



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 Ro-
berto

RUSSAS

2019

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, consequentemente 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 *Internet of things* (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 mobile 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 6 capítulos, apresentando-se no primeiro a fundamentação teórica necessária para o entendimento dos capítulos seguintes. No segundo capítulo realizou-se a análise do problema, a fim de identificar o pontos que direcionaram a proposição da solução. O terceiro capítulo apresenta a solução proposta, mostrando sua arquitetura, as tecnologias empregadas no projeto e demonstrando cenários de uso. O quarto capítulo descreve os testes e discute os resultados. Já o quinto 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, Redes de Sensores Sem Fio (RSSFs), consistem em um conjunto 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.

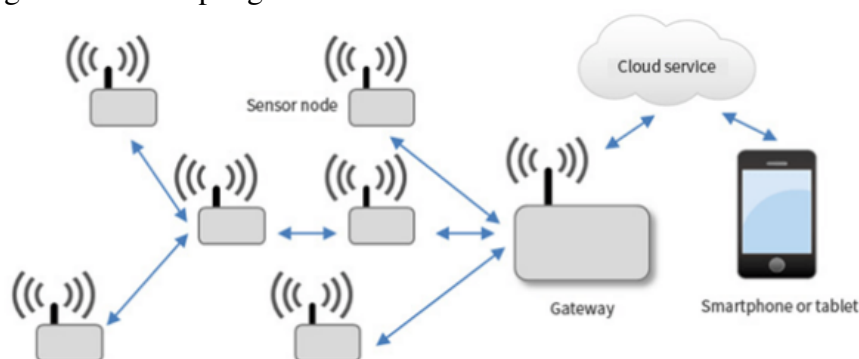
Ojha *et al.* (2015) apresenta os problemas existentes no desenvolvimento de RSSFs. Por ser um sistema distribuído, eles são:

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

Com o crescimento das aplicações e necessidade de escalabilidade vem-se exigindo cada vez mais das máquinas quando se trata de poder de processamento, armazenamento, entre outros fatores. A construção e manutenção dessas máquinas, consequentemente, se tornam mais custosas e nem sempre é utilizado apenas o necessário para uma determinada aplicação, ocasionando assim no desperdício de recursos. 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.

Geralmente a computação em nuvem é visto como um novo modelo de computação, em que recursos (por exemplo, CPU e armazenamento) são fornecidos como utilitários gerais que podem ser alugados e liberados pelos usuários através da Internet, sob demanda.

Em um ambiente de computação em nuvem, a função tradicional de provedor de serviços, se dividem em provedores de infraestrutura que gerenciam plataformas de nuvem e alugam recursos baseado em uso e provedores de serviços que alugam recursos de um ou vários provedores de infra-estrutura para servir os usuários finais. (STERGIOU *et al.*, 2018)

A computação em nuvem é atraente para os proprietários de aplicações que necessitam de desempenho e também disponibilidade, pois elimina a necessidade de os usuários planejarem antecipadamente a construção e estruturação de máquinas servidoras e permite que as menas aumentem os recursos somente quando houver um aumento na demanda de serviços, bem como também não se preocupam com a disponibilidade e segurança da aplicação, já que esses serviços são garantidos por terceiros. (ZHANG *et al.*, 2010)

Díaz *et al.* (2016) apresenta as características principais de sistema em nuvem, sendo elas:

1. Provisionamento dos recursos sob demanda, deixando a carga de esforço mínima para o usuário final;
2. Escalabilidade;
3. Cobrança é baseada no uso do recurso ao invés de uma taxa fixa, reduzindo os custos e desperdícios de recursos;
4. Visão única do sistema;
5. 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 e, também, é fundamental considerar determinados fatores:

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 em cima dos 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)

Para obter todos esses parâmetros é necessário um monitoramento constante do solo, e isso pode ser feito usando conceitos de IoT e sensoriamento, mas nem todos esses elementos podem ser obtidos em tempo real, apenas a partir de análises em laboratórios especializados.

Internet das coisas foi escolhida como a infraestrutura que a abordagem proposta

utiliza. Dentre os motivos para essa escolha, estão a flexibilidade de uso, configuração dos equipamentos disponíveis no mercado de IOT, o grande espectro de ferramentas que podem ser anexadas aos dispositivos que constituem uma rede de coisas 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.

Para solucionar as problemáticas e dificuldades encontradas na agricultura familiar, vê-se a necessidade da construção de uma solução que seria dividida em quatro partes:

1. Construção de uma arquitetura que atenda diversas realidades;
2. Sistema de monitoramento e coleta de dados;
3. Aplicação servidora em nuvem;
4. Aplicações cliente para acesso pelo usuário;

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

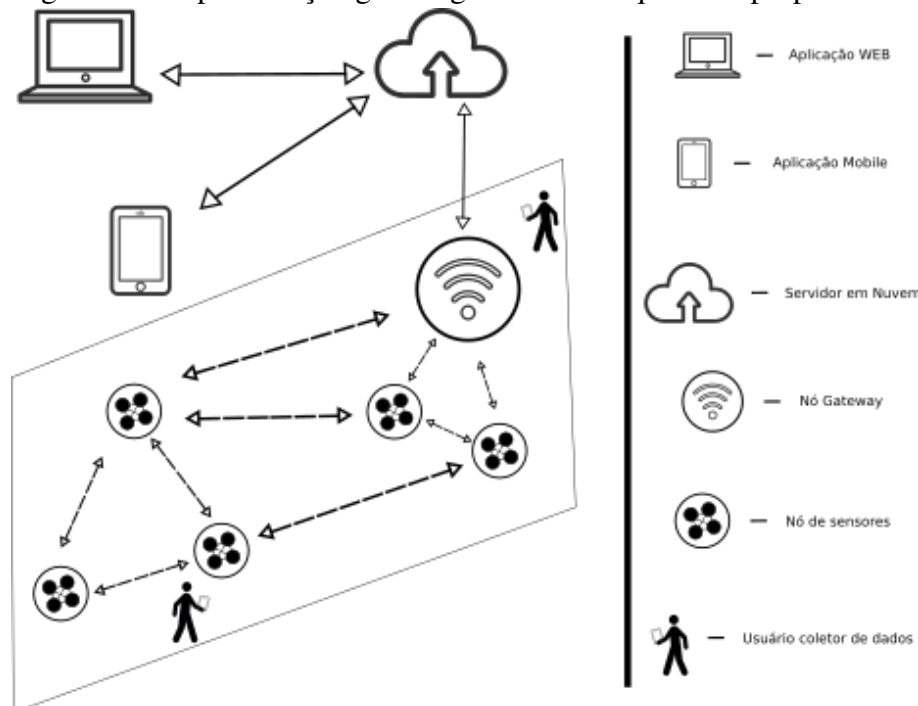
4 ARQUITETURA PROPOSTA

O objetivo deste capítulo é apresentar a arquitetura proposta por esse trabalho, mostrando cada um dos componentes que citados na ilustração geral da proposta, citados no capítulo anterior. Será apresentado também os softwares que foram desenvolvidos para resolver os problemas de pesquisa citados durante o trabalho e detalha-los o seu fluxo funcionamento e padrões utilizados durante a construção, a fim de obter sistemas mais confiáveis e de qualidade.

Na figura 2 é apresentado uma representação gráfica da proposta de arquitetura. A mesma é composta por 6 componentes, onde cada um terá uma finalidade no sistema. Sendo eles:

1. Aplicação Web: Responsável por fornecer o acompanhamento da área de plantio e receber a entrada de recomendações dos especialistas a respeito da ação que deve ser executada no solo, dado um diagnóstico (leitura obtida através dos sensores);
2. Aplicação Mobile: Haverá as mesmas funcionalidades da aplicação web, mas servirá também como o meio de coleta dos dados nos nós gateway (isso levando em consideração que este nó não terá comunicação direta com a internet). Com os dados coletados, quando o aparelho tiver conexão com a internet, será feito a sincronização dos dados com o servidor;
3. Servidor em nuvem: Responsável por fornecer uma API que irá fazer o gerenciamento dos dados coletados das estações de monitoramento e disponibilizá-los as aplicações.
4. Nó gateway: Responsável por coordenar os dados entre os nós de 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 feito de forma manual pelo agricultor com uma aplicação mobile através de uma aproximação ao nó gateway.
5. Nó de sensores: Efetua a coleta dos níveis de elementos do solo e os transfere por um meio sem fio para o nó gateway.
6. Usuário coletor de dados: Irá fazer a coleta de dados manual com auxílio da aplicação mobile e posteriormente sincronizá-los com a nuvem, quando possuir uma conexão com a internet.

Figura 2 – Representação gráfica genérica da arquitetura proposta.



Fonte: Autor

A arquitetura geral do sistema é composto por três aplicações:

1. Aplicação de monitoramento: microcontrolador acoplado de sensores responsáveis por obter dados sobre o solo e ambiente;
2. Aplicações cliente: aplicações web e mobile onde o usuário interagir com o sistema, seja em modo de visualização das informações ou em realizar as ações;
3. Aplicação servidora: serviço em nuvem para gerenciamento dos dados;

Cada uma delas será detalhado nas seções 4.1, 4.2 e 4.3.

4.1 Aplicação de monitoramento

O sistema de monitoramento tem como o objetivo principal coletar dados sobre o solo para auxiliar ao agricultor/técnico a tomar decisões tanto antes de realizar o plantio quanto no acompanhamento da plantação, visando assim aumentar a produção e diminuir as perdas. Vale considerar também que um cultivo contínuo sem a medição e fornecimento adequados do nutriente 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

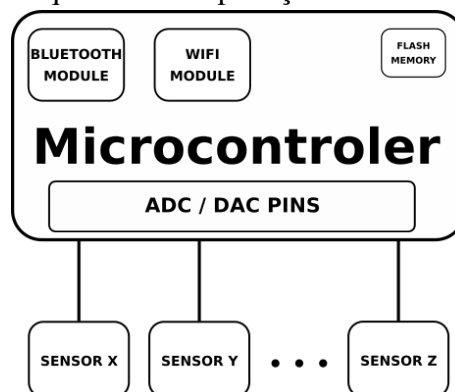
visando um baixo custo de implantação e de fácil utilização, levando em consideração todos os parâmetros a respeito da população da agricultura familiar, tais como, nível de educação, renda familiar, entre outros.

No capítulo 3 foram apontados fatores essenciais para realizar uma análise correta do solo, desses pontos tentaremos extrair a maioria possível através de sensores aplicados ao solo. Sendo que nem todos serão possíveis, por não existir a tecnologia, ou possuir um custo inviável para o contexto do projeto. É importante ressaltar que a estação de monitoramento será desenvolvida pensando em uma arquitetura 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, mas também será possível acoplar mais sensores que vão depender da necessidade e poder de investimento do produtor que irá utilizar o sistema.

Dado isso, a base da estação de monitoramento será utilizado um microcontrolador de baixo custo de implantação e também pela fácil conexão de sensores ao mesmo. Ficando responsável assim por fazer a coordenação entre as entradas dos sensores e a transferência desses dados pelos módulos de comunicação. A aplicação de monitoramento vai consistir em um microcontrolador com sensores acoplados, onde estes sensores são responsáveis por obter os dados do solo e ambiente, e o microcontrolador por realizar a comunicação com as demais aplicações 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, os que não vem como esses módulos nativos devem ser acoplados para alcançar os objetivos desta arquitetura, por exemplo, o Arduino. Os sensores são conectados por pinos analógicos e digitais.

Figura 3 – Arquitetura da aplicação de monitoramento.



Fonte: Autor

Dos microcontroladores estudados e existentes no mercado, foi encontrado três opções diferentes nas quais são satisfatórias para resolver o papel de coordenar os dados obtidos pelos sensores e transmiti-los, são eles: Arduino, ESP8266 e ESP32. A Tabela 5 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 de programação será igual.

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

Analisando o melhor custo benefício e também a facilidade de se trabalhar, 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. Para garantir o sucesso de qualquer atividade agrícola, é de grande importância controlar a umidade do solo, pois só assim é possível garantir o aproveitamento eficiente da água para as culturas, especialmente em regiões semiáridas que convivem com períodos longos de secas (SILVA *et al.*, 2013). Sendo assim se torna imprescindível medir o nível de umidade de um solo. Vários trabalho, como o citado anteriormente, 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. Sobre as condições climáticas será implantado um sensor de precipitação LM193, que será fornecido dados de quando houve chuva na determinada região.

Para determinar a fertilidade do solo, outro fator importante a ser medido é o pH. É também um dos parâmetros mais úteis e informativos do solo, devido a sua relação com muitos

aspectos da fertilidade do solo e do crescimento das plantas. Atualmente no mercado sensores de pH ainda estão com um custo razoavelmente elevado para a agricultura familiar, tornando-o opção secundária de acoplação ao projeto.

Quando se pensa de utilização de sensores, nos dias atuais, temos várias vertentes onde pode-se explorar, variando de qualidade e custo dos componentes. Levando em consideração o contexto de implantação no qual esse trabalho objetiva, a agricultura familiar, montamos 3 opções, na qual é apresentado uma solução de baixo custo de implantação, na qual teria elementos de temperatura, umidade, pH e precipitação, apresentado pela tabela 2, com o respectivo custo de cada um componente com os sensores desejados. Mas é apresentado no apêndice A outras opções de sensores onde podem ser acoplados obtendo mais dados do solo, ambiente e das culturas. A proposta 1 será a escolhida para utilização deste trabalho, afim de pegar o custo mais viável e também satisfatório para a maioria dos produtores.

Tabela 2 – Comparação entre microcontroladores acessíveis

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\$14,00	R\$14,00
Sensor de pH	Não utilizado	Não utilizado	R\$100,00
Custo	R\$ 110 - 125	R\$ 115 - 130	R\$ 210 - 225
Os valores foram obtidos de forma aproximada através de pesquisas realizadas pelo autor			

Fonte: Autor

Agora que foi definido a construção da aplicação de monitoramento, bem como também as restrições e detalhes que devem ser considerados de acordo com o contexto de implantação, temos a parte do sistema responsável de coletar os dados, agora demonstrar considerar de como os mesmos serão transmitidos.

Essa comunicação poderá seguir dos caminhos: (i) coleta realizada pelo app da aplicação cliente; (ii) enviado diretamente ao servidor de forma automática caso a estação possua conexão com a internet. Esse meio será provido por o módulo Bluetooth para o caso da aplicação mobile e pelo módulo Wifi no caso da comunicação direta com o servidor. É importante ressaltar que quando falamos de agricultura as áreas de plantio são localizadas em locais onde uma infraestrutura de rede e quase que inacessíveis, por isso a coleta de dados pela aplicação mobile será mais presente na proposta deste trabalho.

O microcontrolador também tem uma memória flash, responsável por armazenar dados temporários. Isso foi um dos fatores por selecionar o ESP32 como o microcontrolador preferido da proposta, já que o mesmo provê de uma memória flash maior.

4.2 Aplicação servidora

O papel da aplicação servidora no sistema é de gerenciar os dados recebidos, armazenando-os, bem como também enviando os mesmo nas requisições de solicitação.

Para construção de uma aplicação distribuída, vê-se necessário um armazenamento em nuvem, pois, essa estrutura, vai possibilitar que os dados possam estar sempre disponíveis e acessíveis de qualquer local. Como trata-se de dados numéricos, que são as informações obtidas pelos sensores, não será necessário um armazenamento de grande dimensões, facilitando assim a implantação, podendo utilizar de serviços que são de livre utilização, ou até mesmo limitados, e gratuitos, mas buscando confiabilidade e disponibilidade.

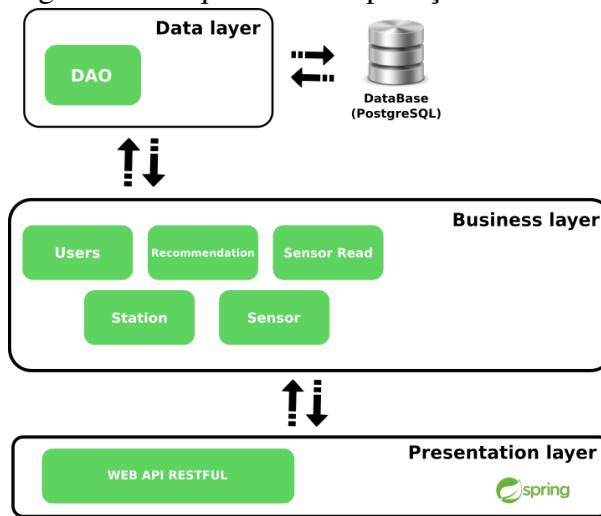
A arquitetura foi desenvolvida utilizando o padrão arquitetural em camadas, dividindo em camadas funcionais, onde cada uma delas vai ter seu papel bem desenvolvido e centralizado.

Camada de apresentação : Esta camada interage diretamente com o usuário, é através dela que são feitas as requisições como consultas. Na nossa proposta essa camada trata-se de um serviço REST no qual vai realizar a interação das aplicações cliente com as camada de negócio da aplicação servidora.

Camada de negócio: É nela que ficam as funções e regras de todo o negócio onde será feito o tratamento das informações. Seus dados são variáveis, ou seja, para que algum dado seja armazenado permanentemente, deve ser utilizada a camada de dados.

Camada de Dados: É composta pelo repositório das informações e a interface que vai fornecer o acesso a esses dados. 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.

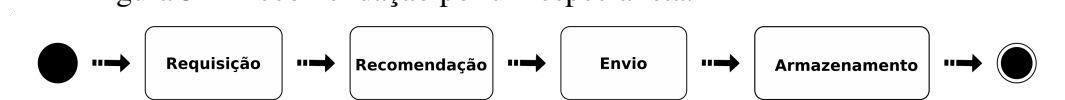


Fonte: Autor

4.3 Aplicações cliente

Do lado cliente do sistema temos duas aplicações, uma Web e outra mobile. As duas aplicações serão responsáveis por apresentar informações remotamente, ou seja, para realizar o acompanhamento do estado do solo da plantação, não será preciso se deslocar 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

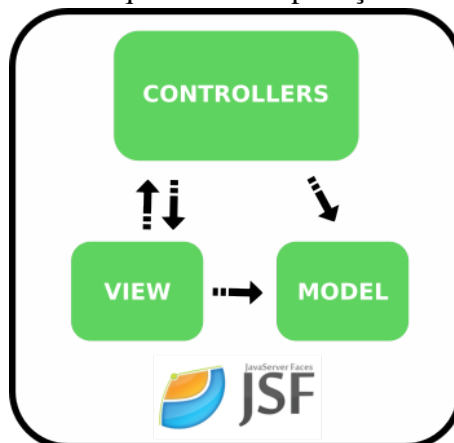
Com o objetivo de conseguir aplicações com qualidade, fáceis de serem mantidas e escalável, utilizou-se de padrões de projeto para a construção de cada um delas. Quando se fala de aplicações web um padrão muito conhecido é o *Model-View-Controller* (MVC), Fowler (2002) define o MVC como um padrão que busca separar os objetos de domínio (Model) da apresentação (View e Controller), os tornando independentes e podendo assumir vários estados, sendo a view responsável por renderizar o estado do Model na tela. O controller é responsável por reagir aos eventos do usuário. Porém um ponto fraco deste padrão é que a View 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) View - 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) Model - São os objetos que serão manipulados. Um objeto Model implementa uma interface que expõe os campos que o presenter irá atualizar quando sofrerem alteração na view. (iii) Presenter - É a ligação entre View e Model, possui papel de mediador entre eles. Ele é encarregado de atualizar o view quando o model é alterado e de sincronizar o model em relação ao view.

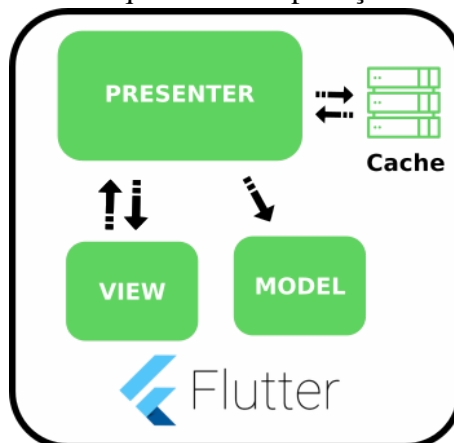
As arquitetura das aplicações são apresentadas pelas figuras 6 e 7. Elas se comunicam com a aplicação servidora através do serviço REST fornecido na camada de apresentação. (PEREIRA *et al.*, 2018)

Figura 6 – Arquitetura da aplicação Web.



Fonte: Autor

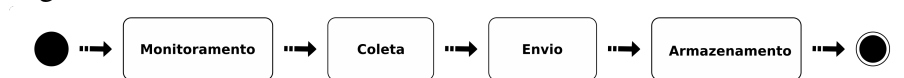
Figura 7 – Arquitetura da aplicação Mobile.



Fonte: Autor

Na aplicação mobile tem uma funcionalidade diferente, a de coleta de informações, na qual consiste em obter os de uma estação de monitoramento, os armazenar e quando o dispositivo, no qual a aplicação está instalada, possuir conexão com a internet o envio dos dados para a aplicação servidora é realizado. Devida a essa funcionalidade vê-se necessário o armazenamento local desses dados, então foi-se inserido na arquitetura da figura 7 uma memória auxiliar. O fluxo de execução desse processo é demonstrado pela figura 8.

Figura 8 – Atividade de coleta.



Fonte: Autor

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 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).

Essas aplicações são importantes pois são através das mesmas que o usuário irá interagir com o sistema, seja tanto em forma de visualização, para realizar a coleta e envio das informações ou inserir recomendações. Para levar em consideração os fatores citados nos capítulos onde a problemática é abordada, tais como nível de instrução e acesso a tecnologia dos usuários que virão a ter acesso ao sistema, essas aplicação são projetadas a fim de possuir uma boa usabilidade, buscando objetividade e clareza na apresentação das informações/funcionalidades apresentadas.

4.4 Integração

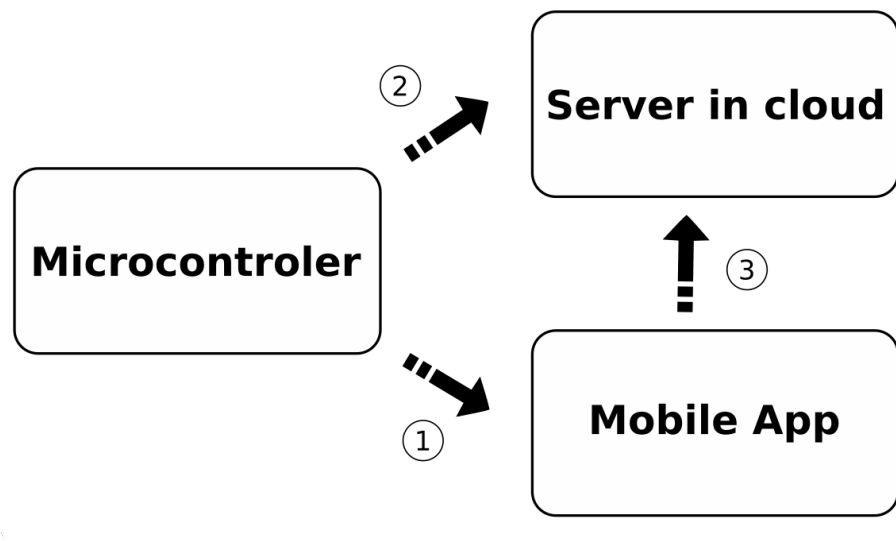
Definido todas as aplicações, as mesmas vão se integrar e se comunicar como representado pela figura 9. Quando se fala da comunicação vale ressaltar alguns pontos, tais como enumerado na figura.

1. Comunicação feita entre a estação de monitoramento e o aplicativo mobile através de uma conexão bluetooth. Foi escolhido bluetooth pois a mesma possui um custo baixo de implantação e também, para a necessidade da aplicação, a mesma satisfaz o esperado. Caso optasse a utilização do Wifi, a arquitetura também funcionaria da mesma forma, mas

teria um custo maior, e como um dos objetivos do projeto é tentar minimizar os custos, a utilização de uma tecnologia mais barata e de fácil utilização é mais viável, quando a mesma consegue alcançar a acurácia para que ela é proposta;

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 realizado uma requisição HTTP para envio dos dados que foram coletados anteriormente da estação de monitoramento;

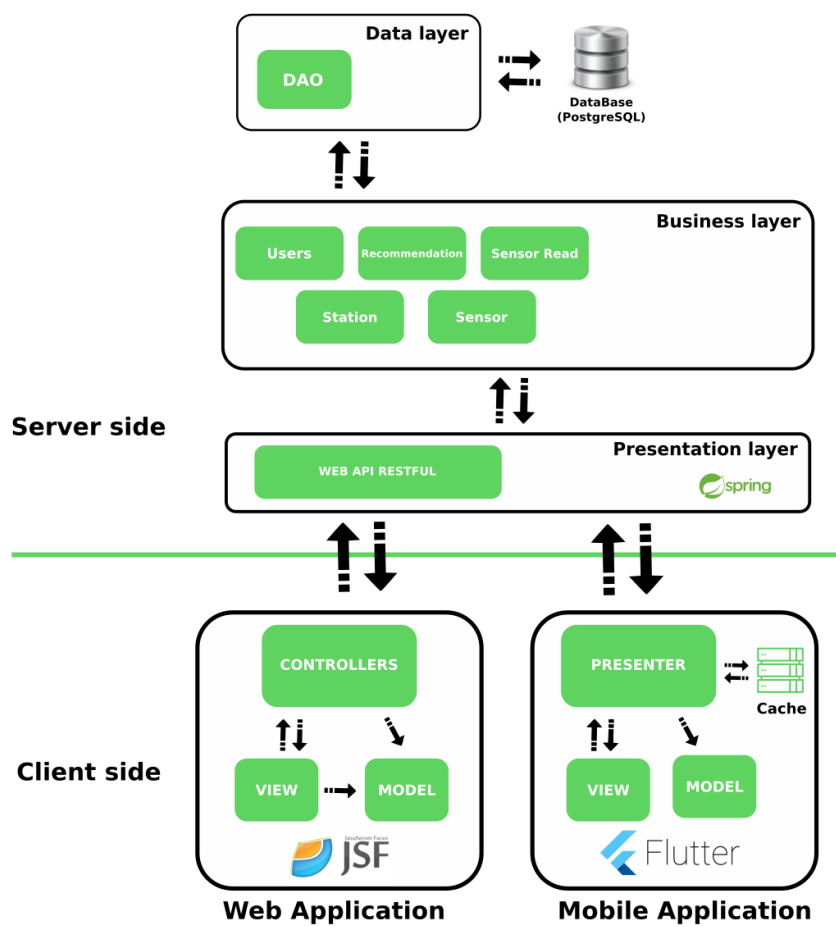
Figura 9 – Comunicação entre módulos.



Fonte: Autor

Olhando pelo nível de software da solução proposta, assumindo que os dados já foram coletados pelas 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 serão demonstrados os resultados obtidos durante o desenvolvimento deste trabalho, bem como discutir sobre os mesmos. Como resultado do trabalho obtemos a arquitetura definida pelo capítulo 4 e o conjunto de aplicações que foram necessárias para validar a arquitetura.

A fim de testar e validar estas aplicações foram realizados dois testes: um teste de laboratório e um em cenário real. No teste de laboratório o objetivo era testar as aplicações desenvolvidas pelo autor, no mesmo seria validado cada uma delas bem com também a comunicação com as demais, validando assim toda a integração do sistema. Já no teste em um cenário real, foram realizados testes com usuários finais, técnicos e agricultores, a fim de avaliar a usabilidade do sistema. O detalhamento de como funcionou os dois testes serão explanados pelas seções 5.1 e 5.2.

5.1 Teste de laboratório

Nessa fase do trabalho o objetivo era testar a qualidade das soluções desenvolvidas a fim de validar a arquitetura proposta. Sendo assim viu-se a necessidade de testar todas as aplicações desenvolvidas bem como também a comunicação entre cada uma delas. Como o objetivo do teste era verificar se cada componente estava funcionando de acordo com o que era proposto, essa fase de teste envolveu apenas o autor desse trabalho, projetando roteiros e casos de teste para realizar essa validação. Foi-se utilizado também testes unitários para garantir a qualidade do sistema.

5.1.1 *Teste Estação de monitoramento*

A responsabilidade da estação de monitoramento é obter os dados do solo e do ambiente. Para os testes realizados pelo autor foi-se utilizado o microcontrolador ESP-32 e de sensores para obter os dados de temperatura e umidade do solo e ambiente e um sensor de precipitação. Esses componentes foram escolhidos por serem viáveis financeiramente a realização dos testes e também por ser uma arquitetura base definida que se encaixa nos parâmetros da agricultura familiar. Como o propósito dos testes era validar a arquitetura proposta e a mesma foi projetada para receber um conjunto de sensores, a quantidade dos mesmos não iria interferir no resultado final obtido.

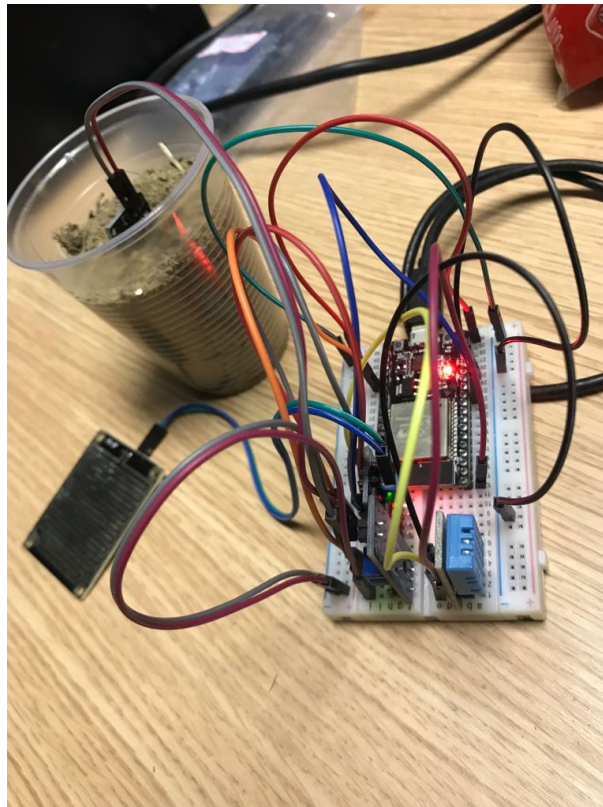
Neste teste tinham dois objetivos principais: a verificação se o módulo estava obtendo os dados do solo através dos sensores e se está realizando a comunicação com as demais aplicações para a qual foi projetada.

Dos componentes utilizados durante a realização do teste foram:

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. Smartphone
7. Jumpers Macho e Fêmea

O protótipo de hardware final da estação de monitoramento, com todos os componentes que foram utilizados durante o teste, conectados é demonstrado 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, no qual o mesmo foi utilizado para fazer a programação do microcontrolador. A IDE fornece um monitor no qual pode ser acompanhado tanto a leitura

dos sensores como também processos de comunicação.

Como todo o ambiente preparado, iniciou-se a fase de teste da aplicação de monitoramento. primeiramente foi testado a leitura de dados obtida pelos sensores, então, estimou-se um intervalo de 10 segundos para a releitura desses dados e os mesmos foram exibidos no monitor fornecido pela a IDE. Como exibido na figura 12.

ADICIONAR A FIGURA MONITOR SERIAL OBTENDO OS DADOS Concluiu-

Figura 12 – Obtenção de dados apresentados pelo monitor Arduino.



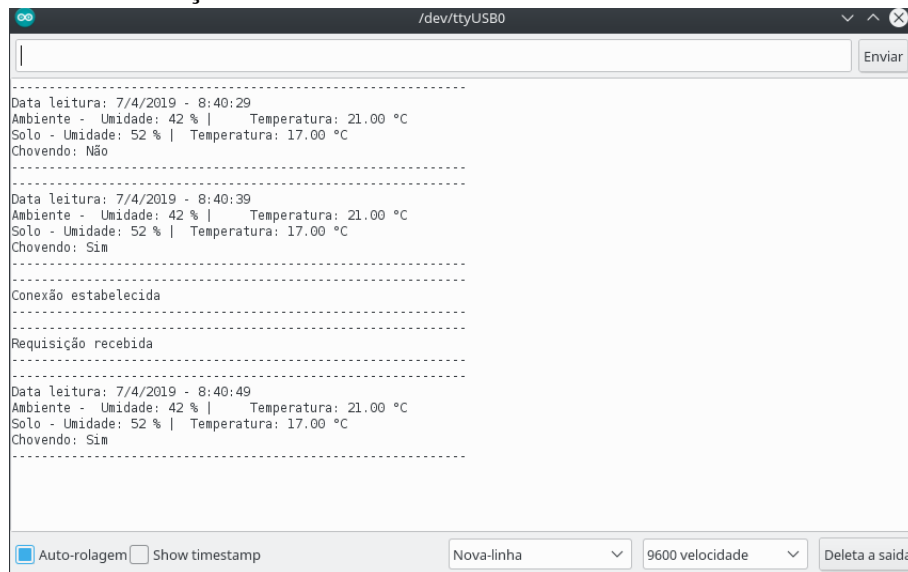
Fonte: Autor

se que os dados eram obtidos de forma correta e não houve nenhum perca 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.

Com a coleta de dados funcionando, iniciou-se a parte do teste da comunicação para envio dos mesmos. A partir de um dispositivo móvel será estabelecido uma conexão bluetooth e enviado uma requisição para obtenção desses dados. Com o *smartphone* foi estabelecido a conexão e através de um aplicativo de terminal bluetooth enviou a requisição para a estação de monitoramento. A conexão e a requisição puderam ser identificadas por parte de microcontrolador como apresentado pela figura 13 do monitor da IDE. A a resposta obtida pelo *smartphone* da requisição é apresentado pela figura 14, bem como também demonstra que o dispositivo está conectado via bluetooth na estação.

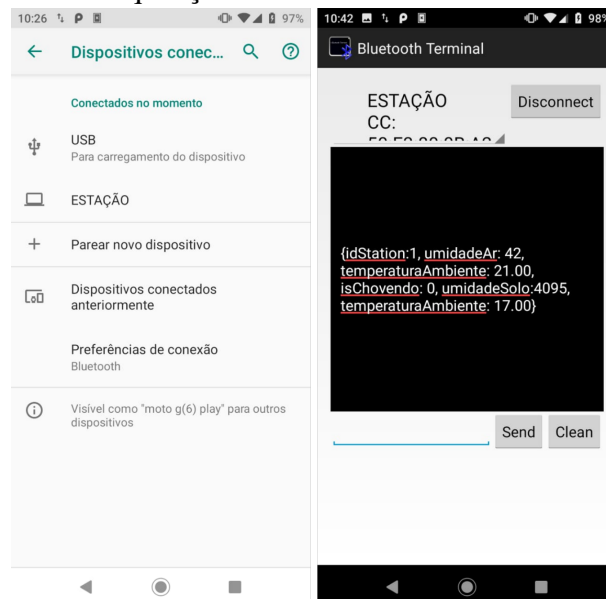
Então, a partir do teste, podemos ver que a aplicação realiza as tarefas para a qual ela foi projetada, realizando um monitoramento constante de todos os elementos nos qual tem um sensor acoplado para isso, bem como também recebe requisição de solicitação dos dados

Figura 13 – Monitor apresentando estabelecimento de conexões e requisições.



Fonte: Autor

Figura 14 – Teste requisição com terminal bluetooth.



Fonte: Autor

e realiza o envio dos mesmos distribuição dos dados. Validando assim, através da aplicação desenvolvida, o componente de monitoramento da arquitetura.

5.1.2 Teste API na nuvem

A API em nuvem é responsável por armazenar os dados e disponibilizá-los as aplicações, então vê-se necessário no teste verificar se o armazenamento está sendo realizado, os dados são enviados forma estruturada quando requisitados e também prevenir de erros, sejam

internos dos servidor ou de solicitações de dados não encontrados. Então importante que a API gerencie tanto as requisições recebidas, fornecendo suas respectivas respostas, como também gerencie as regras de negócio para ela designadas, como pode exemplo o recebimento de dados inválidos, a procura de um conteúdo não existente, entre outros.

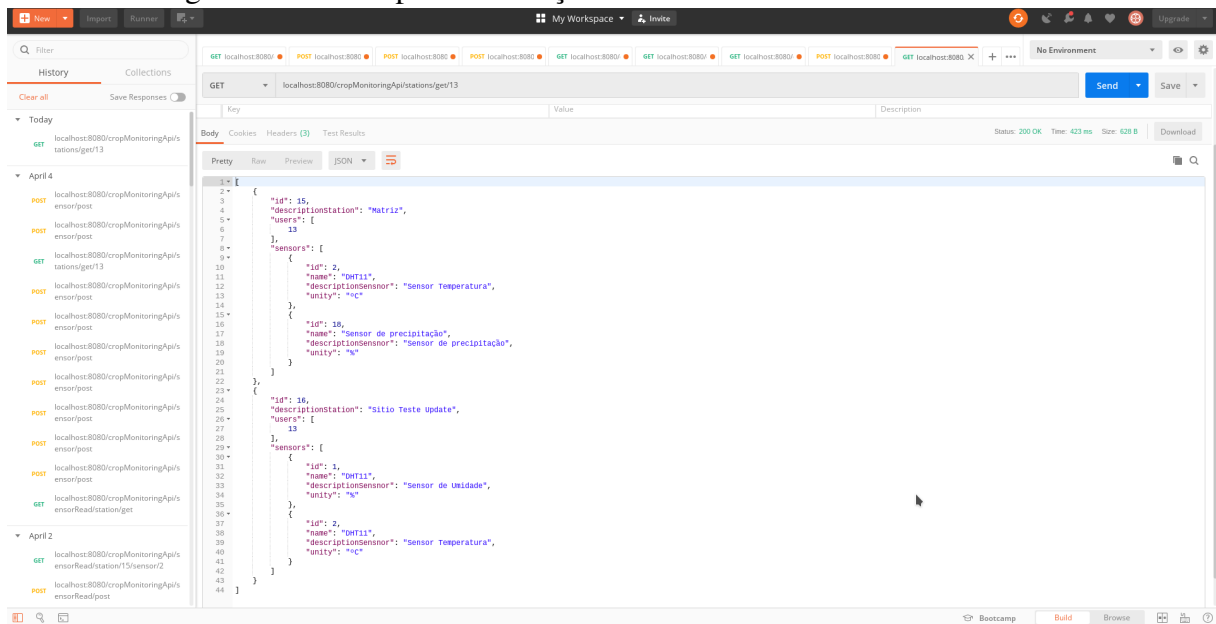
Para o teste de regras de negócio, por ser algo bem pontual e existir vários casos de testes previstos, foi utilizado testes unitários a fim de verificar se todas as validações necessárias em cima dos dados estavam sendo realizadas com sucesso e as eventuais falas encontradas já pudessem ser corrigidas e validadas automaticamente através da bateria de testes construída. Essa fase é importante pois além de verificar o que foi desenvolvido, os testes projetados servirão para eventuais manutenções que poderão vir a ser realizada na aplicação.

Validado as regras de negócio do sistema e com uma suíte de testes válidas garantido a qualidade do sistema, iniciou a fase de validação das requisições à API. Então como o função do teste era verificar que a comunicação com a API estava funcional, foi testado o componente independente das aplicações. Para realização do mesmo 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 utilizou o formato JSON.

Como o Postman já 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 realizados buscas, inserções e alterações. 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. Obtemos o resultado esperado para cada uma delas, onde a API apresentou as respostas esperadas para cada uma das requisições. Evidencia de uma desses teste, uma requisição das estações de um usuário cadastrado com 2 estações, é apresentado pela figura 15. As outras partes da aplicação responderam de forma similar à apresentada na figura, mas correspondente a seu componente.

Figura 15 – Exemplo de requisição a API.



Fonte: Autor

5.1.3 Teste Aplicação Mobile

O propósito da aplicação mobile é obter os dados armazenados em nuvem e apresentá-los aos usuários e também realizar a coleta dos dados na estação de monitoramento através de uma comunicação bluetooth e armazená-los localmente e quando tiver conexão com a internet a aplicação realiza o envio dos dados coletados para a nuvem.

Então o teste seguiu por três etapas:

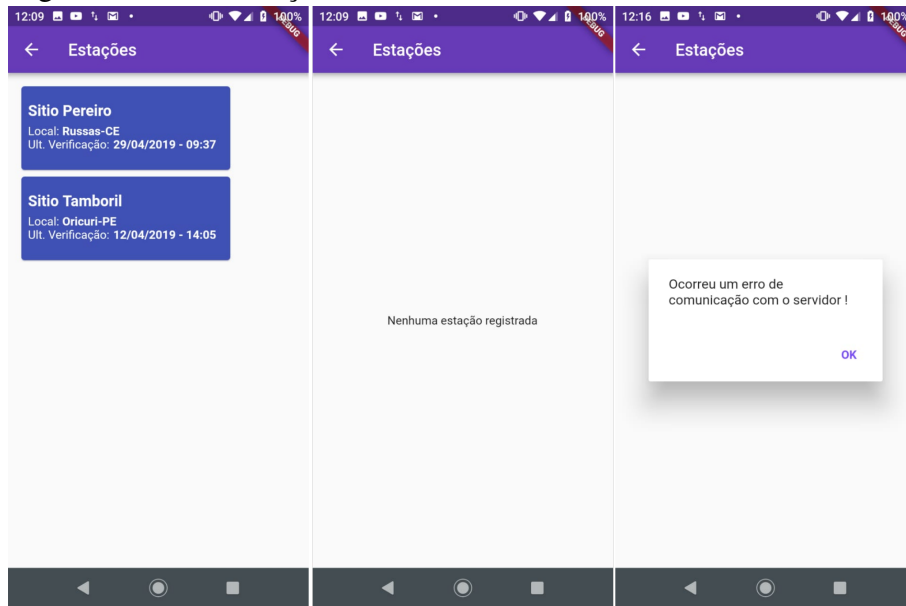
1. Requisição ao servidor para obtenção de dados armazenados e apresentação ao usuário;
2. Coleta de dados na estação de monitoramento;
3. Enviar uma recomendação através da aplicação mobile.

Para a realização do teste, foi-se utilizado os mesmos componentes da seção anterior.

Para o primeiro caso, através do aplicativo, enviou-se uma requisição à API da aplicação servidora para a apresentação das estações pertencentes ao o usuário logado, então o servidor retorna as estações e suas respectivas informações. O resultado desse processo é demonstrado pela figura X, 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.

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, tal funcionalidade é realizada de forma fácil na tela de estações. Um cenário que essa situação pudesse acontecer, seria no caso de ser

Figura 16 – Tela estações.



Fonte: Autor

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.

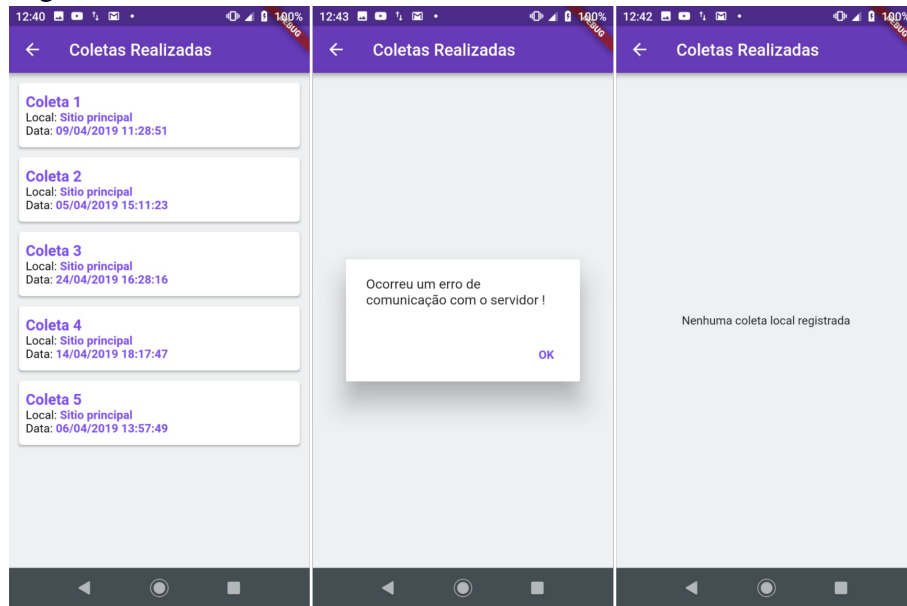
Com a obtenção das estações, o novo teste que será realizado, o de ver as coletas realizadas em cada uma delas. Ao selecionar uma estação é enviado uma requisição ao servidor para obter as coletas vinculadas aquela entidade. Dado a resposta do servidor, é apresentado a aplicação apresenta as coletas por ordem etária, conforme mostrado pela figura 17, sendo, (i) Uma estação com coletas já realizadas, (ii) estação com nenhuma coleta realizada até o momento, (iii) Erro de comunicação com o servidor. Ao selecionar uma coleta é exibido o detalhamento da mesma e o campo de inserir recomendação, como demonstrado na figura 18.

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 será verificado a funcionalidade de coleta de dados através da aplicação móvel. Para realizar o respectivo teste, é necessário que o dispositivo móvel utilizado esteja com o bluetooth ativo. A tela de coleta inicialmente é demonstrada pela figura 19, onde na mesma apresenta um roteiro onde o usuário deve seguir para realizar a coleta, buscando já direcioná-lo a como executar a tarefa e diminuir os erros. Esse fluxo consiste em:

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

Figura 17 – Tela coletas.



Fonte: Autor

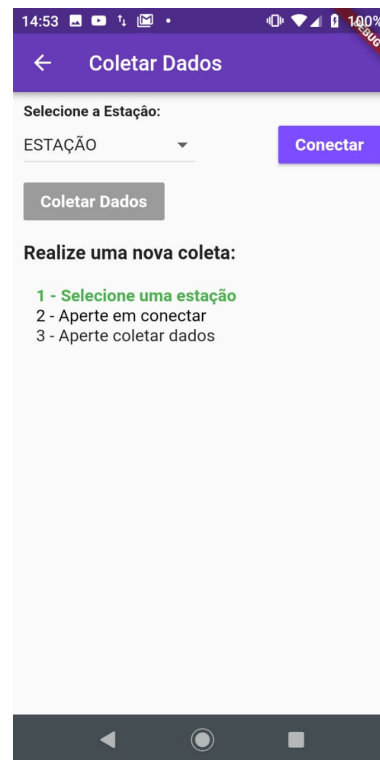
Figura 18 – Tela coletas.



Fonte: Autor

Ao realizar a coleta é exibido 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 salvá-la, onde quando selecionado é armazenado localmente e se o dispositivo possuir conexão com a internet, é realizado a tentativa de envio para o servidor e nuvem. A tela com essas informações é exibido pela figura 20, onde, (i) Coleta realizada; (ii) Após salvar com

Figura 19 – Tela inicial realizar coleta.

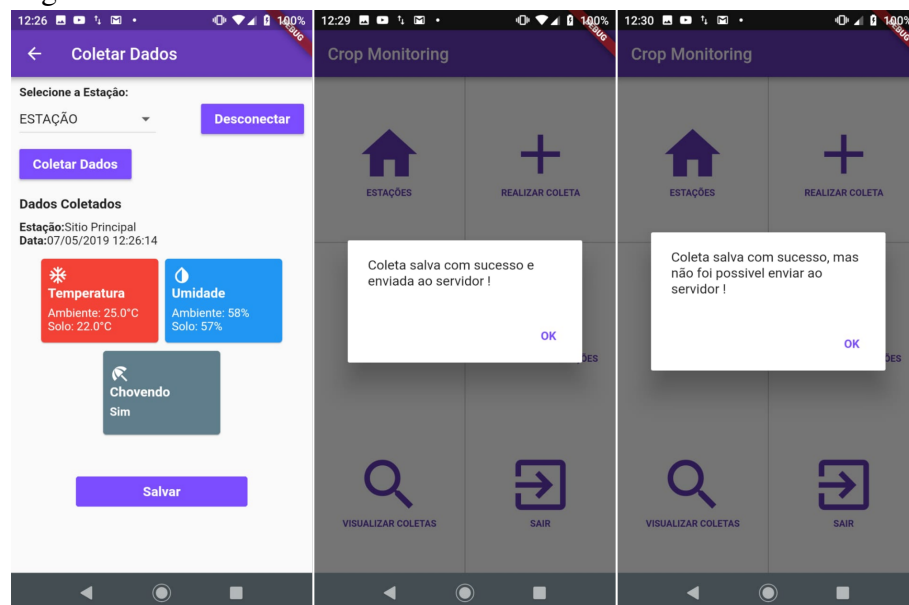


Fonte: Autor

conexão com a internet; (iii) Após salvar mais sem conexão com a internet.

ADICIONAR A FIGURA TELA COLETA REALIZADA (COM E SEM INTERNET)

Figura 20 – Tela de salvar nova coleta.



Fonte: Autor

Na última etapa foi testado a funcionalidade de recomendações, onde o sistema

apresenta lista de coletas realizadas, o usuário seleciona uma, e no detalhamento será exibido um campo para o usuário inserir a recomendação. Após salvar a recomendação, será salvo localmente e, caso possua conexão com a internet, é enviado automaticamente, caso contrário, fica armazenado localmente até que possua uma conexão para que os dados possam ser sincronizados. Telas da respectiva funcionalidade são mostradas na figura 18.

A partir de todos os testes realizados, concluímos que a aplicação mobile está funcional e cada uma das funcionalidades previstas na aplicação mobile, validando assim mais um ponto importante da arquitetura proposta.

5.1.4 Teste Aplicação Web

A aplicação web por ter funcionalidades similares da aplicação mobile, apresentação dos dados e de recomendações, foi conduzido o mesmo teste na aplicação Web. Essa duas funcionalidades então presente dentro do mesmo fluxo na aplicação web, ou seja, a partir da apresentação das informações das coletas, o usuário irá inserir uma recomendação ou não.

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

ADICIONAR A FIGURA TELA ESTAÇÕES WEB

Ao selecionar o ver detalhes o usuário será direcionado para tela onde será apresentado todas as coletas realizadas naquela determinada estação e algumas informações sobre a mesma, representado na figura X.

ADICIONAR A FIGURA TELA COLETAS

A partir daí o usuário poderá selecionar em ver o detalhamento da determinada coleta, que nesse detalhamento vai ter todas as informações da coleta, tais como data, informações dos sensores, entre outros, e será apresentado um campo no qual o usuário poderá inserir uma recomendação sobre aquela coleta. Essas informações são registradas e ficarão ligadas à coleta, sendo assim, toda vez que tiver acesso ao detalhamento, verá além das informações, as recomendações que foram inseridas sobre aquela coleta. Tal funcionalidade é mostrada pela figura X.

ADICIONAR A FIGURA TELA COLETAS

Então a fim de validar a aplicação Web foi seguido o fluxo de inserir uma recomendação em uma coleta, que devido ao fluxo para realizar esta operação, todas as outras responsabilidades da aplicação web terão que estar funcionais. Logo, como apresentado pela

figura X, 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 materializar a arquitetura proposta por esse trabalho, sendo que a mesma foi definida deixando seguir as mais diversas implementações. A implementação apresentada por esse trabalho é um exemplo, que pode vir a ser melhorado e/ou estudado, 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 validado a viabilidade da arquitetura proposta, seguiu a nova etapa de testes em um cenário real, almejando atacar 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 necessário 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 0 à 5. Onde um 1 significa discordo totalmente e 5 concordo totalmente. O questionário é passado ao fim do usuário realizar o teste, 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 foi obtido menos pontos do que isso, o software enfrenta problemas de usabilidade.

Com a técnica de avaliação escolhida iniciou-se a fase de palejamento 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, de uma ONG que presta apoio e assessoria técnica a agricultores familiares e 1 agricultor. Vale ressaltar que o agricultor 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 mobile. 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 os mesmos 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.

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

apresentados ao fim desta seção em conjunto com os resultados da fase dois do teste.

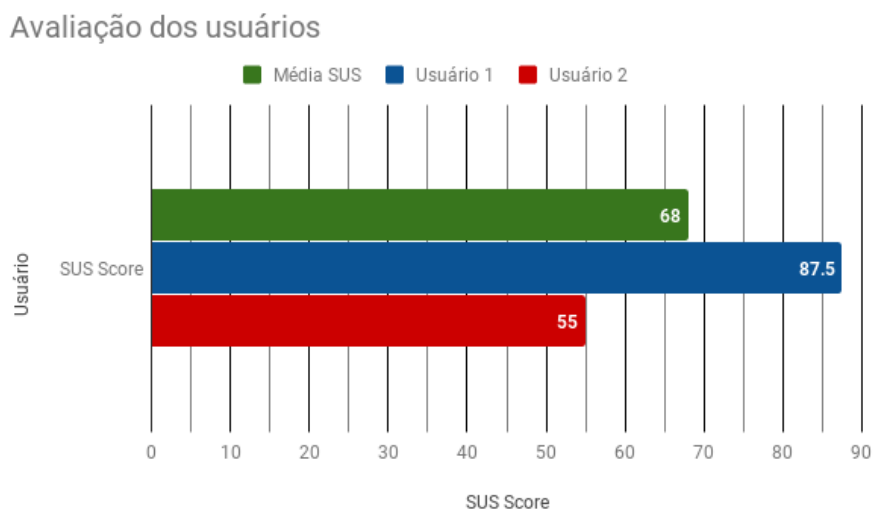
Na segunda fase do teste, foi utilizado o segundo usuário especialista, na qual o mesmo iria realizar a operação de inserir um recomendação a respeito de uma coleta obtida. Então o mesmo seguiu o seguinte roteiro:

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 21, através do questionário SUS. Vimos um discrepância entre as avaliações obtidas com os dois usuários, essa diferença deu-se pelo o nível de instrução de cada uma deles, sendo o usuário 1 um técnico, com ensino superior completo e o segundo um agricultor semianalfabeto.

Figura 21 – Gráfico de avaliação da aplicação mobile.



Fonte: Autor

É importante ressaltar alguns pontos que devem ser considerados, nos quais foram observados durante a realização dos teste, mas que os mesmo não puderam ser mensurados apenas com o questionário, tal 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 o 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, a aplicação não fornece uma experiência tão satisfatória, sendo que o mesmo consegue realizar as operações, mas somente com o auxílio de alguém.

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.

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.

É proposto por Morgenstern *et al.* (2013) a definição de uma arquitetura de auxílio aos técnicos Agrícolas e Engenheiros Agrônomos 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.

Vadalia *et al.* (2017) apresenta um sistema para determinar a porcentagem média de nutrientes básicos do solo, Nitrogênio, Fósforo e Potássio a partir da medição do PH do solo e determinar o plantio adequadas para o tipo de solo em questão. O sistema analisará o conteúdo de nutrientes do solo em tempo real e fará a previsão do tipo de cultura a ser plantada e realiza um acompanhamento online.

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 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 no qual fica encarregado de enviar as informações via GPRS para o usuário. O sistema de monitoramento coleta dados sobre a umidade do solo.

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.

É apresentado por Ojha *et al.* (2015) o estado da arte no que se trata de redes de sensores sem fio aplicado à agricultura e propor uma arquitetura consistente em módulos de sensores, onde no mesmo explana os sensores existentes para realizar a medida dos elementos do solo. Um nó gateway responsável pela comunicação com os nós de sensores e generaliza uma aplicação que pode fazer o acesso a esses dados.

A proposta deste trabalho é unificar os pontos positivos dos trabalhos citados anteriormente, afim de projetar uma arquitetura e construir um sistema distribuído de baixo custo, na qual favorecesse o monitoramento de solos e ambiente da agricultura familiar. Sendo as 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.

7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O QUE PUDE CONCLUIR DO TRABALHO

RELEVÂNCIA DO TRABALHO

TRABALHOS FUTUROS

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/opinioao/artigos/agricultura-familiar-e-os-desafios-da-sustentabilidade-economica-e-ambiental-eangjl4y825ck6wk2tldvyi4uz>>. 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.

VADALIA, D.; VAITY, M.; TAWATE, K.; KAPSE, D. Real time soil fertility analyzer and crop prediction. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, v. 04, 2017.

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 3 – Comparação entre microcontroladores acessíveis

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 4 – Comparação entre microcontroladores acessíveis

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 5 – Comparação entre microcontroladores acessíveis

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)	✓	✓	✗	✓	✓	✓
CI-340 hand-held photosynthesis (http://www.solfranc.com)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PTM-48A photosynthesis monitor (http://phyto-sensor.com)	✓	✓	✗	✓	✓	✓

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