

Sistema Web para Gerenciamento de uma Rede de Sensores Sem Fio aplicada à Agricultura de Precisão

Danne Makleyston Gomes Pereira, Felipe Pinheiro Correia

FAP – Faculdade Paraíso do Ceará

Rua da Conceição, Nr.1228, São Miguel

Juazeiro do Norte/CE, Brasil, 63000-000

Resumo: Vários segmentos se mostram tendenciosos a estudos mais profundos, como, por exemplo, as Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) e sua integração com a Web. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um software Web para agricultura de precisão que possibilite gerenciar uma Rede de Sensores Sem Fio (RSSF). A RSSF integrada ao software permitirá analisar, de maneira mais precisa, os parâmetros como umidade e temperatura, que afetam a colheita e tempo de irrigação. O estudo inicial será realizado sobre o cultivo de uva no Vale do São Francisco, onde serão analisados os dados capturados pelos sensores dispostos nas plantações. Com os dados obtidos, o sistema poderá gerar relatórios à medida que a plantação cresce, avaliando assim, a evolução das variáveis em observação. Essas informações serão fornecidas ao usuário por meio de gráficos e tabelas, além de um mapa que mostrará as temperaturas em diversos pontos utilizando um esquema de interpolação de cores. O software e a rede estão em fase de desenvolvimento.

Palavras Chaves: Sistemas Web, Agricultura, RSSF.

Abstract: Several segments are shown biased to further study, for example, the Wireless Sensor Networks (WSN) and its integration with the Web. This study aims to develop a web software for precision farming that allows managing a Wireless Sensor network (WSN). The WSN-integrated software will analyze more precisely, the parameters such as humidity and temperature, which affect the harvesting and irrigation time. The initial study will be conducted on grape growing in the São Francisco Valley, which will analyze the data captured by the sensors arranged in plantations. With the data obtained, the system can generate reports as the planting grows, thus evaluating the evolution of the variables under observation. This information will be provided to the user by means of graphs and tables, plus a map that shows the temperatures at various points using an interpolation scheme of colors. The software and network are under development.

Key Words: Web Systems Agriculture WSN.

1. INTRODUÇÃO

Os avanços ocorridos nas tecnologias de sensoriamento e de redes sem fio desde a última década proporcionaram o surgimento de Redes de Sensores Sem Fio. Este tipo de rede caracteriza-se pela distribuição das informações capturadas em cada dispositivo por meio de radio frequência. Os nós sensores podem ser organizados em grupos, dentro dos quais há um ou mais pontos de saída das informações capturadas, denominados sorvedouros (LOUREIRO, 2006).

Outros avanços ocorrem com relação às tecnologias para desenvolvimento de sistemas Web. Como evoluções recentes, pode-se mencionar o HTML5, em que as novas ferramentas dessa versão auxiliam na geolocalização e melhorias nos gráficos e interações com JavaScript.

Por outro lado, o Brasil está em crescimento no que diz respeito à produção agrícola. Uma pesquisa mostra um crescimento de 27,1% no intervalo de 2010 e 2011, segundo o IBGE (2012).

Para obter bons resultados na colheita, devem-se desenvolver técnicas para o trato adequado do solo. Segundo Wark *et al.* (2007), o uso incorreto do solo acarreta problemas como a redução dos nutrientes, erosão, diminuição da qualidade da água, perda da biodiversidade e salinidade.

Tendo em vista o surgimento das RSSFs, a evolução das técnicas de desenvolvimento de aplicações Web e a necessidade de gerenciamento adequado das plantações, este trabalho tem como objetivo construir uma ferramenta que auxilie no manejo agrícola sustentável, buscando o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, como água e eletricidade. O aplicativo possuirá funcionalidades para analisar os dados recebidos, interpretando-os e repassando as informações ao usuário por meio de gráficos, o que permitirá uma avaliação mais precisa dos níveis de umidade e temperatura, que afetam a colheita e tempo de irrigação.

O usuário identifica as coordenadas dos pontos que formam a área de plantio, utilizando GPS, pois assim, a precisão será maior, e em seguida, o usuário deverá inserir os dados no sistema.

Para a construção do aplicativo proposto, as tecnologias PHP, HTML5, CSS3, JavaScript e MySQL vem sendo utilizadas. Estas ferramentas oferecem subsídios ao desenvolvedor para estruturar o sistema, definir o layout, realizar a comunicação com o banco de dados, processar as informações, realizar cálculos, definir procedimentos e funções, e pela construção do banco de dados.

As seções subsequentes estão dispostas da seguinte forma: na Seção 2, os conceitos de RSSFs são apresentados. Na Seção 3, definições sobre sistemas Web, como também, ferramentas para o desenvolvimento de aplicativos são apresentados. A Seção 4 apresenta as tecnologias aplicadas na agricultura de precisão. A Seção 5 mostra a metodologia utilizada. A conclusão é apresentada na Seção 6.

2. REDES DE SENSORES SEM FIO (RSSF)

Os avanços tecnológicos das últimas décadas permitiram a união de três campos: sensoriamento, circuitos integrados e comunicação sem fio. Uma RSSF

pode ser definida como uma rede composta por nós com capacidade de sensoriamento e comunicação sem fio que, em conjunto, monitoram e podem controlar o ambiente (LOUREIRO, 2006). Esses nós possuem limitação de energia e pouca capacidade de armazenar e processar informações (CUGNASCA; SARAIVA; MOLIN, 2010).

As RSSFs se diferenciam das demais redes em diversos pontos como, por exemplo: a alta densidade de nós na rede, as limitações de energia e a capacidade de autoconfiguração da rede (caso algum nó venha a ser danificado ou fique sem energia automaticamente novas rotas para tráfego das informações serão estabelecidas) (LOUREIRO, 2006).

De acordo com o autor supracitado, o processo de transmissão das informações parte inicialmente dos nós sensores, com a coleta dos dados do ambiente monitorado, que envia para um nó próximo. Os nós podem estar organizados em grupos (*clusters*). As informações transitam entre os dispositivos até os nós sorvedouros, também conhecidos como nós base. A próxima etapa do processo é o repasse das informações dos sorvedouros para um computador com aplicativos que possibilitem o gerenciamento da RSSF ou à internet através de um *gateway* de internet.

2.1 PADRÃO ZIGBEE

Aparelhos celulares e *notebooks* modernos permitem uma comunicação com altas taxas de transmissão. Estes dispositivos interagem por meio de padrões de rede sem fio como Wi-fi e Bluetooth. Embora, estes padrões atendam diferentes áreas, foi desenvolvido o padrão ZigBee para as RSSFs, já que as tecnologias existentes ofereciam uma relação de custo benefício negativa, pois possuíam um alto consumo de energia com altas taxas de transmissão para poucos dispositivos, além de não apresentar um agrupamento autônomo e autoconfigurável das redes.

Este padrão tem sua estrutura semelhante ao modelo OSI pertencente à tecnologia IEEE 802.15.4 (Wi-fi), pois possuem as camadas Física, Enlace e a de Rede em comum, porém há ainda as camadas APS e ZDO que corresponde as demais do modelo supracitado (GISLASON, 2008).

2.2 XBEE

XBee é um dispositivo composto por um microcontrolador [dispositivo eletrônico composto por chip, unidade de processamento, memória de programa, I/O (entrada e saída), temporizadores e interrupções seriais e paralelas (IBRAHIM, 2006)] e um transceptor, sendo capaz de se comunicar por ondas de rádio (SOARES, 2012). No microcontrolador está contido um *firmware* implementado com o protocolo ZigBee. Estes dispositivos se comunicam com um computador utilizando dois modos: o modo de Operação AT (modo Transparente), em que o dispositivo transmite informações utilizando a porta serial, e o modo de Operação API (*Application Programming Interface*) em que se organizam os dados a serem enviados

em forma de pacotes, permitindo a execução de comandos de configuração remotamente.

3. WEB

Muitos confundem os conceitos de sistema na web e sistema Web levando a ideia de que se trata da mesma estrutura, porém, para Jacyntho (2008), sistema na Web são todas as aplicações que utilizam a web para serem executados, dessa forma, é considerado um sistema na Web um aplicativo que utiliza a internet como repositório de arquivos, ou então, uma aplicação *desktop* que utilize a internet para armazenar sua base de dados. Um sistema Web são sistemas que aproveitam os recursos da Web (hipermídias) e que possuam uma estrutura de navegação definida.

Na internet, as páginas acessíveis como também aquelas que não estão visíveis aos usuários como, por exemplo, uma página de conexão ao banco de dados, está armazenada em um computador especial ou em vários, de forma distribuída que assegura as informações contidas nelas. Estes computadores, denominados de servidores, tem um alto poder de processamento de informações e armazenamento de dados, e tem objetivo de executar e disponibilizar serviços de rede e aplicações de usuários (SOUZA, 2007).

Geralmente o primeiro contato das instituições com a internet ocorre por meio de sites (*home pages*). Com o real conhecimento do poder da internet, as instituições passaram a usufruir mais dos recursos oferecidos, desenvolvendo assim, sistemas que auxiliem na comercialização, controle e na busca de produtos e que ofereçam serviços para melhorar a educação, a formação, o atendimento, a distribuição, dentre outros, além de permitirem a manipulação, análise e execução em qualquer lugar do globo (REIS P. P., 2004). Isto é possível com o uso de aplicações web que usufruam de ligações entre mídias para tornar mais fácil a navegação entre as páginas.

Os sistemas web tornaram-se altamente complexos e a necessidade de desenvolver aplicativos de forma organizada e sistemática aumentou, tendo como foco o alto desempenho e um baixo custo, possibilitando a aplicação de processos.

Para realizar um bom desenvolvimento de software é necessário seguir todos os planejamentos e, para isso, os engenheiros de software disponibilizam de ferramentas que o auxiliem, como a que iremos trabalhar neste projeto, a Linguagem de Modelagem Unificada (UML - *Unified Modeling Language*).

A UML dispõe de técnicas ilustrativas e diagramas que possibilitam uma visualização geral do software que contém todas as ações dos envolvidos no funcionamento e no desenvolvimento do sistema (atores), facilitando assim, a sua interpretação. Dentre as técnicas gráficas que estão contidas na UML podemos destacar algumas, como, Diagrama de Classe que permite uma representação gráfica da visão estática e que pode ter perspectivas tanto na análise como no projeto; e o Diagrama de Caso de Uso que especifica o comportamento, completo ou em partes, do sistema mostrando uma descrição de um conjunto de sequências de ações que possibilite ter uma visão externa

dos elementos descritos neste diagrama. (JACOBSON, I., 2000).

Várias ferramentas e bibliotecas auxiliam o desenvolvedor, pois fornecem um conjunto de funções preestabelecidas que simplificam a implementação como: o JQuery e a API (*Application Programming Interface*) do Google Maps V3 para JavaScript. A API do Google Maps é um serviço de busca de imagens de satélite da Terra gratuito na Web, fornecido pela empresa Google. Esta API pode ser incorporada em diversos ambientes, dentre eles, as páginas web, e tem a finalidade de apresentar um mapa com suas funções estabelecidas, dentre elas a inserção de marcadores, demarcações de ambiente, inserção de figuras e formas geométricas (API Google Maps v3).

Para inserir o mapa desta API, basta realizar a importação da biblioteca que é feita a partir de uma referência ao endereço da API do Google. Cada elemento do mapa na API pode ser instanciado, modificado, habilitado ou desabilitado a partir de construtores, atributos e métodos, ou seja, é possível alterar o estilo do mapa ou retirar o zoom, por exemplo. A API trabalha com coordenadas de latitude e longitude informando ou inserindo um elemento em um exato ponto.

4. AGRICULTURA DE PRECISÃO E RSSF

A Agricultura de Precisão (AP) veio como prática revolucionária de plantio. Tecnologias como o Sistema de Posicionamento Global (GPS) e outras ferramentas que congregam o gerenciamento por informações potencializam a variabilidade da produtividade das culturas, por direcionar os locais que necessitam de intervenções dentro da lavoura (MACUADO *et al*, 2004). Outra tecnologia que vem sendo utilizada no monitoramento de ambientes agrícolas e se enquadra na agricultura de precisão são as RSSFs, elas podem medir grandezas como temperatura, umidade, molhamento foliar e luminosidade (CUGNASCA; SARAIVA; MOLIN, 2010). Com as RSSFs pode se obter dados de campo com boa cobertura da área cultivada durante todo o ciclo da cultura. Há o monitoramento das informações, evitando o aparecimento de pragas e doenças antes do comprometimento de toda a produção. Os dados são observados em tempo real, sendo possível formular mapas de variáveis que podem afetar o processo de produção. Após adquiridos, os dados captados pelos sensores são integrados com sistemas de informação escolhidos para realizar a análise e interpretação dos mesmos, e posteriormente, nortear o rumo das tomadas de decisão no plantio (CUGNASCA; SARAIVA; MOLIN, 2010).

5. METODOLOGIA

Este trabalho está dividido em duas etapas. A primeira consiste na elaboração e desenvolvimento de um sistema Web que gerencie uma RSSF e um simulador de ambiente. Na segunda etapa, o software será implantado no campo interagindo com os sensores em um cultivo.

A etapa inicial para o desenvolvimento deste trabalho foi a elicitação dos requisitos que fornecerá informações suficientes para a elaboração e execução do projeto. Com os dados adquiridos do levantamento de requisitos foram

desenvolvido os diagramas de Caso de Uso e o diagrama de Classes os quais gerarão uma visão ampla do projeto e suas interligações. Posteriormente, foi modelado o Banco de Dados e em seguida o desenvolvimento do sistema, onde são atendidas as exigências dos requisitos. O ambiente de simulação será elaborado ao fim do desenvolvimento do sistema.

5.1 DESENVOLVIMENTO

Os tópicos a seguir apresentam maiores detalhes dos passos de cada etapa para o desenvolvimento deste aplicativo.

- **Levantamento de Requisitos**

Primeiramente, foi realizado o levantamento de requisitos. Nessa etapa foram abstraídas informações dos autores com base nas necessidades e nos estudos já realizados na área de pesquisa para projetar o sistema.

A seguir estão os requisitos funcionais e os requisitos não funcionais levantados.

Requisitos Funcionais:

RF01: O usuário para acessar suas informações deverá realizar login;

RF02: Os acessos dos demais usuários serão gerados pelo administrador do sistema.

RF03: Após realizar o login, será exibido ao usuário uma tela inicial na qual mostrará o menu no lado esquerdo, enquanto ao centro, diversas informações voltadas para análise de seu monitoramento

RF04: Cadastrar dados pessoais;

RF05: Cadastrar dados do plantio;

RF06: Realizar um histórico de dados de cada dispositivos inserido na plantação, para ser possível futuras comparações entre datas;

RF07: Apresentar diversos tipos de gráficos (Contorno, pizza, linha, torre, etc) e relatórios;

RF08: Cadastrar Território a ser analisado;

RF09: Cadastrar sensores;

RF10: Para inserir novos sensores ao plantio, será necessário selecionar a opção: “Cadastrar Sensor” que se encontrará em um dos itens do menu;

RF11: O usuário ao cadastrar cada dispositivo deverá informar a sua localização (latitude e longitude);

RF12: Os dispositivos aparecerão dispostos no mapa de acordo com as coordenadas fornecidas pelo o usuário no momento do cadastro.

RF13: Mostrar informações instantâneas sobre cada dispositivo;

RF14: Todos os dispositivos armazenarão os dados no banco de dados e o sistema os interpretarão devidamente;

RF15: Os dados serão comparados internamente e a sua representação será dada através de gráficos e planilha;

RF16: Em situações críticas do plantio, um e-mail será enviado ao proprietário, para informá-lo do acontecimento;

RF17: No aumento da temperatura ou da umidade a ponto de torna próximo de um estado crítico, o dispositivo no mapa deverá chamar a atenção do usuário;

RF18: Na apresentação do gráfico de contorno, ao clicar em um sensor, as informações sobre eles serão exibida (temperatura, umidade, localização) em forma de balão de diálogo;

RF19: Os gráficos poderão ser impressos em forma de relatórios.

Requisitos Não Funcionais:

RNF01: Realizar backup's do sistema automaticamente sempre que ocorrer um evento ou diariamente, caso não houver uma eventualidade como, por exemplo, a alteração rápida da temperatura ou umidade em um determinado local.

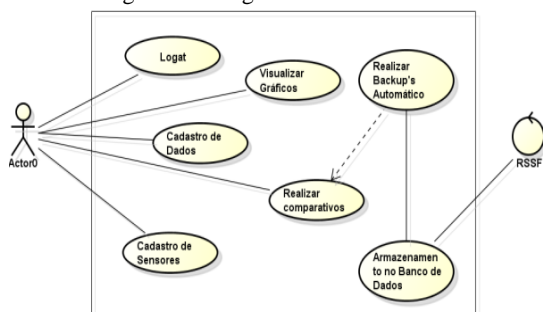
RNF02: Gerar uma matriz que corresponda todo o terreno cadastrado pelo usuário, tendo como base a distância entre as extremidades;

RNF03: Atualizar a matriz que contem os valores dos dispositivos, e suas interpolações, constantemente.

• Elaboração dos Diagramas

Com os dados coletados no levantamento de requisitos, foram desenvolvidos os diagramas de Caso de Uso (figura 1) e o Diagrama de Classe (figura 2).

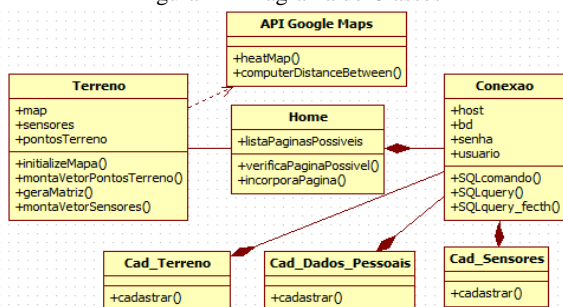
Figura 1 – Diagrama de Caso de Uso



FONTE: Pesquisa Direta.

Este diagrama de caso de uso apresenta ligações entre ator e casos de uso como, por exemplo, logar, cadastrar os dados pessoais, visualizar os gráficos, inserir os sensores e realizar consultas no histórico dos dados de cada sensor, e ligações entre caso de uso e caso de uso como, por exemplo, realização do backup que depende armazenamento dos dados da RSSF.

Figura 2 – Diagrama de Classes



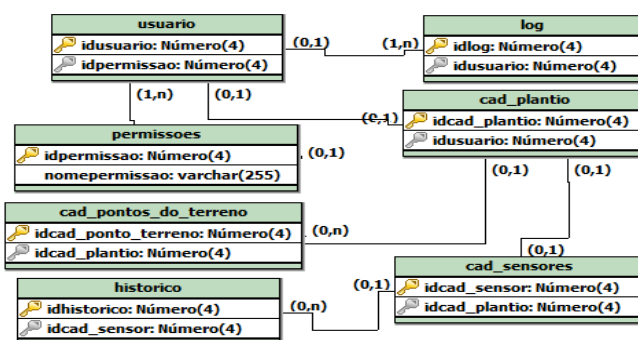
FONTE: Pesquisa Direta.

Este diagrama de classes apresenta as ligações entre as classes do software que podem ser de agregações, associações e dependência, e suas respectivas funções como, por exemplo, na classe Home há a função verificaPaginaPossivel() que analisa a url e identifica se a página a ser exibida pertence as páginas do sistema, protegendo o aplicativo de uma invasão que redirecione o sistema à páginas maliciosas.

• Modelagem do Banco de Dados

O banco de dados foi desenvolvido utilizando o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) MySQL. A Figura 3 apresenta o modelo conceitual do banco de dados:

Figura 3 – Modelo conceitual do Banco de Dados



FONTE: Pesquisa Direta.

• Desenvolvimento do sistema

Para acessar o sistema, foi desenvolvida uma tela para login de usuário para os usuários cadastrados, mas sendo também possível o acesso de pessoas que desejam conhecer o aplicativo, ou seja, uma versão de demonstração que permite o usuário utilizar dos recursos do aplicativo sem a interação com uma RSSF.

O aplicativo contém um vetor com os nomes das páginas disponíveis do sistema, que durante a sua navegação é verificado a url e realizada uma análise na variável 'pagina' contida no endereçamento para garantir o acesso seguro ao software e não ser redirecionado a páginas maliciosas.

A estrutura do terreno do plantio, como também, a localização dos sensores dispostos nesta área é realizada por meio de uma inserção de valores geoespaciais (latitude e longitude) no sistema que podem ser obtidos por meio de dispositivos de GPS (*Global Positioning System*). Para isso, formulários de cadastro destas informações foram implementadas e, ao serem alimentadas, o sistema apresenta, por meio da API do Google Maps v3, o terreno delimitado por traços de cor branca e os ícones referentes aos dispositivos inseridos nas coordenadas fornecidas (Figura 4).

Para a visualização do terreno cadastrado no software, o usuário navega pelo menu até a opção 'Plantio' e clicar no submenu 'Terreno'. O sistema realiza este contorno em volta da área de plantio e insere os dispositivos no mapa por intermédio de uma função que mescla tecnologias JavaScript, PHP e MySQL gerando um vetor com

informações de latitude e longitude de cada ponto do território contido no Banco de Dados (BD), após isso, uma chamada à função *Polyline* da API do Google Maps v3 é realizada, e como parâmetro, é fornecido o vetor gerado a fim de interligar estes pontos por traços.

Figura 4 – Imagem do sistema contornando a área do plantio



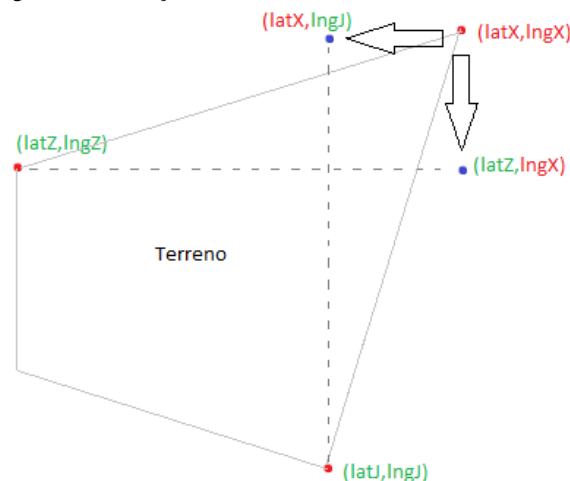
FONTE: Pesquisa Direta.

A RSSF por intermédio de seu sorvedouro conectado ao servidor, seja conectado fisicamente ou remotamente, alimenta um banco de dados com os dados coletados na plantação. Estes valores representam a temperatura e a umidade de cada dispositivo e são armazenados junto ao seu 'idcad_sensor' na tabela 'historico' do BD.

Para uma melhor interpretação dos dados pelos usuários, foi necessário gerar uma interpolação dos valores de temperatura e umidade sobre o mapa apresentado. E para isso, uma matriz é gerada de acordo com o tamanho do território, onde cada campo da matriz representa 1m² no terreno do cultivo, possibilitando a inserção dos dispositivos em seus respectivos campos. Esta matriz é gerada com base nas extremidades do terreno: latitude máxima e mínima, onde são os pontos extremos do terreno com maior e menor latitude, e longitude máxima e mínima, onde são os pontos extremos do terreno com maior e menor longitude.

Para descobrir a ordem da matriz o sistema executa uma função da API do Google Maps v3 denominada *computeDistanceBetween*, que ao ser passada dois pontos por parâmetro, ele retorna a distância entre estes pontos em km. Portanto, são transferidos por parâmetro os dois pontos opostos das extremidades, tanto na longitude como na latitude, porém em um dos pontos extremos ocorre uma alteração no valor enviado para que se possa ter a distância exata (Figura 5). Caso não haja a alteração na latitude ou longitude em um dos pontos extremos no momento do envio do parâmetro a fim de torna-los uma reta no sentido horizontal ou vertical, pode-se encontrar uma situação onde os pontos não estejam alinhados verticalmente (latitude) ou horizontalmente (longitude), e com isso, a função retornará o valor da distância de uma diagonal que não coincide com o valor esperado.

Figura 5 – Ilustração da distancia das extremidades do terreno

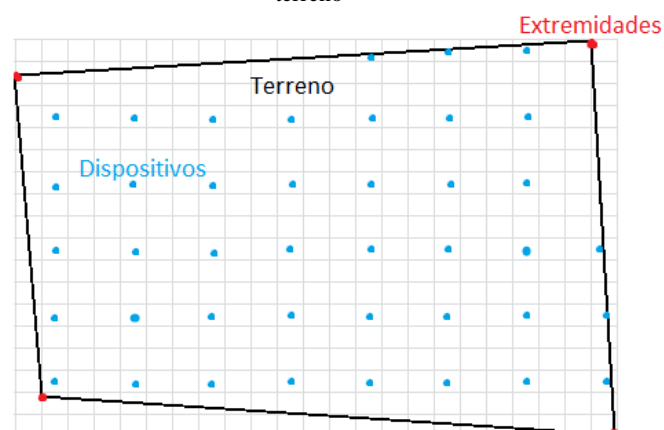


FONTE: Pesquisa Direta.

Para calcular a distancia da longitude utilizam-se os pontos: $Pontolng1(latitude, Y_1)$ e $Pontolng2(latitude, Y_2)$, e a distância da longitude: $Pontolat1(X_1, longitude)$ e $Pontolat2(X_2, longitude)$, então, o sistema divide o valor retornado por 1000 para encontrar a metragem do território que representa o número de linhas e colunas da matriz.

Seguindo a mesma ideia, a inserção dos dispositivos na matriz é realizada pelo encontro da distância, em metros, da latitude e longitude de um dispositivo com as extremidades do território como, por exemplo, após encontrar a distância de um dispositivo com a coordenada extrema superior e lateral, e dividida posteriormente por 1000, é possível inserir no respectivo campo na matriz, assim deixando cada dispositivo dentro da matriz que contém todo o mapa, conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6 – Tela de apresentação dos dispositivos e delimitação do terreno



FONTE: Pesquisa Direta.

Cada dispositivo possui valores das variáveis observadas neste estudo, temperatura e umidade. Depois de inseridos todos os dispositivos em seus respectivos lugares na matriz, é necessário utilizar um mecanismo para prever os valores em regiões onde não há sensores.

Para definir os valores contidos neste espaço, foi utilizado o método de Interpolação Por Vizinho Mais Próximo. O sistema busca em cada campo a amostra mais

próxima e copia seu valor. Em um laço de repetição é realizado uma varredura na matriz analisando campo a campo, e buscando o nó mais próximo utilizando a equação: $\min(d = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2})$. O x_0y_0 corresponde ao ponto de origem, ou seja, é o ponto onde partirá as consultas a fim de encontrar o ponto mais próximo na matriz que tenha um dispositivo, enquanto o x_iy_i corresponde ao ponto a ser consultado.

Quando a matriz é preenchida completamente, uma chamada à função da API do Google Maps v3 é realizada para transpor as informações ao mapa. A função *heatMap* retorna a área de cobertura e sua intensidade de opacidade que simboliza a intensidade do calor ou de umidade de um respectivo local de acordo com os valores da matriz, tornando visivelmente ao usuário uma melhor identificação do ambiente.

Ao clicar sobre um dispositivo, um balão surge informando ao usuário os valores de latitude, longitude, temperatura e umidade daquele sensor.

Periodicamente o sistema atualiza a matriz com novos valores devido à atualização dos dados captados pela RSSF, fazendo com que as representações no mapa alterem constantemente. Esta atualização é realizada por meio de uma função no JavaScript que utiliza o comando *setInterval*. A cada atualização, o sistema examina os dados dos sensores e identifica quais os dispositivos está em estado crítico devido ao excesso, ou a falta, de calor e/ou umidade e ativará uma animação no marcador referente ao dispositivo no mapa a fim de alertar ao usuário do estado crítico do dispositivo.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que o sistema será base do desenvolvimento de um instrumento que possibilite análise nos dados de uma RSSF aplicada na agricultura de precisão e que sirva como subsídios para estudos posteriores.

Os resultados já encontrados com o desenvolvimento do sistema mostra a viabilidade de sua implementação no campo agrícola, pois os dados de alimentação do sistema via GPS proporciona precisão nos cálculos realizados pelo sistema.

A aplicação deste protótipo no campo possibilitará maiores análises tornando-se possível a comparação dos resultados e correlacioná-los com outros estudos, assim, possibilitando a identificação dos benefícios e rendimentos provindos deste trabalho.

Com estes instrumentos de estudo, outras aplicações podem surgir para aumentar a produção agrícola como, por exemplo, o incremento de sensores capazes de identificar pragas e seus níveis de intensidade.

7. REFERÊNCIAS

- [1] PAM 2011: Valor da produção agrícola cresce 27,1% em relação a 2010. EM: <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2246>> Acessado em: 21 Maio 2013.
- [2] LOUREIRO, A. Redes de Sensores Sem Fio. 2006. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG.

- [3] WARK, T. *et al.* 2007. Transforming Agriculture through Pervasive Wireless Sensor Networks. Pervasive Computing, IEEE, 2007
- [4] CUGNASCA, C. INTEGRAÇÃO DE REDES DE SENSORES SEM FIO COM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO PARA AGRICULTURA DE PRECISÃO. XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. 2010. Vitória – ES.
- [5] SOARES, S. Rede de Sensores Sem Fio Para Localização e Monitoramento de Pequenos Ruminantes. 2012. 80 p. Universidade Federal Do Vale Do São Francisco, Juazeiro – BA.
- [6] SOUZA, R. Implementação de servidor web seguro com Windows Server 2003 para a empresa. 2007.
- [7] JACYNTHO, M. D. Processos para Desenvolvimento de Aplicações Web. 2008. Rio de Janeiro, RJ.
- [8] BOOCH, G., RUMBAUCH, J. JACOBSON, I. UML: Guia do Usuário. 2000. 2º Tiragem, Editora: Campus. Rio de Janeiro-RJ.
- [9] IBRAHIM, D. PIC BASIC Projects: 30 Projects Using PIC BASIC and PIC BASIC PRO. 2006. Burlington.
- [10] GISLASON, Drew. (2008). ZigBee Wireless Networking. Newnes; 1st edition. 448 p.