

# Rede de estações meteorológicas automáticas sem fio

Guilherme Meneguzzi Malfatti<sup>1</sup>, Willingthon Pavan<sup>1</sup>, José Maurício Cunha Fernandes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciências Exatas e Geociências – Ciência da Computação – Universidade de Passo Fundo (UPF) - Caixa Postal 611 – 99.052-900 – Passo Fundo – RS – Brasil  
guimalfatti76@gmail.com, pavan@upf.br

<sup>2</sup> Embrapa Trigo – Passo Fundo - Rodovia BR-285, Km 294 - Caixa Postal 3081 - 99050-970 - Passo Fundo – RS - Brasil  
Mauricio.fernandes@embrapa.br

**Abstract.** In recent decades, there has been a great technological advancement in the areas of sensors, integrated circuits and wireless communication, which led to creations and Automatic weather stations. This article presents a solution to collect more specific weather data, because the absence thereof is a major obstacle to the implementation of simulation models. The article also describes what technologies were used for this application and why they were chosen. It also presents the tests and validations made in the application during its development. The project illustrates the concept of pervasive computing, where computing devices and small and cheap sensing will be dispersed in countless environments.

**Resumo.** Nas últimas décadas, houve um grande avanço tecnológico nas áreas de sensores, circuitos integrados e comunicação sem fio, que levou a criação e estações meteorológicas automáticas. Este artigo apresenta uma solução para coleta de dados meteorológicos mais pontuais, pois a ausência dos mesmos é um dos grandes obstáculos para a execução de modelos de simulação. O artigo descreve também quais tecnologias foram usadas para essa aplicação e o porquê de terem sido escolhidas. Apresenta também os testes e validações feitos na aplicação durante o desenvolvimento da mesma. O projeto ilustra o conceito de computação pervasiva, em que dispositivos de computação e sensoriamento pequenos e baratos estarão dispersos em inúmeros ambientes.

## 1. Introdução

O grande aumento de produção em diversas culturas nos últimos anos, tem sido obtido com o uso de tecnologia, um grande avanço tem ocorrido na área de microprocessadores, novos materiais de sensoriamento e a comunicação sem fio tem a impulsionar o desenvolvimento de equipamentos inteligente para o sensoriamento de áreas para cultivo de diversas culturas, é normal ter um chip controlador com vários

sensores controlados pelo mesmo, com uma interface de comunicação sem fio. Normalmente tende-se a produzir estes equipamentos em grande escala sendo assim barateando o custo, levando à investir mais no desenvolvimento tecnológico e melhorias nos sistemas.

Redes de Sensores Sem Fio (Wireless Sensor Networks) foram identificadas como uma das mais importantes tecnologias para o Século XXI (C. CHONG e S. KUMAR., 2003). Redes de sensores podem ser comparados a redes de computadores, as mesmas são constituídas por um grande número de nodos distribuídos em vários locais, um mecanismo de auto configuração e o mais importante adaptação caso um modo da rede venha a falhar.

Rede de sensores tem a característica de monitorar uma ou mais variáveis, dependendo do interesse da aplicação, as mais utilizadas são distância, direção, umidade, velocidade do vento, temperatura, movimento, intensidade luminosa, som, peso, pressão, dentre outras. Uma rede típica é composta por número limitado ou ilimitado de nós, associados a um nó central. Os dados são coletados pelos nós e enviados ao nó central, este tem a capacidade de manipular e tratar os dados.

Este trabalho tem foco principal na infraestrutura da rede utilizada, para fazer com que os dados coletados no campo sejam disponibilizados para o responsável da cultura em pauta. Os sensores e placas controladoras utilizados não são foco do trabalho pois os mesmos são parte da tecnologia utilizada já disponível no mercado, porém ao contrário a arquitetura do trabalho possui requisitos que torna a aplicação diferenciada dentre outras já aplicadas.

## **2. Trabalhos Relacionados**

RINHEL e AVELAR apresentam um trabalho onde são usados os mesmos componentes a ser usado no desenvolvimento da estação meteorológica, a solução usada por eles é montar um alarme automotivo com funcionalidades que os atuais alarmes não disponibilizam, usando um módulo GSM onde é utilizado para o envio de informações em tempo real, as informações são dados de localização (GPS), hora e as demais funções de um alarme automotivo, os dados são transmitidos via GPRS. (RINHEL e AVELAR, 2012)

Já PADILHA e SILVA apresentam um trabalho de construção de uma estação meteorológica a ser instalada em lugares de difícil acesso para verificar dados climáticos (direção do vento, temperatura e neblina) para que praticantes de voo livres possam de antemão saber se é possível voar no determinado lugar. (PADILHA e SILVA, 2011)

## **3. Redes de sensores sem fio**

As redes de sensores sem-fio, chamadas na bibliografia internacional como Wireless Sensor Networks (WSN), são compostas por dispositivos com capacidade para coleta

de informações por sensores embarcados, com capacidade limitada de processamento, e possibilidade de armazenamento e transmissão de dados.

Os dispositivos são posicionados junto ao ambiente que devem monitorar, captando diretamente as informações. Cada dispositivo que constitui um nó da rede é denominado na bibliografia internacional de “Mote”. Um conjunto de sensores pode monitorar um fenômeno físico de interesse de forma eficiente, econômica e confiável. Pela rede as informações são transmitidas de forma contínua ou em períodos pré-determinados.

As possíveis aplicações são muitas, existindo trabalhos que utilizam WSN da medicina até a automação industrial. As redes de sensores sem-fio são interessantes para utilização onde se deseja monitoração constante de variáveis físicas, de forma autônoma, e com pouca interferência no meio monitorado. Assim sendo, monitoração de ambientes, para fins climáticos, científicos e ecológicos está entre as principais aplicações que utilizam WSN.

O caso que iremos aplicar nosso trabalho é aplicação na agricultura, é uma derivação da aplicação de monitoramento ambiental, pois de certa forma muitos aspectos são semelhantes. De uma forma geral o trabalho a ser realizado por uma rede de sensores consiste em realizar a coleta, armazenamento e envio dos dados coletados e períodos pré definido, e ficando o menor tempo possível realizando essas operações para diminuir o consumo de energia, no momento em que a rede não está realizando determinadas funções a mesma fica em um estado de espera, baixo consumo de energia, normalmente este estado de espera passa a ser mais de 90% do tempo, as funções com maior demanda tendem a ser executados sempre o mais rápido possível, para que o nó da rede volte para seu estado de espera o mais rápido possível, sendo assim aumento da autonomia da bateria.

Existem relatos de mais de 40 arquiteturas diferentes para o hardware dos montes da rede (YANG, 2006). Apesar das diferenças de construção e aplicação alvo, a imensa maioria é composta por quatro elementos básicos:

- Um microcontrolador
- Um conjunto de sensores
- Uma solução para transmissão e recepção de dados
- Memória não-volátil (uma vez que, quando os dados são gravados, não serão apagados, ou alterados quando se desliga o computador).

#### **4. Plataformas Web**

Internet é um sistema global de redes de computadores interligadas que utilizam o conjunto de protocolos padrão de internet (TCP/IP) para servir vários bilhões de usuários no mundo inteiro. É uma rede de várias outras redes, que consiste de milhões de empresas privadas, públicas, acadêmicas e de governo, com alcance local e global

e que está ligada por uma ampla variedade de tecnologias de rede eletrônica, sem fio e ópticas.

A importância do desenvolvimento para plataformas web na atualidade é indiscutível, pois é possível acessar a aplicação de qualquer lugar do mundo que tenha conexão com a internet.

O desenvolvimento refere-se a um processo de construção e testes de software específico para a web, com a finalidade de se obter um conjunto de programas, que satisfazem as funções pretendidas, quer em termos de usabilidade dos usuários ou compatibilidade com outros programas existentes. O desenvolvimento web pode variar desde simples páginas estáticas a aplicações ricas, comércio eletrônico ou redes sociais. Para o desenvolvimento web existem várias plataformas de desenvolvimento que são elas: Java, php, c# entre outras.

#### **4.1. Plataformas Web Mobile**

O desenvolvimento para dispositivos móveis atualmente é de grande valia, pelo motivo do grande aumento dos consumidores terem dispositivos móveis, porém de contra mão está a dificuldade de desenvolvimento de aplicações nativas para cada sistema operacional mobile, este um grande fator que desencoraja desenvolvedores a desenvolver para Android, IOS ou Windows Phone que são as mais utilizadas.

Desta forma é utilizado JQuery Mobile para desenvolver aplicações híbridas, é um framework web utiliza html e java script, o mesmo tem um layout que se ajusta a dispositivos móveis, sendo assim é desenvolvido uma aplicação web que pode ser acessada independente do SO do dispositivo portátil.

#### **5. Tecnologias Utilizadas**

As tecnologias usadas neste projeto foram variadas, dentre elas estão o PHP, biblioteca Java Script JQuery Mobile, API de mapas do Google Maps, o servidor de aplicações web Apache, o banco de dados MySQL, o banco de dados postgresql, Javascript Object Notation (json), HTML, biblioteca java script JQuery UI, Python, C, Tecnologia GSM. Todas estas tecnologias foram escolhidas por oferecerem características compatíveis com o projeto, algumas delas serão discutidas a seguir. As tecnologias citadas a cima foram escolhidas por fornecerem compatibilidade com o projeto, algumas delas serão discutidas abaixo.

##### **5.1. PHP**

É uma linguagem interpretada livre, usada originalmente apenas para o desenvolvimento de aplicações presentes e atuantes no lado do servidor, capazes de gerar conteúdo dinâmico na Internet. Figura entre as primeiras linguagens passíveis de inserção em documentos HTML, dispensando em muitos casos o uso de arquivos externos para eventuais processamento de dados. O código é interpretado no lado do

servidor pelo módulo PHP, que também gera a página web a ser visualizada no lado do cliente.

Neste projeto foi utilizada linguagem php, pela questão do desenvolvedor ter mais domínio da linguagem, mas poderia ser utilizada qualquer outra linguagem utilizada atualmente para desenvolvimento web.

## **5.2. Google Maps**

O Google Maps [Google Maps, 2014] é um serviço de pesquisa e visualização de mapas e imagens de satélite da Terra, ele é gratuito até um determinado número de requisição, após é necessário assinar um plano para o uso do mesmo. Este serviço é um dos mais utilizados no mundo para visualizar mapas, pesquisar lugares, ruas, rotas para viagens, entre outras funcionalidades que o serviço oferece.

O Google disponibiliza para seus usuários uma API do Google Maps que possibilita aos desenvolvedores usarem os seus mapas com todos seus recursos em seus sites. Caso o desenvolvedor utilizar a versão gratuita desta API em seu site, ele pode realizar 25.000 requisições de mapas por dia sem o serviço ser tirado do ar em seu site, caso seja necessário um maior número de requisições de mapas o desenvolvedor pode comprar uma licença empresarial do uso da API ou escolher ser cobrado diariamente pelo excedente.

Foi utilizada a API do Google Maps, por nos fornecer a visualização de todo o mapa, podendo desenvolver as funcionalidades necessárias de aplicação, que é de visualização do local de cada estação e dados da mesma.

## **5.3. GSM**

Tecnologia GSM (Global System for Mobile) tecnologia utilizada principalmente em telefones celulares, ou em outros dispositivos móveis existentes no mundo atual. Tecnologia GSM utiliza canais para transferência de voz digital, conhecida como 2G. GSM trabalha com sistema de roaming, onde é possível se comunicar em praticamente todo o mundo através dos contratos que as operadoras mantêm entre si, a tecnologia GSM surgiu nos anos 80 com intuito de oferecer serviços de troca de mensagens de textos e baixos custos.

Foi escolhida esta tecnologia por necessitar de pouco sinal da operadora de celular para enviar um sms simples de texto, e pelo motivo de já existir uma grande cobertura de redes de celular, sendo assim onde existir rede disponível é possível instalar uma estação meteorológica.

## **5.4. Python**

É uma linguagem de programação de alto nível, interpretada, imperativa, orientada a objetos, funcional, de tipagem dinâmica.

A linguagem foi projetada com a filosofia de enfatizar a importância do esforço do programador sobre o esforço computacional. Prioriza a legibilidade do código sobre a velocidade ou expressividade. Combina uma sintaxe concisa e clara com os recursos poderosos de sua biblioteca padrão e por módulos e *frameworks* desenvolvidos por terceiros.

A linguagem Python foi escolhida por já existir a uma solução da integração do python com C para fazer a leitura dos sensores e também pelo motivo existir soluções de integração com software gammu o gerenciador do modem GPRS.

### **5.5. Linguagem C**

C é uma linguagem de programação compilada, C é uma das linguagens de programação mais populares 2 3 e existem poucas arquiteturas para as quais não existem compiladores para C. C tem influenciado muitas outras linguagens de programação,4 mais notavelmente C++, que originalmente começou como uma extensão para C.

Linguagem C foi escolhida pelo motivo de ser uma linguagem de baixo nível, utilizado pelo sensor de temperatura e umidade, devido a velocidade de leitura do sensor, sendo assim a linguagem c é capaz de suprir as necessidades.

### **5.6. PostgreSQL**

É um sistema gerenciador de banco de dados objeto relacional (SGBD), desenvolvido como projeto de código aberto. Hoje o PostgreSQL é um SGBD de código aberto mais avançado, com os seguintes recursos:

- Consultas complexas
- Chaves estrangeiras
- Integridade transaccional
- Triggers
- View

PostgreSql foi utilizado pelo motivo de já existir uma base de dados de outras estações meteorológicas, e nesta mesma base de dados é onde vamos atualizar com os novos dados das estações desenvolvidas.

### **5.7. MySQL**

O Mysql é um servidor e gerenciador de banco de dados (SGBD) relacional, de licença dupla (sendo uma delas de software livre), projetado inicialmente para trabalhar com aplicações de pequeno e médio portes, atualmente é um dos bancos mais populares, com mais de 10 milhões de instalações, com compatibilidade a várias linguagens de programação (existem drivers ODBC, JDBC e .NET e módulos de interface para diversas linguagens de programação, como Delphi, Java, C/C++, C#, Visual Basic,Python, Perl, PHP, ASP e Ruby).

O Mysql foi o escolhido para este projeto por possuir funções nativas com suporte para SQL's (Linguagem de Consulta Estruturada, do inglês Structured Query Language) e fácil comunicação com software gammu.

## **6. Aplicação**

No Brasil, a agricultura tem avançado significativamente visando a sustentabilidade do sistema produtivo e garantia de qualidade dos produtos. Como exemplo, destaca-se a produção integrada (PI) que envolve todas as etapas que garantem a sustentabilidade do sistema produtivo e produção de alimentos com qualidade certificada, baseando-se em uma visão holística dos processos. (Andrigueto & Kososki, 2005; Zambolim et al., 2008).

Portanto, é preciso utilizar prognósticos de tempo e clima como entrada em modelos para que um sistema que possa realmente prever situações de risco. Com a melhoria da qualidade dos prognósticos de tempo, uma estimativa mais exata de variáveis importantes para modelos de doenças/insetos pragas de plantas, tais como precipitação, umidade relativa e temperatura, torna possível prever a ocorrência ou não de epidemias/surto de insetos severos.

Os avanços tecnológicos têm favorecido inúmeras áreas, incluindo a meteorologia e a agricultura, tornando possível o monitoramento de diversas variáveis meteorológicas com grande precisão. No Brasil, pode-se contar com um bom número de redes de estações meteorológicas, tanto públicas (como a rede do INMET) como privadas, porém muitas vezes em locais estratégicos únicos, representando uma grande área e ou município. Dados mais pontuais são condições primárias para muitos sistemas de auxílio à tomada de decisões, sendo necessária, desta forma, a criação de sub-redes que possam contribuir significativamente em um cenário local, como uma lavoura ou fazenda, agregando mais informações aos dados já existentes, tornando-os robustos e confiáveis.

O alto custo de aquisição, instalação e manutenção de uma estação meteorológica automática tradicional (algumas dezenas de milhares de reais) também reforça a necessidade do desenvolvimento de uma solução mais barata, robusta, confiável e com potencialidades de formação de redes.

Esta atividade pautar-se-á no desenvolvimento de uma solução de baixo custo, disponibilizando informações como temperatura, umidade relativa, ponto de orvalho. Outros sensores como precipitação, radiação solar e umidade do solo também podem ser acoplados conforme a necessidade de cada local.

Esta atividade prevê, ainda, o desenvolvimento de um serviço que permite aos usuários fazerem requisições de informações relacionadas ao risco de doenças, insetos e pragas em determinadas áreas de monitoramento por meio de mensagens curtas de texto (SMS).

A rede de estações é composta por vários nós coletores de dados, ligados por uma conexão sem fio para um nó concentrador, nós coletores processam os dados e enviam para o nó concentrador onde os mesmos são agrupados e posteriormente disponibilizados a comunidade de estações para consulta. A estação concentradora de dados tem o poder de manipular os dados recebidos e gerenciar os mesmos, essa tarefa é executada utilizando um algoritmo desenvolvido pela necessidade da estrutura da rede. Cada nó da rede é composto por cinco componentes básicos:

- Micro controlador – responsável por coletar e processar os dados (é o responsável por coletar e processar os dados dos sensores, armazenar os mesmos e repassar para outros nós ou para a estação serve doura);

- Memória – armazena programas e dados coletados.

- Sensores – responsáveis pela obtenção dos dados usados na estação.

- Protocolo de comunicação – Os dados coletados são transmitidos para o nó sorvedouro via mensagem de texto simples.

- Fonte de energia – em geral uma bateria, dispositivos podem conter uma célula fotovoltaicas, que atuam como gerador de energia ou conectados em uma rede elétrica.

Um ponto importante que devemos levar em consideração é o limite de distância entre os nós coletores, o limite entre os mesmos é limitação de cobertura de rede móvel, pois os dados são transmitidos via rede de celular, onde a estação for instalada e tiver conexão com rede de telefonia, independente da distância do nó concentrador as informações serão transmitidas. A rede de estações é dita heterogênea pois os nós da rede executam funções distintas, quando a maioria está executando tarefas de coleta de dados em único nó está recebendo os mesmos.

A rede de estações deve ser tolerante a falhas pois se algum nó parar de funcionar por um motivo desconhecido o restante deve trabalhar normalmente, caso ocorra de o nó concentrador parar de funcionar por falta de energia por exemplo, os dados enviados a ele e que não foram recebidos pelo motivo da mesma estar desligada, assim q a energia ser restaurada todos os dados enviados via sms serão entregues normalmente como acontece em um telefone celular, sendo assim não ocorrendo perda de dados.

Custo de uma estação é fator limitante para criar uma rede de estações, sendo que também nos leva à investir mais no desenvolvimento tecnológico e melhorias nos sistemas.

Cada estações meteorológicas automática coletará os dados conforme os sensores instalados no mesmo e enviará esses via SMS para um concentrador (Gateway) que processará e armazenará os dados em um banco de dados, possibilitando o fácil acesso por pesquisadores e sistemas de auxílio a tomada de decisões, O envio por SMS se mostra interessante devido a expansão das redes de telefonia móvel, mas também pela pequena necessidade de sinal para o seu uso sendo assim um ponto relevante para a arquitetura do projeto.



Cada nó da rede deve atender exigências tais como: confiabilidade nos dados obtidos e transmitidos e baixo consumo de energia, tornando assim a aplicação no geral viável de implementação e utilização.

## **6.1. Aplicação Web**

A aplicação permite que os usuários procurem no mapa suas estações e posteriormente consultem dados das mesmas, as estações estão identificadas com um marcador no mapa, além de poder consultar as suas estações é possível consultar estações vizinhas, sendo assim fazendo valer o conceito de comunidade de estações meteorológicas, onde os dados são compartilhados entre si.

O objetivo da aplicação é facilitar a consulta do dados de N estações listadas no mapa, a principal função da aplicação web é a visualização dos dados obtidos pelos mini-coletores e também por dados da rede de estações do INMET em forma de gráficos e ou relatórios, os mesmos podem ser exportados em formatos PDF, CSV, HTML, JPEG e PNG.

### **6.1.1. Funcionalidades**

Além de o usuário selecionar a estação do mapa e verificar em tempo real os dados da mesma a aplicação permite outras funcionalidades, tais como comparar duas ou mais estações no mesmo gráfico, visualização do mapa com street view, satélite entre outras funcionalidade disponibilizados pela ferramenta Google Maps e também exportar dados os dados em formato PDF, CSV, HTML, JPEG e PNG.

### **6.1.2. Mapa**

Ao acessar a aplicação a mesma verifica quanto ao uso de dispositivos móveis ou se o acesso é de um computador, e assim é feito o redirecionamento para a aplicação correta, o usuário do computador direcionado para a aplicação web e o usuário mobile para a aplicação web mobile, ao acessar a aplicação web o mesmo é direcionado para a página do mapa, considerado a página inicial, nesta página existe um menu lateral esquerdo de navegação, no centro da página existe uma mapa com indicadores das estações, ao passar o mouse nestes indicadores é exibido um Box com informações em tempo real de cada estação ou informações da última leitura caso a mesma esteja offline, para obter dados mais detalhados da estação é possível clicar sobre a marcador no mapa onde é exibido os dados diários em tempo real ou dados do dia da última leitura caso a mesma esteja offline. A figura 1 demonstra todos os casos citados acima.



Figura 1 demonstrando as funcionalidades da página inicial.

### 6.1.3. Comparar Estações

Esta funcionalidade é acessada através do menu lateral esquerdo Comparar, esta tem função de comparar duas ou mais estações, é possível selecionar mais de uma estação para comparar em modo gráfico as diferenças entre as mesmas, a entrada de dados para gerar a comparação é seguinte: é selecionado uma data no campo Data, no campo Dados é possível selecionar as variáveis a serem comparadas sendo elas, temperatura, umidade e Ponto de orvalho, logo abaixo existe um Box onde é possível selecionar a estação ou as estações através de um Combo Box, após ter feito as devidas configurações basta clicar em comparar para o gráfico ser exibido com os dados disponíveis das mesmas. A figura 2 demonstra a funcionalidade.



Figura 2 demonstrando a comparação de duas estações, Passo Fundo e Petrolina, a variável q está sendo observada é temperatura.

### 6.1.4. Exportar Dados

Esta funcionalidade pode ser acessada através do menu esquerdo que é disponibilizado em todas as telas da aplicação através do link Exportar Dados, objetivo desta funcionalidade é exportar dados de datas anteriores ao dia atual, principal objetivo é informar com exatidão e clareza os dados de determinada estação, os dados podem ser exportados em formato HTML, PDF e CSV. Para exportar os dados de determinada estação basta selecionar em um Combo Box a estação escolhida, selecionar as variáveis que deseja que apareçam no relatório, especificar o intervalo de tempo de consulta entre 1, 3 e 7 dias, ou selecionar um intervalo de datas maior através de um calendário, e selecionar dentre as três opções do relatório, HTML, PDF e CSV. Figura 3 demonstra a funcionalidade.

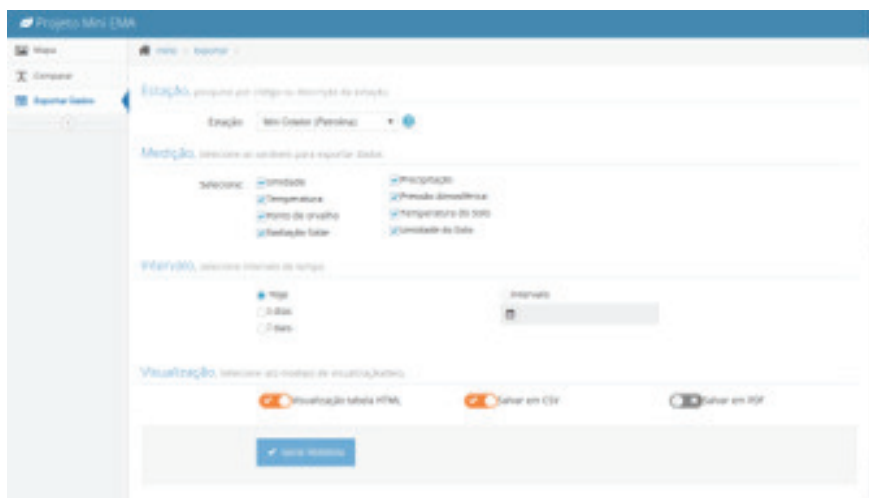


Figura 3 exibindo a tela onde é feito a entrada de dados (filtros) para gerar os respectivos relatórios.

## 6.2. Aplicação Web Mobile

A aplicação permite que os usuários procurem as estações pela descrição ou código da estação e posteriormente consultem dados das mesmas, esta aplicação é mais simples em comparação a aplicação disponibilizada para Web, pois fornece menos ferramentas de consultas, o principal objetivo é uma forma mais rápida de consulta de uma determinada estação em tempo real ou datas anteriores, não precisando ir a um computador para consultar, basta ter em mãos um smartphone conectado a internet e a aplicação disponibiliza a visualização de temperatura, umidade e ponto de orvalho em forma de gráficos, os mesmos podem ser exportados em formatos JPEG e PNG para seu dispositivo móvel. A figuras 4 demonstra o layout da aplicação.



Figura 4 página inicial, entrada de dados para iniciar a pesquisa e menu superior para navegação

## 7. Especificação do Mini-coletor

O mini-coletor é um sistema de aquisição de dados, formado por componentes de qualidade, que garante a sua atualização e expansão, permitindo uma fácil manutenção substituição de peças conforme as necessidades específicas de cada usuário.

Os dados meteorológicos são coletados em intervalos programáveis (padrão de coleta a cada 15 minutos), podendo ser alterado via sms de outro telefone móvel, os mesmos são armazenados e transmitidos (via rede GPRS) à um servidor em intervalos de hora em hora. No caso da impossibilidade de conexão com a rede GPRS, os dados são mantidos em um banco de dados local e enviados juntos com a próxima transmissão, permitindo desta forma uma maior autonomia de bateria, pois neste intervalo de tempo a mesma fica em um estado de espera, baixo consumo de energia, após isso as funções tendem a ser executados o mais rápido possível para a estação novamente voltar ao estado de espera.

O mini coletor da rede é composto por seis componentes:

- Micro controlador – responsável por coletar e processar os dados (é o responsável por coletar e processar os dados dos sensores, armazenar os mesmos e repassar para outros nós ou para a estação servidora), foi utilizado uma RaspBerry PI modelo B, a mesma é um computador do tamanho de um cartão de crédito, é compatível com sistemas operacionais baseados em Linux, no nosso projeto foi utilizado o Raspbian é a distribuição Linux oficial do RaspBerry Pi.

- Sensores – responsáveis pela obtenção dos dados, utilizamos sensor DHT11 fornece tanto temperatura quanto umidade do ar instantaneamente.

-Protocolo de comunicação – Os dados coletados são transmitidos para o nó sorvedouro via mensagem de texto simples, utilizamos um modem 3G da marca huawei com um chip pré pago (funciona com qualquer operadora).

-Fonte de energia – foi instalado um transformador bi Volt na estação onde a mesma pode ser conecta tanto em 220v como 110v, pode ser usado também baterias, dependendo da implementação do transformador.

-Módulo RTC - como a RaspBerry PI não tem um relógio integrado como a grande maioria dos computadores, foi necessário instalar um módulo RTC para esta função.

-SD Card - O cartão SD é uma parte fundamental e indispensável da RaspBerry Pi, pois fornece o armazenamento inicial para o sistema operacional e armazenamento de arquivos.

As figuras 5 e 6 apresentam o diagrama de atividades de um nó coletor de dados e também do nó concentrador de dados.

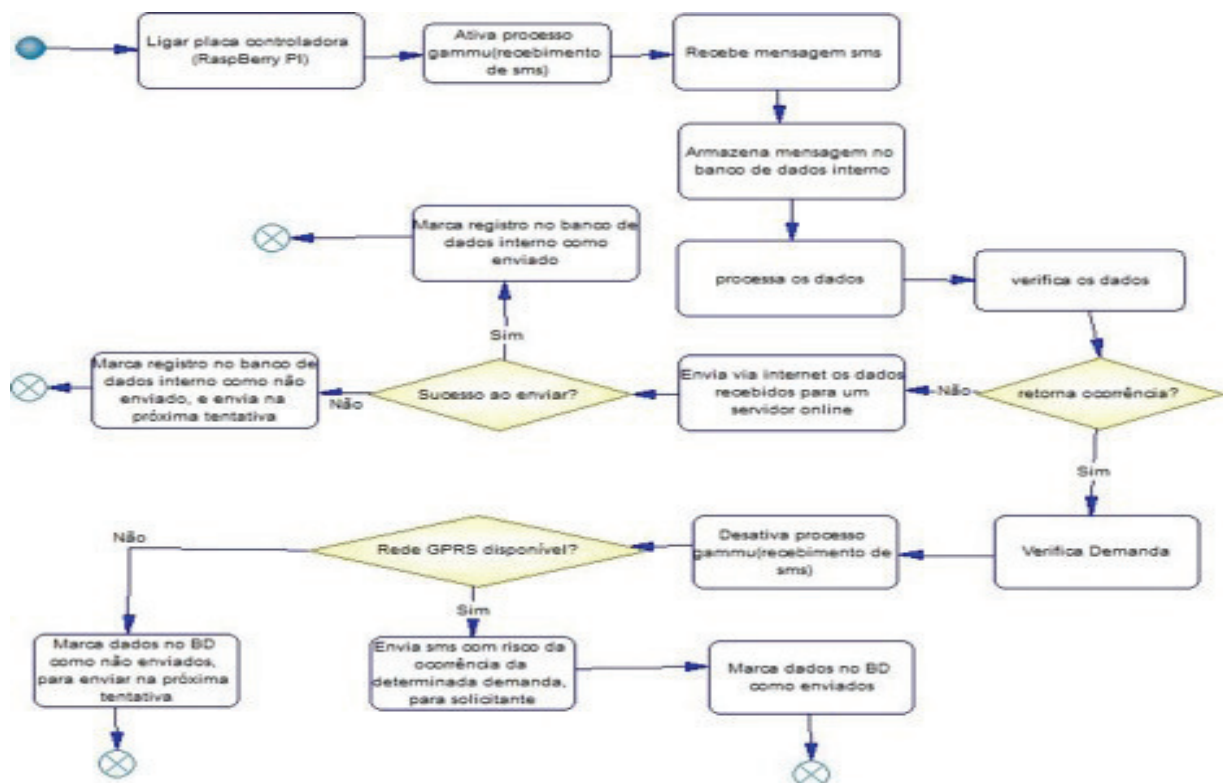


Figura 5 Diagrama de atividades do nó concentrador de dados.

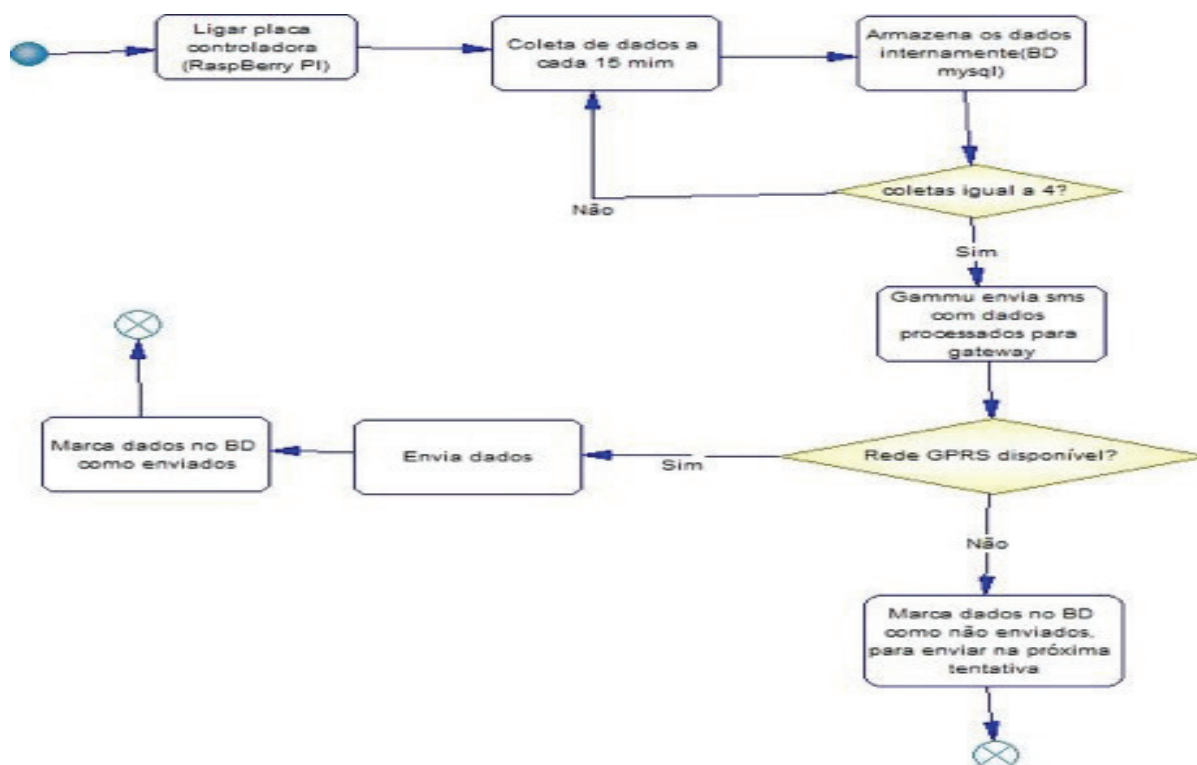


Figura 6 Diagrama de atividades de um nó coletor de dados.

### 7.1. Software Embarcado

Os sistemas de computação consistem em uma combinação de uso de hardware e software, sendo que este último representa um componente fundamental para qualquer sistema de computação, visto que a ele é atribuído toda a inteligência de qualquer tipo de sistema. Cabe ao software a atribuição de interagir, controlar e possibilitar o correto funcionamento para todos os tipos de equipamentos, dando a estas funcionalidades que possam gerar soluções de acordo com a necessidade.

Diferentes tipos de softwares foram criados para atender as necessidades do projeto, envolvendo desde sequências de instruções, que são interpretadas e executadas por um processador ou por uma máquina virtual, até sistemas de banco de dados e aplicações web.

Nestes equipamentos as principais funções implementadas nos softwares foram voltadas a viabilizar a comunicação automática entre o mini-coletor e sistemas, alimentando uma base de dados. O uso de equipamentos dotados de microprocessadores exigiu o desenvolvimento de softwares para uso específico em determinados tipos de hardware, denominados software embarcado ou software embutido, que devido a limitações de processamento e memória desses equipamentos, exigiram o uso de linguagens de programação de baixo nível, visando aumentar a velocidade, diminuir o consumo de memória e recursos de energia, desses equipamentos principalmente em casos que são alimentados por baterias, em nosso

projeto foi utilizada linguagem de programação C e Python visando aumentar autonomia de bateria e desempenho nas atividades da mini estação meteorológica.

## **8. Resultados esperados**

Resultados esperados no desenvolvimento do projeto, mini-coletores baseados em tecnologias livres e de baixo custo, capazes de capturar dados de interesse e enviá-los ao um concentrador via SMS, disponibilizando-os de forma visual (por meio de interfaces gráficas e interativas), assim como por meio de serviços web (WebService) para alimentar os modelos de simulação e sistemas de auxílio à tomada de decisões.

Além de fornecer dados aos participantes, os mini-coletores poderão ser utilizados nos bancos acadêmicos do ensino médio e/ou básico, preparando e possibilitando que jovens absorvam este conhecimento e perpetuem o desenvolvimento de uma rede cada vez maior, melhorando substancialmente a qualidade e a disponibilidade de dados.

Poderão, num futuro próximo, serem suportados por voluntários, possibilitando a criação uma “comunidade” para a captura e disponibilização de dados agrometeorológicos para aplicação nos mais diversos tipos de modelos de simulação e sistemas de alerta.

Para uma boa interação entre os participantes deste projeto, assim como produtores rurais e seus colaboradores, espera-se contar com um Gateway SMS para comunicação e disponibilização de informações conforme a demanda. Para exemplificar, uma mensagem enviada ao gateway com o assunto “bru” poderia retornar o risco da ocorrência da brusone do trigo no local previamente cadastrado pelo usuário e data de espigamento.

## **9. Teste e Validações**

Neste trabalho foi possível testar a aplicação web com dois navegadores distintos, Mozilla Firefox e Google Chrome, a aplicação Web Mobile foi possível testar com somente dois dispositivos móveis, um aparelho com sistema operacional Android da Google com navegador Google Chrome e outro com sistema operacional IOS da Apple com navegador Safari, em dispositivos móveis a aplicação deve se comportar da mesma maneira pois foi utilizado framework JQuery Mobile, onde a mesma utiliza Java Script.

Para realizar testes e validações na aplicação web foram utilizadas mais de 250 estações cadastradas com dados reais, incluído estações da rede INMET e estações onde as mesmas são alimentadas pelo mini-coletor também foram cadastrados no mapa, neste caso apenas um mini coletor foi desenvolvido, o mini-coletor foi testado primeiramente em nosso laboratório, após enviado próximo a uma estação no INMET em Petrolina-PE, o mesmo foi instalado e recarregado com saldo de créditos da

operadora de celular existente no local da instalação e se mostrou estável no acompanhamento mensal que foi feito, obtemos dados de temperatura e umidade relativa constantemente, os dados foram enviados via sms para nosso servidor instalado em Marau-RS.

## **10. Considerações finais**

Os mini-coletores tem um grande potencial em aplicações na agricultura pois certas culturas dependem de dados mais pontuais e em regiões distantes ou de difícil acesso, com esse projeto torna-se mais fácil a obtenção de dados pontuais, tanto em lugares distantes ou lugares estratégicos ou ainda em lugares que não existe abastecimento de energia elétrica.

Este projeto se torna de extrema utilidade para alertas de doenças e prevenção das mesmas, o projeto se tornará de baixo custo pois todos equipamentos a serem utilizados são open source, exceto o plano de dados da operadora de celular.

Estas comunidades de estações devem se popularizar a medida que o hardware utilizado tenha maior visibilidade e seja mais acessível, pois até o momento a grande maioria do equipamento é adquirido em outros países os quais fabricam os mesmos. Para trabalhos futuros pretende-se comercializa a solução proposta acima e também utilizar nos bancos acadêmicos do ensino médio e/ou básico, para que perpetuem o desenvolvimento de uma rede cada vez maior.

## **11. Referências**

C. CHONG e S. KUMAR. (2003) Sensor Networks: Evolution, Opportunities, and Challenges. Proceedings of the IEEE, Vol.91(8), pp. 1247-1256.

WORLD Meteorological Organization (2014) [https://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/Prelim-2014Ed/Prelim2014Ed\\_PI\\_Ch-4.pdf](https://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/Prelim-2014Ed/Prelim2014Ed_PI_Ch-4.pdf) Acesso em abril 2014.

YANG, G. Z. et al. Body sensor networks. Londres: Springer. (2006)

MILANI, André (2007). MySQL Guia do Programador. São Paulo: Novatec Editora.

MIZRAH, V. V. Treinamento em Linguagem C/ Victorine Viviane Mizrahi. (2008) São Paulo: Pearson Prentice Hall.

TATROE, Kevin, MACINTYRE, Peter, and LERDORF, Rasmus. (2013) Programming PHP, 3 Edition.



LUTZ, M. Learning Python. (2013) 5 Editionm MarkLutc.

RINHEL, Érica de Oliveira e AVELAR, Helder Henrique (2012) Alarme Automotivo Inteligente. Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso.

PADILHA, Luiz Fernando Omena e SILVA, Joed Lopes (2011) Estação meteorológicas para regiões remotas. Brasil, Trabalho de Conclusão de Curso.

BRAGHETTO, Luis Fernando B, SILVA, Sirlei Cristina e BRISQ, Marcelo Lotierso Redes GSM e GPRS. Brasil, Trabalho de Pós Graduação em Redes Computadores

GOOGLE Maps. (2014). Disponível em Google Maps<<https://maps.google.com.br/maps>>. Acesso em abril 2014.

DEVELOPER'S Google Maps. (2014). Disponível em Developer's Google Maps: <<https://developers.google.com/maps/>>. Acesso em abril 2014.

PHP. (2014) Disponível em Manual do PHP: <[http://www.php.net/manual/pt\\_BR/](http://www.php.net/manual/pt_BR/)>. Acesso em abril 2014.



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**

**Instituto de Ciências Exatas e Geociências**

**Curso de Ciência da Computação**


Campus I - Km 171 - BR 285, Bairro São José, C. Postal 611, CEP 99001-970  
Passo Fundo/RS - Fone/Fax (54) 3316-8363 – www.upf.br/iceg



## **A T E S T A D O**

Atestamos para devidos fins, que o aluno Guilherme Meneguzzi Malfatti, desenvolveu o trabalho de conclusão de curso intitulado “Rede de Estações Meteorológicas Sem Fio”, tendo como data de defesa dia 27/06/2014.

Secretaria Instituto de Ciências Exatas e Geociências, da Universidade de Passo Fundo, aos treze dias do mês de novembro de dois mil e quinze.

  
**Prof. Ms. Marcos José Brusso**  
Coord. do Curso de Ciência da Computação

Prof. Ms. Marcos José Brusso

*Coordenador do Curso de Ciência da Computação*

## Defesa de Trabalho de Conclusão

### Rede de estações meteorológicas automáticas sem fio

por

**Guilherme Meneguzzi Malfatti**  
**Orientador: Prof. Willingthon Pavan**

#### **Resumo:**

Com o grande avanço tecnológico nas áreas de sensores, circuitos integrados e comunicação sem fio, existe um grande desenvolvimento de equipamentos inteligentes para o sensoriamento de áreas para cultivo de diversas culturas. Este trabalho apresenta uma solução para coleta de dados meteorológicos mais pontuais, pois a ausência dos mesmos é um dos grandes obstáculos para a execução de modelos de simulação.

#### **PALAVRAS CHAVE:**

Coleta de dados, Estação Meteorológica, Modelo de simulação, Rede de Estações.

#### **ÁREA E SUB-ÁREA (Conforme CNPq)**

. Área: Ciência da Computação / Subárea: Sistemas de Computação

**Banca: Prof. Jaqson Dalbosco**

**Data: 27/06/2014**

**Hora: 18:00**

**Local: Universidade de Passo Fundo**