



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE RUSSAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

MARCOS DE ALENCAR CARVALHO

**APLICAÇÃO DISTRIBUÍDA DE MONITORAMENTO DE SOLOS PARA
AGRICULTURA FAMILIAR UTILIZANDO INTERNET DAS COISAS**

RUSSAS

2019

MARCOS DE ALENCAR CARVALHO

APLICAÇÃO DISTRIBUÍDA DE MONITORAMENTO DE SOLOS PARA AGRICULTURA
FAMILIAR UTILIZANDO INTERNET DAS COISAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciência da Computação
do Campus de Russas da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Ms. Filipe Maciel Roberto

RUSSAS

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C325a Carvalho, Marcos de Alencar.
APLICAÇÃO DISTRIBUÍDA DE MONITORAMENTO DE SOLOS PARA AGRICULTURA
FAMILIAR UTILIZANDO INTERNET DAS COISAS / Marcos de Alencar Carvalho. – 2019.
63 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas,
Curso de Ciência da Computação, Russas, 2019.
Orientação: Prof. Me. Filipe Maciel Roberto.

1. Agricultura Familiar. 2. Internet das coisas. 3. Redes de sensores sem fio. 4. Aplicação distribuída. I.
Título.

CDD 005

MARCOS DE ALENCAR CARVALHO

APLICAÇÃO DISTRIBUÍDA DE MONITORAMENTO DE SOLOS PARA AGRICULTURA
FAMILIAR UTILIZANDO INTERNET DAS COISAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciência da Computação
do Campus de Russas da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Ciência da Computação.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ms. Filipe Maciel Roberto (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo Henrique Mendes Maia
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Joaquim Celestino Júnior
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram, em alguns momentos, a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

A minha família, que sempre me apoiou e incentivou a continuar. Ao meu pai, Paulo Pedro de Carvalho, por ser minha maior inspiração e mostrar que as dificuldades deixam de existir quando você realmente quer algo e vai atrás dos seus objetivos. A minha mãe, Adevania Coelho de Alencar Carvalho, por sua preocupação, carinho, amor, me mostrar que sempre terei alguém ao meu lado e por me mostrar todos os dias a boa pessoa que posso ser. Aos meus irmãos, Tiago de Alencar, Sarah de Alencar, Lucas Silva e João Paulo Carvalho por estarem sempre juntos comigo e terem me ajudado a ser a pessoa que sou hoje.

A meu orientador, Filipe Maciel Roberto, por ter acreditado em mim e aceitado meu tema de pesquisa. Por sempre me atender e guiar nas maiores dificuldades. por ter me ajudado a crescer tanto profissionalmente como pessoalmente e me mostrado que sempre posso ser melhor. Por me dizer quando eu estava errado. Por ter sempre me incentivado a ir mais longe. E, acima de tudo, por ter confiado em mim e em meu trabalho.

Ao meu colega de graduação, parceiro e eterno amigo, Alex Frederico, por esteve junto comigo durante estes 4 anos, mesmo nas horas de mais emoções. Por ter incentivado a nunca desistir, fazer acreditar que somos grandes e vamos chegar longe. E por me mostra que as piadas mais sem graça você ainda pode rir.

A minha amiga Gabriela Andrade quero lhe agradecer pelas inúmeras vezes que você me enxergou melhor do que eu sou, por suportar meus defeitos, tolerar meus humores e, principalmente, por me entender.

Aos meus amigos do "Array" e parceiros de evento, Yan Vancelis e Lavínia Matoso, por todas as conquistas realizadas juntos, do grupo mais importável já montado dos resultados mais incríveis.

Aos meus colegas de graduação, Afonso Matheus, Carlos Victor, Hugo Venâncio, Igor Mendes, Isaac Rahel, Isaias Ferreira, Marcos Paulo, Mateus Oliveira, Nicholas Rocha, Neto Guimarães, Paloma Bispo, Renan Leite, Thomas Dillan, Vinicius Almeida por todo o apoio e mostrar que juntos sempre iremos mais longe.

Ao meu primeiro orientador na graduação Marcos Vinicius, por ter me apresentado ao mundo da pesquisa logo no início da graduação.

Ao meu professor e sensei Daniel Siqueira, por ajudar tanto na graduação como nos ensinamentos de Karatê e mostra que uma das coisas mais importante é o respeito.

Aos meus professores Viviane Menezes, Dmontier Aragão, Marília Mendes, Tatiane

Fernandes, Markos Freitas, Rafael Ivo e os demais que contribuíram diretamente para minha formação.

Aos meus amigos de vida inteira, André Lucas, Cristovão Lima, Matheus Santos, Pedro Igor e Raphael Santos, por estarem sempre comigo.

Ao Doutorando em Engenharia Elétrica, Ednardo Moreira Rodrigues, e seu assistente, Alan Batista de Oliveira, aluno de graduação em Engenharia Elétrica, pela adequação do *template* utilizado neste trabalho para que o mesmo ficasse de acordo com as normas da biblioteca da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Por fim, a todos que participaram diretamente ou indiretamente da minha formação nesses quatro anos de graduação. Seja de forma positiva ou negativa, mas que me ajudou a ser a pessoa que sou hoje.

Muito obrigado a todos.

“Apressa-te a viver bem e pensa que cada dia é,
por si só, uma vida.”

(Sêneca)

RESUMO

A agricultura familiar consiste um conjunto de pequenas e médias unidades que busca em primeiro lugar a economia familiar com a mão de obra da própria família. É um modelo de agricultura onde a maioria dos envolvidos detém de uma pouca dotação de recursos. As ações tomadas sobre as áreas de plantio buscando aumentar a produção, geralmente são tomadas através de superstições. Caso os mesmos possuíssem dados mais consistentes e precisos, bem como também análise de usuários especialistas da área, poderiam gerar ações mais consistentes. Analisando as dificuldades, o presente trabalho visa a construção de uma arquitetura utilizando como base *Internet of things* (IoT) e Redes de Sensores Sem Fio (RSSFs) que forneça esses dados aos usuário envolvidos de forma mais precisa e de fácil entendimento e que outros usuários especialistas possam interagir com o sistema fornecendo recomendações de ações a serem realizadas na área de plantio, visando construir uma solução de baixo custo que atenda a realidade da agricultura familiar. É apresentado uma proposta de arquitetura de implantação, bem como as aplicações que materializem e validem a mesma. Por fim foi obtido uma aplicação para monitoramento dos dados da área de plantio, uma aplicação móvel para coleta e acompanhamento desses dados, uma aplicação web para acesso aos dados e uma aplicação servidora, responsável por armazenar e fornecer os dados para as demais aplicações. Foram realizados testes nas mesmas, a fim de verificar se estavam funcionais, cada componente, da maneira para a qual foi proposto e se estavam desempenhando o seu papel corretamente dentro da arquitetura. Com as aplicações funcionais, na última etapa foi realizado testes com usuários reais a fim de verificar a usabilidade do sistema.

Palavras-chave: Agricultura Familiar. Internet das coisas. Redes de sensores sem fio. Aplicação distribuída.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo genérica de rede de sensores em fio.	21
Figura 2 – Arquitetura proposta.	26
Figura 3 – Arquitetura da aplicação de monitoramento.	28
Figura 4 – Arquitetura da aplicação servidora.	31
Figura 5 – Recomendação por um especialista.	31
Figura 6 – Arquitetura da aplicação Web.	33
Figura 7 – Arquitetura da aplicação Mobile.	33
Figura 8 – Atividade de coleta.	34
Figura 9 – Comunicação entre módulos.	34
Figura 10 – Arquitetura lógica do sistema.	35
Figura 11 – Estação de monitoramento para experimento.	37
Figura 12 – Obtenção de dados apresentados pelo monitor Arduino.	38
Figura 13 – Monitor apresentando estabelecimento de conexões e requisições.	39
Figura 14 – Teste requisição com terminal bluetooth.	39
Figura 15 – Processo de requisição ao servidor.	42
Figura 16 – Resposta da requisição <i>POST</i>	43
Figura 17 – Exemplo de requisição <i>GET</i> ao servidor.	44
Figura 18 – Fluxo de requisição das estações.	45
Figura 19 – Tela estações.	45
Figura 20 – Tela coletas.	46
Figura 21 – Tela detalhamento da coleta.	47
Figura 22 – Tela inicial realizar coleta.	48
Figura 23 – Tela de salvar nova coleta.	49
Figura 24 – Tela de estações aplicação web.	50
Figura 25 – Tela coletas de uma estação aplicação web.	50
Figura 26 – Tela detalhamento de coleta aplicação web.	51
Figura 27 – Gráfico de avaliação da aplicação móvel.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre microcontroladores acessíveis.	29
Tabela 2 – Propostas de estações de monitoramento.	30
Tabela 3 – Intervalo de confiança medição.	38
Tabela 4 – Caso de teste envio de dados sucesso.	40
Tabela 5 – Caso de teste envio de dados inválidos.	41
Tabela 6 – Sensores para obtenção de dados do solo	62
Tabela 7 – Sensores para obtenção de dados do ambiente	62
Tabela 8 – Sensores para obtenção de dados das plantas	63

LISTA DE CÓDIGOS-FONTE

Código-fonte 1 – Exemplo de dados enviados ao servidor.	43
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IoT	<i>Internet of things</i>
MVC	<i>Model-View-Controller</i>
MVP	<i>Model-View-Presenter</i>
RSSFs	Redes de Sensores Sem Fio
WSN	<i>Wireless Sensor Network</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Motivação	14
<i>1.1.1</i>	<i>População agrícola</i>	<i>14</i>
<i>1.1.2</i>	<i>A terra</i>	<i>15</i>
<i>1.1.3</i>	<i>As Tecnologias</i>	<i>15</i>
1.2	Especificação do problema	16
1.3	Objetivo geral	16
1.4	Objetivo específicos	16
1.5	Justificativa	17
1.6	Metodologia	17
1.7	Estrutura da monografia	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Internet of Things	19
2.2	Wireless Sensors Network	19
<i>2.2.1</i>	<i>Redes de sensores sem fio na agricultura</i>	<i>21</i>
2.3	Arduíno	22
2.4	Computação em Nuvem	23
3	ANÁLISE DO PROBLEMA	24
4	ARQUITETURA PROPOSTA	26
4.1	Aplicação de monitoramento	27
4.2	Aplicação servidora	30
4.3	Aplicações cliente	31
4.4	Integração	34
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1	Teste de laboratório	36
<i>5.1.1</i>	<i>Teste Estação de monitoramento</i>	<i>36</i>
<i>5.1.2</i>	<i>Teste serviço em nuvem</i>	<i>39</i>
<i>5.1.3</i>	<i>Teste da aplicação móvel</i>	<i>44</i>
<i>5.1.4</i>	<i>Teste Aplicação Web</i>	<i>49</i>
5.2	Teste cenário real	51

6	TRABALHOS RELACIONADOS	55
7	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	57
	REFERÊNCIAS	59
	APÊNDICES	62
	APÊNDICE A – Outras opções de sensores	62

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

A agricultura familiar pode ser definida como um conjunto de pequenas e médias unidades agropecuárias produtivas visando, em primeiro lugar, a economia familiar com mão de obra da própria família. (SOARES *et al.*, 2010)

Berté (2014) fala que, diferentemente da agricultura de grande porte, a agricultura familiar busca gerar um grande número de postos de trabalho ao invés de focar em aumentar o lucro. Assim, é importante para favorecer uma inclusão social melhor e promover sustentabilidade socioeconômica e ambiental. Pesquisas realizadas por Carneiro (2003), destacam quatro expressões da multifuncionalidade da agricultura familiar:

1. Garante reprodução socioeconômica das famílias rurais;
2. Promove a segurança alimentar das próprias famílias e da sociedade;
3. Mantém o tecido social e cultural;
4. Preserva recursos naturais e a paisagem rural.

1.1.1 População agrícola

O universo da agricultura familiar no Brasil é bastante diversificado e inclui desde famílias muito pobres, que detém, em caráter precário, uma fração de terra, até famílias com média/grande dotação de recursos (SOARES *et al.*, 2010).

Segundo dados do Censo Agropecuário (2009), 84,4% do total dos estabelecimentos agropecuários brasileiros pertencem a grupos familiares. São aproximadamente 4,4 milhões de estabelecimentos, sendo que a metade deles está na Região Nordeste. Evangelista (2000) apontou que a maioria dos estabelecimentos pertencentes à agricultura familiar (68,9%) tem renda igual ou inferior a R\$ 3.000,00/ano. De acordo também com o Censo Agropecuário (2009), no Nordeste, 90% dos produtores possuem escolaridade inferior ao ensino fundamental (incluindo os analfabetos ou quase), menos de 5% possuem ensino médio ou técnico e apenas cerca de 1% possui ensino superior. Não há informações exatas de quantas pessoas são mantidas a partir da produção de uma determinada família.

Em 2006, é sancionada a Lei da Agricultura Familiar (Lei nº 11.326/2006). Segundo a lei, é considerado agricultor familiar aquele que pratica atividades no meio rural e que atendem aos seguintes requisitos:

- Não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais;
- Utilize predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;
- Tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento, na forma definida pelo Poder Executivo;
- Dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família.

1.1.2 A terra

Segundo Cline *et al.* (1970), em seu estudo sobre o Nordeste brasileiro, aponta para duas características fundamentais da agricultura em países em desenvolvimento: os baixos retornos do trabalho e a alta intensificação do uso da terra.

Boa parte das atividades agrícolas na região Nordeste desenvolvem-se sobre um ecossistema frágil de solos que são, em sua maioria, pobres em nutrientes e com estrutura física pouco apropriada para o suporte de atividades agrícolas e parte considerável da região convive historicamente com o problema da seca (CLINE *et al.*, 1970) .

Especificamente, a região conhecida como Semiárido, que abrange 57% da área total do Nordeste e, aproximadamente, 40% da população, se encontra nessa situação. No Semiárido, a precipitação média anual é inferior a 800 milímetros. Além da adversidade climática, o processo de degradação dos solos produz a deterioração da cobertura vegetal, do solo e dos recursos hídricos (CASTRO, 2012).

1.1.3 As Tecnologias

Os recursos utilizados na agricultura familiar não se limitam somente à terra, incluem também as condições de acesso à tecnologia, infraestrutura e nível de organização do ambiente (BUAINAIN, 2006). As tecnologias buscam, além de seguir os fundamentos e pilares da agricultura familiar, sempre procurando o desenvolvimento sustentável, fazer que cada parte da terra possa produzir mais, conseqüentemente aumentando a produção final. Pois, sem isso, o aumento/manutenção da renda da família não seria alcançado, juntamente com o excedente agrícola que é básico para o bem-estar do grupo familiar (ALVES, 2006).

No que diz respeito ao Nordeste, a tecnologia empregada na produção regional é, em muitos casos, defasada com relação àquela empregada em atividades equivalentes desenvolvidas no restante do país, ou, pelo menos, naqueles lugares com os melhores índices de produtividade

para essas mesmas atividades. Isso resulta em produções abaixo do potencial (CASTRO, 2012).

As ferramentas mais utilizadas e de mais fácil acesso no âmbito da agricultura familiar são voltadas à tecnologia bioquímica (fertilizantes, defensivos agrícolas, calcário, irrigação) (ALVES, 2001). Outras tecnologias modernas, suas implicações financeiras e de gestão requerem um grau de instrução pelo menos equivalente ao ensino básico, para decodificar suas instruções. Ou seja, é exigente em conhecimentos. A maioria dos agricultores não tem esse nível de instrução (ALVES, 2006).

1.2 Especificação do problema

Atualmente muitos dos agricultores familiares ainda confiam somente em suposições, experiências, conhecimentos tradicionais e não possuem um auxílio de dados precisos, para suas decisões agrícolas, podendo ocasionar em uma baixa eficiência na produção (LEE, 2017). No entanto, sem um monitoramento consistente e preciso, gerenciar essas insumo com eficiência é difícil.

1.3 Objetivo geral

Desenvolver uma aplicação distribuída capaz de coletar dados sobre o solo e transmitir de forma clara e objetiva diagnósticos de elementos tais com umidade, temperatura, nutrientes, entre outros.

1.4 Objetivo específicos

1. Desenvolver uma estação de monitoramento com IoT para coleta de dados do solo e ambiente;
2. Criar um armazenamento em nuvem dos dados coletados a partir da estação de monitoramento;
3. Desenvolver uma aplicações web e móvel para recuperação e gerenciamento das informações;
4. Construir uma solução base de baixo custo.
5. Projetar uma arquitetura genérica para englobar as mais diferentes realidades.
6. Disponibilizar a solução para favorecer outros estudos, melhorias e adaptações.

1.5 Justificativa

Qualquer análise a fim de implantar uma inovação tecnológica na agricultura familiar brasileira deve levar em conta os parâmetros estruturais existentes no meio. Os principais desafios de implantação ocorrem nas regiões menos desenvolvidas, porque essas áreas tendem a não ter uma infraestrutura de rede de comunicação, pois as áreas de plantio geralmente possuem uma densidade populacional baixa, não sendo viável para as operadoras a implantação dessas infraestruturas, já que não geraria lucro para as mesmas.

Existem algumas alternativas que poderiam implementar essas infraestruturas, tais como, telefone via satélite, mas ainda assim os agricultores precisam receber os incentivos corretos para adquirir os sistemas, cujos custos iniciais de instalação ainda são bastante altos (KOCH, 2017).

O desafio dos órgãos de pesquisa, universidades e movimentos sociais é criar estratégias para colocar em prática metodologias participativas de ATER (Assistência Técnica e Extensão Rural), que incluam os agricultores familiares desde a concepção até a aplicação das tecnologias, transformando-os em agentes no processo, valorizando seus conhecimentos e respeitando seus anseios. Faz parte desse desafio promover a inclusão da agricultura familiar em um sistema de produção moderno, eficiente e de baixo custo (CASTRO, 2012).

1.6 Metodologia

Para o desenvolvimento do presente trabalho seguiram-se quatro fases: pesquisa bibliográfica, análise/projeto, desenvolvimento e testes.

A pesquisa bibliográfica baseou-se em trabalhos das áreas de redes e sistemas distribuídos, coletados em livros e artigos obtidos das bases: IEEE Xplore, ACM Digital Library, Science Direct e Google Acadêmico.

A análise, o projeto e o desenvolvimento da solução seguiram os métodos aprendidos no curso de Ciência da Computação - Campus Russas.

A fim de verificar a eficiência e viabilidade da solução, ao final da sua construção, foi realizada uma validação em ambiente real e em laboratório, onde cada uma terá suas considerações e restrições. A validação em laboratório foi realizada através de um ambiente controlado e com amostras de solos que representam o ambiente na qual a solução será aplicada. Ela é importante para simular diversos cenários de aplicação da solução.

A validação em ambiente real ocorre em uma área de plantio de um agricultor familiar. O teste será conduzindo implantando o sistema de monitoramento na plantação a fim de realizar a coleta de dados. Nesta etapa, a aplicação também será testada em ambiente que tenha conexão com a internet e outro que seja necessário realizar a coleta dos dados para alimentar o servidor manualmente. Vale ressaltar que a validação será acompanhada por um especialista da área de agricultura.

1.7 Estrutura da monografia

O trabalho de conclusão de curso está estruturado em 7 capítulos, sendo o primeiro um capítulo introdutório. No segundo apresenta a fundamentação teórica necessária para o entendimento dos capítulos seguintes. No terceiro capítulo realizou-se a análise do problema, a fim de identificar o pontos que direcionaram a proposição da solução. O quarto capítulo apresenta a solução proposta, mostrando sua arquitetura, as tecnologias empregadas no projeto e demonstrando cenários de uso. O quinto capítulo descreve os testes e discute os resultados. Já o sexto capítulo apresenta trabalhos relacionados e compara, quando possível, com a proposta deste trabalho. E, por fim, são apresentadas as conclusões e diretivas para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Internet of Things

Waher (2015) define IoT , em português, internet das coisas, como algo que obtemos quando conectamos os mais diversos elementos, que não são operados por seres humanos, à internet por meio de sensores e atuadores. Essa conexão tem o objetivo de coletar dados para um posterior processamento. Segundo o autor, por a IoT ser uma das principais formas de comunicação com a internet, pode assim, ser vista como uma futura evolução dessa rede, onde será possível fornecer conectividade a tudo, sendo humanos, sistemas computacionais ou com os mais diversos objetos do mundo real. Esta evolução acontece por tratar-se uma comunicação global e ubíqua. (SILVA, 2017) (YAN *et al.*, 2008)

Os componentes presentes na IoT são chamados de objetos inteligentes, sendo a eles incorporados sensores, e habilitados com algum meio de comunicação com a internet, podendo ser aplicados nas mais diversas áreas, tais como: automotiva, residencial, medicina, agricultura, edificações, entre outros. A IoT é responsável por fornecer o meio para permitir que esses objetos sejam integrados através de rede, gerando assim uma série de possibilidades de aplicações. Silva (2017) estima que em 2020 a quantidade de objetos inteligentes conectados à internet crescerá de forma exponencial, podendo atingir o número de 50 bilhões e equipamentos conectados.

Vê-se na agricultura um grande campo a ser explorado por IoT, já que existe uma série de dados podem ser capturados e que a partir deles possam ser tomadas decisões a fim de melhorar o ambiente e otimizar a produção final. Isso pode ser feito através de sensores implantados no solo, na água ou em veículos para coletar os dados. (KOCH, 2017)

Um exemplo de aplicabilidade da IoT na agricultura seria armazenar dados coletados através de sensores em um servidor ou sistema de nuvem, onde facilitaria o acesso dos envolvidos através da Internet com tablets e telefones celulares. Dependendo do contexto, os agricultores podem optar por controlar manualmente os dispositivos conectados ou automatizar totalmente os processos para quaisquer ações necessárias.

2.2 Wireless Sensors Network

As *Wireless Sensor Network* (WSN), ou, em português, RSSFs, consistem em um conjuntos de sensores, que geralmente são alimentados por uma bateria própria, interconectados,

formando uma comunicação através do meio sem fio. Essas redes vão se diferenciar das redes de computadores tradicionais em várias características: os nós têm restrições de energia, devem possuir mecanismos para auto-configuração e adaptação às mais diversas situações, tais como falta de comunicação e falhas de nós. (LOUREIRO *et al.*, 2003)

Com o avanço da tecnologia, em especial na parte eletromecânica, hoje podemos encontrar sensores cada vez mais inteligentes, precisos e com tamanhos cada vez menores. A tendência é produzir esses sensores em larga escala, barateando o seu custo, e investir ainda mais no desenvolvimento tecnológico desses dispositivos, levando a novas melhorias e capacidades. (NAKAMURA *et al.*, 2007)

A partir da obtenção dos dados coletados pelo conjunto de sensores, as RSSFs podem ser utilizadas para o monitoramento, rastreamento, coordenação e processamento em diferentes contextos. As mesmas vão trabalhar com uma significativa quantidade de dados, a depender do contexto, e serão responsáveis por processá-los, entregá-los e avaliá-los de acordo com a sua aplicação.

Uma rede de sensores sem fio apontada por Loureiro *et al.* (2003), tipicamente, tem como seus elementos principais:

1. Nó de sensores: responsável por coletar os dados e transmitir através de algum meio sem fio para o nó gateway, podendo ser eles Wi-fi, Bluetooth, Rádio frequência, entre outros.
2. Nó gateway: responsável por integrar e coordenar os dados vindos dos nós de sensores e entregá-los a aplicação.
3. Aplicação: Um serviço no qual vai realizar a utilização dos dados para um determinado propósito.

Ojha *et al.* (2015) apresenta os problemas existentes no desenvolvimento de RSSFs. Por ser um sistema distribuído, eles são:

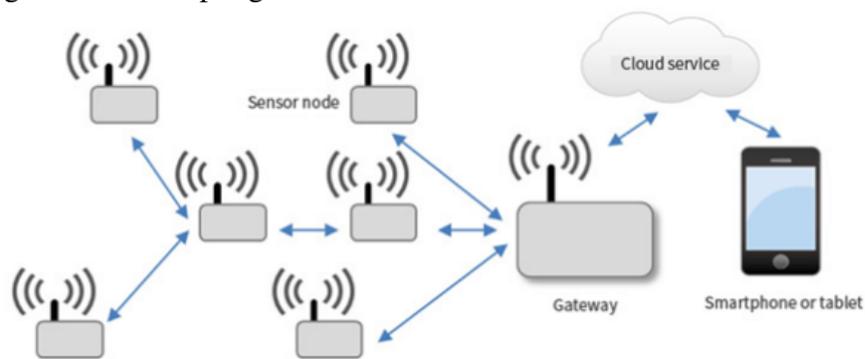
1. Capacidade de tomada de decisão inteligente: nós sensores colaboram entre si e coletivamente podem construir uma entrada para um sistema final.
2. Configuração de energia dinâmica: sensores tem suas baterias bastante limitadas, sendo assim é de suma importância gerenciar a economia de energia.
3. Tolerância a falhas: um desafio das RSSFs e de sistema distribuído, é que os nós sensores são propensos a falhas, pois, uma implantação não planejada de nós pode afetar o desempenho geral da rede.
4. Conscientização do contexto: Com base nas informações obtidas a partir dos sensores, os

nós terão conhecimento a respeito do ambiente(contexto).

5. Escalabilidade: Geralmente, as RSSFs são desenvolvidas pensando em serem implementados independentemente de seu tamanho e quantidade de nós
6. Heterogeneidade dos nós: Em alguns cenários, os dispositivos são heterogêneos em relação ao poder de processamento e computação, memória, capacidade de detecção, entre outras características.
7. Modo de operação autônomo: Um recurso importante das RSSFs é seu modo de operação autônomo e adaptabilidade, pois é importante que o sistema possa se comportar independente dos demais e principalmente reduzir a quantidade de interferência humana.

De forma geral, devido as características anteriormente apresentadas, as RSSFs tornam soluções de IoT viáveis para o contexto da agricultura, contemplando as de pequeno, médio ou grande porte.

Figura 1 – Exemplo genérica de rede de sensores em fio.



Fonte: (YUDEN, 2017)

2.2.1 Redes de sensores sem fio na agricultura

Na agricultura existem elementos, tais como, temperatura, umidade, luminosidade, nutrientes, entre outros, que são cruciais serem controlados quando se quer obter uma melhor produtividade. Neste contexto, as RSSFs podem ser aplicadas na agricultura através de sensores para obtenção de dados sobre esses elementos, ou seja, elas serão responsáveis pela detecção, coleção e transferência dos dados.

Quando se fala em aplicar RSSFs na agricultura deve se levar em consideração as condições ambientais adversas, sendo assim, é de suma importância que o sistema seja tolerante a falhas, já que em sua maioria as aplicações em agricultura são dispostas em campos abertos, podendo assim gerar interferência no funcionamento geral da rede. Então ao desenvolver uma

RSSFs, os seus protocolos devem suportar o efeito dessas falhas. (KARIM *et al.*, 2017)

Os sensores aplicados na agricultura podem ser categorizados como: os que são aplicados sobre e sob uma superfície (terrestres e subterrâneos), a fim de recolher dados que serão necessários para investigar um problema específico. RSSFs terrestres consistem em redes nas quais os sensores são implantados sobre uma superfície, facilitando assim o acesso para a manutenção, bem como também a comunicação com os demais nós do sistema. Já as subterrâneas são caracterizadas pela implantação de sensores sob uma superfície, ou seja, os mesmos são imersos no solo, proporcionando assim um conjunto de dados mais relevantes e precisos, no qual, apenas o solo mais próximo a superfície não fornece esse tipo de dados. O principal empecilho deste tipo de solução é a dificuldade de comunicação com os demais componentes, já que esses módulos estarão com barreiras físicas entre os demais nós do sistema, sendo assim, só poderão transmitir por pequenas distâncias (OJHA *et al.*, 2015).

2.3 Arduíno

Para produzir um sistema de coleta de dados com sensores, existe a necessidade de um circuito eletrônico complexo, sendo que essa complexidade irá aumentar proporcionalmente ao número de sensores que serão acoplados. Essa mesma dificuldade está presente na transferência desses dados.

Dado isso, o Arduíno, uma plataforma de sistemas eletrônicos *open-source* que leva em consideração o conceito de fácil utilização, tanto em nível de hardware como software (ARDUINO, 2018), surge como uma solução para a prototipação rápida. Ele consiste em uma placa eletrônica que é controlada pelo envio de um conjunto de instruções para seus microcontroladores e também pode ser acoplado com facilidade aos mais diversos componentes, tais como, sensores, módulos de comunicação, entre outros.

O Arduíno possui uma linguagem de programação de alto nível, o Arduíno C, que é uma linguagem de programação baseada em C e C++. Facilitando assim que desenvolvedores possam manuseá-lo de forma mais prática, pois o mesmo irá abstrair os conceitos de baixo nível.

Uma das maiores vantagens do Arduíno é o seu baixo custo de implantação, facilidade de implementação e sua fácil combinação com outros componentes. Já como desvantagens, o Arduíno não tem tanto poder de processamento, por isso é mais designado a realizar tarefas simples de pouco processamento.

2.4 Computação em Nuvem

Josep *et al.* (2010) fala que a *Cloud Computing* (Computação em nuvem) emergiu como um novo paradigma para hospedagem e entrega de serviços pela Internet. A computação em nuvem é visto como um novo modelo de computação, em que recursos, tais como, processamento, armazenamento, entre outros, fornecidos como utilitários gerais que podem ser alugados e liberados pelos usuários através da Internet, sob demanda. O provimento de recurso pode ser tanto em forma de serviços quanto de infraestrutura (STERGIOU *et al.*, 2018).

Díaz *et al.* (2016) e Zhang *et al.* (2010) apresentam as características principais de sistema em nuvem, sendo elas:

1. Dispõem de desempenho e disponibilidade, eliminando a necessidade de montar máquinas estruturadas;
2. Segurança dos dados e da aplicação;
3. Provisionamento dos recursos sob demanda, deixando a carga de esforço mínima para o usuário final;
4. Escalabilidade;
5. Cobrança é baseada no uso do recurso ao invés de uma taxa fixa, reduzindo os custos e desperdícios de recursos;
6. Visão única do sistema;
7. Distribuição geográfica dos recursos de forma transparente ao usuário.

3 ANÁLISE DO PROBLEMA

Tendo em vista as problemáticas citadas no capítulo introdutório, buscam-se alternativas que maximizem a produção levando em consideração todos esses fatores encontrados como empecilhos na agricultura familiar e que possuam também um custo baixo de implantação, com base na caracterização sócio ambiental e vivência dos agricultores. Para a implantação da tecnologia na agricultura familiar devemos levar em consideração a situação e capacidades dos agricultores familiares. Também é fundamental considerar os fatores seguintes:

1. Características socioeconômicas do produtor e sua família;
2. Grau de organização;
3. Disponibilidade de informação;
4. Características da produção e dos sistemas produtivos;
5. Características da propriedade e dos produtores;
6. Fatores aleatórios e condições de mercado;
7. Fatores sistêmicos;
8. Fatores macroeconômicos;
9. Políticas para o desenvolvimento da agricultura familiar.

Para enfrentar esses problemas o presente trabalho atua nos seguintes pontos:

1. Como realizar a análise prévia da área de plantio, levando em consideração nutrientes no solo, umidade, temperatura, entre outros?
2. Como realizar o monitoramento da plantação, a fim de realizar as ações corretas para otimizar a produção?
3. Como construir uma abordagem de baixo custo que auxilie na agricultura familiar?

Para uma boa análise, é preciso levar em consideração os parâmetros básicos da fertilidade do solo, macro e micronutrientes, o teor de alumínio trocável, de sulfato, de carbono orgânico, o nível de acidez, o conjunto de todas as formas de carbono (orgânicas e inorgânicas), o teor solúvel de silício, umidade, temperatura e a condutividade elétrica da solução do solo (LABORSOLO, 2018). Nem todos esses elementos podem ser obtidos de forma automática, apenas a partir de análises em laboratórios especializados.

Para obter todos esses parâmetros é necessário um monitoramento constante do solo através de sensores, além de uma infraestrutura de comunicação que permita o envio dos dados monitorados.

Dentre os motivos para se selecionar uma tecnologia, buscava-se a flexibilidade de

uso, configuração dos equipamentos disponíveis no mercado, o grande espectro de ferramentas que podem ser anexadas aos dispositivos e ao custo razoável que envolve sua construção.

Ao se falar de agricultura, podemos ter várias realidades, que variam entre pequenos e grandes produtores. O que vai categorizá-los geralmente é fração de terra, estrutura para a produção e o seu poder de investimento em equipamentos e insumos. No ambiente da agricultura familiar será encontrado na sua maior parte agricultores de pequeno porte.

Sendo assim, para construir uma rede de comunicação vai depender de uma série de fatores, tais como: infraestrutura de rede existentes (GPRS, Wi-fi, e etc), conexão com a internet e acesso a equipamentos para a comunicação (celulares, tablets e etc). Sendo assim, podemos categorizar as propriedades em dois níveis para que o sistema possa vir a ser utilizado. Cada um desses níveis deverá ser trabalhado de forma diferente.

Portanto, uma solução que atenda aos pontos analisados deve:

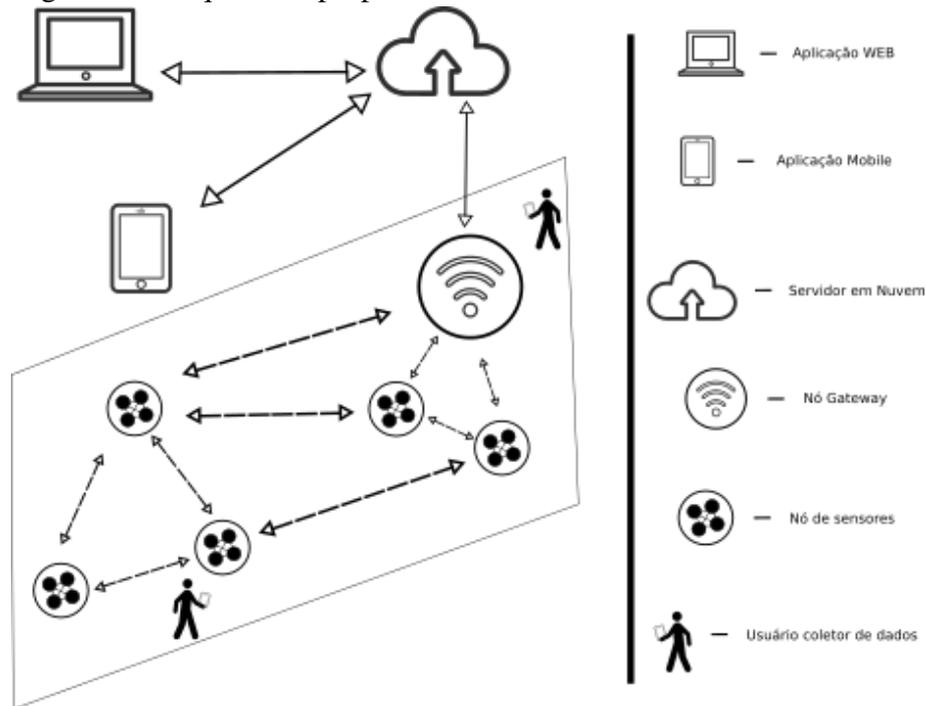
1. Construir uma solução com base em uma arquitetura que atenda diversas realidades;
2. Sistema de monitoramento e comunicação de dados;
3. Aplicação servidora disponível ininterruptamente;
4. Aplicação cliente para acesso pelo usuário;

O detalhamento sobre a a proposta de solução deste trabalho será explanada no capítulo 4.

4 ARQUITETURA PROPOSTA

Este capítulo apresenta a arquitetura da solução proposta. Serão apresentados os softwares que foram desenvolvidos para materializar a arquitetura e resolver os problemas de pesquisa citados anteriormente, detalhando-se o funcionamento e padrões utilizados durante a construção de cada uma delas. As aplicações servirão também para validar a arquitetura proposta.

Figura 2 – Arquitetura proposta.



Fonte: Autor

A figura 2 apresenta a arquitetura proposta. Há seis componentes, cada um com um propósito específico. São eles:

1. Aplicação web: responsável por disponibilizar aos técnicos um diagnóstico (leitura obtida através dos sensores) da área de plantio monitorada, permitindo também o cadastramento de ações a serem executadas no solo;
2. Aplicação móvel: mesmas funcionalidades da aplicação web, também serve como o meio de coleta dos dados nos nós *gateway*, quando não há comunicação com internet na área de plantio. Com os dados coletados, quando a aplicação móvel tiver conexão com a internet, será feita a sincronização dos dados com o servidor;
3. Servidor em nuvem: fornece uma API de gestão dos dados coletados pelas estações de monitoramento e disponibiliza-os para as aplicações;
4. Nó *gateway*: responsável por coletar os dados dos nós sensores e enviá-los para nuvem. O

envio para nuvem só será possível se a estação tiver uma infraestrutura de rede ligada a internet, caso contrário, a coleta dos dados será feita de forma manual pelo agricultor com uma aplicação móvel através de uma aproximação ao nó *gateway*;

5. Nó de sensores: realiza a coleta dos dados do solo e transfere-os por comunicação sem fio para o nó *gateway*;
6. Usuário coletor de dados: Irá fazer a coleta de dados manualmente, com auxílio da aplicação móvel, e posteriormente sincronizá-los com a nuvem, quando possuir uma conexão com a internet.

A fim de materializar a arquitetura serão construídas três aplicações, sendo elas:

1. Aplicação de monitoramento (seção 4.1): microcontrolador acoplado a sensores responsáveis por obter dados do solo e ambiente;
2. Aplicações cliente (seção 4.3): aplicações web e móvel onde os usuários interagem com o sistema, seja para visualizar informações ou inserir recomendações de ações a serem feitas;
3. Aplicação servidora (seção 4.2): serviço em nuvem para gerenciamento dos dados;

4.1 Aplicação de monitoramento

O sistema de monitoramento tem como objetivo principal coletar dados sobre o solo e ambiente para auxiliar o agricultor/técnico a tomar decisões visando aumentar a produção e diminuir as perdas. Vale considerar também que um cultivo contínuo sem a medição e fornecimento adequados dos nutrientes do solo pode colocar em risco a sustentabilidade da agricultura, que é um dos pilares da agricultura familiar.

Determinadas informações só poderão ser obtidas com um monitoramento constante, sendo assim, utilizar IoT vai ser imprescindível no fornecimento de dados de forma mais precisa, através de sensores e atuadores. É importante ressaltar que a arquitetura também é planejada visando um baixo custo de implantação e de fácil utilização, levando em consideração todos os parâmetros a respeito da população da agricultura familiar, tais como, nível de educação, renda familiar, entre outros.

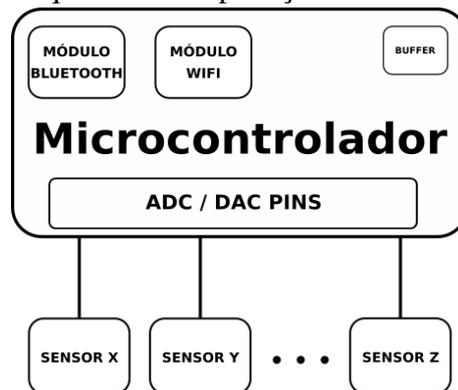
No capítulo 3 foram apontados fatores essenciais para realizar uma análise correta do solo. Será extraída a maioria possível, através de sensores aplicados ao solo. É inviável, financeiramente, extrair todas as informações. Vale ressaltar que a estação de monitoramento é genérica quanto aos sensores que serão acoplados. Ou seja, teremos um ponto de partida visando

entregar uma solução de custo viável para a agricultura familiar que também será possível acoplar mais sensores, a depender da necessidade e poder de investimento do produtor que utilizará o sistema.

Na estação de monitoramento será utilizado um microcontrolador de baixo custo e com fácil conexão a sensores. O microcontrolador é responsável por fazer a transferência dos dados coletados pelos sensores e o módulo de comunicação que enviará os dados para os demais componentes do sistema.

O diagrama da aplicação de monitoramento é apresentado pela figura 3, que consiste em um microcontrolador com módulos de comunicação *Wifi* e *Bluetooth*. Quando esses módulos não são nativos, eles devem ser acoplados para alcançar os objetivos desta arquitetura. Os sensores são conectados ao microcontrolador por pinos analógicos e digitais.

Figura 3 – Arquitetura da aplicação de monitoramento.



Fonte: Autor

Dos microcontroladores estudados e existentes no mercado, foram encontradas três opções satisfatórias: Arduino, ESP8266 e ESP32. A Tabela 1 faz uma análise comparativa entre eles, analisando suas especificações técnicas e custos. Vale ressaltar que todas elas possuem a mesma base de programação: o Arduino-C, logo, independente do microcontrolador escolhido, o código fonte será igual.

Analisando o melhor custo benefício e a facilidade para a construção do protótipo da proposta optaremos pelo ESP32, por nos fornecer módulos de comunicação nativos, uma memória flash com maior capacidade favorecendo armazenamentos interno, sendo utilizada como buffer na arquitetura.

Tabela 1 – Comparação entre microcontroladores acessíveis.

CARACTERÍSTICAS	ESP32	ESP8266	ARDUINO UNO
Número de Cores	2	1	1
Arquitetura	32 Bit	32 Bit	8 Bit
Frequência da CPU	160 MHz	80 MHz	16 MHz
WiFi	YES	YES	NO
BLUETOOTH	YES	NO	NO
RAM	512 KB	160 KB	2 KB
FLASH	16 MB	16 MB	32 KB
Pinos GPIO	36	17	14
Busses	SPI, I2C, UART, I2S, CAN	SPI, I2C, UART, I2S	SPI, I2C, UART
Pinos ADC	18	1	6
Pinos DAC	2	0	0
Custo	R\$ 55 - 70	R\$ 40 - 50	R\$ 35 - 45

Como citado nos capítulos anteriores, para realização de ações corretas em uma área de plantio, se torna imprescindível medir o nível de umidade de um solo. Vários trabalhos utilizaram o sensor de umidade higrômetro, que consiste em 2 partes: uma sonda que entra em contato com o solo, e um pequeno módulo contendo um chip comparador LM393, que vai ler os dados que vêm do sensor e enviá-los para o microcontrolador.

Para controle de informações do ambiente tais como temperatura e umidade será utilizado o modulo sensor DHT11. O sensor de precipitação LM193 fornecerá dados de quando houve chuva na região.

Para determinar a fertilidade do solo, outro fator importante a ser medido é o pH. Atualmente, os sensores de pH tem ainda um custo razoavelmente elevado para a agricultura familiar, tornando-o opção secundária de acoplação ao projeto.

Quando se pensa na utilização de sensores, nos dias atuais, temos várias vertentes que podem ser exploradas quanto à qualidade e custo dos componentes. 3 opções de baixo custo de implantação são apresentadas na tabela 2, com o respectivo custo de cada componente e sensores desejados. No apêndice A são apresentados outras opções de sensores onde podem ser acoplados obtendo mais dados do solo, ambiente e das culturas.

A proposta 1 foi selecionada por ter um custo mais viável e possuir os itens essenciais. O microcontrolador contém uma memória que é responsável por armazenar dados temporários. Isso foi um dos fatores por selecionar o ESP32 como o microcontrolador preferido da proposta, já que provê uma memória flash maior.

Tabela 2 – Propostas de estações de monitoramento.

COMPONENTE	PROPOSTA 1	PROPOSTA 2	PROPOSTA 3
Microcontrolador	ESP32	Arduino	ESP32
WiFi / BLUETOOTH	Nativo	R\$30,00	Nativo
Sensor de umidade solo	R\$12,00	R\$12,00	R\$12,00
Sensor de umidade e temperatura ambiente	R\$14,00	R\$14,00	R\$14,00
Sensor de precipitação	R\$14,00	R\$14,00	R\$14,00
Sensor de temperatura solo	R\$15,00	R\$15,00	R\$15,00
Sensor de pH	Não utilizado	Não utilizado	R\$100,00
Custo	R\$ 110 - 125	R\$ 115 - 130	R\$ 210 - 225

Agora que foi definida a aplicação de monitoramento, bem como as restrições e detalhes que devem ser considerados do contexto de implantação, temos a parte do sistema responsável de coletar os dados.

Essa comunicação poderá seguir dois caminhos: (i) coleta realizada pelo aplicação cliente móvel; (ii) enviado diretamente ao servidor, caso a estação possua conexão com a internet. A comunicação será provida pelo módulo *Bluetooth* para o caso da aplicação móvel e pelo módulo *Wifi* no caso da comunicação direta com o servidor existir. É importante ressaltar que ao falar de agricultura familiar, as áreas de plantio são localizadas em locais onde uma infraestrutura de rede é incomum, por isso a coleta de dados pela aplicação móvel será mais presente na proposta deste trabalho.

4.2 Aplicação servidora

O papel da aplicação servidora no sistema é gerenciar os dados de monitoramento do solo, as recomendações técnicas e disponibilizar esses dados sempre que requisitados. Para permitir o acesso aos dados sempre que requisitados, foi decidido que a aplicação servidora executará em um ambiente em nuvem.

A arquitetura foi desenvolvida utilizando o padrão arquitetural em camadas, cada uma delas tendo papel bem definido.

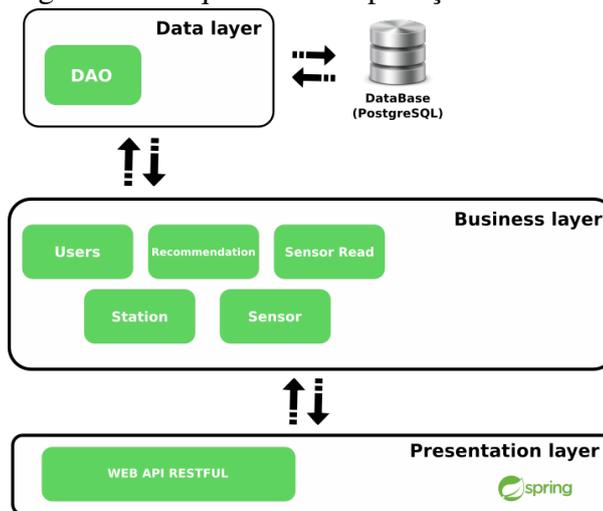
Camada de apresentação: camada de interação com o usuário através da qual são atendidas as requisições dos clientes via serviço *REST*. Todas requisição de um cliente é traduzida em uma interação com a camada de negócio.

Camada de negócio: é nela que ficam as funções e regras de todo o sistema, que manipulam as informações. Ela faz uso da camada de dados para armazenar permanentemente a informação.

Camada de Dados: composta pelo repositório das informações e a interface que vai fornecer o acesso a ele. Esta camada recebe as requisições da camada de negócios e seus métodos executam essas requisições em um banco de dados. Uma alteração no banco de dados alteraria apenas as classes da camada de dados, mas o restante da arquitetura não seria afetado por essa alteração.

A arquitetura da aplicação servidora é apresentada na figura 4.

Figura 4 – Arquitetura da aplicação servidora.

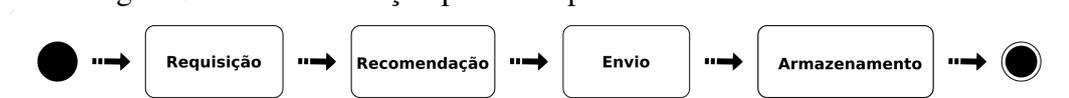


Fonte: Autor

4.3 Aplicações cliente

Do lado cliente temos duas aplicações, uma web e outra móvel. As duas aplicações serão responsáveis por apresentar informações remotamente. Ou seja, para realizar o acompanhamento do estado do solo da plantação não será preciso o deslocamento até a área. A partir dessas informações um técnico ou especialista da área, poderá interagir com o sistema e informar qual a ação correta a ser tomada para aquele cenário capturado. O processo de recomendação segue o fluxo da figura 5.

Figura 5 – Recomendação por um especialista.



Fonte: Autor

Com o objetivo de conseguir aplicações com qualidade, fáceis de serem mantidas e escaláveis, utilizou-se de padrões de projeto para a construção de cada um delas.

Quando se fala de aplicações web um padrão muito conhecido é o *Model-View-Controller* (MVC). Fowler (2002) define o MVC como um padrão que busca separar os objetos de domínio (Modelo) da apresentação (Visão e Controlador), os tornando independentes e podendo assumir vários estados, onde cada um vai ter seu papel bem definido dentro da aplicação, sendo a visão responsável por apresentar o estado atual do modelo na tela, ou seja, vai apresentar os dados ao usuário. O controlador terá a responsabilidade de capturar e reagir aos eventos do usuário, sendo esses realizados através dos comentários de interação da visão, tais como, botões, campos de texto e etc. Porém um ponto fraco deste padrão é que a visão é responsável pela lógica de apresentação de um objeto do modelo.

Já a aplicação mobile utiliza de um padrão *Model-View-Presenter* (MVP) que tem como objetivo principal de separar a camada de apresentação das camadas de dados e regras de negócio. Fowler (2002) define o papel de cada um dos componentes como: (i) Visão - não contém regra alguma do negócio a não ser disparar eventos que notificam mudança de estado dos dados que ele exibe e processamento próprio dele. (ii) Modelo - São os objetos que serão manipulados. Um objeto Modelo implementa uma interface que expõe os campos que o *presenter* irá atualizar quando sofrerem alteração na visão. (iii) *Presenter* - É a ligação entre Visão e Modelo, possui papel de mediador entre eles. Ele é encarregado de atualizar a visão quando o modelo é alterado e de sincronizar o modelo em relação ao visão.

O MVP se difere do MVC quando vê-se necessário retirar a lógica de apresentação da visão, a mesma sendo apenas responsável de renderizar os componentes na tela, então, o *presenter* ao invés de dizer a visão como exibir algo, ele apenas delega o que exibir, assim podemos testar com facilidade a lógica do *presenter*, pois não está acoplada a visão, sendo isso fundamental em uma aplicação mobile. (PEREIRA *et al.*, 2018)

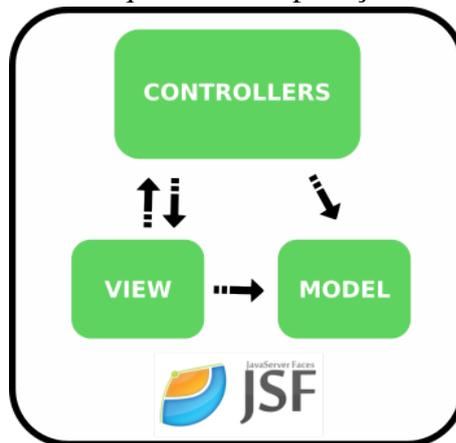
A respeito das tecnologias utilizadas temos na Web o JSF, um *framework* criado para agilizar a criação de interfaces para aplicações Java web que incorpora o padrão arquitetural MVC. Além disso, o JSF disponibiliza diversos componentes prontos capazes de se comunicar com classes Java.

A aplicação mobile desse trabalho foi desenvolvida em O *Flutter*, que é um SDK de desenvolvimento de aplicativos móveis. Ele é usado para desenvolver aplicativos para Android e iOS, é uma plataforma que visa amenizar a necessidade de desenvolver códigos separados para cada sistema móvel existente no mercado, tornando possível criar aplicativos usando uma mesma linguagem de programação, o Dart. (GOOGLE, 2018). Foram escolhidos tais tecnologias,

por o autor já ter familiaridade com as mesmas, por ser de fácil implementação os padrões escolhidos para o desenvolvimento e por as duas fornecerem uma alta produtividade em tempo de implementação.

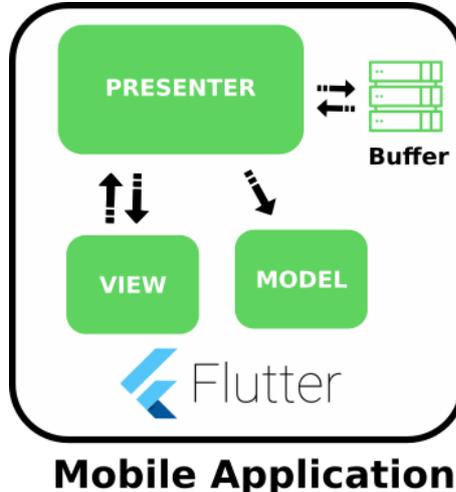
As arquitetura das aplicações são apresentadas pelas figuras 6 e 7.

Figura 6 – Arquitetura da aplicação Web.



Fonte: Autor

Figura 7 – Arquitetura da aplicação Mobile.

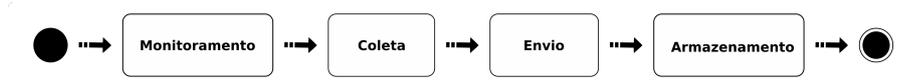


Fonte: Autor

A aplicação mobile tem uma funcionalidade adicional, a coleta de informações, que consiste em obter os dados de uma estação de monitoramento, armazená-los e quando o dispositivo móvel, no qual a aplicação está instalada, possuir conexão com a internet, realizar o envio dos dados para a aplicação servidora. Esse é o papel que a buffer da figura 7 desempenha. O fluxo de execução desse processo é demonstrado pela figura 8.

A aplicação mobile desse trabalho foi desenvolvida em O *Flutter*, que é um SDK de desenvolvimento de aplicativos móveis de código aberto criado pelo Google. Ele é usado para

Figura 8 – Atividade de coleta.



Fonte: Autor

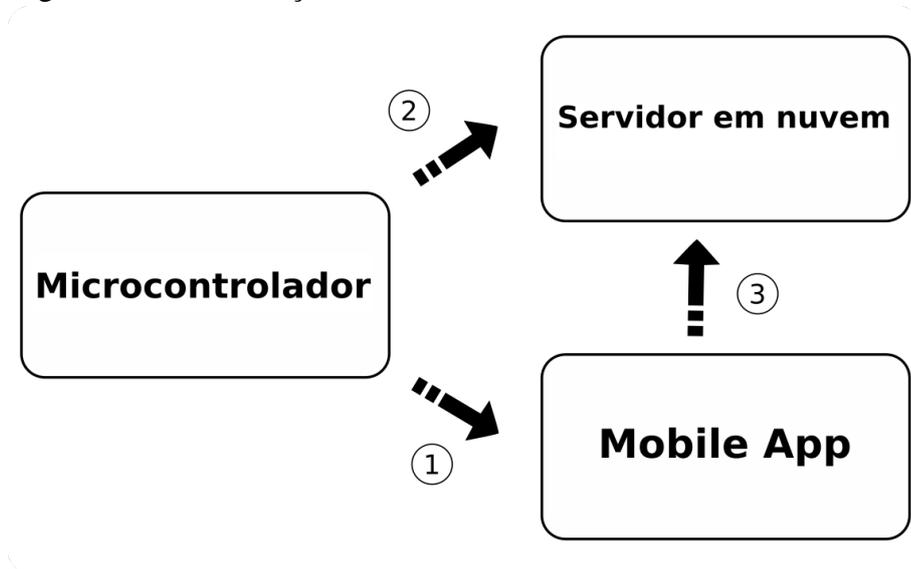
desenvolver aplicativos para Android e iOS, é uma plataforma que visa amenizar a necessidade de desenvolver códigos separados para cada sistema móvel existente no mercado, tornando possível criar aplicativos usando uma mesma linguagem de programação, o Dart. (GOOGLE, 2018).

Para levar em consideração os fatores citados nos capítulos onde a problemática é abordada, tais como nível de instrução e acesso à tecnologia pelos usuários do sistema, as aplicações foram projetadas a fim de possuir uma boa usabilidade, buscando objetividade e clareza na apresentação das informações e funcionalidades.

4.4 Integração

As aplicações se comunicarão como representado pela figura 9.

Figura 9 – Comunicação entre módulos.



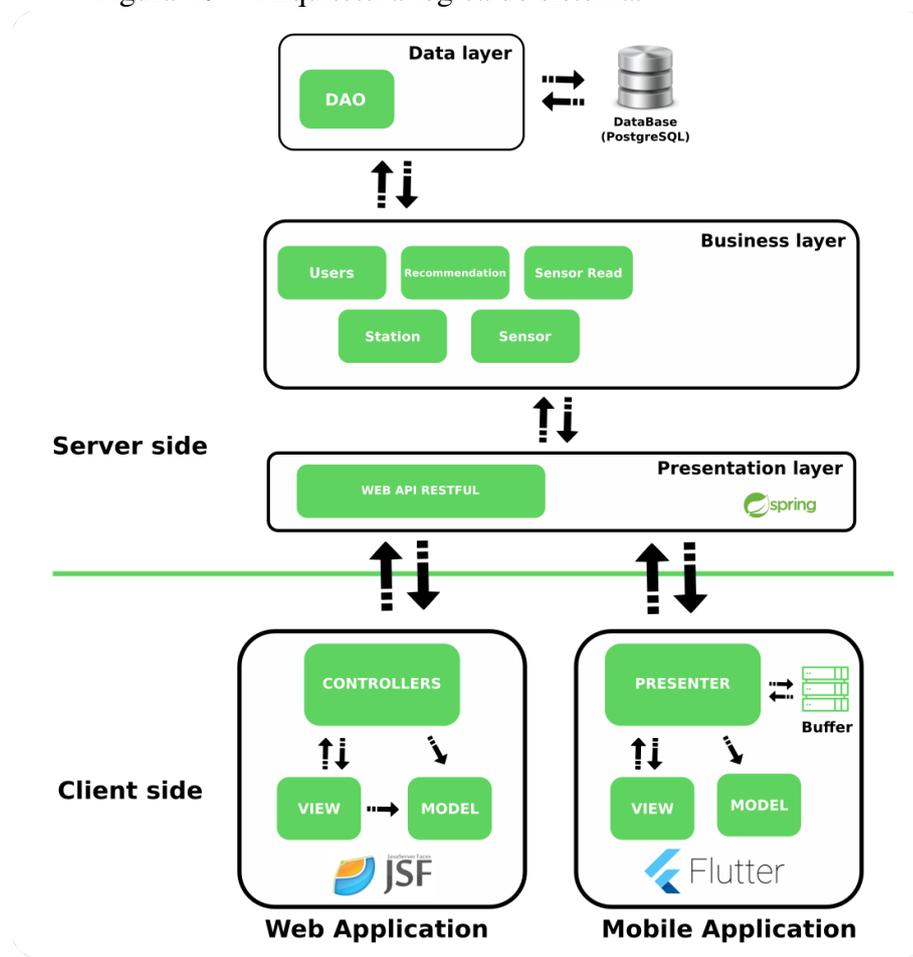
Fonte: Autor

1. Comunicação feita entre a estação de monitoramento e o aplicativo móvel através de uma conexão *bluetooth*. Foi escolhido *bluetooth* devido ao custo baixo de implantação. Caso optasse pela utilização do *Wifi*, a arquitetura também funcionaria, mas com custo maior. Como um dos objetivos do projeto é tentar minimizar os custos, a utilização de uma tecnologia mais barata e de fácil utilização é melhor;

2. Esta comunicação é algo que não irá acontecer sempre, pois para que a mesma aconteça o microcontrolador teria que possuir um acesso a internet para poder realizar o envio de dados. Caso exista essa infraestrutura de rede a comunicação é realizada através de requisições HTTP;
3. Quando o dispositivo é conectado com a internet, é realizada uma requisição HTTP para envio dos dados que foram coletados anteriormente da estação de monitoramento.

Olhando pelo nível de software da solução proposta, assumindo que os dados já foram coletados pelas a estações de monitoramento, a integração dos sistemas cliente e servidor tem sua arquitetura definida pela figura 10.

Figura 10 – Arquitetura lógica do sistema.



Fonte: Autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos.

A fim de testar e validar a proposta foram realizados testes em dois cenários: em laboratório e em cenário real. No teste de laboratório o objetivo era testar a eficiência das aplicações desenvolvidas, bem como também a comunicação, validando assim toda a integração do sistema. No cenário real foram realizados testes com usuários finais, técnicos e agricultores, a fim de avaliar a eficácia do sistema. Os testes são apresentados detalhadamente pelas seções 5.1 e 5.2.

5.1 Teste de laboratório

Nessa fase do trabalho o objetivo foi testar se as soluções desenvolvidas estavam executando corretamente o papel proposto da arquitetura.

Todo o desenvolvimento dos componentes foi realizado em conjunto com testes unitários que garantem a adesão do produto aos requisitos. E, para prova de conceito, foram criados cenários que simularam a adoção da solução em um ambiente real.

5.1.1 Teste Estação de monitoramento

A responsabilidade da estação de monitoramento é obter os dados sobre o solo e ambiente. Os testes utilizaram o microcontrolador ESP-32 e sensores: de temperatura, de umidade do solo e ambiente, e um sensor de precipitação. Esses componentes foram escolhidos por serem viáveis financeiramente, encaixando-se melhor na realidade da agricultura familiar, e também por ser uma solução básica que torna o trabalho de acompanhamento técnico possível.

O teste tinha dois objetivos principais: a verificação se o módulo estava obtendo os dados do solo através dos sensores e se estava realizando a comunicação com os demais componentes da solução proposta, instalados em um *smartphone*.

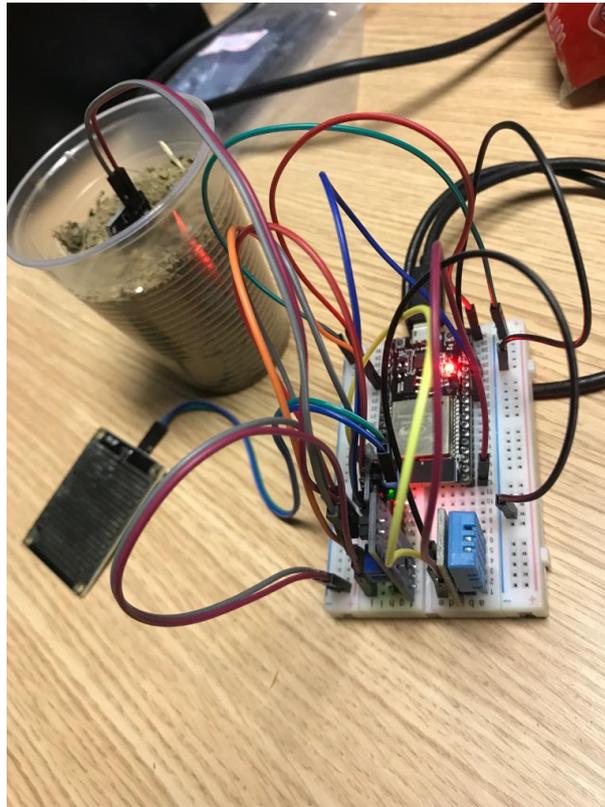
Para construir a estação de monitoramento utilizada durante a realização dos testes necessitou-se de:

1. Microcontrolador NodeMCU-32S ESP-32;
2. *Protoboard*;
3. Sensor de Umidade e Temperatura DHT11;
4. Sensor de Umidade do Solo Higrômetro;

5. Sensor de chuva YL-83;
6. *Jumpers* Macho e Fêmea

O protótipo de hardware da estação de monitoramento, com todos os componentes que foram utilizados durante o teste, é apresentado pela figura 11.

Figura 11 – Estação de monitoramento para experimento.



Fonte: Autor

O teste foi realizado em um ambiente controlado, utilizando uma amostra de solo, e com o auxílio do software Arduino IDE, que foi utilizado para a programação do microcontrolador. A IDE fornece um monitor que permite acompanhar os dados lidos pelos sensores e o processo de comunicação.

Com todo o ambiente preparado, inciou-se a fase de teste da aplicação de monitoramento. Por não possuir um equipamento que pudesse verificar se os dados capturados pelos sensores são consistentes com a realidade, efetuou-se um cálculo de intervalo de confiança, onde foram realizados 1000 leituras com o intervalo de 0,6 segundos entre cada uma delas objetivando uma acurácia de 95%. Os resultados são apresentados pela tabela 3.

Tabela 3 – Intervalo de confiança medição.

Medida	Média	Desvio padrão	Margem de erro	Intervalo de confiança
Temperatura Ambiente	24,7	1,82	0,1128047687	24,59 - 24,81
Temperatura Solo	22,2	0,46	0,02851109538	22,17 - 22,23
Umidade Ambiente	48	1,82	0,1128047687	47,88 - 48,11
Umidade Solo	55	2,14	0,1326385742	54,86 - 55,13

Concluiu-se que os dados eram obtidos de forma correta calculando através de um intervalo de confiança e não houve nenhuma perda de dados, mesmo em um intervalo pequeno de releitura. Vale ressaltar que não era realizado nenhum armazenamento de dados, acontecia somente o processo de exibição.

Primeiramente, foi testada a leitura de dados obtida pelos sensores. Conforme mostrada pelo parágrafo anterior. A coleta é exibida pelo monitor fornecido pela a IDE como mostrado na figura 12.

Figura 12 – Obtenção de dados apresentados pelo monitor Arduino.

```

/dev/ttyUSB0
-----
Data leitura: 7/4/2019 - 8:40:20
Ambiente - Umidade: 62 % | Temperatura: 23.00 °C
Solo - Umidade: 72 % | Temperatura: 19.00 °C
Chovendo: Não
-----
Data leitura: 7/4/2019 - 8:40:40
Ambiente - Umidade: 65 % | Temperatura: 23.00 °C
Solo - Umidade: 75 % | Temperatura: 19.00 °C
Chovendo: Não
-----
Data leitura: 7/4/2019 - 8:41:1
Ambiente - Umidade: 68 % | Temperatura: 23.00 °C
Solo - Umidade: 78 % | Temperatura: 19.00 °C
Chovendo: Não
-----
Data leitura: 7/4/2019 - 8:41:21
Ambiente - Umidade: 71 % | Temperatura: 23.00 °C
Solo - Umidade: 81 % | Temperatura: 19.00 °C
Chovendo: Não
-----

```

Auto-rolagem Show timestamp Nova-linha 9600 velocidade Deleta a saída

Fonte: Autor

Após aferição da coleta, iniciou-se o teste da comunicação com os outros componentes. A partir de um dispositivo móvel foi estabelecida uma conexão *bluetooth* e enviada uma requisição para obtenção dos dados coletados, via aplicativo terminal. A conexão e a requisição puderam ser identificadas pelo microcontrolador como apresentado pela figura 13 do monitor da IDE. A a resposta obtida pelo *smartphone* da requisição é apresentada pela figura 14, bem como também demonstra que o dispositivo está conectado via *bluetooth* na estação.

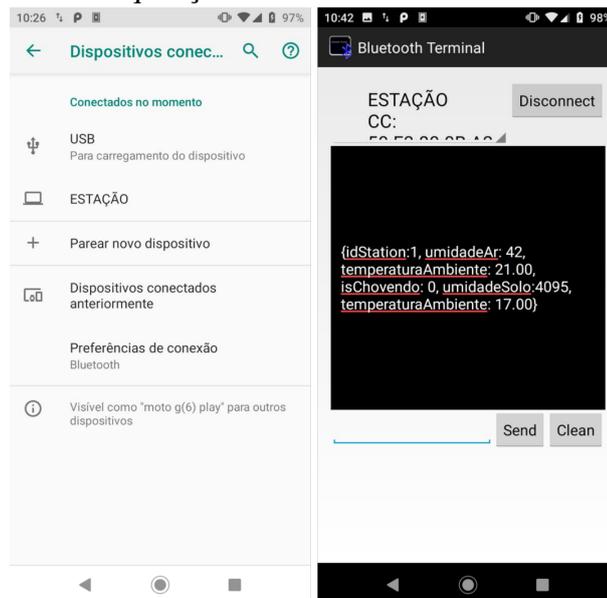
Figura 13 – Monitor apresentando estabelecimento de conexões e requisições.

```

/dev/ttyUSB0
-----
Data leitura: 7/4/2019 - 8:40:29
Ambiente - Umidade: 42 % | Temperatura: 21.00 °C
Solo - Umidade: 52 % | Temperatura: 17.00 °C
Chovendo: Não
-----
Data leitura: 7/4/2019 - 8:40:39
Ambiente - Umidade: 42 % | Temperatura: 21.00 °C
Solo - Umidade: 52 % | Temperatura: 17.00 °C
Chovendo: Sim
-----
Conexão estabelecida
-----
Requisição recebida
-----
Data leitura: 7/4/2019 - 8:40:49
Ambiente - Umidade: 42 % | Temperatura: 21.00 °C
Solo - Umidade: 52 % | Temperatura: 17.00 °C
Chovendo: Sim
-----
Auto-rolagem  Show timestamp
Nova-linha
9600 velocidade
Deleta a saída
  
```

Fonte: Autor

Figura 14 – Teste requisição com terminal bluetooth.



Fonte: Autor

Então, a partir do teste, observou-se que o componente realiza as tarefas para o qual foi projetado, realizando um monitoramento de todos os elementos cujo sensor está acoplado, bem como recebe requisições de solicitação dos dados e realiza o envio deles.

5.1.2 Teste serviço em nuvem

Como serviço em nuvem é responsável por armazenar os dados e disponibilizá-los para aplicações através de uma API, o teste verificará se o armazenamento está sendo realizado, se

os dados foram enviados de forma estruturada quando requisitados e verificar o comportamento da aplicação em cenários de erros. Então, é importante que a aplicação gerencie corretamente as requisições e forneça respostas de acordo com o cenário.

Para realização do teste, estabelecemos um cenário, com dados já pré-cadastrados e uma estação. A estação possui 5 sensores acoplados:

1. Temperatura do solo;
2. Umidade do solo;
3. Temperatura do ambiente;
4. Umidade do ambiente;
5. Sensor de precipitação.

Cada um sensor possui um escala de atuação, sendo os de temperatura atuando entre 0 – 85, os de umidade atuando entre 0 – 100 e o de precipitação atuando em forma booleana, verdadeiro ou falso.

Estabelecido o cenário, bem como as informações dos parâmetros sobre os componentes, existem algumas regras que devem ser validadas ao ser solicitado o envio ou recuperação dos dados, tais como: se uma determinada estação está vinculada ao usuário, se o sensor está vinculado a estação, se os valores dos dados obtidos dos sensores estão válidos.

A tabela 4 apresenta um exemplo de envio de dados válidos de uma coleta para o servidor e a resposta esperada. A tabela 5 apresenta casos de teste com entradas inválidas, sendo o primeiro passando um sensor não acoplado na estação e no segundo valores fora da escala aceita.

Tabela 4 – Caso de teste envio de dados sucesso.

Caso de teste	Entrada			Saída esperada
	Estação	Sensor	Valor	
CT 1	1	1	27.0	OK
		2	60.0	
		3	29.0	
		4	80.0	
		5	FALSE	

Tabela 5 – Caso de teste envio de dados inválidos.

Caso de teste	Entrada			Saída esperada
	Estação	Sensor	Valor	
CT 1	1	1	27.0	NO_CONTENT
		2	60.0	
		7	29.0	
CT 2	1	1	27.0	ERROR
		2	150.0	
		3	-10.0	

As tabelas 4 e 5 apresentam uma base de regras de negócio que devem ser gerenciadas pela API, que responde de 3 formas:

1. OK - Quando nenhuma regra foi quebrada, realiza a persistência ou recebe os dados a uma determinada busca ;
2. NO_CONTENT - Quando algum componente não está registrado ou vinculado a outro da requisição. Exemplo: uma estação inexistente, um sensor não vinculado à estação, entre outros;
3. ERROR - Quando algum valor está inválido.

Para o teste de regras de negócio, por ser algo bem pontual e existir vários casos de testes previstos, utilizou-se testes unitários a fim de verificar se todas as validações necessárias sobre os dados estavam sendo realizadas com sucesso. As eventuais falhas encontradas foram corrigidas e revalidadas automaticamente através da bateria de testes anteriormente construída.

Validadas as regras de negócio do sistema e com um conjunto de testes eficientes, garantida a qualidade do sistema, iniciou a fase de validação das requisições à API. Como o objetivo do teste era verificar se a comunicação com a API era funcional, foi utilizado o *Postman*, uma aplicação que permite realizar requisições HTTP a partir de uma interface simples e intuitiva, facilitando o teste e depuração de serviços *REST*. O envio e recebimento dos dados utilizaram o formato *JSON*.

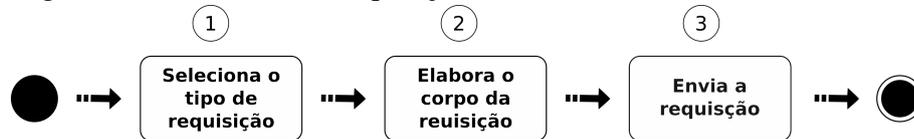
Como o *Postman* trabalha enviando requisições HTTP (as mesmas que serão enviadas pelas aplicações) será uma simulação fiel das aplicações requisitando ou enviando dados para o servidor. Então foram realizadas buscas, inserções e alterações de dados. Na camada de negócio do servidor, apresentado por sua arquitetura no capítulo 4, mostra que a API é responsável por gerenciar: usuários, estações, recomendações, sensores e leituras dos sensores. Então o teste seguiu com o objetivo de verificar cada um desses componentes da camada de negócio, a fim de testar valores válidos e inválidos.

Foram testados 3 tipos de requisições para cada componente: sucesso, conteúdo não encontrado e erro nos dados. Para cada uma delas o servidor deve enviar uma resposta diferente. Esse processo foi repetido para todos os componentes da camada de negócio do servidor.

O processo de envio de uma requisição ao servidor é apresentado pelo diagrama da figura 15, onde é composto por 3 atividades, sendo elas:

1. Selecionar o tipo de requisição: as requisições são HTTP e podem ser selecionadas entre dois tipos, *GET* e *POST*. A requisição *GET* é mais utilizada para consultas, onde os parâmetros são passados através da URL, já a *POST* é utilizada quando tem necessidade de envio de dados, para realização de processos tais como inserção, atualização e remoção.
2. Na segunda etapa é construído o corpo da requisição, no caso de uma requisição *GET* os parâmetros são passados através da URL, já na requisição *POST* é construído um corpo em formato *JSON*, como disposto pelo código-fonte 1.
3. Envia a requisição: a requisição é enviada ao servidor e o mesmo responde conforme o que foi solicitado. Na figura 16 é mostrado o resultado da requisição *POST* e na figura 17 apresenta a resposta de uma requisição *GET* de busca de dados.

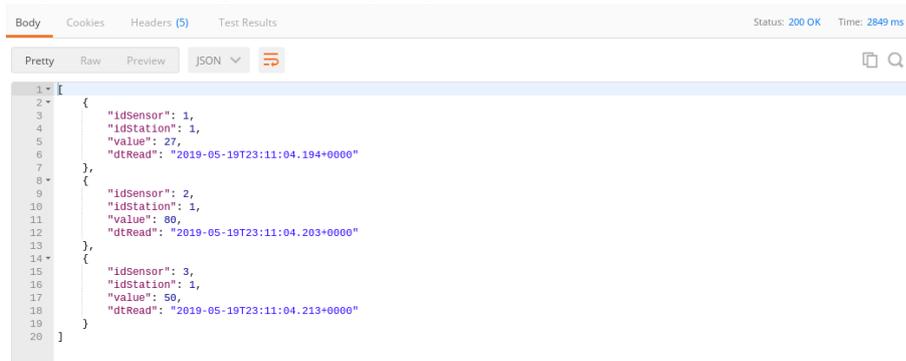
Figura 15 – Processo de requisição ao servidor.



Fonte: Autor

Código-fonte 1 – Exemplo de dados enviados ao servidor.

```
1  [  
2    {  
3      "idUser": 1,  
4      "idStation": 1,  
5      "idSensor": 1,  
6      "value": 27.0  
7    },  
8    {  
9      "idUser": 1,  
10     "idStation": 1,  
11     "idSensor": 2,  
12     "value": 80.0  
13   },  
14   {  
15     "idUser": 1,  
16     "idStation": 1,  
17     "idSensor": 3,  
18     "value": 50.0  
19   }  
20 ]
```

Figura 16 – Resposta da requisição *POST*.

```
Body Cookies Headers (5) Test Results Status: 200 OK Time: 2849 ms  
Pretty Raw Preview JSON  
1  [  
2    {  
3      "idSensor": 1,  
4      "idStation": 1,  
5      "value": 27,  
6      "dtRead": "2019-05-19T23:11:04.194+0000"  
7    },  
8    {  
9      "idSensor": 2,  
10     "idStation": 1,  
11     "value": 80,  
12     "dtRead": "2019-05-19T23:11:04.203+0000"  
13   },  
14   {  
15     "idSensor": 3,  
16     "idStation": 1,  
17     "value": 50,  
18     "dtRead": "2019-05-19T23:11:04.213+0000"  
19   }  
20 ]
```

Fonte: Autor

Figura 17 – Exemplo de requisição *GET* ao servidor.

```

1  [
2  {
3    "id": 15,
4    "descriptionStation": "Matriz",
5    "users": [
6      13
7    ],
8    "sensors": [
9      {
10     "id": 2,
11     "name": "DHT11",
12     "descriptionSensor": "Sensor Temperatura",
13     "unity": "%c"
14   },
15   {
16     "id": 18,
17     "name": "Sensor de precipita\u00e7\u00e3o",
18     "descriptionSensor": "Sensor de precipita\u00e7\u00e3o",
19     "unity": "%\u00a0"
20   }
21 ]
22 },
23 {
24   "id": 16,
25   "descriptionStation": "Sitio Teste update",
26   "users": [
27     13
28   ],
29   "sensors": [
30     {
31       "id": 1,
32       "name": "DHT11",
33       "descriptionSensor": "Sensor de Umidade",
34       "unity": "%\u00a0"
35     },
36     {
37       "id": 2,
38       "name": "DHT11",
39       "descriptionSensor": "Sensor Temperatura",
40       "unity": "%c"
41     }
42 ]
43 }
44 ]

```

Fonte: Autor

Obeve-se o resultado esperado para cada uma delas. As outras partes da aplicação responderam de forma similar à apresentada nas figuras 16 e 17, correspondendo ao seu componente.

5.1.3 Teste da aplicação móvel

O propósito da aplicação móvel é obter os dados armazenados em nuvem e apresentá-los aos usuários. Outra função é realizar a coleta dos dados da estação de monitoramento através de uma comunicação *bluetooth*, armazená-los localmente e, quando possuir conexão com a internet, enviá-los para o serviço em nuvem.

O teste seguiu por três cenários:

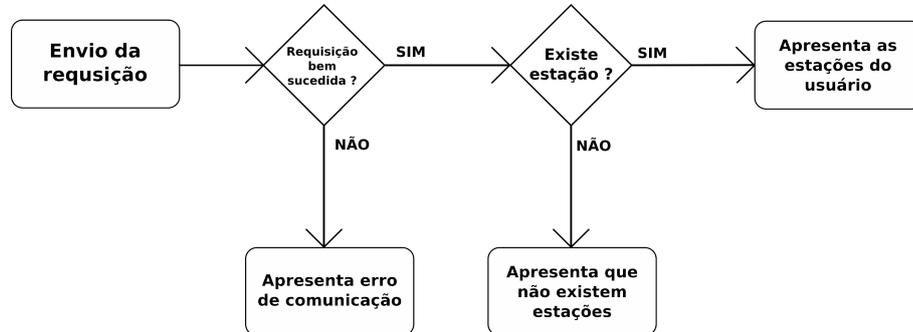
1. Requisição ao servidor para obtenção de dados armazenados e apresentação ao usuário;
2. Coleta de dados na estação de monitoramento;
3. Enviar uma recomendação através da aplicação móvel.

Para a realização do teste, foram utilizados os mesmos componentes da seção 5.1.1.

Para o primeiro cenário, através do aplicativo, enviou-se uma requisição à API da aplicação servidora para a apresentação das estações pertencentes ao usuário logado, então o servidor retorna as estações e suas respectivas informações. A partir do menu principal o usuário seleciona a opção de estações e internamente o aplicativo constrói uma requisição *GET* e envia

ao servidor passando o identificador do usuário. Este fluxo é apresentado pelo diagrama da figura 18.

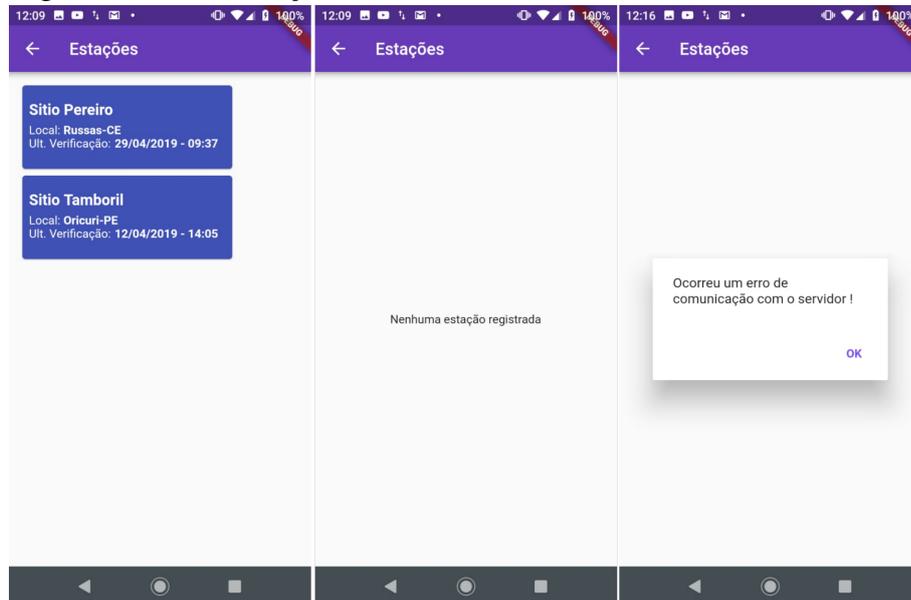
Figura 18 – Fluxo de requisição das estações.



Fonte: Autor

O resultado desse processo é demonstrado pela figura 19, onde, (i) O usuário possui estações cadastradas, (ii) o usuário não possui nenhuma estação cadastrada no servidor, (iii) em caso de erro de conexão com servidor.

Figura 19 – Tela estações.

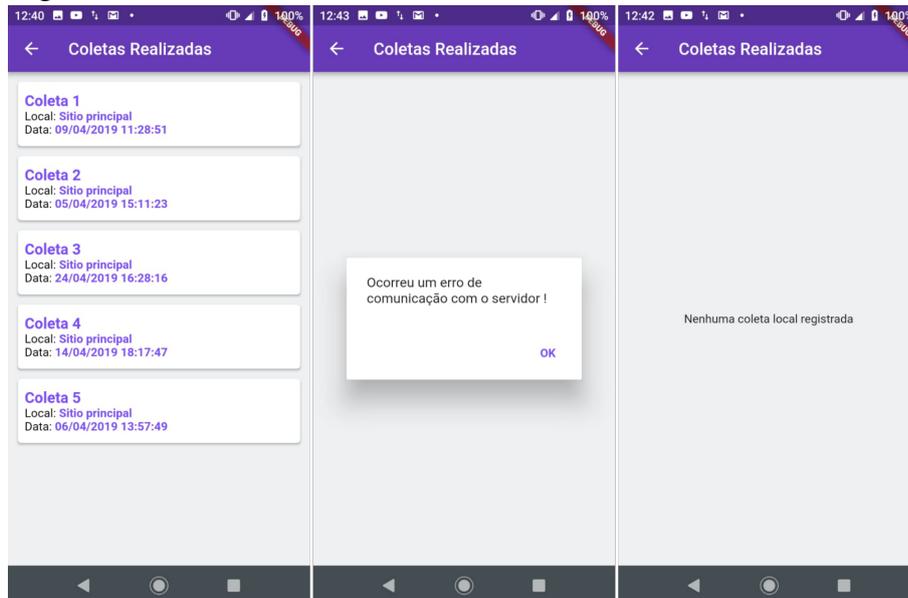


Fonte: Autor

Este processo é executado na primeira execução da aplicação, e essas estações são armazenadas localmente. Caso seja necessário uma atualização das estações locais existentes, o usuário deve realizar uma nova requisição de estações. Um cenário que essa situação pudesse acontecer, seria no caso de ser inserido uma nova estação para um determinado usuário, já que esse processo é feito por um administrador do sistema, quando constrói uma nova estação de monitoramento.

Com a obtenção das estações, um novo teste foi realizado, ver as coletas realizadas em cada estação. Ao selecionar uma estação é enviado uma requisição ao servidor para obter as coletas vinculadas aquela entidade. Dada resposta do servidor, a aplicação apresenta as coletas, conforme mostrado pela figura 20, sendo, (i) Uma estação com coletas já realizadas, (ii) erro de comunicação com o servidor, (iii) estação com nenhuma coleta realizada até o momento. Ao selecionar uma coleta é exibido o detalhamento da mesma e o campo de inserir recomendação, como demonstrado na figura 21.

Figura 20 – Tela coletas.



Fonte: Autor

Figura 21 – Tela detalhamento da coleta.



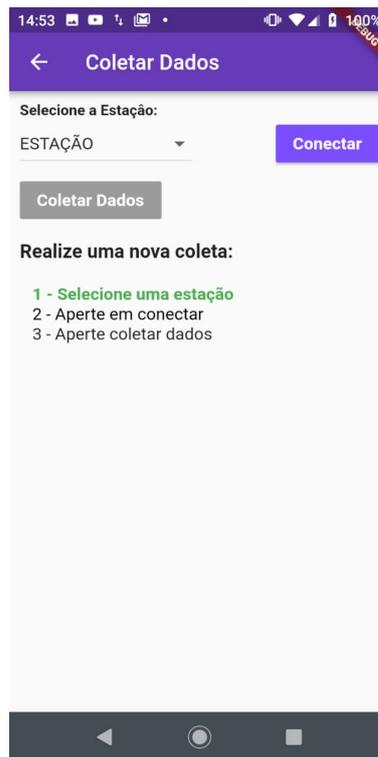
Fonte: Autor

A partir do teste realizado, notou-se que a parte de recuperação dos dados está funcional e realiza de maneira eficiente o que foi proposto.

A segunda fase do teste verificará a funcionalidade de coleta de dados através da aplicação móvel. Para realizar o teste é necessário que o dispositivo móvel utilizado esteja com o *bluetooth* ativado. A tela de coleta é demonstrada pela figura 22. Ela apresenta um roteiro que o usuário deve seguir para realizar a funcionalidade, buscando direcioná-lo na execução da atividade e diminuir os erros. O fluxo consiste em:

1. Selecionar a estação que deseja se conectar;
2. Conectar na estação;
3. Realizar coleta.

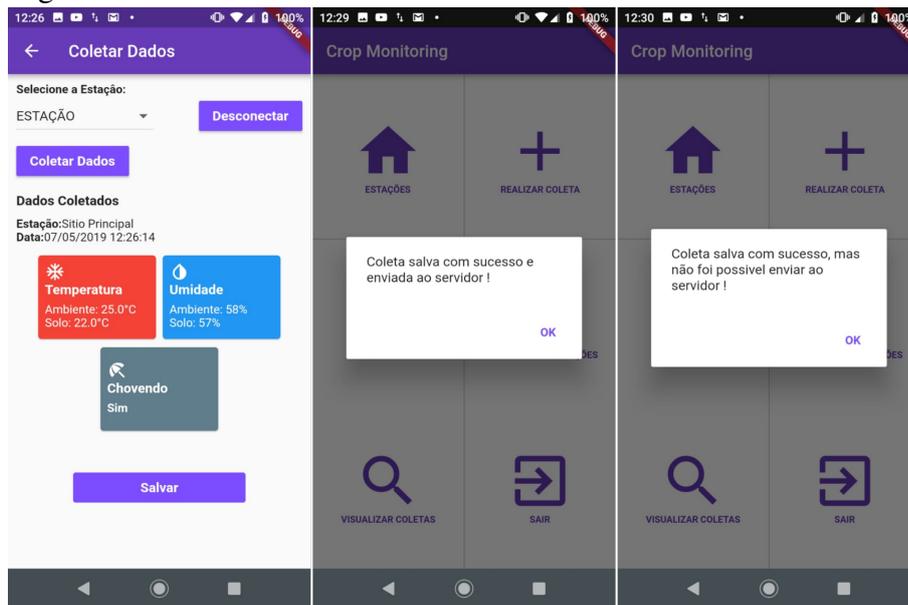
Figura 22 – Tela inicial realizar coleta.



Fonte: Autor

Ao realizar a coleta são exibidas ao usuário as informações obtidas através da estação de monitoramento, bem como a data que a coleta foi realizada. É habilitado também para o usuário a opção de salvar a coleta localmente, para o caso de o dispositivo não possuir conexão com a internet. Quando houver a disponibilidade de conexão, a coleta será enviada para o serviço em nuvem. A tela com essas informações é exibida pela figura 23, onde, (i) Coleta realizada; (ii) Após salvar com conexão com a internet; (iii) Após salvar, mas sem conexão com a internet.

Figura 23 – Tela de salvar nova coleta.



Fonte: Autor

No último cenário, foi testada a funcionalidade de recomendações, onde o sistema irá carregar as coletas realizadas e apresentá-las ao usuário. Após isso o usuário seleciona uma coleta a qual deseja inserir alguma recomendação. O sistema irá apresentar o detalhamento da coleta selecionada e um campo caso o usuário deseje inferir uma recomendação de ação a ser realizada na área de plantio a partir dos dados observados no detalhamento. Caso o usuário insira e salve esta recomendação, a mesma será salva localmente e, caso possua conexão com a internet, é enviada automaticamente, caso contrário, ficará armazenado localmente até que o dispositivo possua uma conexão estabelecida, para que os dados possam ser sincronizados. Telas da respectiva funcionalidade são mostradas pela na figura 21, anteriormente apresentada.

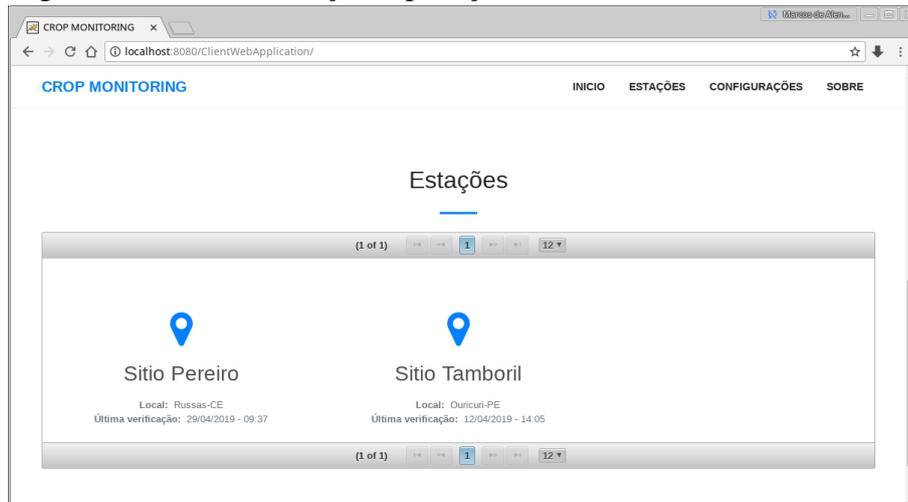
A partir de todos os testes realizados, conclui-se que a aplicação móvel está funcional.

5.1.4 Teste Aplicação Web

Na aplicação web, por ter funcionalidades similares à aplicação móvel (apresentação dos dados e de recomendações). Foram conduzidos os mesmos testes da aplicação móvel. As duas funcionalidades estão presentes dentro do mesmo fluxo na aplicação web, ou seja, a partir da apresentação das informações das coletas, o usuário irá inserir um recomendação ou não.

Inicialmente será apresentado ao usuário suas estações com suas respectivas informações e um botão para ver detalhes, demonstrado pela figura 24.

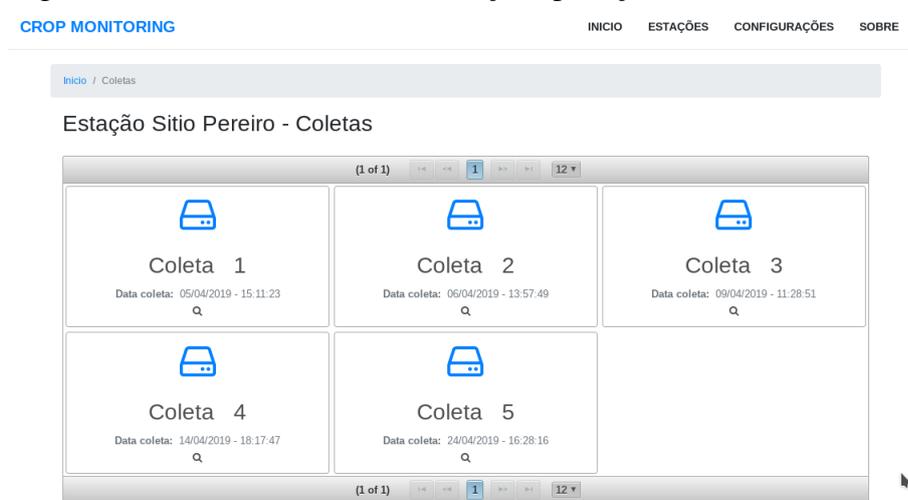
Figura 24 – Tela de estações aplicação web.



Fonte: Autor

Ao selecionar clicar em uma estação, o usuário será direcionado para tela onde será apresentada todas as coletas realizadas naquela determinada estação e algumas informações sobre a mesma, apresentado na figura 25.

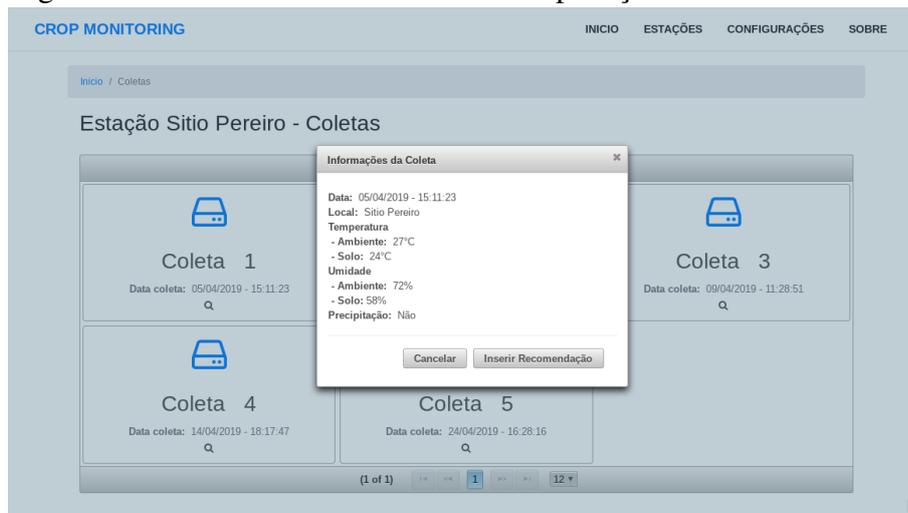
Figura 25 – Tela coletas de uma estação aplicação web.



Fonte: Autor

A partir daí, o usuário poderá selecionar ver o detalhamento da coleta, a partir do botão representado pelo ícone de uma lupa, e nesse detalhamento vai ter todas a informações da coleta, tais como: data, informações dos sensores, entre outros. Também será apresentado um campo no qual o usuário poderá inserir uma recomendação sobre aquela coleta. Essas informações são registradas e ficarão ligadas a coleta. Sendo assim, toda vez que tiver acesso ao detalhamento, o usuário verá, além das informações, a opção de inserir uma recomendação. Tal funcionalidade é mostrada pela figura 26.

Figura 26 – Tela detalhamento de coleta aplicação web.



Fonte: Autor

As funcionalidades demonstradas anteriormente, nesta seção, fazem parte de um fluxo para se inferir uma recomendação sobre uma coleta, ou seja, o fluxo para se inserir uma recomendação segue:

1. Selecionar uma estação;
2. Selecionar uma coleta;
3. Inserir uma recomendação;

Vale ressaltar que nos itens 1 e 2, são enviadas requisições a API servidora a fim de recuperar, respectivamente, as estações do usuário e as coletas da estação selecionada, para que a partir daí seja selecionada a coleta que a recomendação será vinculada. A fim de validar a aplicação Web foi seguido o fluxo de inserção de recomendação em uma coleta, pois, para realizar essa operação, todas as outras responsabilidades da aplicação web terão que está funcionais, como mostrado nos parágrafos anteriores. Logo, como apresentado pela figura 26, todo o fluxo para realizar a operação foi realizado com sucesso, validando assim a aplicação Web.

Com todos os módulos verificados e validados, concluímos que o sistema é viável para realizar a arquitetura proposta por esse trabalho. A implementação apresentada por esse trabalho é um exemplo, que pode ser melhorado, mas que atua de forma funcional em cima da arquitetura proposta.

5.2 Teste cenário real

Efetuada todos os testes sobre as aplicações construídas durante o presente trabalho, bem como validada a viabilidade da arquitetura proposta, seguiu-se uma nova etapa de testes.

Agora em um cenário real, almejando validar um dos objetivos discutidos durante este trabalho, que consiste em projetar a solução a fim de se inserir no contexto da agricultura familiar. Então este teste visa analisar a experiência dos usuários, ligados a agricultura familiar, ao utilizar a aplicação.

Como o objetivo principal do teste era mensurar a experiência dos usuários que viriam a utilizar a plataforma, foi-se o utilizado o questionário SUS (*System Usability Scale*), um dos mais conhecidos e mais simples métodos de averiguação do nível de usabilidade de um sistema. A popularidade do método se deve, entre outros motivos, ao fato dele apresentar um balanço interessante entre ser cientificamente apurado e ao mesmo tempo não ser extremamente longo para o usuário, nem para o pesquisador.

Definido por Brooke *et al.* (1996), o método busca avaliar 3 características principais:

1. Efetividade: Se os usuários conseguiram completar as tarefas;
2. Eficiência: O quanto de esforço e recursos foram necessários para realizar a tarefa;
3. Satisfação: Se a experiência foi satisfatória para o usuário.

Estas avaliações são feitas através de 10 perguntas, onde o usuário poderá responder em uma escala de 1 a 5. Onde um 1 significa discordo totalmente e 5 concordo totalmente. O questionário é passado ao final da realização do teste pelo usuário, ou seja, depois que o usuário tentou realizar um conjunto de tarefas.

Após coletar os resultados, é realizado algumas operações para chegar até a pontuação final, sendo:

1. Para as respostas ímpares, subtrair 1 da pontuação que o usuário respondeu;
2. Para as respostas pares, subtrair a resposta de 5. Ou seja, se o usuário respondeu 2, contabilizar 3. Se o usuário respondeu 4, contabilizar 1;
3. Após isso, somar todos os valores das dez perguntas, e multiplicar por 2.5;
4. Essa é sua pontuação final, que pode ir de 0 a 100.

A média do SUS é de 68 pontos. Se for obtido menos pontos do que a média, o software enfrenta problemas de usabilidade.

Com a técnica de avaliação escolhida deu-se início a fase de planejamento dos testes, que consistia em selecionar uma amostra de usuários envolvidos no contexto da agricultura familiar e o material necessário para a aplicação do teste.

Da amostra foram selecionados 2 usuários especialistas, sendo um técnico e um engenheiro agrônomo, sendo ambos funcionários de uma ONG que presta apoio e assessoria

técnica a agricultores familiares, e o outro usuário um agricultor que tinha poucas instruções educacionais, sendo semianalfabeto.

Sobre os equipamentos, foram utilizados:

- Estação de monitoramento construída;
- Dispositivo móvel com o aplicativo da proposta instalado;
- Computador com acesso a internet;
- Questionário de avaliação;

O teste foi realizado em duas fases, a primeira em uma área de plantio onde o usuário iria coletar os dados do solo, obtidos a partir da estação de monitoramento, através do aplicativo móvel. Na segunda etapa um dos especialistas irá acompanhar a coleta através da aplicação web e inserir uma recomendação a respeito da coleta obtida. As duas fases do teste foram acompanhadas e orientadas pelo autor do trabalho.

A primeira fase do teste foi realizada por um dos especialistas e o agricultor familiar, onde ambos seguiram o mesmo roteiro de teste, sendo ele:

1. Abrir o aplicativo;
2. Selecionar a funcionalidade realizar coleta;
3. Selecionar uma estação;
4. Conectar-se na estação;
5. Efetuar a coleta;
6. Observar os dados obtidos e salva-los;
7. Estabelecer conexão com a internet e enviar os dados.

Após a realização dos testes foi aplicado o questionário SUS com os usuários que realizaram o teste, a fim de avaliar a aplicação móvel que os mesmos utilizaram.

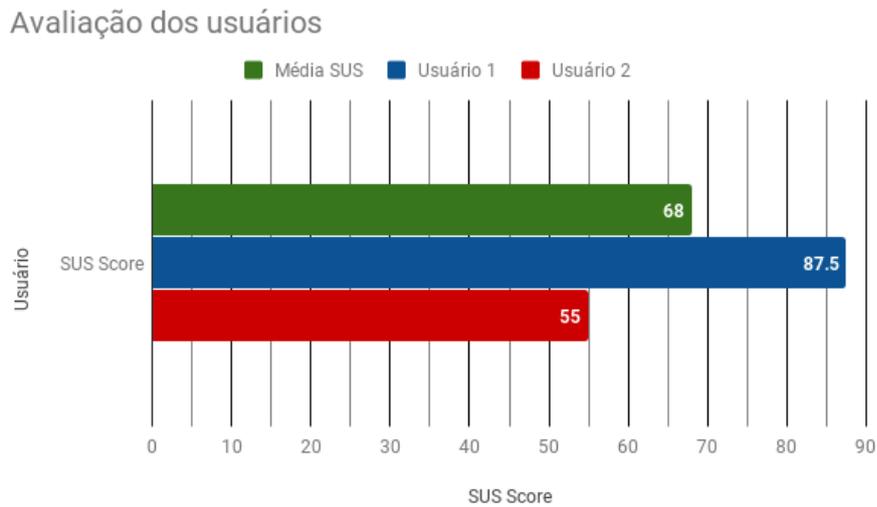
Na segunda fase do teste, foi utilizado o outro usuário especialista, que realizou a operação de inserir uma recomendação a respeito de uma coleta obtida. O roteiro seguido foi:

1. Acessar a aplicação Web;
2. Selecionar uma das estações apresentadas;
3. Selecionar uma das coletas apresentadas da determinada estação;
4. Observar os dados da coleta e inserir uma recomendação;
5. Salvar a recomendação inserida;

Como no fim da primeira fase do teste, foi aplicado o questionário SUS ao usuário com o objetivo de avaliar a usabilidade da aplicação Web.

Na primeira fase do teste foram obtidos resultados dispostos pelo gráfico da figura 27, através do questionário SUS. Vimos um discrepância entre as avaliações obtidas com os dois usuários, essa diferença deu-se pelo nível de instrução de cada uma deles, sendo o usuário 1 um técnico, com ensino superior completo e o segundo um agricultor semianalfabeto.

Figura 27 – Gráfico de avaliação da aplicação móvel.



Fonte: Autor

É importante ressaltar alguns pontos que devem ser considerados, nos quais foram observados durante a realização dos teste, mas que os mesmos não puderam ser mensurados apenas com o questionário, tais como: o usuário 2 teve uma incidência bem maior de erros ao realizar o teste, bem como também precisou de auxílio do aplicador na maior parte do tempo para encontrar as funcionalidades.

Na segunda fase do teste, o *score* SUS do usuário que realizou a avaliação Web foi de 90 pontos, índice esse esperado, já que trata-se de uma funcionalidade mais simples e um fluxo bem definido e também por o usuário já possuir um nível de instrução alto. O usuário relatou também a importância e relevância da solução para o contexto na qual seria aplicada.

Logo a partir do teste realizado pode-se obter que o sistema está com uma boa usabilidade quando trata-se de usuário que possui um nível de ensino. Já para aqueles que possuem um nível de educação baixo, à aplicação não fornece uma experiência tão satisfatória, sendo que o mesmo consegue realizar as operações, mas somente com o auxílio de alguém com maior formação educacional.

6 TRABALHOS RELACIONADOS

O trabalho de Rosa (2017), apresenta um estudo de Internet das coisas na agricultura do Sul do Brasil. A pesquisa segue uma revisão bibliográfica referente à IoT e a agricultura de precisão. Como resultados da análise foi revelado que os profissionais envolvidos têm um entendimento relativamente abrangente, mas que a área ainda sofre muitas limitações, como: custo, conhecimento, acesso à tecnologia. Tal trabalho serviu de base para um levantamento sobre a realidade da tecnologia aplicada agricultura no Brasil, onde foi visto ser mais voltada para a agricultura de grande porte. A apresentada pelo trabalho discorrido nos capítulos anteriores visa a implantação em uma nova realidade e também levando em consideração as suas limitações e desafios.

É apresentado por Silva *et al.* (2013) um protótipo autônomo de irrigação energizado por uma célula fotovoltaica, baseado em Arduino. O sistema consiste de um sensor de umidade do solo que ao atingir um nível predefinido emite um sinal elétrico que aciona um dispositivo de liberação de água em uma rede de irrigação. O sistema tem custo aproximado de R\$240 (na época do trabalho), é de fácil manipulação e manutenção, e funciona de maneira autônoma durante o dia, quando há energia solar disponível. A solução proposta nesse trabalho visa mais a questão do monitoramento do solo para automatizar o processo de irrigação. Este trabalho difere-se ao buscar colher mais elementos a respeito do solo e ambiente, apresentar de forma clara para os usuário esses dados, também podendo ser utilizados como informações para outros componentes tais como sistemas de irrigação, como o trabalho relacionado.

É proposto por Morgenstern *et al.* (2013) a definição de uma arquitetura de auxílio aos técnicos Agrícolas e Engenheiros Agrônomo na coleta de dados e recomendações. Especificamente é apresentada a definição de uma estrutura de sensores para uma arquitetura com um conjunto de módulos para o monitoramento de informações do ambiente, e recomendação de ações de acordo com estas informações. O trabalho visa realizar recomendações a respeito de um ambiente com variáveis controladas, com uso específico e o custo de implantação fica alto quando se fala no contexto da agricultura familiar. O nosso trabalho tem como contribuição a arquitetura genérica que busca atender um maior número de realidades e em ambientes onde as variáveis não estão controladas. O custo de implantação também surge como um diferencial, já que foi projetado para baixo custo.

Mohanraj *et al.* (2016) propõe uma aplicação e-Agricultura, baseada em um *framework* que consiste em uma base chamada *KM-Knowledge* e por módulos de monitoramento.

O mesmo faz uma análise das condições climáticas, nível de umidade, e do reservatório de água disponível para uma determinada área plantio. A partir daí faz uma análise e apresenta as informações para o usuário como o diagnóstico daquele ambiente, os custos para realizar a plantação e a viabilidade do mercado. O trabalho citado tem como objetivo principal avaliar se o ambiente está propício para realizar o plantio, o nosso trabalho visa mais um acompanhamento das plantações bem como os usuários poderem inferir recomendações nas quais podem exercer sobre elas.

O trabalho relacionado Karim *et al.* (2017) consiste em um sistema utilizando redes de sensores sem fio, na qual a estação de monitoramento é conectada a um nó *gateway* que fica encarregado de enviar as informações via GPRS para o usuário. O sistema de monitoramento coleta dados sobre a umidade do solo. Este trabalho apenas pega elemento sobre a umidade do solo e também não projeta uma solução visando custos. A sua estrutura de comunicação serviu como referência para a arquitetura do nosso trabalho, mas o nosso difere em coletar mais elementos do solo e também fornece aplicações para interação do usuário com o sistema.

Rodriguez *et al.* (2017) apresenta uma solução aplicada para o controle de qualidade de rosas em estufa. Consiste em medir os níveis de umidade, luminosidade e temperatura da estufa, envia através de redes de sensores sem fio para nuvem e a através de técnicas de mineração de dados apresenta uma predição daquelas condições. A solução foi pensada para um problema específico, o de controle de produção de rosas, atendendo apenas as variáveis citadas e o monitoramento era feito em estufas tendo um controle maior do ambiente e possuindo uma conexão estabelecida.

É apresentado por Ojha *et al.* (2015) o estado da arte no que se trata de redes de sensores sem fio aplicada à agricultura. É proposta uma arquitetura distribuída, formada por módulos composto de sensores, chamados de nó de sensores, responsáveis por coletar dados do solo e enviá-los ao módulo que será responsável por reunir esses dados, chamado de nó *gateway*, que será responsável de realizar o processo de entrega dos dados as aplicações, mas por se tratar de uma arquitetura não pré definido o meio de comunicação utilizado, ficando de forma genérica. O custo implantação da arquitetura levantada pelo estado da arte se torna alto, inviabilizando para produtores de médio e pequeno porte, o nosso trabalho busca atender essas realidades com um sistema simples e mais viável financeiramente, com eficácia similar ao trabalho relacionado.

7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

A proposta deste trabalho foi unificar os pontos positivos dos trabalhos relacionados, a fim de projetar uma arquitetura e construir um sistema distribuído de baixo custo, na qual favorecesse o monitoramento de solos e ambiente da agricultura familiar. E também, construir aplicações responsáveis por apresentar as informações claras, objetivas e de fácil entendimento, facilitando assim o acesso a usuários com pouca instrução educacional, pouco contatos com tecnologias e de condições financeiras baixas.

Discutido todo o trabalho e apresentados os resultados obtidos, bem como também a construção da arquitetura em conjunto com os sistemas propostos nos objetivos, conclui-se que a implantação da internet das coisas na agricultura familiar se torna viável e de grande utilidade, onde fornece um maior número de informações, auxiliando-os na tomada de decisões por todos os envolvidos na área. O sistema construído foi de baixo custo de implantação, se encaixando dentro das limitações da agricultura familiar e também pode ser expandido de acordo com o poder de investimento dos produtores.

Durante o desenvolvimento do trabalho foi-se encontrado dificuldades, principalmente por está se inserindo em um contexto onde os envolvidos possuem pouco contato com tecnologias e nível de instruções baixo, sendo um dos empecilhos para a utilização das aplicações. Vê-se nos trabalhos futuros a necessidade de planejamento para atacar essas dificuldades, sejam através de interfaces mais comunicativas, como com o uso de sons ou algo similar.

A obtenção de mais sensores também foi outro fator que limitou o trabalho, pois como o mesmo objetivava uma solução de baixo custo, o custo financeiro dos mesmos, limitou as ideias iniciais para o protótipo. Mas no projeto da arquitetura foi projetada para receber um conjunto de sensores, podendo serem iguais aos demonstrados na solução criada ou então a critério de quem for implantar a solução.

A principal contribuição do trabalho foi a arquitetura proposta e as aplicações que a implementam. O trabalho torna-se relevante para posteriores estudos também pois fornece uma arquitetura sólida validada, na qual possui portabilidade para outros contextos e também adaptabilidade a outras realidades. A mesma também está aberta para novos estudos e melhoria, visando sempre uma evolução.

Como trabalhos futuros podemos citar: a melhoria das aplicações, a fim de atender mais realidades, seja em nível de estrutura ou de instrução dos usuários. Além disso, outro ponto, seria o uso dos dados obtidos durante o funcionamento do sistema, bem como as recomendações

inferidas sobre eles por especialista, para a construção de uma base de dados que servisse de entrada para um sistema de recomendação autônomo, onde o usuário poderia obter a recomendação dado um diagnóstico do ambiente e solo da área de plantio.

REFERÊNCIAS

AGROPECUÁRIO, I. C. Brasil, grandes regiões e unidades da federação. **Rio de Janeiro: IBGE**, 2009.

ALVES, E. Migração rural-urbana, agricultura familiar e novas tecnologias. **Embrapa Informação Tecnológica**, 2006.

ALVES, E. d. A. A neutralidade da tecnologia. **Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Revista de Política Agrícola, Brasília, ano 10, nº 4, p. 38-52, Out./Nov./Dez. 2001., 2001.

ARDUINO. **What is Arduino ?** 2018. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 11 Set. 2018.

BERTÉ, R. **Agricultura familiar e os desafios da sustentabilidade econômica e ambiental**. 2014. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/opiniao/artigos/agricultura-familiar-e-os-desafios-da-sustentabilidade-economica-e-ambiental-eangjl4y825ck6wk2tldvvyi4u>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

BROOKE, J. *et al.* Sus-a quick and dirty usability scale. **Usability evaluation in industry**, London-, v. 189, n. 194, p. 4–7, 1996.

BUAINAIN, A. M. Agricultura familiar, agroecologia e desenvolvimento sustentável: questões para debate. **CEP**, v. 71, p. 450, 2006.

CARNEIRO, M. J. **Para além da produção: multifuncionalidade e agricultura familiar**. [S.l.]: Mauad Editora Ltda, 2003.

CASTRO, C. N. d. **A agricultura no Nordeste brasileiro: oportunidades e limitações ao desenvolvimento**. [S.l.], 2012.

CLINE, W. R. *et al.* Economic consequences of a land reform in brazil. **Economic consequences of a land reform in Brazil**, Amsterdam/London: North-Holland Publishing Company., 1970.

DÍAZ, M.; MARTÍN, C.; RUBIO, B. State-of-the-art, challenges, and open issues in the integration of internet of things and cloud computing. **Journal of Network and Computer applications**, Elsevier, v. 67, p. 99–117, 2016.

EVANGELISTA, F. R. A agricultura familiar no brasil e no nordeste. **Fortaleza: BNB**, 2000.

FOWLER, M. **Patterns of enterprise application architecture**. [S.l.]: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2002.

GOOGLE. **Flutter allows you to build beautiful native apps on iOS and Android from a single codebase**. 2018. Disponível em: <<https://flutter.io/>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

JOSEP, A. D.; KATZ, R.; KONWINSKI, A.; GUNHO, L.; PATTERSON, D.; RABKIN, A. A view of cloud computing. **Communications of the ACM**, v. 53, n. 4, 2010.

KARIM, F.; KARIM, F. *et al.* Monitoring system using web of things in precision agriculture. **Procedia Computer Science**, Elsevier, v. 110, p. 402–409, 2017.

- KOCH, A. **Agriculture and the 'Internet of Things': how it will change in Australia**. 2017. Disponível em: <<https://farmers.org.au/community/blog/agriculture-and-the-internet-of-things-how-will-it-change-in-Australia-04042017.html>>. Acesso em: 16 Abr. 2018.
- LABORSOLO, L. **Análise química do solo - Macro e micronutrientes, P-rem, CTC e pH**. 2018. Disponível em: <<https://www.laborsolo.com.br/analise-quimica-do-solo/>>. Acesso em: 23 abr. 2018.
- LEE, H. W. **Agriculture 2.0: how the Internet of Things can revolutionize the farming sector**. 2017. Disponível em: <<http://blogs.worldbank.org/ic4d/agriculture-20-how-internet-things-can-revolutionize-farming-sector>>. Acesso em: 08 Mar. 2018.
- LOUREIRO, A. A.; NOGUEIRA, J. M. S.; RUIZ, L. B.; MINI, R. A. d. F.; NAKAMURA, E. F.; FIGUEIREDO, C. M. S. Redes de sensores sem fio. In: SN. **Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores (SBRC)**. [S.l.], 2003. p. 179–226.
- MOHANRAJ, I.; ASHOKUMAR, K.; NAREN, J. Field monitoring and automation using iot in agriculture domain. **Procedia Computer Science**, Elsevier, v. 93, p. 931–939, 2016.
- MORGENSTERN, M. S.; AURÉLIO, R.; ALVES, R.; MARAN, V. Definição de uma rede de sensores para a arquitetura agromobile. **XII Simpósio de Informática da UNIFRA (SIRC)**, 2013.
- NAKAMURA, E. F.; LOUREIRO, A. A.; FRERY, A. C. Information fusion for wireless sensor networks: Methods, models, and classifications. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, ACM, v. 39, n. 3, p. 9, 2007.
- OJHA, T.; MISRA, S.; RAGHUWANSHI, N. S. Wireless sensor networks for agriculture: The state-of-the-art in practice and future challenges. **Computers and Electronics in Agriculture**, Elsevier, v. 118, p. 66–84, 2015.
- PEREIRA, A. A. A. S. C. *et al.* Comparação da testabilidade das arquiteturas mvc e mvp na camada de apresentação em um aplicativo android. Florianópolis, SC., 2018.
- RODRIGUEZ, S.; GUALOTUNA, T.; GRILO, C. A system for the monitoring and predicting of data in precision agriculture in a rose greenhouse based on wireless sensor networks. **Procedia Computer Science**, Elsevier, v. 121, p. 306–313, 2017.
- ROSA, R. P. da. Dispositivos iot aplicáveis à agricultura intensiva e os resultados já alcançados. **Datacenter: projeto, operação e serviços-Unisul Virtual**, 2017.
- SILVA, D.; OLIVEIRA, G.; SILVA, R.; FERNANDES, C.; JESUS, L. d.; BERGIER, I. Controle automático da umidade do solo com energia solar para pequenos produtores. In: IN: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 6.; EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO PANTANAL, 1., 2013, CORUMBÁ, MS. DESAFIOS E SOLUÇÕES PARA O PANTANAL: RESUMOS. CORUMBÁ: EMBRAPA PANTANAL, 2013. **Embrapa Pantanal-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. [S.l.], 2013.
- SILVA, L. J. Internet das coisas. **Engenharia Elétrica Telemática-Pedra Branca**, 2017.

SOARES, I. F.; MELO, A. C. D.; CHAVES, A. D. C. G. A agricultura familiar: Uma alternativa para o desenvolvimento sustentável no município de condado–pb. **Informativo Técnico do Semiárido**, v. 3, n. 1, p. 56–63, 2010.

STERGIOU, C.; PSANNIS, K. E.; KIM, B.-G.; GUPTA, B. Secure integration of iot and cloud computing. **Future Generation Computer Systems**, Elsevier, v. 78, p. 964–975, 2018.

WAHER, P. **Learning internet of things**. [S.l.]: Packt Publishing Ltd, 2015.

YAN, L.; ZHANG, Y.; YANG, L. T.; NING, H. **The Internet of things: from RFID to the next-generation pervasive networked systems**. [S.l.]: CRC Press, 2008.

YUDEN, T. **Wireless Sensor Network**. 2017. Disponível em: <<https://www.yuden.co.jp/ut/solutions/wsn/>>. Acesso em: 23 Set. 2018.

ZHANG, Q.; CHENG, L.; BOUTABA, R. Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. **Journal of internet services and applications**, Springer, v. 1, n. 1, p. 7–18, 2010.

APÊNDICE A – OUTRAS OPÇÕES DE SENSORES

Tabelas apresentando outras opções de sensores:

Tabela 6 – Sensores para obtenção de dados do solo

Sensor	Soil moisture	Rain/water flow	Water level	Soil temperature	Conductivity	Salinity
Pogo portable soil sensor (http://www.stevenswater.com)	✓	✓	X	✓	✓	✓
Hydra probe II soil sensor (http://www.stevenswater.com)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ECH ₂ O EC-5 (http://www.decagon.com)	✓	X	X	X	X	X
VH-400 (http://www.vegetronix.com)	✓	X	✓	X	X	X
EC-250 (http://www.stevenswater.com)	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: (OJHA *et al.*, 2015)

Tabela 7 – Sensores para obtenção de dados do ambiente

Sensor	Humidity	Ambient temperature	Atmospheric pressure	Wind speed	Wind direction	Rain fall	Solar radiation
WXT520 compact weather station (http://www.stevenswater.com)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
CM-100 compact weather station (http://www.stevenswater.com)	✓	✓	✓	✓	✓	X	X
Met Station One (MSO) weather station (http://www.stevenswater.com)	✓	✓	✓	✓	✓	X	X
All-In-One (AIO) Weather Sensor (http://www.climatronics.com)	✓	✓	✓	✓	✓	X	X
XFAM-115KPASR (http://www.pewatron.com)	✓	✓	✓	X	X	X	X
RM Young (model 5103) (http://www.stevenswater.com)	X	X	X	✓	✓	X	X

Fonte: (OJHA *et al.*, 2015)

Tabela 8 – Sensores para obtenção de dados das plantas

Sensor	Moisture	Temperature	Hydrogen	Wetness	CO ₂	Photosynthesis
Leaf wetness sensor (http://www.decagon.com)	✓	✗	✗	✗	✗	✗
237-L, leaf wetness sensor (http://www.campbellsci.com)	✓	✓	✗	✓	✗	✗
LW100, leaf wetness sensor (http://www.globalw.com)	✓	✓	✗	✓	✗	✗
SenseH2™ hydrogen sensor (http://www.ntmsensors.com)	✓	✓	✗	✓	✗	✗
TPS-2 portable photosynthesis (http://www.ppsystems.com)	✓	✓	✗	✓	✓	✓
Cl-340 hand-held photosynthesis (http://www.solfranc.com)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PTM-48A photosynthesis monitor (http://phyto-sensor.com)	✓	✓	✗	✓	✓	✓

Fonte: (OJHA *et al.*, 2015)