e nas circunstâncias em que não seja necessária uma alta taxa de transferência de dados.

De um modo geral, considerando o baixo consumo de energia e a capacidade de estender a cobertura em longas distâncias, as tecnologias *LPWAN* são apropriadas para Agricultura de Precisão. Um dos protocolos de *LPWAN* que se destaca pela sua qualidade é o *LoRa*. Criado em 2012 por *Semtech*, é baseado em modulação *Chirp Spread Spectrum (CSS)*. Qualquer camada de

Media Access Control (MAC) pode ser utilizada em *LoRa*, mas, atualmente, é frequentemente utilizado o *MAC* do tipo *LoRaWAN*, que funciona seguindo o princípio da topologia de rede estrela simples. Esta topologia permite a *LoRa* transmitir pequenos pacotes de dados, mas em distâncias longas.

Taskin e Yazar (2020) realizaram uma análise comparativa de três protocolos de comunicação da família *LPWAN*, nomeadamente, *LoRa*, *SigFox* e *Narrowband-IoT (NB-IoT)*, conforme mostra a Tabela 2.5:

Tabela: 2.5: As características similares entre *LoRa* e alguns protocolos de *LPWAN*

LPWAN	LoRa/LoRaWAN	SigFox	NB-IoT
Modulação	CSS	BPSK	QPSK
Frequência	Banda ISM não licenciada (868 MHz em Europa, 915 MHz em América de Norte e 433 MHz em Ásia)	Banda não licenciada (868 MHz em Europa, 915 MHz em América de Norte e 433 MHz em Ásia)	Banda de frequência LTE Licenciada
Taxa máxima de dados	50 kbps	100 kbps	200 kbps
Baixo custo	Sim	Sim	Moderado
Baixo consumo de energia	Sim	Sim	Moderado
Topologia	Star-of-stars	One-hop star	Star

Taskin e Yazar (2020)

A tecnologia *NB-IoT* é apropriada para enviar e receber pequenos pacotes de dados (entre dezenas a centenas de bytes por dia) produzidos por dispositivos de *IoT* com baixa taxa de dados, possui uma taxa de modulação mais rápida que o *LoRa* e o *SigFox*. *NB-IoT* não é um protocolo de comunicação baseado em Protocolo de *Internet (IP)*, por isso, não pode ser conectado à uma rede *IP*. É mais apropriado para comunicações menos frequentes. A tecnologia *LoRa* é principalmente o melhor em termos de baixo consumo de energia, permite que cada um configure a sua rede privada. A tecnologia *SigFox* é a mais básica, com dispositivos de radio mais económico das três tecnologias.

2.2.4. *Software de Apoio à Decisão para agricultura de precisão (open e closed sources)*

Sistemas interativos, baseados em dispositivos, tais como computador e *smartphone*, que ajudam utilizadores tomar decisões são chamados Software de Apoio à Decisão (*Decision Support Systems - DSS*). Um *DSS* é um sistema de TICs que apoia indivíduos ou um grupo de indivíduos a tomar decisões mais efetivas, nas circunstâncias em que lidam com problemas não-estruturados ou semi-estruturados (Alenljung, 2008). Para realizar uma Agricultura Precisão adequada, há que existir *DSSs* credíveis, fáceis de usar, desenhados de acordo com as reais necessidades dos agricultores em termos de tomada de decisões (Lindblom, *et al.*, 2016).

Existe um leque de *DSSs* disponível como aplicações nas lojas *play store* e que ajuda agricultores tomar decisões baseadas em certos *inputs* como parâmetros. Dos *DSSs* existentes, alguns são *closed source* ou comerciais (exemplo: *UAVs*) e utilizam sistemas comerciais de processamento de dados (exemplos: *ENVI, PCI Geomatica e ERDAS Imagine, MicaSense*), enquanto outros são *open source* (exemplos: *Open source GIS, Orfeo Toolbox, Open Source Software Image Map, Opticks, PolSARPro InterImage, ILWIS, Whitebox GAT, SNAP Toolbox*, etc.) redistribuíveis, podendo o seu código-fonte ser livremente alterado (Kpienbaareh, Kansanga & Luginaah, 2019).

2.2.5. *Introdução da precisão na cultura do caju*

A introdução da precisão na agricultura implica recorrer às TICs para obter, em tempo razoavelmente aceitável, informação precisa sobre a variabilidade de certos parâmetros que podem impactar a produtividade agrícola numa determinada área de cultivo. Assim, a informação obtida por meio das TICs permite que pessoas interessadas nessa área de cultivo ajam atempadamente, seja, para maximizar a produção, seja para minimizar o impacto negativo que essa variabilidade pode ter na produção. Esta abordagem permite, por um lado, reduzir os custos relativos à produção, pois agricultores passam a aplicar às culturas apenas o que for necessário, tendo em conta a variabilidade detetada e, por outro lado, melhora a própria produtividade, porque passam a ser diligentemente geridos os parâmetros (fatores) cuja variabilidade afeta diretamente a produtividade.

No que refere à cultura do caju, pesquisas revelam uma gama de fatores que influencia, ora o bom crescimento, ora o ciclo anual de produção do caju, e que, uma vez eficientemente monitorizado e diligentemente gerido, resulta geralmente em aumento da produção dos cajueiros.

Portanto, recorrer às TICs para coletar, armazenar e partilhar informações precisas sobre a variabilidade dos parâmetros de produção do caju, quer antes do plantio das mudas, quer durante as fases do crescimento dos cajueiros, quer ao longo do ciclo anual de produção destes, quer depois da colheita do caju, é um modo de introduzir a precisão na cultura do caju.

Destes fatores, os mais destacados são os relativos a clima, solo, doenças dos cajueiros e atividades fitossanitárias tanto na área cultivada como nos próprios cajueiros. Tolla (2004) salienta que atividades de poda, limpeza, aplicação adequada de tipos de fertilizantes apropriados e controlo das pragas são dentre os fatores principais e necessários do aumento da produtividade que, quando não forem bem realizadas, impactam negativamente a produtividade dos cajueiros.

De um modo geral, as TICs podem intervir na obtenção de informação e conhecimento exatos sobre as fases que compõem a cadeia de valor do caju, mais especificamente, a cultura, a gestão de água para a irrigação, a aplicação dos fertilizantes, a gestão das pragas, a monitorização da colheita e das atividades pós-colheita, tais como o transporte dos produtos do caju, o empacotamento, a conservação, a gestão da qualidade, o armazenamento e a comercialização (Olubode *et al.*, 2018).

Pesquisas revelam também que ainda há poucas iniciativas empreendidas no sentido de tornar a cultura do caju numa Agricultura de Precisão. Visto que é uma cultura praticada maioritariamente pelos pequenos agricultores que dispõem geralmente de poucos meios financeiros e de baixo nível de literacia, não existe ainda agricultores individuais que investem na introdução das TICs na cultura do caju. As poucas iniciativas até então materializadas foram empreendidas pelas organizações quer governamentais, quer não-governamentais, que anseiam impulsionar a produtividade do caju para o bem socioeconómico dos agricultores carenciados (Olubode *et al.*, 2018).

Destas iniciativas, destaca-se o trabalho realizado por Malo *et al* (2020), que, para ajudar o governo de Burkina Faso a avaliar o impacto socioeconómico da cultura do caju por comparar a produção real dos cajueiros com o respetivo potencial produtivo destes, desenvolveram um método de deteção dos cajueiros a partir dum mapa ortofotográfico obtido das imagens capturadas pelo *unmanned aerial vehicle (UAV)*, comumente chamado *drone*. Além de detetar os cajueiros, o modelo de aprendizagem profunda (*deep learning*) foi treinado para emitir a previsão de produção dos cajueiros detetados no mapa. Esse método de deteção dos cajueiros consiste essencialmente

em analisar as imagens capturadas pelo *UAV* por (i) identificar os pontos mais altos (copas) dos cajueiros, mesmo quando estes estão consociados com outras árvores, (ii) recorrer a uma heurística para agrupar diferentes copas de um mesmo cajueiro e (iii) usar o algoritmo *watershed* para segmentar os cajueiros individuais, tornando cada cajueiro com seus respectivos pontos mais altos separado dos outros. Os cajueiros segmentados são usados num *framework* da aprendizagem profunda com o objetivo de saber as suas respectivas localizações. A seguir, por cada cajueiro detetado, é usado o algoritmo *K-Nearest Neighbors (KNN)* com os parâmetros tais como altura do cajueiro e dados previamente coletados sobre o solo onde este cajueiro se encontra plantado, para estimar a produção deste. Além de altura do cajueiro e composição do solo, o mesmo algoritmo *KNN* consegue prever a produção a partir de outros parâmetros tais como localização, ano de plantio, ano de produção e outras.

Ganganagowdar & Siddaramappa (2016) desenvolveram um novo modelo automatizado para detetar e classificar castanhas de caju por uma Rede Neural Artificial (*Artificial Neural Network - ANN*), cuja funcionalidade consiste em duas fases: (i) detetar as características, as quais incluem 16 fatores morfológicos e 24 características a partir de imagens da castanha do caju; (ii) recorrer à Rede Neural Artificial Multicamada para detetar e classificar os graus inteiros brancos por algoritmo de propagação reversa. Trabalhando na mesma perspetiva, Sivaranjani *et al.* (2018) desenvolveram um sistema otimizado de classificação da castanha de caju baseado em *Computer Vision* e no algoritmo *Deep Convolution Neural Network (CNN)*. Para melhorar a eficiência e precisão no processo de classificação das castanhas de caju, este sistema passa por cinco etapas, que são i) a aquisição da imagem; ii) o pré-processamento; iii) a segmentação; iv) a extração das especificidades e v) a classificação.

Portanto, a iniciativa de desenvolver aplicações que ajudem agricultores do caju a monitorizar a variabilidade dos parâmetros que influenciam a produtividade dos cajueiros nos seus próprios pomares está ainda por ser explorada, pois as pesquisas revelam que ainda não há trabalhos desenvolvidos nessa área de agricultura de precisão.

2.3. Progressive Web Apps

Nesta seção são apresentados o conceito de *Progressive Web Apps* e diferentes casos de uso em que são usados como tecnologias alternativas numa agricultura de precisão.

2.3.1. Conceito de Progressive Web Apps

O conceito de *PWAs* é utilizado por diversos autores para referir a um tipo de aplicação web moderna que apresenta as capacidades similares às de uma aplicação nativa ou um conjunto de tecnologias e padrões utilizados para desenvolver aplicações web que combinam aspetos de um sítio web tradicional e os de uma aplicação móvel nativa (Malavolta, 2016).

O autor Malavolta descreve o conceito de *PWA* como uma aplicação que, embora execute no navegador *web*, possui as características de uma aplicação móvel nativa, tais como a sincronização possibilitada pelas diversas estratégias de cache, a execução em modo *offline*, as notificações *push*, a adição de seu ícone no ecrã sem a necessidade de ser instalada por via de alguma loja de aplicações, o acesso à câmara, às localizações e a outros sensores existentes (Idem, 2016). Estas características fazem delas uma melhor abordagem para desenvolver uma aplicação web capaz, por um lado, de funcionar em áreas não abrangidas pela rede da Internet e, por outro, de utilizar diversos sensores dos smartphones como o de *GPS* para tornar a cultura do caju em Moçambique numa agricultura de precisão.

A combinação das características que, inicialmente, eram do domínio exclusivo das aplicações nativas com as de um sítio web tradicional resulta na criação de aplicações web com duplo comportamento: o de um sítio web quando acessadas por via de um navegador *web* e o de uma aplicação móvel quando acessadas a partir de um ícone adicionado no ecrã de um *smartphone*. Referindo-se a essa combinação de características, Majchrzak *et al* (2018) notaram que as *PWAs* proporcionam um equilíbrio entre os aspetos positivos de aplicações móveis nativas e os de aplicações web acessíveis via um navegador. Segundo esses autores, que notaram que uma *PWA* é, antes de mais nada, um sítio web acessível em modo *offline* e com uma mesma *interface* para o utilizador, as *PWAs* podem ser adicionadas no ecrã de um *smartphone* como se fossem uma aplicação móvel.

Esta observação é também corroborada por Alter que, no seu livro, admitiu que os diversos aspetos técnicos das *PWAs* permitem exportar, por um lado, as capacidades das aplicações nativas para o navegador e, por outro, as de um sítio web para os *smartphones* (Ater, 2017).

Além de ser entendido como um sítio web que incorpora as características de uma aplicação móvel nativa, as *PWAs* são também vistas como um conjunto de tecnologias e padrões que visam

desenvolver aplicações web modernas. No trabalho de investigação apresentado por Majchrzak *et al* (2018), é demonstrado como a abordagem utilizada para desenvolver as *PWAs* ajudam a superar as insuficiências observadas nas outras abordagens de desenvolvimento de aplicações multiplataformas.

Por tornarem possível o desenvolvimento de aplicações que executam em diversas plataformas com a mesma experiência de utilizador, Majchrzak *et al* (id) notaram que, enquanto tecnologias unificadoras para o desenvolvimento de aplicações móveis multiplataformas, as *PWAs* são, até presentemente, melhores do que algumas tecnologias unificadoras existentes, como por exemplo o *PhoneGap*².

Ao esclarecerem o conceito das *PWAs* no âmbito de desenvolvimento de aplicações web, Ivanova & Grogiev (2019) enfatizaram que são um novo padrão na era moderna de desenvolvimento *web*. Para esses autores, as *PWAs* são aplicações *web* puras que são desenvolvidas na base das tecnologias *web* tradicionais, nomeadamente: *HyperText Markup Language (HTML)*, *Cascading Style Sheets (CSS)* e *JavaScript*, mas que apresentam um comportamento híbrido, ou seja, como uma aplicação *web* tradicional e como uma aplicação nativa quando o acesso é feito a partir de um navegador web e um ícone no ecrã respetivamente. Esses autores revelam que, para uma aplicação *web* ser realmente considerada avançada em contexto das *PWAs*, deve estar dotada de quatro elementos principais, nomeadamente, (i) um *service worker*³, que é um “conjunto de *APIs JavaScript* que permitem programar o cache e pré-carregar recursos e dados, realizar operações de fundo, receber notificações *push*, etc” e providenciar uma experiência *offline-first*, (ii) uma *application Shell*⁴, que é um “conjunto de *HTML*, *CSS* e *JavaScript* mínimos necessários para alimentar a interface do utilizador e, quando colocada em cache *offline*, pode assegurar um desempenho instantâneo e fiável aos utilizadores em visitas repetidas, não sendo mais necessário o carregamento a partir da rede sempre que o utilizador visita a aplicação”, (iii) um ficheiro texto *web app manifest*⁵, que fornece informações sobre uma aplicação (como nome, autor, ícone e descrição) permitindo a instalação da aplicação web no ecrã de um dispositivo, e (iv) um mecanismo de segurança por meio de *HTTPS*.

² { <https://www.ftxinfotech.com/react-native-vs-ionic-vs-flutter-vs-phonegap> } visitado em 10 de maio de 2021.

³ { <http://www.w3.org/TR/service-workers/> } visitado em 10 de maio de 2021.

⁴ { <https://developers.google.com/web/fundamentals/architecture/app-shell> } visitado em 10 de maio de 2021.

⁵ { <https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/Manifest> } visitado em 10 de maio de 2021.

Quanto a Malavolta, pode ser dispensado a *application Shell*, mas é ainda considerada uma *PWA*, a aplicação web que reúne as três condições seguintes: (i) a utilização de protocolo *HTTPS*, (ii) a declaração de metadados no ficheiro *web app manifest* e (iii) a utilização dos *service workers* (Malavolta, 2016).

O desenvolvimento das *PWAs* está incorporado no contexto do de aplicações *full-stack* em que, além da componente *front-end*, designada por aplicação de lado do cliente, cuja função é de apresentar o conteúdo e uma *interface* para utilizador, a aplicação possui uma outra componente, o *back-end*, designada também por aplicação de lado do servidor, que abriga as *APIs* e a base de dados, de tal modo que ambos os componentes se comunicam por meio dessas *APIs*. Na sua obra, Portela & Queirós (2020) descrevem essa integração como a de uma arquitetura cliente-servidor.

2.3.2. *Uso das Progressive Web Apps numa Agricultura de Precisão*

Até então, diversas literaturas atestaram que as iniciativas de implementar as *PWAs* no âmbito da agricultura de precisão têm-se revelado sucedidas, embora ainda haja muito que fazer.

Koysawat *et al* (2021), preocupados com o processo manual de coleta de dados no contexto da agricultura, desenvolveram uma *PWA* para informatizar o processo de coleta e análise de dados sobre a cultura da cana-de-açúcar. Esta aplicação captura imagens, localizações, e outros detalhes das canas-de-açúcar, os analisa de acordo com parâmetros pré-definidos e, deste modo, auxilia os agricultores na tomada de decisões baseadas nas informações fidedignas. Comparada com o processo manual, a utilização desta aplicação web e móvel reduz o tempo de coleta e análise de dados para 45.28 % e aprimora a exatidão da informação. Além de funcionar em ambientes sem a rede de Internet, a aplicação utiliza a câmara para a captura de imagens, o *GPS* para a localização das culturas e o *Google Cloud Vision API* para o reconhecimento do texto. Apesar deste avanço, esta *PWA* não permite categorizar as plantações de canas-de-açúcar segundo as suas reais capacidades de produção, menos ainda relaciona os agricultores a suas respetivas plantações.

Em Indonésia, Nugroho *et al* (2017) utilizaram a abordagem das *PWAs* para desenvolver um sistema que permite os supervisores e trabalhadores das plantações de palmeiras monitorizarem as condições do solo e prevenir ocorrências suscetíveis de impactar a qualidade e a quantidade do óleo produzido. O sistema é integrado com uma série de *Application Programming Interfaces* (*APIs*) que o aprovisionam em dados coletados dos sensores de diversos dispositivos da Internet

das Coisas (*IoT*). Essa abordagem permite os supervisores a partir de um computador e os trabalhadores do campo a partir de um *smartphone* monitorizarem a produção das palmeiras. Embora a implementação dessa *PWA* seja um grande progresso, é importante notar que esta aplicação depende essencialmente dos dados coletados pelos dispositivos *IoT* e é exclusivamente útil para as plantações das palmeiras.

Em Filipinas, a seca e as inundações que assolam as zonas agrícolas motivam os pequenos agricultores a instalar pequenos reservatórios que coletam água dos tetos das casas em tempos chuvosos, reduzindo a probabilidade para a ocorrência das inundações. A água armazenada nos reservatórios é, posteriormente, utilizada para regar as culturas em tempos secos. Visto que se tornava desafiante para os agricultores identificarem locais geograficamente apropriados para a instalação dos reservatórios segundo as respetivas necessidades em água das áreas aráveis, Opina e Camungao (2020) desenvolveram uma *PWA* que utiliza a ferramenta *Soil and Water Assessment* para identificar locais ideais onde os reservatórios podem ser instalados, calcula a capacidade ideal que esses reservatórios têm de ter, tendo em conta as áreas aráveis que dependem destes, e, por fim, identifica os possíveis ganhos económicos dos agricultores que seguem as recomendações dadas por essa aplicação. É importante realçar que esta aplicação serve apenas como um sistema de recomendações e não permite repertoriar os agricultores e suas plantações nem executa a monitorização das culturas.

Num artigo científico, Eitzinger *et al* (2019) descreveram como recorreram à abordagem das *PWAs* para desenvolver a aplicação *GeoFarmer*, cujos utilizadores são agricultores e investigadores. Esta *PWA* é uma plataforma que monitoriza os sistemas de produção agrícolas e proporciona canais de comunicação entre grupos de agricultores e entre estes e os investigadores dentro de domínios geograficamente pré-definidos na África Oriental e Ocidental e na América Latina. Por meio de *GeoFarmer*, os agricultores partilham, entre si e com os peritos, experiências positivas e negativas decorrentes das diferentes práticas agrícolas e do impacto ambiental sobre as culturas e, como resultado, aprendem um dos outros a melhor forma de gerir as suas culturas e plantações. Por outro lado, a aplicação permite os investigadores georreferenciarem as informações partilhadas pelos agricultores, tornando fácil a intervenção na área onde isso for necessário. A utilização da abordagem das *PWAs* capacita a aplicação a funcionar em modo *offline*. Apesar de georreferenciar as informações partilhadas pelos agricultores, esta aplicação não georreferencia as plantações nem monitoriza as culturas.

A revisão do sucesso destes projetos de desenvolvimento das *PWAs* aplicadas no âmbito da agricultura de precisão suscita o interesse de avaliar as potencialidades das *PWAs* em tornar a cultura do caju numa agricultura de precisão em Moçambique.

3. Desenvolvimento da *Progressive Web App*

Neste capítulo, é apresentado o resumo do desenvolvimento que resultou na implementação do *SisCaju*. O capítulo contém as seguintes seções: metodologia de desenvolvimento (3.1.), análise das necessidades (3.2.), especificação dos requisitos (3.3.), prototipagem da aplicação (3.4.) e, por último, implementação (3.5.).

3.1. Metodologia de desenvolvimento

O desenvolvimento do Sistema de Monitorização das Plantações de Cajueiros (*SisCaju*) seguiu o modelo V do ciclo de vida de desenvolvimento de software, que enfatiza a validade e verificação de cada fase do ciclo de vida do desenvolvimento, antes de passar para a seguinte. É uma extensão do modelo *Waterfall* representado em forma de V, de tal modo que cada fase de desenvolvimento e verificação está intimamente associada a uma fase de teste e validação bem específica (Yadav, 2012).

A Figura 3.1. mostra as fases do ciclo de vida do desenvolvimento que, tendo começado com uma análise das necessidades, terminou com um teste de aceitação do sistema que foi realizado junto dos utilizadores.

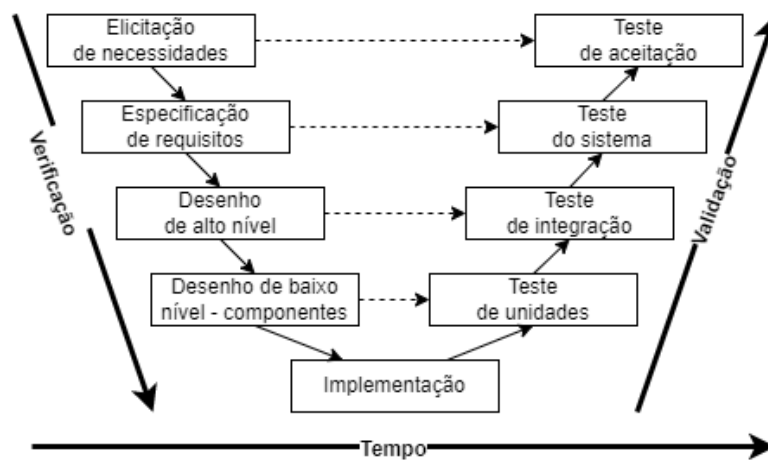


Figura: 3.1: O modelo V de desenvolvimento de *software*

Para transitar de uma fase do ciclo para outra, apresentava-se o que tiver sido realizado, de modo a obter o aval do grupo representativo dos beneficiários da aplicação, antes de passar para a fase

seguinte. Deste modo, envolveu-se os beneficiários deste sistema em todas as fases do ciclo de desenvolvimento.

3.2. Análise das necessidades

A análise das necessidades envolveu uma série de tarefas que permitiram identificar explicitamente os problemas observados no processo de monitorização das plantações de cajueiros e que podem ser solucionados pelo emprego das tecnologias de informação. O protótipo *PWA* desenvolvido no âmbito deste trabalho focou-se principalmente em um conjunto de soluções aos seguintes problemas: (1) o registo e identificação de produtores de caju e suas plantações e (2) a monitorização da variabilidade de alguns fatores que influenciam a produção de cajueiros. Passando à caracterização dos concretos requisitos verificados em contacto com diversos intervenientes, nomeadamente, alguns especialistas e técnicos agrónomos que assistem os produtores de caju, destacou-se as seguintes necessidades:

Registo e identificação de produtores de caju e suas plantações: Em todo o território de Moçambique, existem cerca de 1.4 milhões de famílias cuja principal fonte de rendimento é a cultura de caju. No entanto, são menos de 10% as que são conhecidas e assistidas. O desafio que o IAM, IP e seus parceiros encaram é de não saber exatamente quem são os agricultores que praticam a cultura de caju, onde eles estão localizados, quantos são os que praticam essa cultura para fins comerciais ou de subsistência e quais meios eles usam para praticar essa cultura.

Além disso, a maioria destes agricultores possui parcelas de solo em que são praticadas outras culturas em consorciação com a cultura de caju. Também, a heterogeneidade que caracteriza o cajueiro faz com que os fatores que contribuem ao aumento da produção de um dado cajueiro de uma certa idade não sejam necessariamente os mesmos para outros cajueiros. Por isso, outro desafio que o IAM, IP e seus parceiros encaram é de não saber quantos cajueiros existem em quantas parcelas estendidas, e em quantos hectares, onde estão localizadas essas parcelas, como foram produzidas as mudas plantadas nessas parcelas, quais outras culturas estão praticadas em consorciação com a cultura de caju e quais são as idades dos cajueiros.

Monitorização de plantações de cajueiros: A quantidade e qualidade do caju produzido dependem de diversos fatores endógenos (genéticos) e exógenos (ambientais e fitossanitários) ao cajueiro. Quando o tratamento e acompanhamento do cajueiro são realizados em tempo recomendado e quando são usadas as boas práticas de manejo integrado de caju anualmente, o cajueiro supera as expectativas da produção em termos de quantidade e qualidade.

O desafio que o IAM, IP e seus parceiros encaram é de não saber, primeiro, como providenciar, a todos os agricultores de caju, uma assistência técnica em tempo certo e de acordo com as especificidades de cada grupo de cajueiros que cada agricultor possui, segundo, como estes agricultores implementam as práticas de manejo integrado de caju, terceiro, quais necessidades específicas de cada parcelas de cajueiros em termos de fitossanidade e pesticidas e, por fim, até que ponto determinadas práticas de manejo integrado de caju influenciam a produção dos cajueiros.

Após a identificação das necessidades sentidas pelos potenciais utilizadores, desenhou-se um conjunto de cenários de atividades que forneciam uma visão geral dos principais fluxos de trabalho da aplicação, tornando assim claras as necessidades e expectativas dos utilizadores. E, foi com base desses cenários que se procedeu ao desenho de interface do utilizador. As tabelas 3.1. a 3.3. ilustram o modelo adotado no desenho desses cenários.

Tabela 3.1: Cenário de atividades. Registo de pomar de cajueiros

Cenário 1: Registo de pomar de cajueiros	
Pré-requisitos:	
<ul style="list-style-type: none"> • O utilizador deve estar autenticado com o perfil de ‘Extensionista’ ou ‘Produtor’. • O proprietário do pomar que se pretende registar deve já ter sido registado. 	
1	O utilizador pressiona o botão ‘Pomares’ na barra de navegação da parte inferior da aplicação.
2	O utilizador visualiza lista de pomares e um botão flutuante.
3	O utilizador pressiona o botão flutuante e navega para o ecrã que mostra a lista de produtores.
3	O utilizador pesquisa, pelo nome, o produtor cujo pomar se pretende registar.
4	O utilizador pressiona o item ‘produtor’ encontrado na pesquisa e navega para o formulário de registo de pomar deste produtor.
5	O utilizador introduz dados do pomar e pressiona o botão ‘Registar Pomar’.

Tabela 3.2: Cenário de atividades. Monitorização de pomar de cajueiros

Cenário 2: Monitorização de pomar de cajueiros	
Pré-requisitos:	
	<ul style="list-style-type: none"> • O utilizador deve estar autenticado com o perfil de ‘Extensionista’ ou ‘Produtor’. • O pomar que se pretende monitorizar deve já ter sido registado.
1	O utilizador pressiona o botão ‘Monitoria’ encontrado na barra de navegação da parte inferior da aplicação e navega para o ecrã que apresenta lista de pomares.
2	O utilizador pesquisa, pelo nome do proprietário, o pomar que pretende monitorizar.
3	O utilizador pressiona o botão ‘Monitorar Pomar’ e navega para o ecrã que apresenta lista de parâmetros (limpeza, poda, doenças, pragas, aplicação de fungicidas, aplicação de inseticidas, colheita) que se pretende monitorizar.
3	O utilizador seleciona um parâmetro e navega para o formulário de registo de estado atual do pomar com respeito a esse parâmetro.
4	O utilizador introduz dados do pomar com respeito ao parâmetro escolhido.
5	O utilizador pressiona ‘Registar ‘Salvar’.

Tabela 3.3: Cenário de atividades. Visualização de estado do pomar de cajueiros

Cenário 2: Visualização de estado do pomar de cajueiros	
Pré-requisitos:	
	<ul style="list-style-type: none"> • O utilizador deve estar autenticado com qualquer dos três perfis (Produtor, Extensionista ou Especialista Agrônomo) autorizados. • O pomar de que se pretende visualizar o estado deve já ter sido registado.
1	O utilizador pressiona o botão ‘Monitoria’ encontrado na barra de navegação da parte inferior da aplicação e navega para o ecrã que apresenta lista de pomares.
2	O utilizador pesquisa, pelo nome do proprietário, o pomar de que pretende visualizar o estado.
3	O utilizador pressiona o botão ‘Visualizar o estado do Pomar’ e navega para o ecrã que apresenta o histórico de monitorias realizadas por ano e por cada parâmetro (limpeza, poda, doenças, pragas, aplicação de fungicidas, aplicação de inseticidas e colheita).

A informatização destes e outros cenários desenhados no âmbito do presente trabalho é um passo significativo rumo à introdução da precisão na cultura de caju em Moçambique. Embora haja diversas pilas de tecnologias que poderiam servir para desenvolver este sistema de monitorização

das plantações de cajueiros, optou-se por avaliar as potencialidades das tecnologias designadas “*Progressive Web Apps*” como recurso para essa informatização.

3.3. Especificação dos requisitos do sistema

Além de permitir a identificação de classes de potenciais utilizadores do sistema, a especificação dos requisitos consistiu também em converter as necessidades dos agricultores e agrónomos em requisitos funcionais e não funcionais do sistema.

Tabela: 3.4: As principais classes de utilizadores do *SisCaju*.

#	Classe de utilizadores	Descrição das classes de utilizadores
01	Produtor	O proprietário da plantação de cajueiros sujeita à monitorização.
02	Extensionista	O agrónomo que age em nome do IAM, IP, presta assistência técnica regular ao produtor, realiza a monitorização das plantações cujos proprietários não possuem <i>smartphones</i> .
03	Gestor	O funcionário do IAM, IP que supervisiona as atividades do Extensionista e faz a monitorização remota das plantações.

3.3.1. Requisitos funcionais

Os seguintes requisitos funcionais foram alvo de concordância pelos produtores e agrónomos:

Autenticação e autorização de utilizadores: O sistema deve:

- autenticar utilizadores antes de os conceder acesso às funcionalidades:
 - deve-se captar dados pessoais (nome completo, género, endereço, contacto, *email*, *password*, perfil - produtor, extensionista ou gestor - e uma fotografia), no âmbito de criação de conta de utilizador;
 - deve-se captar o email e password para o login.
- autorizar acesso às funcionalidades por classe de utilizadores.
 - deve-se conceder, aos utilizadores com o perfil de “Produtor”, a permissão de registar produtores e plantações e monitorizar plantações encontrados dentro do posto administrativo em que eles residem;

- deve-se conceder, aos utilizadores com o perfil de “Extensionista”, a permissão de registar produtores e plantações e monitorizar plantações encontrados dentro do distrito em que eles residem;
- deve-se conceder, aos utilizadores com o perfil de “Gestor”, a permissão de monitorizar todas as atividades de todos os extensionistas, registar qualquer produtor ou plantação e monitorizar qualquer plantação.

Registo e classificação de produtores de caju: O sistema deve:

- captar dados pessoais (nome completo, género, endereço, contacto, data e local de nascimento e uma fotografia) de produtores, no âmbito de registo destes.
- classificar produtores em familiar, comercial ou não-classificado
 - deve-se classificar em familiares os produtores cuja área total de suas plantações é inferior ou igual a 5 hectares ou cujas plantações contabilizam até 250 cajueiros;
 - deve-se classificar em comerciais os produtores cuja área total de suas plantações é superior a 5 hectares ou cujas plantações contabilizam mais de 250 cajueiros;
 - deve-se classificar em desconhecidos os produtores cuja área total de suas plantações ou cujo número de cajueiros são desconhecidos.

Registo e classificação de plantações de cajueiros: O sistema deve:

- captar a área em hectares e as culturas consorciadas;
- subdividir a área de cultivo por anos de plantio dos cajueiros, cada subdivisão estando constituída pelo conjunto de cajueiros que têm a mesma idade dentro de uma mesma plantação
 - deve-se captar o número de cajueiros por cada subdivisão, o seu ano de plantio, a área da subdivisão (em hectares), o compasso (densidade), os tipos de mudas usados para plantar esses cajueiros.
- associar cada plantação a seu respetivo proprietário;
- classificar plantações em novas e estabelecidas (antigas)
 - deve-se classificar em “novas” as plantações cuja idade média é inferior ou igual a 5 anos;
 - deve-se classificar em “estabelecidas” (antigas) as plantações cuja idade média é superior a 5 anos;

- captar as coordenadas geográficas das plantações;
- mostrar, num mapa, as plantações por postos administrativos, distritos e províncias.

Monitorização de plantações de cajueiros: O sistema deve:

- monitorizar cada subdivisão de cada plantação, observando a variabilidade de sete (7) fatores distintos, nomeadamente, a limpeza, a poda, as doenças, as pragas, a aplicação dos inseticidas, a aplicação dos fungicidas e a colheita do caju
 - deve-se observar o estado da subdivisão em termos da limpeza feita e, no caso desta não ter sido realizada, recomendar a sua realização em meses apropriados;
 - deve-se observar o estado dos cajueiros em termos da poda e, no caso desta não ter sido feita, recomendar o tipo de poda e um período apropriados para a sua realização;
 - deve-se controlar o surgimento, o grau de severidade e o tipo das doenças de cajueiros e, caso estejam detetadas, recomendar (1) os fungicidas certos segundo o tipo e o grau da severidade da doença detetada e (2) a dose, número de aplicações e datas de aplicações dos fungicidas;
 - deve-se controlar o surgimento, o grau de ataque e o tipo das pragas de cajueiros e, caso estejam detetadas, recomendar (1) os inseticidas certos segundo o tipo e grau de ataque da praga detetada e (2) a dose, número de aplicações e datas de aplicações dos inseticidas;
 - deve-se fazer acompanhamento das aplicações dos pesticidas (fungicidas e inseticidas) e recomendar melhores datas dessas aplicações para cada subdivisão;
 - as quantidades do caju colhido devem ser contabilizadas por subdivisão.
- notificar proprietários, extensionistas e gestores sobre irregularidades detetadas nas plantações;
- mostrar o resumo anual de todas as atividades de monitorização realizadas em cada subdivisão de cada plantação.
- recomendar o produtor ações a tomar, baseando-se nos resultados da monitorização realizada, visando o aumento da produção;
- notificar cada utilizador sobre as atividades indispensáveis cuja não-realização pode impactar negativamente à produção do caju.

3.3.2. Requisitos não-funcionais

Os requisitos não funcionais foram definidos pelo desenvolvedor, tendo em conta o ambiente em que a aplicação seria utilizadas. No que refere estes requisitos não funcionais, o sistema deveria:

- Ser multiplataforma, acessível tanto a partir do navegador web como em dispositivos móveis, tais como os smartphones Android e iOS;
- ser *offline-first*, funcionando em modo *offline* com a mesma experiência do utilizador que em modo *online*;
- ser seguro, fornecendo mecanismos de segurança, autenticação e autorizações por classe de utilizadores;
- ser fácil de usar, trivial, intuitivo para todas as classes de utilizadores;
- proporcionar uma latência aceitável para os pedidos de recursos dos servidores remotos.

3.4. Prototipagem da aplicação

Com o *Figma*⁶ foi produzido um protótipo de alta-fidelidade do *SisCaju*, que ilustrou, por meio de desenhos interativos, as *interfaces* de utilizadores para cada uma das funcionalidades.

As capturas de ecrã (Figura: 3.2.) exemplificam respetivamente as *interfaces* que alistam produtores do distrito de Mogovolas, plantações registadas no mesmo distrito e o formulário de registo de plantação associada a um produtor fictício denominado “Ernesto Marcos”.

No topo de cada ecrã, foi adicionada uma barra de cabeçalho que exibe a imagem do utilizador já autenticado, indica o distrito deste utilizador, e disponibiliza os ícones interativos para pesquisas de informação. Ao pressionar um ícone para pesquisas referentes aos produtores, o utilizador tem a possibilidade de pesquisar produtores por nomes ou por categoria (familiar, comercial ou categoria desconhecida).

De igual modo, ao pressionar um ícone para pesquisas sobre as plantações, o utilizador pode pesquisar plantações novas ou antigas, plantações monitorizadas ou não monitorizadas num determinado período do tempo ou plantações em estado de fitossanidade satisfatória ou não-satisfatória.

⁶ { <https://www.figma.com/> } visitado em 20 de novembro de 2021

Na parte inferior de cada ecrã, existe uma barra de navegação que permite navegar de uma agregação de funcionalidades para outra. A barra possui quatro (4) botões que representam as quatro principais agregações de funcionalidades: Meu Painel, Monitoria, Produtores e Plantações.

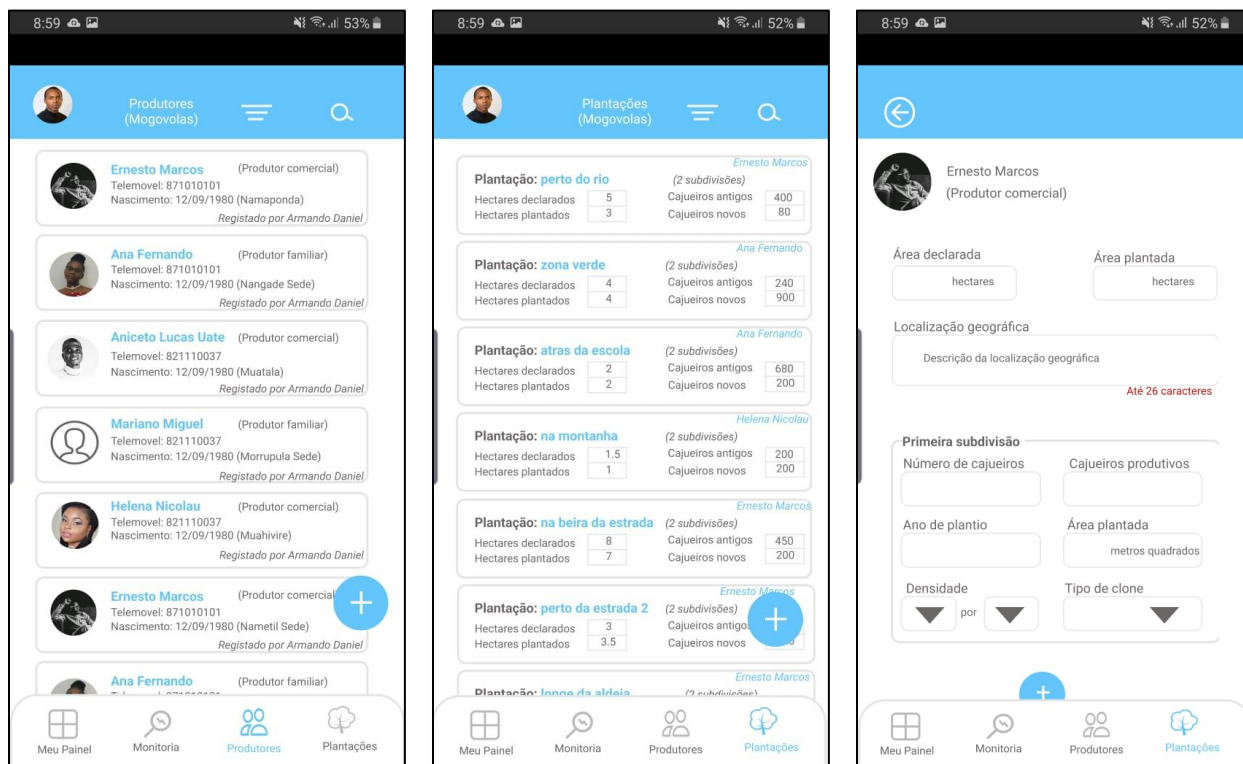


Figura: 3.2: Os exemplos de *interfaces* de utilizadores desenhadas com o *Figma*.

O botão “Meu Painel” navega o utilizador para as funcionalidades que dizem respeito ao seu perfil e à gestão das atividades que realiza. O botão “Monitoria” proporciona funcionalidades sobre a monitorização de pomares, a notificação das irregularidades observadas, a visualização de todas as atividades realizadas nas plantações e a recomendação de ações que visam o aumento da produção dos cajueiros. Os botões “Produtores” e “Plantações” dão acesso a funcionalidades referentes a produtores e plantações respetivamente.

3.5. Implementação

A implementação desta aplicação envolveu a tomada de uma série de decisões no que refere a abordagem no desenho arquitetural e a escolha de tecnologias adequadas. Esta seção do presente

trabalho apresenta a arquitetura e as tecnologias usadas para implementar esse sistema de monitorização de plantações.

3.5.1 Arquitetura do SisCaju

No que tange a arquitetura do *SisCaju*, privilegiou-se a simplicidade no desenvolvimento, razão pela qual adotou-se a arquitetura monolítica, que é uma arquitetura simples e que permite desenvolver uma aplicação como uma unidade composta por três componentes principais, nomeadamente, a interface de utilizador (*front-end*), o servidor *Web* (*back-end*) e uma base de dados.

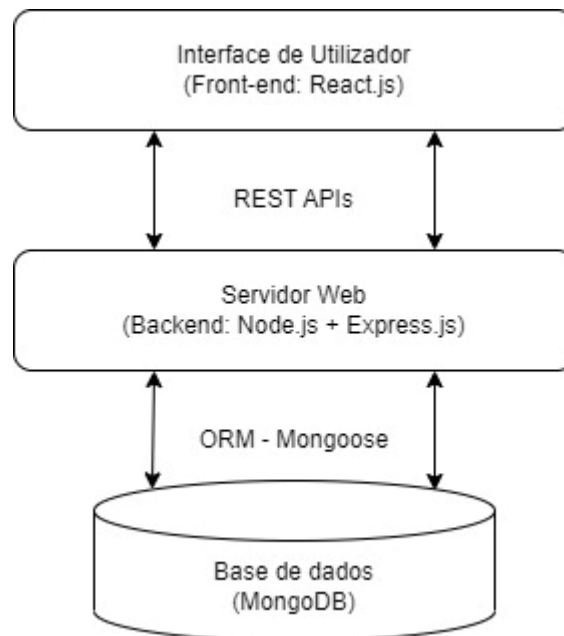


Figura 3.3: Arquitetura monolítica do SisCaju

A figura 3.3 ilustra de forma simplificada a arquitetura usada para implementar o SisCaju: a interface de utilizador é responsável por lidar com as interações do utilizador com a aplicação, como entrada de dados e exibição de resultados; o servidor *Web* é a lógica da aplicação e é responsável pelo processamento de dados de entrada e execução das regras de negócios; e, por fim, a base de dados que cuida do armazenamento e recuperação de dados.

A mesma figura mostra os padrões usados para implementar a comunicação entre os três referidos componentes da arquitetura: por um lado, foram desenhadas APIs, seguindo o estilo arquitetural

REST⁷ (REpresentational State Transfer), que viabilizam a comunicação e troca de dados em formato JSON⁸ entre a interface de utilizador e o servidor *Web*. Por outro lado, recorreu-se à biblioteca *mongoose* para implementar, de forma fácil e intuitiva, a interação entre o servidor *Web* e a base de dados.

3.5.1. Tecnologias e ferramentas para o desenvolvimento do SisCaju

Quanto às tecnologias, a necessidade de desenvolver uma aplicação simultaneamente móvel e *Web* a partir de um mesmo código-fonte motivou a escolha das seguintes tecnologias:

React.js⁹: é uma biblioteca de *JavaScript* vocacionada a criar *Interfaces* de Utilizadores (*UI*), baseando-se nos componentes. Pode ser usada como base para desenvolver *Single-Page Application (SPA)*¹⁰, aplicações móveis com *React Native* ou “*Server-Rendered Applications*” com *Next.js*.

Material UI¹¹: é uma biblioteca de componentes pré-definidos e personalizáveis para uma aplicação *front-end* criada com *React.js*. Foi usada para flexibilizar o desenvolvimento de diversos componentes de *UI* em *React.js*.

Redux Toolkit¹²: é um conjunto de ferramentas usado para simplificar o desenvolvimento de *Redux*. Inclui mecanismos de criação e gestão de armazenamento de estados da aplicação *front-end*. Foi usada em combinação com *React.js*.

Node.js¹³: é um ambiente de execução de *JavaScript server-side*. Permite criar aplicações que *JavaScript* para executar como uma aplicação *standalone* em uma máquina, não dependendo de um navegador para a execução.

⁷ { <https://restfulapi.net/> } visitado em 09 de novembro de 2022.

⁸ { <https://www.json.org/json-en.html> } visitado em 09 de novembro de 2022.

⁹ { <https://reactjs.org/> } visitado em 12 de janeiro de 2022.

¹⁰ { <https://www.outsystems.com/glossary/what-is-single-page-application/> } visitado em 9 de novembro de 2022.

¹¹ { <https://mui.com/> } visitado em 12 de janeiro de 2022.

¹² { <https://redux-toolkit.js.org/> } visitado em 13 de fevereiro de 2022.

¹³ { <https://nodejs.org/en/> } visitado em 20 de janeiro de 2022.

Express.js¹⁴: é um *framework* de *Node.js*, que proporciona funcionalidades que simplifica e flexibiliza a criação de servidores web com *Node.js*. Foi usado para criar o servidor *web* por cima de *Node.js*.

MongoDB¹⁵: é uma plataforma de sistemas de bases de dados orientadas a documentos. É classificada como um sistema de base de dados *NoSQL* que usa documentos com formato similar ao de *JSON*.

Mongoose¹⁶: é uma biblioteca de programação orientada a objetos de *JavaScript* que permite criar a conexão entre a base de dados criada em *MongoDB* e o ambiente de *Node.js*, simplificando a modelação e geração de *schemas* de dados para as bases de dados orientadas a documentos. Foi usada para modelar e gerar *schemas* de documentos, conectar o servidor web à *mongoDB* e simplificar as operações de *CRUD* (*create, read, update & delete*).

Heroku¹⁷: é uma plataforma que serve para hospedar nas nuvens e tornar acessível ao público aplicações desenvolvidas. Foi usada para hospedar e tornar o *SisCaju* acessível ao público a partir de um domínio de nome.

MongoDB Atlas¹⁸: a plataforma que serve para hospedar, gerir e tornar acessível uma base de dados criada em *MongoDB*. Foi usada para hospedar a base de dados para o *SisCaju*.

3.5.2. Apresentação do *SisCaju*

Para o efeito de avaliação das potencialidades das PWAs, a versão 1.0 da aplicação desenvolvida inclui diversas funcionalidades que satisfazem alguns requisitos especificados anteriormente, tendo sido deixado como trabalho futuro o desenvolvimento das outras funcionalidades. A apresentação das funcionalidades desenvolvidas numa tabela consistirá em alistar, por cada funcionalidade, o que concretamente a aplicação faz e ou que ela ainda não faz:

¹⁴ { <https://expressjs.com/> } visitado em 20 de janeiro de 2022.

¹⁵ { <https://www.mongodb.com/> } visitado em 01 de fevereiro de 2022.

¹⁶ { <https://mongoosejs.com/docs/> } visitado em 01 de fevereiro de 2022.

¹⁷ { <https://www.heroku.com/> } visitado em 12 de fevereiro de 2022.

¹⁸ { <https://www.mongodb.com/atlas/database> } visitado em 12 de fevereiro de 2022.

Autenticação e autorização: graças a esta funcionalidade, cada utilizador é obrigado a criar uma conta e escolher o seu perfil, antes de obter acesso a demais funcionalidades da aplicação. Para cada nova sessão, o utilizador que já possui uma conta é obrigado a fazer o *login* com as suas credenciais de acesso (endereço eletrónico e senha) para voltar a obter acesso às funcionalidades referentes a seu respetivo perfil. No que refere a autenticação e autorização de utilizadores, a tabela 3.5. descreve, na primeira coluna, o que a aplicação faz e, na segunda, o que não faz. Para ilustrar o desenvolvido desta funcionalidade, a figura 3.2. destaca a interface da respetiva funcionalidade.

Tabela: 3.5: A funcionalidade de autenticação e autorização de utilizadores

Autenticação e autorização de utilizadores	
<i>O que a aplicação faz</i>	<i>O que a aplicação não faz</i>
<ul style="list-style-type: none"> • criação de conta de utilizador; • iniciar sessão (<i>login</i>) de utilizador com <i>email</i> e <i>password</i>; • terminar sessão (<i>logout</i>) de utilizador; • escolha de um entre os 3 perfis de utilizadores (Produtor, Extensionista, Gestor). 	<ul style="list-style-type: none"> • recuperação e alteração de password; • confirmação do endereço email; • autorizações por perfil de utilizador; • captura de fotografia do utilizador via câmara do smartphone; • mostrar/apagar/alterar dados do utilizador.

Os ecrãs na figura 3.4. mostram que um utilizador já registado pode fazer o *login* por introduzir o seu endereço eletrónico e senha. Caso seja um novo utilizador, ele deve criar uma conta, fornecendo dados necessários e escolhendo um dos três perfis (Extensionista, Gestor e Produtor) de utilizadores.

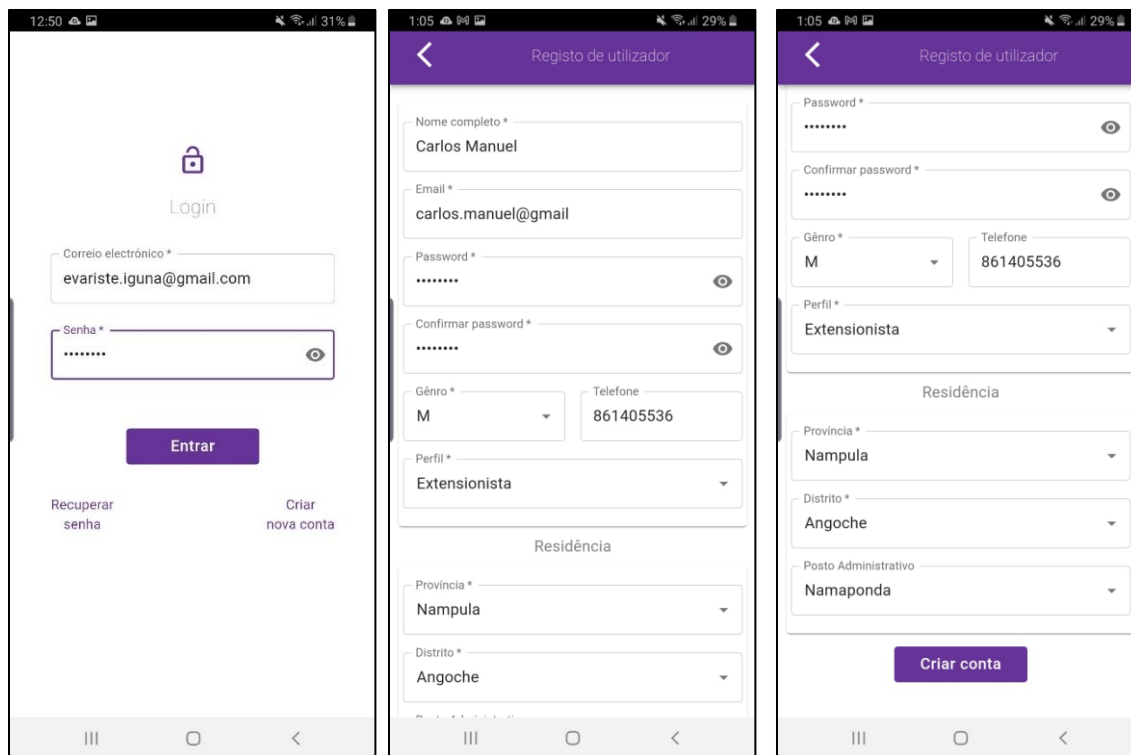


Figura: 3.4: Os exemplos da *interface* de autenticação de utilizador

Registo e classificação de produtores de caju: esta funcionalidade permite captar, visualizar, numa lista ou individualmente, dados de produtores por seu distrito e província de residência e categorizá-los em produtores familiares, comerciais ou de categoria desconhecida. A categorização de produtores baseou-se em número de cajueiros ou área em hectares cujo cada produtor é proprietário: são produtores familiares os que possuem menos de 250 cajueiros e/ou uma área inferior a 5 hectares, comerciais os proprietários de um número de cajueiros superior a 250 e/ou de áreas superior a 5 hectares.

Por outro lado, os produtores não categorizados são os que ainda não têm informação sobre os seus cajueiros e/ou área de cultivo adicionada no sistema. A tabela 3.6. apresenta, na primeira coluna, o que foi desenvolvida e, na segunda, o que será desenvolvida posteriormente. Para ilustrar essa funcionalidade, a figura 3.5. mostra alguns ecrãs de registo e visualização de dados de produtores.

Tabela: 3.6: A funcionalidade de registo e classificação de produtores de caju

Registo e classificação de produtores de caju	
O que a aplicação faz	O que a aplicação não faz
<ul style="list-style-type: none"> • registo de um novo produtor; • classificação de produtor em familiar, comercial ou categoria desconhecida; • mostrar lista de produtores por distrito e por província; • mostrar dados pessoais de cada produtor. 	<ul style="list-style-type: none"> • captura de fotografia do produtor via câmara do smartphone; • apagar/alterar dados do produtor.

A figura 3.5. ilustra alguns ecrãs da interface de utilizadores referente a esta funcionalidade de registo e classificação de produtores. O primeiro ecrã apresenta o formulário de registo permite captar dados pessoais de produtor, tais como nome, género, data e lugar de nascimento, endereço e contacto telefónico, o segundo alista produtores por distrito (no caso deste ecrã, os produtores são do distrito de Angoche) e o último mostra dados pessoais de um produtor já registo (no caso deste ecrã, são dados da produtora familiar Dina Elias).

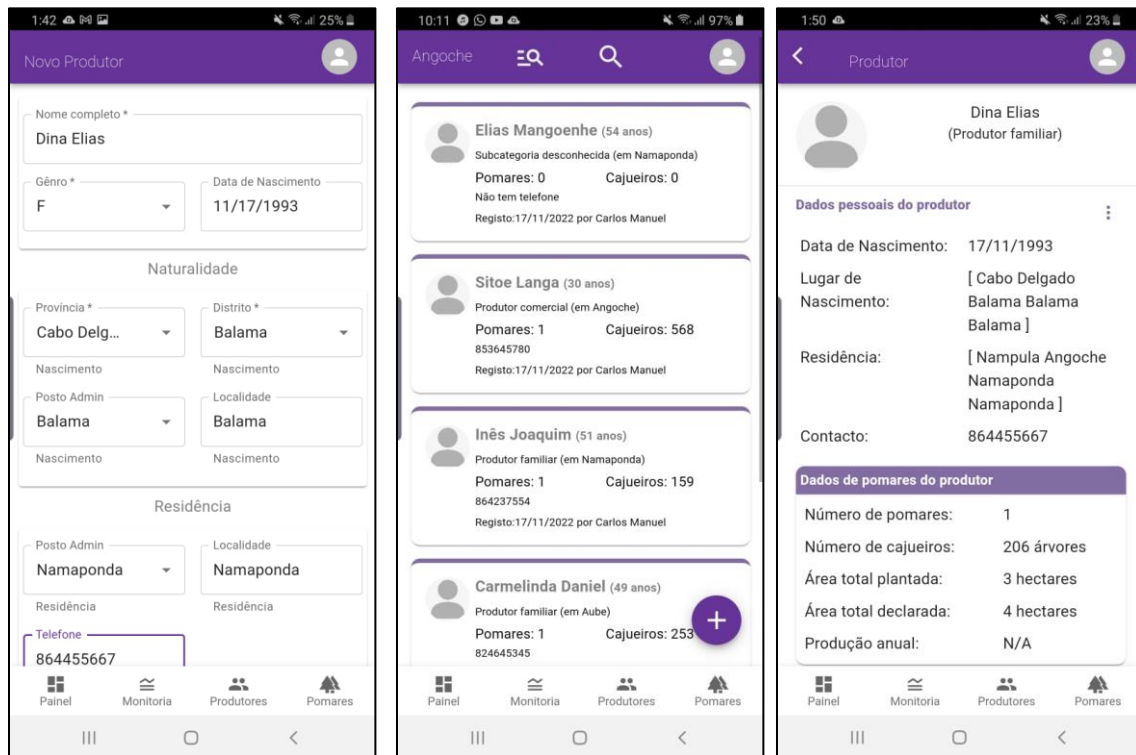


Figura: 3.5: Os exemplos da interface de registo de produtor

Registo e classificação de plantações de cajueiros: por meio desta funcionalidade, a aplicação permite registar plantações, associando-as a seus respectivos proprietários. As plantações são registadas por ano de plantio de seus cajueiros e classificadas em novas ou antigas segundo a idade de seus cajueiros. São plantações novas as cuja idade de cajueiros é inferior ou igual a 3 e antigas as restantes. A tabela 3.7. apresenta, na primeira coluna, o que a presente versão da aplicação faz e, na segunda, o que ainda não faz. A figura 3.6. ilustra a interface de utilizadores desta funcionalidade.

Tabela: 3.7: A funcionalidade de registo e classificação de plantações de cajueiros

Registo e classificação de plantações de cajueiros	
<i>O que a aplicação faz</i>	<i>O que a aplicação não faz</i>
<ul style="list-style-type: none"> ● registo de uma nova plantação; ● subdivisão da plantação por grupos de cajueiros que têm mesma idade; ● classificação de plantação em nova ou antiga (estabelecida); ● mostrar lista de plantações por distrito e por província; ● associar plantações a respetivos proprietários; ● mostrar dados de cada plantação. 	<ul style="list-style-type: none"> ● cálculo da área a partir de pontos extremos da plantação; ● apagar/alterar dados da plantação; ● georreferenciação das plantações num mapa.

A figura 3.6. apresenta três ecrãs referentes a funcionalidade de registo e classificação de plantações. No primeiro ecrã, é apresentado o formulário de registo de plantação da produtora Dina Elias. Este formulário permite captar dados, tais como a área em hectares, as culturas consorciadas ao de caju, o ano de plantio, o número de cajueiros, o compasso (distância, em metros, entre os cajueiros) e o tipo de plantas utilizado (mudas enxertadas, sementes locais ou policlonais). O segundo ecrã mostra, numa lista, as plantações registadas num determinado distrito (neste caso, do distrito de Angoche) e o terceiro ecrã mostra dados referentes a uma das plantações do produtor comercial Siteo Langa.

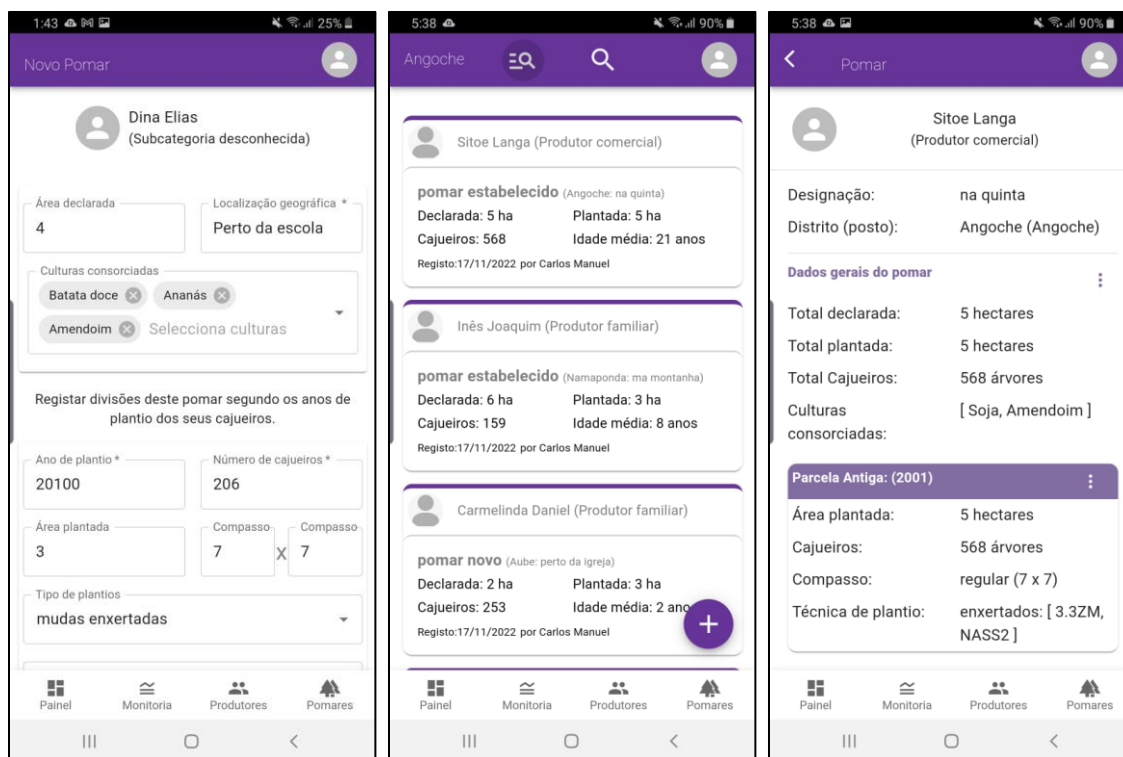


Figura: 3.6: Os exemplos da interface de registo de plantações

Monitoria de plantações de cajueiros: esta funcionalidade permite o utilizador observar a variabilidade dos fatores que influenciam a produção de cajueiros, nomeadamente, a limpeza, a poda, a doenças, as pragas, a aplicação de inseticidas e de fungicidas e a quantidade de caju colhido.

Deste modo, a aplicação funciona como um sistema de recomendação que, baseando-se no estado em que se encontra uma determinada plantação, no que refere a limpeza, poda, doenças, pragas e aplicação de inseticidas e fungicidas, recomenda ao produtor ações específicas, consequentes e pontuais a tomar atempadamente, visando a mitigação do impacto negativo que pode ser causado pela variação destes fatores em certos cajueiros de uma plantação. Por cada fator, a aplicação sugere um período do ano mais recomendado em que deve ser tomada uma ação.

Caso uma ação referente a um determinado fator não tenha sido ou tenha sido parcialmente tomado no período recomendado, a aplicação alerta o utilizador e sugere uma ação alternativa que o proprietário da plantação deve tomar para minimizar o impacto que este incumprimento das recomendações pode causar na produção de cajueiros.

No caso da limpeza, a aplicação sugere os meses do ano ideais para sachar a plantação. Caso não tenha sido realizada a limpeza nos meses recomendados, a aplicação alerta o utilizador e sugere uma ação alternativa, que visa mitigar o impacto que a falta de realização de sacha pode causar na produção de cajueiros.

A tabela 3.8. descreve, na primeira coluna, o que a aplicação faz e, na segunda, o que ela não faz. Do mesmo modo, a figura 3.7. ilustra alguns ecrãs da interface de utilizadores referente a esta funcionalidade.

Tabela: 3.8: A funcionalidade de monitorização de plantações de cajueiros

Monitorização de plantações de cajueiros	
<i>O que a aplicação faz</i>	<i>O que a aplicação não faz</i>
<ul style="list-style-type: none"> • monitorização subdivisões da plantação; • controlo da variabilidade da subdivisão no que toca limpeza, poda, doenças, pragas, aplicação dos pesticidas, e quantidade do caju colhido; • apresentação do resumo das atividades anuais ocorridas numa plantação; • recomendação de ação a tomar baseando-se no estado atual da plantação. 	<ul style="list-style-type: none"> • notificação quando detetadas irregularidades numa plantação; • controlo da variabilidade da qualidade do caju colhido.

A figura 3.7. mostra três dos ecrãs desenvolvidos para a funcionalidade de monitoria de plantações de cajueiros. O primeiro ecrã mostra os parâmetros cuja variabilidade é observada (limpeza, poda, pragas, inseticidas, doenças, fungicidas e colheita).

O segundo exhibe o relatório anual das atividades realizadas nesta determinada plantação e o estado desta no que refere os parâmetros em observação. Por fim, o terceiro ecrã mostra as mensagens de recomendação das ações que devem ser tomadas para manter alto o nível de produção dos cajueiros desta plantação.

As funcionalidades desenvolvidas na versão 1.0 desta aplicação permitiram avaliar as potencialidades das PWAs em responder à necessidade sentida de aplicar os princípios da agricultura de precisão no contexto da cultura de caju em Moçambique.

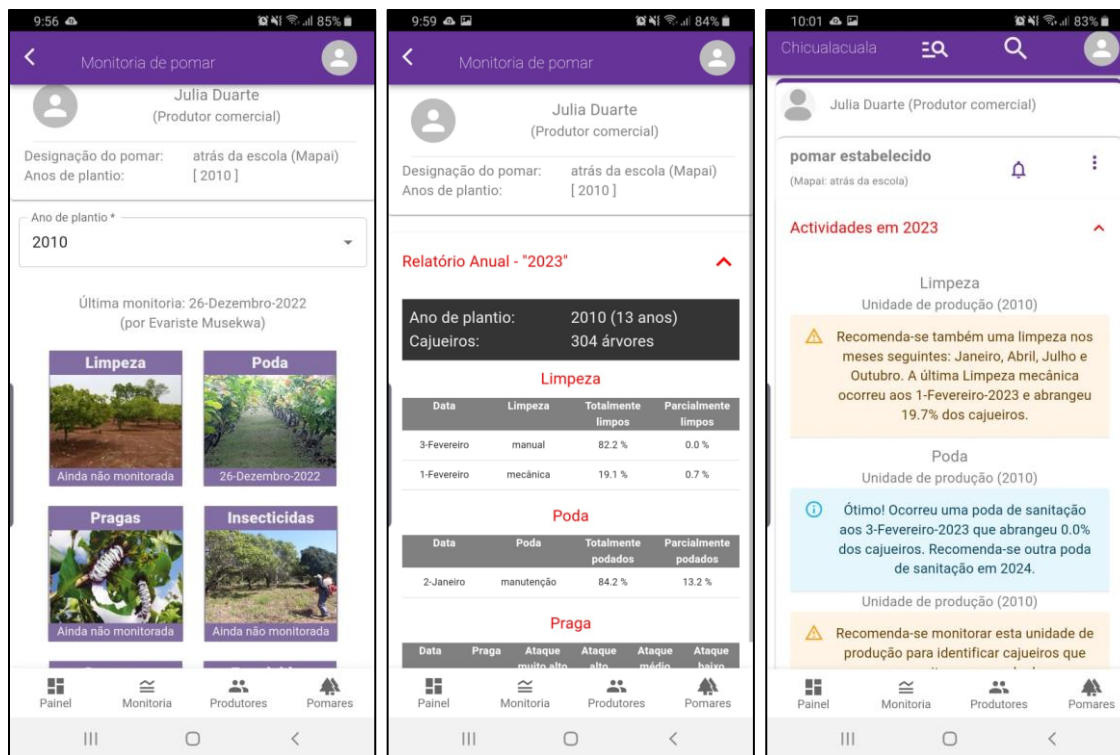


Figura: 3.7: Os exemplos da interface de monitorização de plantações de cajueiros

O esforço investido no desenvolvimento foi compensado pela obtenção de uma aplicação que regista agricultores e suas plantações, observa a variabilidade dos fatores que influenciam a produção e, baseando-se nessa variabilidade, recomenda ações suscetíveis a promover o nível de produção dos cajueiros.

A implementação ao nível do código-fonte mereceu uma diligência ao criar, conforme os requisitos especificados, os modelos de dados (*data schemas*) com a *mongoose*, uma aplicação *back-end* com a *Node.js* e *Express.js*, e uma *front-end* com a *React.js*.

As figuras abaixo contêm trechos de código-fonte criados em cada um dos três componentes da aplicação.

Os modelos de dados:

Para cada recurso de dados, desenhou-se um modelo (*schema*) com respetivas propriedades. Para ilustrar, considera-se o *schema* do pomar (*Farmland*) com as suas propriedades (Tabela 3.9).

Tabela: 3.9: As propriedades do *schema* do Pomar

Modelo de dados do Pomar (<i>Farmland</i>)		
Propriedades	Tipo de dados	Descrição
label	String	Descrição sobre a localização do pomar
declaredArea	Number	Área (em hectares) informada pelo proprietário do pomar
actualArea	Number	Área real resultante da soma das áreas das divisões
totalTrees	Number	Número total dos cajueiros
geocoordinates	Object	Coordenadas (latitude e longitude)
interCrops	[String]	Lista das culturas consociadas
farmlandType	String	Tipo de pomar (novo ou antigo)
divisions	[Object]	Lista de divisões do pomar (segundo os anos de plantio dos cajueiros)
plantingTechniques	Object	Tipos de plantas usados (mudas enxertadas, sementes policlonais)
farmer	Farmer	Relacionamento <i>one-to-many</i> (um agricultor para muitos pomares)
createdAt	Date	Data do registo
modifiedAt	Date	Data da última atualização do pomar

O *schema* do recurso “Pomar” tem a propriedade ‘*divisions*’, que refere a uma lista de objetos. Cada objeto nesta lista representa uma divisão (bloco) de cajueiros da mesma idade. O trecho de código-fonte na figura 3.8. abaixo mostra as propriedades da divisão. Em relação ao pomar, as divisões estão num relacionamento *one-to-many*, visto que um pomar pode ter uma ou mais divisões.

```
// . . .
const farmlandsSchema = mongoose.Schema({
  // . . .
  divisions: [{
    trees: Number, // o número de cajueiros desta divisão
    sowingYear: Number, // o ano de plantio
    plantedArea: Number, // a área em hectares
    spacing: { // o compasso (densidade) dos cajueiros
      x: Number,
      y: Number,
      category: { // o compasso pode ser 'regular' ou 'irregular'
```

```

    type: String,
    enum: {
      values: ["regular", "irregular"],
      message: "{VALUE} não é uma categoria permitida",
    },
    default: function () {
      if (this.spacing.x && this.spacing.y && this.spacing.x === this.spacing.y)
        { return "regular"; }
      else { return "irregular"; }
    },
  },},
  plantingTechniques: { // o tipo de plantas (mudas enxertadas ou sementes)
    seedling: String,
    grafting: [String], // caso sejam mudas enxertadas, deve-se indicar os clones
  },
  createdAt: {type: Date, default: Date.now, },
},],
// . . .
});

```

Figura 3.8: Código-fonte. Trecho do *schema* do pomar

O *schema* do “Pomar” tem também, entre outras, a propriedade “actualArea” que refere a área (em hectares) obtida da soma das áreas (hectares) das divisões do pomar. O trecho de código-fonte na figura 3.9. mostra o algoritmo usado para calcular a área real de cada pomar.

```

// . . .
const farmlandsSchema = mongoose.Schema({
  // . . .
  actualArea: {
    type: Number,
    default: function () {
      // obter a soma de todas as áreas (em hectares) das divisões do pomar,
      // caso este pomar já tenha uma divisão de cajueiros registada
      if (this.divisions && this.divisions.length) {
        let plantedAreas = this.divisions.map((division)=> division.plantedArea);
        plantedAreas = plantedAreas.filter((area) => !isNaN(area));
        if (plantedAreas.length === 0) { return 0; }
        // retornar a soma das áreas
        return plantedAreas.reduce(function (acc, el) { return acc + el; }, 0);
      }
      else { return 0; }
    },
  },
},
);

```

```
// . . .
});
```

Figura 3.9: Código-fonte. Trecho de um algoritmo dentro do *schema* do pomar

As APIs da aplicação

Para a comunicação entre a interface de utilizador e a *back-end*, desenhou-se as *APIs* REST por cada recurso de dados. Considera-se, na tabela 3.10 abaixo, as *APIs* desenhado para transferir recursos de dados referentes aos pomares.

Tabela: 3.10: Os *URLs* e métodos para os recursos do Pomar

Recursos de dado do Pomar (<i>Farmland</i>)		
URL	Método	Descrição
/farmlands	POST	Criar um pomar
	GET	Ler todos os pomares
/farmlands/:farmlandId	GET	Ler o pomar (com identificado por <i>farmlandId</i>)
	PATCH	Atualizar o pomar (com identificado por <i>farmlandId</i>)
	DELETE	Eliminar o pomar (com identificado por <i>farmlandId</i>)
/farmlands/:farmlandId/divisions	POST	Criar uma divisão de cajueiros do pomar
	GET	Ler as divisões de cajueiros do pomar
	PATCH	Atualizar uma divisão de cajueiros do pomar
	DELETE	Eliminar uma divisão de cajueiros do pomar

O trecho de código-fonte na figura 3.10 mostra as *APIs* desenhadas para solicitar recursos referentes aos pomares, confirme foi descrita na tabela 3.10 acima.

```
// . . .
router
  .route("/farmlands")
  .post(protect, addFarmland) // criar novo pomar
  .get(protect, getFarmlands); // Ler todos os pomares

router
  .route("/farmlands/:farmlandId")
```

```

.get(protect, getFarmlandById) // Ler o pomar com id "farmlandId"
.patch(protect, updateFarmland) // atualizar o pomar
.delete(protect, deleteFarmland); // eliminar o pomar

router
.route("/farmlands/:farmlandId/divisions")
.post(protect, addDivision) // criar uma divisão do pomar com id "farmlandId"
.get(protect, getDivisions) // ler as divisões
.patch(protect, updateDivision) // atualizar uma divisão
.delete(protect, deleteDivision); // eliminar uma divisão
//. . .

```

Figura 3.10: Código-fonte. Trecho das APIs da aplicação

A cada API, foi associada uma função que executa sempre que o servidor receber uma requisição de recurso no respetivo *URL*. Para ilustrar, o trecho de código-fonte na figura 3.11. mostra a função que executa sempre que uma requisição *HTTP* do cliente (interface de utilizador) corresponde com o *URL* `"/farmlands/:farmlandId/divisions"` e a ação (método) *POST*.

```

//@desc: adicionar uma nova divisão de cajueiros dum pomar já registado
//@route: (POST) /farmlands/:farmlandId/divisions
const addDivision = asyncHandler(async (req, res) => {
  // o recurso de dados obtem-se do corpo (body) da requisição HTTP
  // o farmlandId é um parâmetro passado no URL
  const { body, params: { farmlandId } } = req;
  if (!farmlandId) {
    res.status(400);
    throw new Error("Deve especificar o 'farmlandId' do pomar");
  }
  // Recupera-se o pomar a que se pretende adicionar a divisão
  let farmland = await Farmland.findById(ObjectId(farmlandId));
  // determina-se o compasso da divisão (regular ou irregular)
  let spacing = categorizeSpacing(body.spacing);
  body.spacing["category"] = spacing;

  // adiciona-se a nova divisão ao pomar
  farmland.divisions.push(body);
  // . . .
  // atualiza-se o número total dos cajueiros do pomar
  if (farmland?.divisions?.length > 0 && body.trees) {
    let trees = farmland.divisions.map((division) => division.trees);
    // soma-se o número de cajueiros
    farmland.totalTrees = trees.reduce((ac, el) => ac + el, 0);
  }
});

```

```

    // . . .
  }
  // total real da área (soma das áreas de todas as divisões)
  let actualAreas = farmland.divisions.map((division) => division.plantedArea);
  farmland.actualArea = actualAreas.reduce((ac, el) => ac + el, 0);
  // . . .
  // atualiza-se o tipo de pomar (novo ou antigo)
  if (new Date().getFullYear() - Math.floor(averageSowingYear) >= 5) {
    farmland.farmlandType = "pomar estabelecido";
  } else if (new Date().getFullYear() - Math.floor(averageSowingYear) < 5) {
    farmland.farmlandType = "pomar novo";
  }
  // salva-guarda-se o pomar com a nova divisão
  await farmland.save();
  // retorna-se o resultado em formato JSON
  return res.status(200).json(farmland);
});

```

Figura 3.11: Código-fonte. Trecho da função executada para adicionar uma divisão do pomar

4. Resultados

Neste capítulo, são apresentados os resultados da investigação realizada. Após o desenvolvimento da versão 1.0 do *SisCaju*, foi envolvido um grupo de 31 utilizadores, dos quais 21 são agricultores e produtores de caju, espalhados em três províncias (Cabo Delgado, Nampula e Zambézia) de Moçambique, 5 são técnicos agrónomos designados “extensionistas”, que assistem tecnicamente os produtores de caju e 5 especialistas agrónomos que supervisionam as atividades destes. Cada um destes criou uma conta no *SisCaju* e assumiu um respetivo perfil de utilizadores, antes de testar a aplicação por registar produtores de caju e suas respetivas plantações, simular a monitorização, variando os valores referentes aos fatores de produção de caju considerados e, por fim, visualizar as recomendações emitidas pela aplicação, baseando-se nas variações dos valores desses fatores.

Depois do teste da aplicação, seguiu a etapa da coleta das impressões dos utilizadores mediante um questionário.

As seguintes secções constituem o capítulo: análise de dados do inquérito (4.1.); análise de dados da entrevista (4.2.); e argumentação final (4.3.).

4.1. Análise de dados do inquérito

O inquérito visava colher dados que permitissem compreender a avaliação que cada utilizador tinha feito da aplicação *PWA* desenvolvida.

4.1.1. Questionário sobre a Experiência de Utilizadores

O questionário para a Experiência de Utilizadores descreve a avaliação que os utilizadores fazem de um produto interativo. É um questionário que permite flexibilizar a coleta de dados quantitativos necessários para a avaliação da experiência de utilizadores (Laugwitz, 2008).

Foi criado um [questionário](#)¹⁹ que, de seguida, foi partilhado a trinta e um respondentes, que participaram do teste da aplicação. Dos 31 respondentes, conta-se 21 agricultores distribuídos em três províncias (Cabo Delgado, Nampula e Zambézia) que apresentam o maior índice de produção de caju em Moçambique, 5 técnicos agrónomos designados “extensionistas” e 5 especialistas agrónomos.

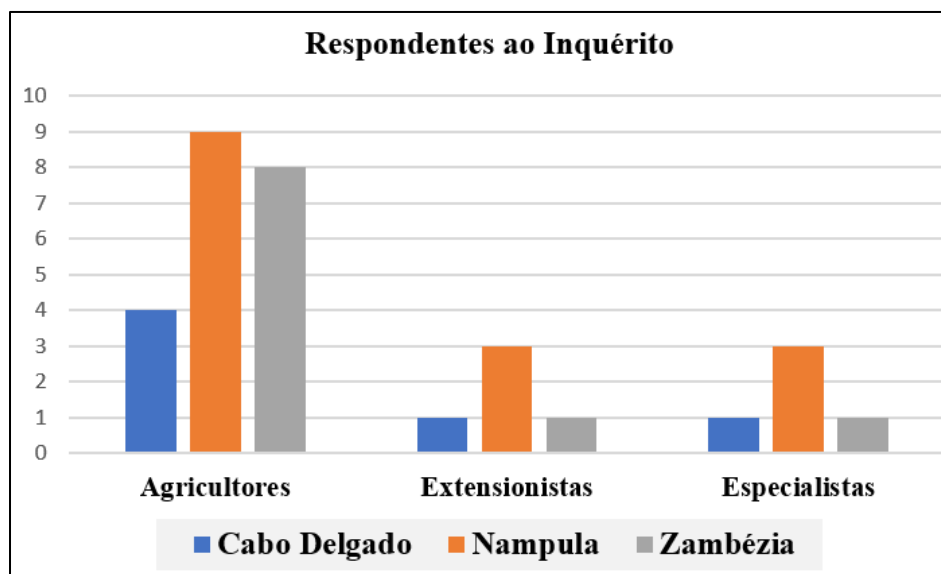


Figura: 4.1: Os respondentes ao inquérito por província e perfil

O questionário foi usado como instrumento para coletar o *feedback* e expectativas dos respondentes no que refere a utilização do *SisCaju*. A elaboração deste questionário baseou-se no padrão da versão portuguesa do Questionário para a Experiência de Utilizadores (*UEQ*)²⁰, que envolve vinte e seis itens de perguntas agrupados em seis escalas de *UEQ* seguintes: *Atratividade*, *Transparência*, *Eficiência*, *Controlo*, *Estimulação* e *Inovação*.

Na Figura 4.2, a “*Atratividade*” é a escala globalizante da impressão que o respondente ao questionário tem relativamente ao produto avaliado. Ela determina o quão o respondente gosta do produto. As escalas classificadas em qualidades pragmáticas (*Transparência*, *Eficiência* e *Controlo*) representam as impressões dos respondentes no que diz respeito os aspetos clássicos da usabilidade do sistema, tais como a eficiência, a satisfação, a aprendabilidade e a memorabilidade.

¹⁹ { https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeluZhx66YH4SEUP_hCVmM_pPNs0s02m-5hZtIRert9HBikMw/viewform } visitado em 08 de fevereiro de 2023.

²⁰ { <https://www.ueq-online.org/> } visitado em 20 de junho de 2022.

Por outro lado, as qualidades hedônicas (*Estimulação* e *Inovação*) traduzem o sentimento dos respondentes relativamente à experiência de utilizador que o sistema proporciona.



Figura: 4.2: A estrutura das escalas de UEQ (Schrepp, 2019)

As respostas aos itens de cada escala determinaram a impressão de cada respondente no que refere o uso do *SisCaju*. A Tabela 4.1. apresenta as 6 escalas em que estão distribuídos os 26 itens do questionário. Cada escala comunica uma impressão específica do respondente (Schrepp, 2019):

- *A atratividade*: é a impressão global do respondente sobre o produto e que determinou se os respondentes gostaram do *SisCaju*, partindo da perceção segunda a qual o produto é amigável e atraente;
- *Transparência*: é a impressão relativa à aprendibilidade e que determinou se os respondentes se familiarizaram facilmente com o *SisCaju* e se era fácil aprender a utilizá-lo;
- *Eficiência*: é a impressão relativa ao esforço do utilizador do produto e que determinou se, usando o *SisCaju*, os respondentes realizaram as suas tarefas sem ter de fornecer esforços desnecessários, tomando em consideração o facto de que a *interface* de utilizadores parecia organizada;

- *Controlo*: é a impressão relativa à dependabilidade e que determinou se os respondentes tiveram o controlo das funcionalidades durante a sua interação com o SisCaju, considerando o facto que o fluxo de trabalho era previsível e correspondia às expetativas dos utilizadores;
- *Estimulação*: é impressão que determinou se os respondentes se sentiram animados e entusiasmados ao usar o *SisCaju*;
- *Inovação*: é o juízo de valor emitido pelos utilizadores relativamente à originalidade do produto e que determinou se os respondentes julgaram o *SisCaju* como um produto inovativo e criativo que despertava o interesse.

Tabela: 4.1: O agrupamento dos 26 itens do inquérito por cada escala de *UEQ*

Escalas	Itens
Atratividade	- Agradável <> Desagradável - Bom <> Mau - Desinteressante <> Atrativo - Incómodo <> Cómodo - Atraente <> Feio - Simpático <> Antipático
Transparência	- Incompreensível <> Compreensível - De fácil aprendizagem <> De difícil aprendizagem - Desinteressante <> Atrativo - Incómodo <> Cómodo
Eficiência	- Rápido <> Lento - Ineficiente <> Eficiente - Impraticável <> Prático - Organizado <> Desorganizado
Controlo	- Imprevisível <> Previsível - Obstrutivo <> Condutor - Seguro <> Inseguro - Atende às expetativas <> Não atende às expetativas
Estimulação	- Valioso <> Sem valor - Aborrecido <> Motivante - Desinteressante <> Interessante - Desmotivante <> Motivante - Simpático <> Antipático
Inovação	- Criativo <> Sem Criatividade - Original <> Convencional - Comum <> Vanguardista - Conservador <> Inovador

As 6 escalas de avaliação das impressões do utilizador de um produto interativo.
(Schrepp, 2019)

As vinte e seis perguntas (itens) foram formuladas segundo a escala de *Likert* com opções de 1 a 7. Cada item era constituído por um par de opostos relativos à impressão que o respondente teve ao testar o *SisCaju*. Como forma de expressar uma opinião sobre um conceito, o respondente tinha de marcar um dos sete círculos (opções) que representassem as graduações (na escala de *Likert*) entre as propriedades opostas (Figura: 4.3.).

Figura: 4.3: O exemplo de item numa Escala de *Likert*

A etapa da coleta de opiniões foi concluída quando trinta e uma (31) pessoas que testaram o *SisCaju* responderam ao questionário.

Para analisar as opiniões e impressões dos respondentes, utilizou-se a ferramenta com folhas de cálculo disponível a partir da hiperligação <https://www.ueq-online.org>²¹ e identificada pelo nome da pasta comprimida “*Data Analysis Tool*”, dentro da qual encontra-se o ficheiro *UEQ_Data_Analysis_Tool_Version10.xlsx*. Este ficheiro contém várias folhas de cálculo com modelos de tabelas, gráficos e técnicas úteis para facilitar a análise de opiniões dos respondentes ao questionário *UEQ*.

A análise de dados iniciou com a transcrição manual de respostas de cada respondente para a folha de cálculo designada *Data* encontrada na ferramenta *UEQ_Data_Analysis_Tool_Version10.xlsx*. Em seguida, essa ferramenta produziu automaticamente os resultados da análise apresentados.

As respostas dos participantes, colectadas usando a escala de *Likert* de 1 a 7, foram convertidas numa escala correspondente de -3 a +3, de tal modo que, se um dado participante marcasse o valor 1 na escala de *Likert* de 1 a 7, isso corresponderia ao valor -3 após a conversão. Do mesmo modo, o respondente que tivesse marcado 7 para uma dada pergunta teria a sua resposta convertida para

²¹ { <https://www.ueq-online.org/> } visitado em 20 de junho de 2022.

o valor +3. Na mesma ordem de ideia, o valor 4 na escala de *Likert* corresponderia ao valor 0 (Tabela: 4.2.).

Tabela: 4.2: A conversão dos valores da escala de *Likert* (Adaptado de Schrepp, 2019)

Valor na escala de <i>Likert</i>	Valor correspondente
1	-3
2	-2
3	-1
4	0
5	1
6	2
7	3

Na escala entre -3 (*Mau*) e +3 (*Excelente*), a interpretação padrão das médias de cada escala de *UEQ* segue a seguinte convenção (Schrepp, 2019):

- representa uma avaliação positiva o valor da média superior a 0.8 (> 0.8);
- representa uma avaliação neutra o valor da média entre -0.8 e 0.8;
- representa uma avaliação negativa o valor da média inferior a -0.8 (< -0.8).

Após a transcrição manual de respostas do inquérito, seguiram três etapas de análise: primeira, a validação de dados que consistiu em determinar a validade e fiabilidade das respostas obtidas; segunda, a interpretação de resultados tanto por item (pergunta) quanto por escala de *UEQ* (grupo de perguntas que determinam uma mesma qualidade); e, por fim, o *benchmarking*, que permite determinar se a experiência de utilizadores que proporciona o SisCaju é aceitável, quando comparada à experiência de utilizadores de outros produtos interativos já avaliados.

No que diz respeito ao *benchmarking*, o produto avaliado foi classificado em cinco (5) categorias (por cada escala de *UEQ*), tomando como referência os intervalos de *benchmark* para as escalas de *UEQ* apresentados na Tabela 4.3:

- *Excelente (Excellent)*: caso, por uma dada escala de *UEQ*, o produto obtiver uma avaliação que o posiciona entre os 10% dos melhores resultados no *benchmark*;
- *Bom (Good)*: caso, por uma dada escala de *UEQ*, cerca de 10% dos resultados no *benchmark* estiverem melhores e cerca 75% dos mesmos resultados estiverem piores que a avaliação atribuída ao produto;
- *Acima da média (Above average)*: caso, por uma dada escala de *UEQ*, cerca de 25% dos resultados no *benchmark* estiverem melhores e cerca de 50% dos resultados no *benchmark* estiverem piores que a avaliação atribuída ao produto;
- *Abaixo da média (Below average)*: caso, por uma dada escala de *UEQ*, cerca de 50% dos resultados no *benchmark* estiverem melhores e 25% dos resultados no *benchmark* estiverem piores que a avaliação atribuída ao produto;
- *Mau (Bad)*: caso, por uma dada escala de *UEQ*, o produtor obtiver uma avaliação que o posiciona entre os 25% dos piores resultados no *benchmark*.

Tabela: 4.3: A classificação do produto comparado ao *benchmark*

Escalas	Atrativ.	Eficiên.	Transp.	Contro.	Estimu.	Inovaç.
Excelente	≥ 1.75	≥ 1.78	≥ 1.9	≥ 1.65	≥ 1.55	≥ 1.4
Bom	≥ 1.52 < 1.75	≥ 1.47 < 1.78	≥ 1.56 < 1.9	≥ 1.48 < 1.65	≥ 1.31 < 1.55	≥ 1.05 < 1.4
Acima da média	≥ 1.17 < 1.52	≥ 0.98 < 1.47	≥ 1.08 < 1.56	≥ 1.14 < 1.48	≥ 0.99 < 1.31	≥ 0.71 < 1.05
Abaixo da média	≥ 0.7 < 1.17	≥ 0.54 < 0.98	≥ 0.64 < 1.08	≥ 0.78 < 1.14	≥ 0.5 < 0.99	≥ 0.3 < 0.71
Mau	< 0.7	< 0.54	< 0.64	< 0.78	< 0.5	< 0.3

Os intervalos de classificação do produto interativo para cada uma das 6 escalas de *UEQ* (Schrepp, 2019)

4.1.2. Validação de dados do inquérito

A ferramenta *UEQ* proporciona diversos mecanismos de validação de respostas coletadas. No âmbito deste inquérito, a validação dos dados coletados consistiu em detetar respostas

inconsistentes que podem afetar a fiabilidade dos resultados. A inconsistência de respostas pode ter sido causada pelo facto de alguns respondentes terem dado respostas aleatoriamente e sem a devida seriedade ou pelo facto de outros terem sido equivocados quanto aos conceitos reais de certos itens.

Dos 31 respondentes na folha de cálculo designada “*Inconsistencies*”, os respondentes 1, 2, 17 e 28 interpretaram mal os conceitos de itens da escala “*Eficiência*”. No entanto, este equívoco é tão insignificante que não afeta a fiabilidade de todas as restantes respostas dadas por eles.

Por outro lado, a má-interpretação de perguntas pelos respondentes 5, 16 e 22 ocorreu em itens de até 3 escalas de UEQ (caso dos respondentes 5 e 16) e 4 escala de UEQ (caso do respondente 22), tendo isso afetado seriamente a fiabilidade das respostas dadas por eles (Tabela: 4.4).

Tabela: 4.4: Os participantes com respostas inconsistentes

Respondente	Escalas de UEQ com respostas inconsistentes						
	Atractividade	Transparência	Eficiência	Controlo	Estimulação	Inovação	Crítico ?
1			1				1
2			1				1
5		1	1			1	3
16	1	1				1	3
17			1				1
22	1	1		1	1		4
28			1				1

Na tabela 4.4, pode-se notar que os itens da escala “*Atratividade*” foram mal-interpretados pelos respondentes 16 e 22; os da “*Transparência*” pelos 5, 16 e 22; os da “*Eficiência*” pelos 1, 2, 5, 17 e 28; os das escalas “*Controlo*” e “*Estimulação*” foram mal-interpretado pelo respondente 22; e os da “*Inovação*” pelos respondentes 5 e 16.

Para salvaguardar a consistência e fiabilidade dos resultados, as respostas dos respondentes 5, 16 e 22 foram excluídas da análise, pois as inconsistências nelas detetadas são suscetíveis a afetar negativamente a confiança dos resultados. Após a exclusão das respostas destes três (3) respondentes, a análise prosseguiu com as respostas dos restantes 28 respondentes.

4.1.3. Interpretação de dados do inquérito

As 28 respostas validadas e agrupadas em respectivas escalas indicaram que, globalmente, o *SisCaju* proporciona uma experiência de utilizadores aceitável. O agrupamento das respostas é visível na tabela 4.5 onde cada escala é identificada por uma determinada cor. Nessa tabela, a cor roxa representa a escala “Atratividade”, a oliva-verde-escura a “Transparência”, a de ouro a “Inovação”, a vermelho-escura a “Estimulação”, a cerceta o “Controlo” e a azul-acinzentada a “Eficiência”.

Por outro lado, nota-se na mesma tabela (4.5) que o valor atribuído a cada item é simbolizado por uma seta e classificado em um dos três segmentos do intervalo [-3, 3]. Cada segmento deste intervalo é representado por uma color e orientação específicas da seta. A classificação dos itens no intervalo [-3, 3] segue o seguinte padrão:

- Os itens cujos valores são superiores 0.8 foram avaliados positivamente e são representados pela seta verde-escura orientada para cima;
- Os itens cujos valores estão dentro do segmento entre 0.8 e -0.8, isto é, inferior ou igual a 0.8 e superior ou igual -0.8, foram dados uma avaliação neutra e são representados pela seta amarelo-escura orientada para direita;
- Os itens cujos valores são inferiores a -0.8 foram avaliados negativamente e são representados pela seta vermelha orientada para baixo.

Segundo essa tabela (4.5), os 26 itens do questionário foram predominantemente avaliados positivamente, conforme indicam as setas verde-escuras e orientadas para cima na tabela 4.5. Desta avaliação positiva, destacam-se os itens 2, 7 e 8 (vide tabela 4.5) que poderiam ter representado uma impressão excessivamente positiva dos respondentes, caso pertencessem a uma mesma escala de *UEQ*. No entanto, a mesma tabela indica que estes três itens pertencem a escalas diferentemente, nomeadamente, “Transparência” no caso do item 2, a “Estimulação” no caso do item 7 e o “Controlo” no caso do item 8.

Tabela: 4.5: Os resultados por item

Item	Mean	Variance	Std. Dev.	No.	Left	Right	Scale
1	↑ 1.8	0.7	0.9	28	Desagradável	Agradável	Atractividade
2	↑ 2.0	0.6	0.7	28	Incompreensível	Compreensível	Transparência
3	↑ 1.8	0.7	0.8	28	Criativo	Sem criatividade	Inovação
4	↑ 1.9	0.7	0.8	28	De Fácil aprendizagem	De difícil aprendizagem	Transparência
5	↑ 1.9	0.4	0.6	28	Valioso	Sem valor	Estimulação
6	↑ 1.6	0.9	1.0	28	Aborrecido	Excitante	Estimulação
7	↑ 2.0	0.5	0.7	28	Desinteressante	Interessante	Estimulação
8	↑ 2.0	0.9	0.9	28	Imprevisível	Previsível	Controlo
9	↑ 1.1	2.4	1.5	28	Rápido	Lento	Eficiência
10	↑ 1.7	1.1	1.1	28	Original	Convencional	Inovação
11	↑ 1.9	0.6	0.8	28	Obstrutivo	Condutor	Controlo
12	↑ 1.9	0.6	0.8	28	Bom	Mau	Atractividade
13	↑ 1.9	0.7	0.8	28	Complicado	Fácil	Transparência
14	↑ 1.8	0.8	0.9	28	Desinteressante	Atrativo	Atractividade
15	↑ 1.5	0.9	1.0	28	Comum	Vanguardista	Inovação
16	↑ 1.7	0.9	0.9	28	Incômodo	Cômodo	Atractividade
17	↑ 1.3	1.0	1.0	28	Seguro	Inseguro	Controlo
18	↑ 1.9	0.9	1.0	28	Motivante	Desmotivante	Estimulação
19	→ 0.6	1.5	1.2	28	Atende as expectativas	Não atende as expectativas	Controlo
20	→ 0.6	0.7	0.8	28	Ineficiente	Eficiente	Eficiência
21	→ 0.6	1.1	1.0	28	Evidente	Confuso	Transparência
22	→ 0.7	1.1	1.0	28	Impraticável	Prático	Eficiência
23	↑ 1.1	2.9	1.7	28	Organizado	Desorganizado	Eficiência
24	↑ 1.9	0.5	0.7	28	Atraente	Feio	Atractividade
25	→ 0.5	1.4	1.2	28	Simpático	Antipático	Atractividade
26	→ 0.2	0.9	1.0	28	Conservador	Inovador	Inovação

Por outro lado, os itens 19, 20, 21, 22, 25 e 26 destacam-se por terem obtido uma avaliação neutra, pois as suas médias incidiram dentro do intervalo entre -0.8 e 0.8.

Agrupados por escala de *UEQ*, os itens proporcionam as médias por escala, que permitem interpretar melhor as impressões dos respondentes. Das 6 escalas do *UEQ*, a “Eficiência” obteve uma avaliação neutra (Tabela: 4.6.), o que subentende que, para os respondentes, o *SisCaju* não dá explicitamente a impressão de possuir uma *interface* de utilizadores organizada ao ponto de o utilizador não ter de fornecer esforços desnecessários para resolver as suas tarefas.

Tabela: 4.6: As médias e respetivas variâncias das escalas de *UEQ*

Atractividade	↑ 1.595	0.48
Transparência	↑ 1.589	0.50
Eficiência	→ 0.214	1.05
Controlo	↑ 1.429	0.65
Estimulação	↑ 1.857	0.42
Inovação	↑ 1.295	0.49

No entanto, é patente a avaliação excessivamente positiva atribuída à escala “*Estimulação*” (Tabela 4.6 a e Figura 4.4.), o que permite inferir que, na perspetiva dos respondentes, o fluxo de trabalho proporcionado pelo *SisCaju* motiva, anima, entusiasma os seus utilizadores.

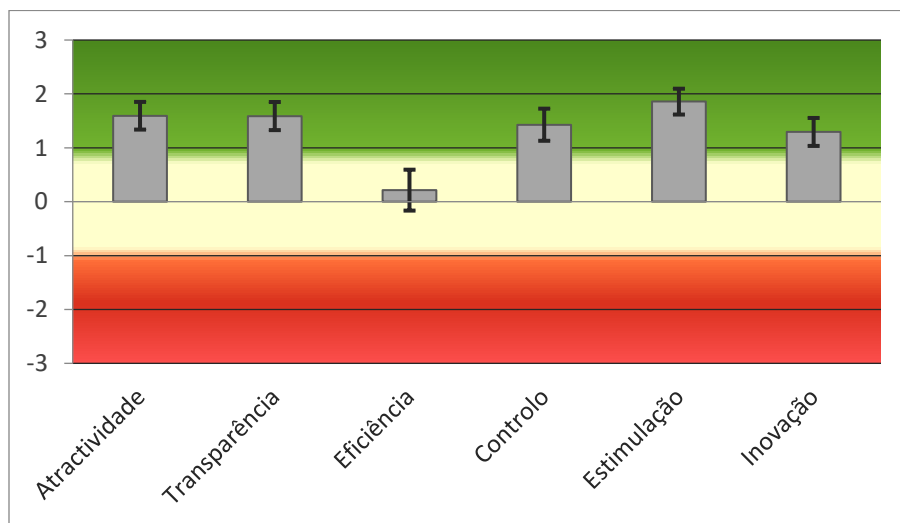


Figura: 4.4: As médias das escalas com respetivas margens de erro

Classificadas em atratividade, qualidades pragmáticas e hedónicas, as escalas avaliadas a partir de seus respetivos itens permitem ainda entender e interpretar melhor as impressões dos respondentes.

Tabela: 4.7: As médias por conjunto de qualidades

Qualidades pragmáticas e hedônicas	
Atractividade	1.60
Qualidade Pragmática	1.08
Qualidade Hedônica	1.58

A Tabela 4.7. e o Figura 4.5. apresentam as médias por cada conjunto de qualidades. No que refere a atratividade, os respondentes avaliaram positivamente o *SisCaju*, tendo isso significado que eles gostaram deste sistema de monitorização; quanto à usabilidade (qualidades pragmáticas) e a experiência de utilizador (qualidades hedônicas), o sistema foi também avaliado positivamente.

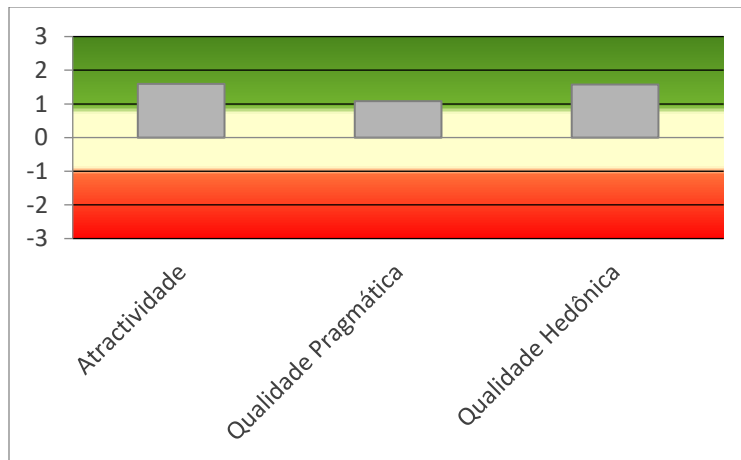


Figura: 4.5: As médias por conjunto de qualidades

4.1.4. Benchmarking

Para compreender a experiência proporcionada pelo *SisCaju*, o resultado da sua avaliação foi comparado aos de outros produtos interativos anteriormente avaliados. Esta comparação designa-se “*Benchmarking*”.

No caso do presente estudo, o resultado da avaliação foi comparado a um conjunto de 468 outros resultados de estudos que envolveram um total de 21175 respondentes do questionário de *UEQ* para diferentes tipos de produtos interativos. Destes, consta a *Halodoc app*, que é uma aplicação móvel para a saúde, que permite os seus utilizadores protegerem-se contra a perda de seus

potenciais recursos de rendimentos a favor de Halodoc, que é uma das empresas que usa a *Internet* para prover serviços de saúde. É uma aplicação com funcionalidades tais como a marcação de consulta médicas virtuais, e a compra virtual de medicamentos. Esta aplicação é um dos 468 produtos interativos que compuseram o *benchmarking* e na base do qual foi avaliado o *SisCaju*.

Relativamente a esses resultados, o *SisCaju* foi avaliado conforme apresentam a Tabela 4.8 e a Figura 4.6.

Tabela: 4.8: O resultado de comparação do *SisCaju* ao *benchmark*

Escala	Média	Comparação ao benchmark	Interpretação
Atractividade	1.60	Bom	10% dos melhores resultados, 75% dos piores resultados
Transparência	1.59	Acima da média	25% dos melhores resultados, 50% dos piores resultados
Eficiência	0.21	Mau	No intervalo dos 25% dos piores resultados
Controlo	1.43	Acima da média	25% dos melhores resultados, 50% piores resultados
Estimulação	1.86	Excelente	No intervalo dos 10% dos melhores resultados
Inovação	1.29	Bom	10% dos melhores resultados, 75% dos piores resultados

Quanto à “*Estimulação*”, o *SisCaju* foi classificado com a menção “*Excelente*”, o que significa que este produto proporciona uma experiência que entusiasma e anima, de igual modo que os 10% dos melhores resultados do *benchmark*.

Por outro lado, nota-se que, relativamente à “*Eficiência*”, o *SisCaju* encontra-se entre os 25% dos piores produtos, dando a perceber que este produto apresenta uma *interface* que a maioria dos utilizadores julgou ser menos organizada.

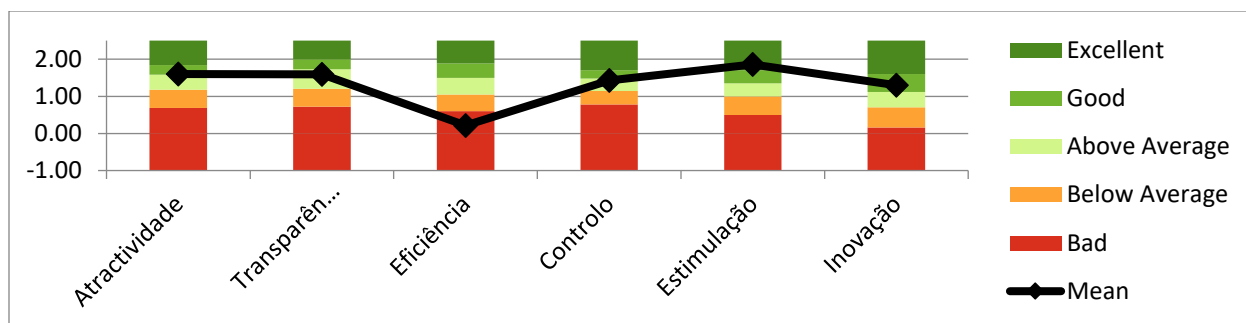


Figura 4.6: O resultado da comparação do *SisCaju* ao *benchmark*

4.2. Análise de dados da entrevista

Depois de responder ao questionário, cada respondente era contactado para participar duma entrevista que visava colher opiniões adicionais sobre a adequação da abordagem tomada para a introdução da precisão na cultura de caju. A entrevista era constituída por quatro grupos de itens sobre as vantagens de usar o *SisCaju* e o grau de importância das tarefas que a aplicação permite realizar (Tabelas 4.10, 4.11, 4.12, 4.13).

Todos os itens da entrevista tinham um mesmo modelo de respostas que consistia em atribuir uma percentagem entre 0 e 100% a cada item. Em seguida, cada percentagem de cada item era classificada em um dos 4 “quartis” (Q1, Q2, Q3 e Q4) que compõem os intervalos de percentagem constituídos. Por cada intervalo, era passado o número de respondentes que atribuíssem ao respetivo item uma percentagem que estivesse simultaneamente superior à percentagem mais baixa e inferior ou igual à percentagem mais alta do referido intervalo. A Tabela 4.9. descreve os quatro intervalos (quartis) considerados, com respetivas menções: nota-se, por exemplo, que o respondente, que atribuísse a um dado item uma percentagem simultaneamente superior ou igual a 0 e inferior ou igual a 25, era contado entre os respondentes que teriam avaliado que, no que referisse aquele item, o *SisCaju* merecia uma menção de inferior.

Tabela: 4.9: Os intervalos das percentagens com respetivas menções

Quartil	Intervalo em %	Menção	Descrição
Q1	[0, 25]	Inferior	≥ 0 e ≤ 25
Q2]25, 50]	Mediana	> 25 e ≤ 50
Q3]50, 75]	Superior	> 50 e ≤ 75
Q4]75, 100]	Máxima	> 75 e ≤ 100

O primeiro e segundo grupos de itens (Tabelas 4.10 e 4.11) permitiram obter as opiniões dos entrevistados sobre as vantagens e desvantagens de usar o *SisCaju* para monitorizar plantações de cajueiros.

As respostas aos quatro itens do primeiro grupo (Tabela: 4.10.) destacaram que o *SisCaju* é mais vantajoso porque é multiplataforma. Referindo-se ao item 4 que toca este aspeto do sistema, todos os 31 entrevistados avaliaram o sistema com a menção de máximo.

Ademais, 83.9% dos entrevistados atribuíram a menção de superior ao item 3 por terem julgado que a funcionalidade de recomendação tornava o *SisCaju* mais vantajoso. Importa salientar que o item sobre a flexibilização do monitoramento das atividades de limpeza, poda, aplicação de pesticidas, rastreio da severidade das pragas e doenças foi avaliado diversamente, com uma menção de mediano atribuída por 58.1% dos respondentes.

Também, nota-se que 22.6% dos respondentes avaliaram o item 1 do grupo 1 com a menção de máximo, enquanto os restantes 77.4% deram a menção superior.

Os resultados do primeiro grupo de itens da entrevista deram a perceber que muitos utilizariam o *SisCaju* para monitorizar as plantações de cajueiros porque (1) é um sistema compatível com diversas plataformas, nomeadamente, *Android*, *iOS*, *Windows*, *MacOS* e *Web*; (2) tem a funcionalidade de recomendação confiável e (3) simplifica o processo de registo de produtores e plantações.

Tabela: 4.10: Grupo 1. As vantagens de usar o *SisCaju* para monitorizar plantações de cajueiros

Item	Vantagens de usar o <i>SisCaju</i> para monitorizar plantações de cajueiros (31 respondentes)	Porcentagem				
		0%	25%	50%	75%	100%
1	Simplifica o processo de registo e identificação dos produtores e suas plantações.				24	7
2	Flexibiliza o monitoramento das atividades de limpeza, poda, aplicação de pesticidas, rastreio da severidade das pragas e doenças.		6	18	7	
3	Recomenda ações que visam melhorar a produção.				26	5
4	É compatível com diversas plataformas, tais como <i>Android</i> , <i>iOS</i> , <i>Windows</i> , <i>MacOS</i> e <i>Web</i> .					31

O segundo grupo dos itens da entrevista (Tabela: 4.11) visava perceber as desvantagens de usar o *SisCaju* no processo de monitorização das plantações. Todos os respondentes apontaram o facto de o sistema estar dependente da *Internet* para funcionar, tendo o item referente a este aspeto sido avaliado com a menção de máximo.

Foi também apontado o facto de o sistema ter informatizado apenas algumas atividades de entre muitas que ocorrem no âmbito da monitorização. A este item 2, 80.6% dos entrevistados atribuíram a menção de máximo.

Tabela: 4.11: Grupo 2. As desvantagens de usar o *SisCaju* para monitorizar plantações de cajueiros

Item	Desvantagens de usar o <i>SisCaju</i> para monitorizar plantações de cajueiros (31 respondentes)	Porcentagem				
		0%	25%	50%	75%	100%
1	É dependente da <i>Internet</i> para ser usado.					31
2	Digitaliza apenas algumas atividades que ocorrem no âmbito da monitorização das plantações de cajueiros.				6	25
3	Traz grandes mudanças do modo de realizar a monitorização.			23	7	1
4	Exige uma certa literacia no manuseio das tecnologias de informação.			6	25	

Os resultados do segundo grupo da entrevista fazem entender que muitos desistiriam de utilizar o *SisCaju* porque este (1) no estado atual de desenvolvimento ainda funciona apenas quando o dispositivo é conectado à rede da *Internet*; (2) informatiza apenas algumas em detrimento de outras

atividades realizadas no âmbito da monitorização das plantações; (3) falta um manual de utilizador adaptado aos utilizadores com um nível baixo de literacia em tecnologias de informação.

O terceiro e quarto grupos de itens da entrevista (Tabelas: 4.12 e 4.13) permitiram colher as opiniões dos entrevistados sobre o grau de importância que o *SisCaju* tem relativamente às tarefas que permite realizar.

No que diz respeito ao terceiro grupo, a aplicação foi avaliada com uma menção de máximo por todos os entrevistados no que refere a autenticação dos utilizadores. Por outro lado, o item referente ao registo e identificação de produtores e suas plantações obteve uma menção de superior por 7 entrevistados, enquanto 24 outros deram a menção de máximo. A recomendação também foi avaliada positivamente.

Tabela: 4.12: Grupo 3. As tarefas mais importantes que o *SisCaju* faz

Item	Tarefas mais importantes	Percentagem				
		0%	25%	50%	75%	100%
1	Autenticação dos utilizadores					31
2	O registo e identificação de produtores e suas plantações.				7	24
3	A recomendação das boas práticas que visam melhorar a produção.				26	5
4	O controlo das atividades dos produtores no que refere limpeza, poda, aplicação dos pesticidas, doenças, pragas e colheita.			18	13	

De uma maneira geral, os itens do terceiro grupo permitiram entender que os entrevistados atribuem uma grande importância às funcionalidades de (1) autenticação de utilizadores; (2) registo e identificação de produtores e suas plantações; (3) recomendação das boas práticas que contribuem à melhoria da produção; e (4) controlo das atividades de limpeza, poda, aplicação dos pesticidas e deteção das doenças e pragas.

Por fim, foi importante notar que, na perspetiva dos entrevistados, nenhuma tarefa realizada pelo *SisCaju* foi julgada ser menos importante (Tabela: 4.13).

Tabela: 4.13: Grupo 4: As tarefas menos importantes que o *SisCaju* faz

Item	Tarefas menos importantes	Porcentagem				
		0%	25%	50%	75%	100%
1	Nenhuma					31

4.3. Discussão

Os resultados tanto do inquérito como da entrevista analisados indicaram que, globalmente, as *Progressive Web Apps* são uma alternativa para digitalização dos processos de monitorização das plantações de cajueiros em Moçambique.

Os respondentes ao questionário exprimiram impressões encorajadoras que revelaram aspetos que precisavam ser melhorados. Baseando-se nas respostas aos itens da escala de ‘*Estimulação*’ que foram avaliados retumbantemente positivos com a menção “*Excelente*”, ficou claro que o *SisCaju* é, para os produtores de caju e agrónomos que os assistem, um sistema valioso, interessante cuja utilização motiva. Esta expressão de impressões positivas dos respondentes justificaria o esforço de tornar o *SisCaju* numa ferramenta que flexibilizaria completamente a realização das atividades de monitorização das plantações em Moçambique.

Quanto à atratividade e inovação, a avaliação obteve a menção “*Bom*”, o que, na prática significa, que, em termos de aparência e originalidade, o *SisCaju* deverá melhorar ainda a fim de obter uma classificação “*Excelente*” futuramente. Essa melhoria passa pela adição de funcionalidades ultra-inteligentes.

No que respeita a “*Transparência*” e o “*Controlo*”, o *SisCaju* foi classificado “*Acima da média*”, que, em termos de aprendabilidade e predictibilidade do fluxo de trabalho, será necessário realizar uma pesquisa de Experiência e *Interface* de Utilizador (*UX/UI*) que permita produzir um desenho de interfaces visualmente auto-explicativas e informativas que combinem textos, imagens e infografias para o grupo-alvo de utilizadores com pouca literacia em tecnologias de informação.

Por fim, verificou-se que os itens da escala “*Eficiência*” obtiveram uma avaliação negativa com a classificação qualitativa de “*Mau*”. Concretamente, significa que a *interface* de utilizadores não pareceu estar organizada e/ou que o sistema aparentava reagir com uma certa medida de lentidão.

Mas, o facto de existir alguns respondentes que avaliaram desproporcionalmente os itens desta escala pode significar que estes respondentes foram equivocados quanto aos reais significados dos conceitos referentes a itens desta escala.

Para corroborar os resultados do inquérito, os da entrevista permitiram entender mais explicitamente aspetos que devem ser melhorados em termos das funcionalidades do sistema. Ficou evidente que o grau de aceitabilidade pelos potenciais utilizadores aumentaria, caso o sistema:

- se dotasse de uma base de dados embutida que a tornaria funcional mesmo quando a conexão à rede da *Internet* fosse comprometida;
- permitisse realizar todas as atividades da monitorização das plantações;
- tivesse uma interface intuitiva adaptada aos utilizadores com nível baixo de literacia em tecnologias de informação.

5. Conclusão

Para responder à pergunta: “Como as *Progressive Web Apps* proporcionam uma solução digital para a monitorização das plantações de cajueiros no norte de Moçambique?”, elaborou-se o presente trabalho, que é o resultado de uma pesquisa exploratória sobre as potencialidades das *Progressive Web Apps* e enquadramento aplicacional no processo de introdução da precisão na cultura de caju em Moçambique.

Por meio de um estudo de caso que envolveu a pesquisa tanto documental quanto bibliográfica, o desenvolvimento de um protótipo *PWA*, a coleta de dados via questionários e entrevistas, foi possível obter dados que, uma vez analisados, permitiram concluir que o recurso às *PWAs* é uma alternativa viável e simplificada de desenvolvimento de sistema de informação que responderia às necessidades de informatizar os processos de produção de caju em Moçambique.

A *PWA* desenvolvida no âmbito desta investigação integrou algumas funcionalidades-chave que podem marcar a fase inicial da transformação da cultura de caju numa agricultura de precisão, tendo o desenvolvimento de outras funcionalidades sido deixado como parte de trabalhos futuros.

Os agricultores e agrónomos, que testaram o protótipo desenvolvido exprimiram, de uma maneira geral, a sua satisfação no que refere a atratividade, usabilidade e experiência de utilizador proporcionadas por este protótipo.

Foi, por outro lado, possível identificar as funcionalidades que, uma vez desenvolvidas, tornariam o presente protótipo ainda mais vantajoso e útil, e, conseqüentemente, aumentariam o grau de aceitabilidade deste no meio dos agricultores e agrónomos, que são os principais utilizadores deste sistema.

Tendo a implementação das funcionalidades apontadas como indispensáveis permitido o alcance de todos os objetivos definidos para o presente estudo, fica evidente que as mesmas tecnologias usadas para criar essa *PWA* podem servir para implementar as outras funcionalidades que não foram desenvolvidas no âmbito deste estudo.

5.1. Limitações da pesquisa

A presente pesquisa foi realizada num contexto delicado, visto que o pesquisador se encontrava a residir a uma distância de mais 2.500 quilómetros da região onde estão as plantações e produtores-alvo. Esta situação ficou ainda exacerbada com o facto de que os 21 agricultores que testaram o sistema desenvolvido estão distribuídos em três províncias e sete distritos diferentes. Além de dificultar a interação física com esses produtores, a referida situação exigiu do pesquisador o recurso a meios de comunicação mais dispendiosos cujo impacto negativo se refletiu na demora de realização de teste de aceitação do protótipo e de compilação dos dados coletados.

Foi, no entanto, possível levar a cabo a pesquisa e obter resultados que permitiram atingir os objetivos propostos.

5.2. Sugestões para desenvolvimentos e pesquisas futuras

Tendo este estudo permitido a obtenção de resultados encorajadores, torna-se pertinente retomar futuramente o ciclo de desenvolvimento para adicionar à aplicação desenvolvida as funcionalidades que, no âmbito desse trabalho, foram omitidas por causa da sua complexidade, tais como:

- embutir uma base de dados local (*IndexDB*) que efetivará o funcionamento do *SisCaju* independentemente da conexão à *Internet*;
- possibilitar a captura de imagens por meio da câmara do *smartphone*;
- exibir mapas de plantações georreferenciadas;
- calcular área da plantação a partir de parâmetros fidedignos;
- enviar notificações a utilizadores;
- personalizar o desenho das interfaces de utilizadores segundo os diferentes tamanhos de dispositivos.

Foi também possível identificar novos objetos de pesquisa que se inserem no mesmo contexto da transformação da cultura de caju em Moçambique numa agricultura de precisão e que podem ser estudados futuramente. De entre esses objetos, sugerem-se dois principais: o primeiro consistiria em estudar o uso da rede *LoRA* para permitir a conexão de dispositivos da *Internet das Coisas* que serviriam para monitorizar as plantações de cajueiros em termos de mudanças de temperatura e

dos componentes do solo onde os cajueiros estão plantados. Os dados coletados por esses dispositivos alimentariam o sistema *PWA* já desenvolvido. Estudar-se-ia também a viabilidade de adotar a rede *LoRA* como solução alternativa ao problema de conectividade à rede *Internet* que, conforme identificado, constitui um dos maiores obstáculos na introdução da agricultura de precisão nas zonas do território moçambicano onde a rede *Internet* é quase inexistente.

Outro objeto de estudo seria o de avaliar as potencialidades das *PWA* em enviar as *SMS*. A maioria dos agricultores não possui os *smartphones*. Por isso, por meio de *SMS* enviadas a partir do sistema *PWA* desenvolvido, estes receberiam mensagens de alerta e notificações sobre acontecimentos que, uma vez prevenidos, não afetariam negativamente a produção de caju.

Referências Bibliográficas

- Adiga, D. J. *et al.* (2020). *An overview of canopy management in cashew (Anacardium occidentale L.)*. Journal of Horticultural Sciences, 15(2), 127-135. DOI: <https://doi.org/10.24154/JHS.2020.v15i02.003>.
- Aguiar, M. J. N. & Costa, C. A. R. (2002). *Exigências climáticas*. In: Barros, L. M. (Ed.). *Caju produção: aspectos técnicos*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. PP. 21-23.
- Alenljung, B. (2008). *Envisioning a future decision support system for requirements engineering: A holistic and human-centred perspective*. (Doctoral Thesis). Department of Computer and Information Science, Linköping University, Sweden.
- Alexandre, F. (2013). *O cajueiro Anacardium occidentale, L: de símbolo da cultura nordestina árvore testemunha de mundialização, economia e de modos de vida*. Revista de Instituto Arqueológico, Histórico, Geográfico Pernambucano, PP. 13-42.
- António, L. & Griffith, G. R. (2017). *The cashew value chain in Mozambique: analysis of performance and suggestions for improvement*. International Journal Food System Dynamics. DOI: <https://doi.org/10.18461/ijfsd.v8i3.833> .
- Araujo, J. P. P. (2013). *Agronegócio Caju: Práticas e Inovações*. DF: Embrapa, Brasília.
- Aubert, B. A. *et al.* (2012). *IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology*. Decision support systems. Volume 54(1). PP. 510-520.
- Ater, T. (2017). *Building progressive web apps: bringing the power of native to the browser*. O'Reilly Media, Inc.
- Auernhammer, H. (2001). *Precision farming - The environmental challenge*. Computers and Electronics in Agriculture. Volume 30. PP. 31-43.
- Barros, L. M., Paiva, J. R., and Cavalcant, J. J. V. (1998). *Cajueiro anão precoce. Melhoramento genético: Estratégias e perspectivas*. Biotecnologia 2, PP. 18-21.
- Bhakta, I., *et al.* (2019). *State-of-the-art technologies in precision agriculture: a systematic review*. Journal of the Science of Food and Agriculture. Volume. 99 (11) PP. 4878-4888. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9693> .
- Boletim da República de Moçambique (30 de dezembro de 1997). Série número 52. Decreto nº 43/97, Moçambique.
- Braga, R. & Pinto, P. A. (2011). *Agricultura de Precisão, adoção e principais obstáculos*. Agrotec. Volume 1. PP. 84-89
- Braga, R. (2016). *Agricultura de Precisão: Produzir mais, melhor, mais barato e com menores impactos ou um caminho realista para a "intensificação sustentável"*. Instituto Superior de Agronomia. Universidade de Lisboa. PP. 1-19.

- Chambane, M. A. G. C. (2011). *Sistemas de produção agrícola do caju e o modo de vida dos pequenos produtores familiares de Manjacaze*. (Dissertação de Mestrado em Agronegócios). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária., Universidade de Brasília.
- Chipojola, F. M. *et al.* (2013). *Effect of tree age, scion source and grafting period on the grafting success of cashew nut (Anacardium occidentale L.)*. African Journal of Agricultural Research. 8(46), PP. 5785–5790. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR10.879>.
- Coelho, J. C. *et al.* (2003). *Agricultura de Precisão*. Lisboa, Portugal.
- Coelho, J. P. C. & Silva, J. R. M da. (2009). *Agricultura da precisão*. Associação dos Jovens Agricultores de Portugal. Universidade NOVA de Lisboa.
- Costa, C. & Delgado, C. (2019). *The cashew value chain in Mozambique*. World Bank report, Jobs Working Paper, Issue N^o. 32.
- Creswell, J. W. & Creswell, J. D. (2018). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE, USA.
- Crisóstomo, L. A. (2013). *Clima, solo, nutrição mineral e adubação para o cajueiro-anão-precoce*. In: Araújo, J. P. P. de (Ed.). *Agronegócio caju: práticas e inovações*. DF: Embrapa. Brasília, PP. 43-59.
- Eitzinger, A. *et al.* (2019). *GeoFarmer: A monitoring and feedback system for agricultural development projects*. Computers and Electronics in Agriculture. Volume 158, PP. 109-121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.01.049>.
- Feitosa, J. C. & Feitosa, D. A. (1971). *Síntese global dos trabalhos apresentados na 1^a Semana do Caju*. Fortaleza, Federação da Agricultura do Estado do Ceará.
- FAO - Food and Agriculture Organization of United Nations (2012). *FOASTAT*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Frei, V. V. M & Peixinho, D. M. (2012). *A produção de caju em Moçambique e a dinâmica sócioespacial*. XXI Encontro nacional de geógrafa agrária, Universidade Federal de Goiás, Brasil.
- Ganganagowdar, N. V. & Siddaramappa, H. K. (2016). *Recognition and classification of white wholes grade cashew kernel using artificial neural networks*. Acta Scientiarum Agronomy. Volume 38(2). <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i2.27861>.
- INCAJU - Instituto Nacional de Caju. (2011). *Relatório anual*. Maputo.
- _____. (2012). *Plano Diretor do Caju 2011 – 2012*. Maputo.
- Ivanova, S., & Georgiev, G. (2019). *Using modern web frameworks when developing an education application: a practical approach*. 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO). PP. 1485-1491.
- Koysawat, P. *et al.* (2021). *Progressive Web App for crop field data collection*. International Conference on Engineering and Technology. Prince of Songkla University, Thailand. DOI <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1163/1/012018>.

- Kprienbaareh, D. *et al.* (2019). *Examining the potential of open source remote sensing for building effective decision support systems for precision agriculture in resource-poor settings*. *GeoJournal*. Volume 84. PP. 1481–1497. DOI : <https://doi.org/10.1007/s10708-018-9932-x>.
- Laugwitz, B. *et al.* (2008). *Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire*. In: Holzinger, A. (eds) *HCI and Usability for Education and Work*. USAB 2008. Lecture Notes in Computer Science. Volume 5298. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-89350-9_6.
- Lindblom, J. *et al.* (2017). *Promoting sustainable intensification in precision agriculture: review of decision support systems development and strategies*. *Precision Agric.* Volume 18, PP. 309–331. <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9491-4>.
- Majchrzak, T. A. *et al.* (2018). *Progressive Web Apps: the definite approach to cross-platform development?* 51st Hawaii International Conference on System Sciences. DOI <https://doi.org/10.24251/HICSS.2018.718>.
- Malavolta, I. (2016). *Beyond Native Apps: Web Technologies to the Rescue! (Keynote)*. In Proceedings of the 1st International Conference on Mobile Development, Vrije Universiteit Amsterdam, Netherlands.
- Malo, S. *et al.* (2021). *Cashew Trees Detection and Yield Analysis Using UAV-Based Map*. 16th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). PP. 1-5, DOI: <https://doi.org/10.23919/CISTI52073.2021.9476517>.
- Masawe, P. A. L. (2009). *Modern Agro-Practices in cashew*. *Journal of Science, Technology and Management* 2(2). Tirunalla, Pathanamthitta, Kerala.
- Mena, M., *et al.* (2019). *A Progressive Web Application based on microservices combining geospatial data and the IoT*. *IEEE Access*. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2932196> .
- Mitchell, J. D., & Mori, S. A. (1987). *The cashew and its relatives (Anacardium: Anacardiaceae)*. *Memories on The New York Botanical Garden* 42, PP. 1–76.
- Mole, P. N. (2000). *An economic analysis of small holder cashew development opportunities and linkage to food security in Mozambique, Northern Province of Nampula*. (Doctoral dissertation) Michigan State University, Dep. of Agriculture Economics.
- Munack, A., & Speckmann, H. (2001). *Communication Technology Is the Backbone of Precision Agriculture*. *Agricultural Engineering International: The CIGR Journal*.
- Nahry, A. H. E. *et al.* (2011). *An approach for precision farming under pivot irrigation system using remote sensing and GIS techniques*. *Agricultural Water Management*. Volume 98(4). PP. 517–531. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.09.012> .
- National Research Council (1997). *Precision Agriculture in the 21st Century: Geospatial and Information Technologies in Crop Management*. The National Academies Press, Washington, DC. DOI: <https://doi.org/10.17226/5491>.
- Noreen, U. *et al.* (2017). *A study of LoRa power and Wide Area Network technology*. 3rd International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP). Fez, Morocco. DOI: <https://doi.org/10.1109/ATSIP.2017.8075570> .

- Nugroho, L.E. *et al.* (2017). *Development of monitoring system for smart farming using Progressive Web App*. 9th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE). PP. 1-5. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICITEED.2017.8250513>.
- Olubode, O. O. *et al.* (2018). *Evaluation of production practices and yield enhancing techniques on productivity of cashew (Anacardium occidentale L.)*. The International Journal of Tropical and Subtropical Horticulture, Fruits. Volume 73 (2). PP. 75-100. DOI: <https://doi.org/10.17660/th2018/73.2.1>.
- Opina, P. V. & Camungao, R. Q. (2020). *Progressive Web Application for suitability mapping of Small Farm Reservoir in Isabela using Soil and Water Assessment Tool*. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. Volume 9(3). DOI: <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/108932020>
- Paiva, J. R de, *et al.* (2009). *Cashew (Anacardium occidentale L.) breeding: A global perspective*. In Jain, S. M. & Priyadarshan, P. M. (Ed.). *Breeding plantation tree crops: Tropical species*. Nova York: Springer. PP. .287-324.
- Parente, J. I. G., Maciel, R. F. P. & Vale, E. C. (1972). *Cajueiro: aspectos econômicos e agronômicos* (2^a ed.) Recife: IPEANE.
- Portela, F. & Queirós, R. (2020). *Desenvolvimento avançado para a Web: do front-end ao back-end*. (1^a ed.). FCA, Portugal.
- Saroj, P. L. *et al.* (2014). *Physiology of flowering, fruit, and nut development in cashew*. In Singh, V. K *et al.* (2014). *Souvenir-Physiology of Flowering in Perennial Fruit Crops*. Central Institute for Subtropical Horticulture (ICAR), India, PP. 105–114.
- Schrepp, M. (2019). *User Experience Questionnaire handbook: All you need to know to apply the UEQ successfully in your projects*. Version 8.
- Sivaranjani *et al.* (2018). *An improvised algorithm for Computer Vision based cashew grading system using Deep Convolution Neural Network*. IEEE International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCA), Pondicherry, Índia. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICSCAN.2018.8541176> .
- Srinivasan, A. (2006). *Handbook of Precision Agriculture: Principles and Applications*. CRC Press, Binghamton, New York.
- Taskin, D. & Yazar, S. (2020). *A Long-range context-aware platform design for rural monitoring with IoT in precision agriculture*. International journal of computers communications & control. Volume 15(2) N^o. 3821. DOI: <https://doi.org/10.15837/ijccc.2020.2.3821>.
- Thakur, *et al.* (2019). *Applicability of wireless sensor networks in precision agriculture: a review*. Wireless Personal Communications. Volume 107, PP. 417-512. <https://doi.org/10.1007/s11277-019-06285-2> .
- Tola J & Mazengia Y (2019). *Cashew production benefits and opportunities in Ethiopia: A Review*. Journal of Agricultural and Crop Research. Vol. 7, Issue No. 2, PP. 18-25. DOI: https://doi.org/10.33495/jacr_v7i2.19.105.

- Tolla, T.D. (2004). *Effects of moisture conditions and management on production of cashew: A case study in the Lower Limpopo basin, Mozambique*. (Dissertation). International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede, Netherlands.
- Triantafyllou, A., et al. (2019). *Precision agriculture: a remote sensing monitoring system architecture*. International Workshop on IoT Applications and Industry 4.0 (IoT4 2019), co-located with IEEE DCOSS 2019, Santorini Island, Greece. DOI: <https://doi.org/10.3390/info10110348>.
- Tschiedel, M., & Ferreira, M. F. (2002). *Introdução à Agricultura de Precisão: Conceitos e Vantagens*. Ciência Rural. Volume 32. PP. 159–163.
- Uaciquite, A., Campos, T. (2012). *Relatório de consultoria sobre mapeamento da produção e atualização da cadeia de valores*. Nampula: SNV.
- WVU Extension Service (2008). *Demonstration of Precision Agriculture on Grassland in the Greenbrier Valley, (WV)*. National Fish and Wildlife Foundation Final Programmatic Report.
- Yadav, R. S. (2012). *Improvement in the V-model*. International Journal of Scientific & Engineering Research. Volume 3(2).
- YIN, R. K. (2003). *Case Study Research. Design and Methods* (3rd ed). Thousand Oaks: Sage Publications.
- Zhang, N. et al. (2002). *Precision agriculture - a worldwide overview*. Computers and Electronics in Agriculture. Volume 36 (2-3). PP. 113-132.

Anexo I

Questionário de Experiência de Utilizador (UEQ)

Por favor, dê-nos a sua opinião.

A fim de avaliar o produto, por favor preencha o seguinte questionário. É constituído por pares de opostos relativos às propriedades que o produto possa ter. As graduações entre os opostos são representadas por círculos. Ao marcar um dos círculos, você pode expressar sua opinião sobre um conceito.

Exemplo:

Atraente ○ ● ○ ○ ○ ○ ○ ○ Feio

Esta resposta significa que avalia o produto mais atraente do que feio. Marque a sua resposta da forma mais espontânea possível. É importante que não pense demasiado na resposta porque a sua avaliação imediata é que é importante. Por favor, assinale sempre uma resposta, mesmo que não tenha certezas sobre um par de termos ou que os termos não se enquadrem com o produto. Não há respostas "certas" ou respostas "erradas". A sua opinião pessoal é que conta!

Por favor, dê-nos a sua avaliação atual do produto em causa.

Por favor, marque apenas um círculo por linha.

		1	2	3	4	5	6	7	
1	Desagradável	○	○	○	○	○	○	○	Agradável
2	Incompreensível	○	○	○	○	○	○	○	Compreensível
3	Criativo	○	○	○	○	○	○	○	Sem criatividade
4	De fácil aprendizagem	○	○	○	○	○	○	○	De difícil aprendizagem
5	Valioso	○	○	○	○	○	○	○	Sem valor
6	Aborrecido	○	○	○	○	○	○	○	Motivante
7	Desinteressante	○	○	○	○	○	○	○	Interessante
8	Imprevisível	○	○	○	○	○	○	○	Previsível

9	Rápido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Lento
10	Original	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Convencional
11	Obstrutivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Condutor
12	Bom	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mau
13	Complicado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Fácil
14	Desinteressante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Atrativo
15	Comum	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Vanguardista
16	Incômodo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Cômodo
17	Seguro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Inseguro
18	Motivante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Desmotivante
19	Atende às expetativas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Não atende às expetativas
20	Ineficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Eficiente
21	Evidente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Confuso
22	Impraticável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Prático
23	Organizado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Desorganizado
24	Atraente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Feio
25	Simpático	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Antipático
26	Conservador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Inovador

Anexo II

Modelo de Entrevista

Por favor, responda a perguntas desta entrevista.

A fim de avaliar as funcionalidades do *SisCaju*, por favor responda a essas perguntas atribuindo uma percentagem (numa escala de 0 a 100%) a cada uma dela. As perguntas são agrupadas em 4 grupos e destacam, nomeadamente, a vantagem (grupo 1), desvantagem (grupo 2), importância (grupo 3) e não-importância (grupo 4) do *SisCaju*.

Por favor, atribua uma percentagem segundo a impressão que tem do *SisCaju*.

Grupo	Nº	Perguntas	Percentagens (de 0 a 100%)			
			Vantajosa		Importante	
			Sim	Não	Sim	Não
1	1	O <i>SisCaju</i> simplifica o processo de registo e identificação dos produtores e suas plantações.				
	2	O <i>SisCaju</i> flexibiliza o monitoramento das atividades limpeza, poda, aplicação de pesticidas, rastreio da severidade das pragas e doenças.				
	3	O sistema de recomendação contribuirá na melhoria da produção de caju.				
	4	O <i>SisCaju</i> suporta diversas plataformas, tais como <i>Android</i> , <i>iOS</i> , <i>Windows</i> , <i>MacOS</i> e <i>Web</i> .				
2	5	O <i>SisCaju</i> é dependente da <i>Internet</i> para ser usado.				
	6	O <i>SisCaju</i> prioriza apenas algumas atividades realizadas no âmbito da monitorização das plantações de cajueiros.				
	7	O uso do <i>SisCaju</i> introduz grandes mudanças no modo de realizar a monitorização das plantações de cajueiros.				
	8	A familiarização com as funcionalidades do <i>SisCaju</i> requer uma certa literacia no manuseio das tecnologias de informação.				
3	9	A autenticação de utilizadores é uma funcionalidade indispensável.				
	10	O registo e identificação de produtores e suas plantações são funcionalidades principais e indispensáveis.				
	11	A recomendação das boas práticas que visam melhorar a produção é uma funcionalidade importante.				
	12	O controlo das atividades dos produtores no que refere a limpeza, poda, aplicação dos pesticidas, doenças, pragas e colheita torna o <i>SisCaju</i> mais importante.				
4	13	(indica 1 funcionalidade menos importantes, caso exista)				
	14	(indica 1 funcionalidade menos importantes, caso exista)				
	15	(indica 1 funcionalidade menos importantes, caso exista)				
	16	(indica 1 funcionalidade menos importantes, caso exista)				