

Desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo para levantamento de dados de potencial eólico de uma dada região

Juliana O. Maciel¹, Filippe C. Jabour², Diana Esther Tuyarot³

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais (IF Sudeste MG) – Campus Juiz de Fora MG - Brasil

{julianamaciel17@gmail.com¹, filippe.jabour@ifsudestemg.edu.br², diana.tuyarot@ifsudestemg.edu.br³}

Abstract. *This paper presents the development of a prototype of a micro-controlled data acquisition system in conjunction with a graph and table plotting system for wind energy-focused renewable energy studies. The data acquisition system consists of an electronic prototyping platform Arduino, for triggering and monitoring variables using sensors such as the LM35 (temperature sensor), anemometer (wind speed sensor), DHT22 (sensor temperature and humidity), connected to a real-time module and external memory, transmitting data via sd card, the graph plotting system will persist this data and store it in a database allowing graph visualization. Obtaining data is crucial for generating information and thus assisting in decision making, contributing to the analysis of the wind potential of a given region, supporting environmental research, and the study and awareness of students for new projects in the area.*

Resumo. *Este artigo apresenta o desenvolvimento de um protótipo de um sistema microcontrolado para aquisição de dados, em conjunto com um sistema de plotagem de gráficos e tabela em prol de estudos de energias renováveis com foco em energia eólica. O sistema de aquisição de dados é composto por uma plataforma de prototipagem eletrônica, Arduino, para coleta e monitoramento de variáveis, através do uso de sensores. Os materiais utilizados foram: LM35 (sensor de temperatura), anemômetro (sensor de velocidade do vento), DHT22 (sensor de temperatura e umidade do ar), conectados a um módulo de tempo real e a uma memória externa, gravando os dados em um cartão SD. O sistema faz a persistência desses dados e armazena-os em um banco de dados permitindo a visualização de gráficos. A obtenção de dados é útil para gerar informações e assim poder auxiliar nas tomadas de decisões, para contribuir para a análise do potencial eólico de uma dada região, dar amparo a pesquisas ambientais, e ao estudo e conscientização de alunos para novos projetos na área.*

1. Introdução

A demanda por energia no mundo vem crescendo com o passar dos anos, em 2018 o consumo global de energia cresceu 2,8% [Observatório do clima 2019]. Emitindo o recorde histórico de 33,1 Gigatoneladas de dióxido de carbono (composto químico essencial para a vida na terra, mas em grande quantidade, causa o efeito estufa que é um dos maiores causadores do aquecimento global) [Época 2019].

Grande parte dos problemas ambientais estão relacionados com a exploração e utilização de energia, como a poluição, chuva ácida, destruição da camada de ozônio, aquecimento da terra, intensificação do efeito estufa, destruição do meio ambiente, e o esgotamento de recursos naturais [Frasão, Lucas et al. 2011]. Com isso, cresce a demanda por respostas que apontam a redução do consumo de energias não sustentáveis, fazendo com que soluções com fontes de energias limpas e renováveis sejam cada vez mais indispensáveis. Isto posto, o conhecimento de novas tecnologias e o aumento de pesquisas no setor elétrico são de extrema importância. Os estudos nesta área auxiliam na obtenção de matriz energética mais limpa e confiável e colabora com descobertas de novas formas mais eficientes de produzir energia.

Fontes de energias renováveis, como energia eólica e solar, proporcionam diversas vantagens em relação às energias não sustentáveis e poluentes (nuclear, carvão, mineral e petróleo) tais como: assegurar a sustentabilidade da geração de energia à longo prazo; limitar os poluentes; reduzir a destruição da vegetação natural, além de não causar grandes impactos socioambientais [Leite, Ana C. G. Moreira 2013].

Uma solução plausível é a micro geração de energia em residências, fazendas ou até em edifícios de centros urbanos, utilizando micro aero geradores de energia eólica [Moreira, Roseilda Nunes et al. 2013]. Algumas regiões que contêm elevado tráfego de carros conseguem apresentar velocidades de vento mais altas que em áreas rurais e de vento livre [Valença 2010]. No Brasil já existem projetos de leis que incentivam a geração de energia elétrica em residências, PL 7344/2017 (2017), dentre outros. Mas o estudo de viabilidade de microgeração e de potencial eólico em zonas urbanas não é fácil, deve ser analisado topografia, obstáculos e diversas variáveis climáticas. Para a avaliação ambiental de uma região para instalação de turbinas ou mini turbinas eólicas, requer, sob o ponto de vista meteorológico, uma descrição detalhada das condições atmosféricas e uma base de registro de informações extensa de dados precisos de uma dada região [Lacerda, Macklyster L. S. Stófel de et al 2018].

Adjunto aos estudos de viabilização há dificuldades financeiras originadas pelo custo elevado de ferramentas e equipamentos para medição destas variáveis. Além de ser necessário armazenar estes registros em um banco de dados, torna-se de grande utilidade transformar estes dados em uma forma gráfica de informação. Diante disto, este trabalho tem como foco desenvolver uma ferramenta de baixo custo para a aquisição de dados, armazenamento, processamento e exibição em interface, tendo disponibilização de informações e gráficos da base de registros. O sistema desenvolvido tem capacidade de ser genérico com potencialidade para mais sensores, e não necessita ser limitado a observações climáticas podendo ser modificado para outros ou mais sensores.

1.1 Objetivos do trabalho

Este trabalho tem como foco a ampliação e a disponibilização de dados climáticos para favorecer os estudos das condições climáticas de uma microrregião. Facilitando e auxiliando de maneira menos onerosa na predição e viabilização de implementação de mini estações de energia eólica para geração local.

Apresenta o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados utilizando a plataforma de prototipagem, Arduino. O sistema faz a leitura e gravação de variáveis, através do uso de sensores como: o LM35 (sensor de temperatura), anemômetro (sensor de velocidade do vento), DHT22 (sensor de temperatura e umidade do ar), conectados a

um módulo de tempo real e a uma memória externa. Apresenta o detalhamento de um sistema web, de processamento dos dados coletados, para uma exibição em interface, tendo disponibilização de informações em forma de gráficos e tabelas da base de registros.

- Estudar uma forma de aquisição e amostragem de dados dos sensores climáticos em interface com gráfico.
- Desenvolver um dispositivo de baixo custo com sensores climáticos para captação de dados.
- Elaborar e descrever um software de assistência aos estudos e auxílio a análise do potencial eólico de uma dada região.

2. Referencial Teórico

Foram realizadas pesquisas por artigos científicos, produtos comercializados e páginas web com projetos que contenham relação com as palavras chaves: Arduino, estação meteorológica, anemômetro, baixo custo, sensores e energia eólica.

Holz, Edson (2019), desenvolve uma estação meteorológica para monitoramento de variáveis climáticas, registradas em cartão de memória e exibindo via WiFi em um software os dados em tempo real.

Teixeira, David Martins (2018), elabora uma ferramenta de baixo custo para coleta de dados atmosféricos em tempo real enviando-os a um sistema de arquivo web. Este trabalho tem por finalidade a caracterização de locais que possuam condições de utilizar aerogeradores para a geração de energia elétrica.

Nos dois trabalhos acima os autores fizeram uso de uma maior quantidade de sensores, um por ser um projeto geral de monitoramento climático e o outro por ser mais completo criando os próprios sensores de velocidade e direção do vento. Nos dois casos foram feitas transmissões das variáveis via WiFi. Em nenhum dos artigos foi apresentado uma interface web com gráficos e tabelas dos dados já coletados, exclusivamente, fazem uma amostragem da medição atual do sensor na tela.

A empresa Mundo Clima tem uma gama de equipamentos de medição climática que podem ser usados com o intuito de verificar o potencial eólico de uma dada região. As estações meteorológicas para captar dados em campo e que possuem interface web custam de 3.000,00 à 22.639,00 reais. Os preços das estações variam de acordo com a complexidade do software de amostragem de dados, com a quantidade e precisão dos sensores e se a estação é fixa ou móvel [Mundo Clima 2019].

No endereço eletrônico da Tecnoferramentas, foram encontradas estações de medição de área externa com um custo inferior. Os valores destes equipamentos vão de 1.199,99 a 2.464,99 reais, porém, não possuem interface web, somente em display [Tecnoferramentas 2019].

Dentre os produtos comercializados vemos que o preço de uma estação meteorológica é alto. O valor elevado do investimento para captação e registro de dados climáticos pode inviabilizar até mesmo a análise da área.

Albuquerque, Igor (2016), projetou uma mini estação meteorológica utilizando arduino UNO e diversos sensores, transmitindo os dados via WiFi. Ele fez uso da plataforma *ThingSpeak*, uma plataforma para aplicações com Internet das Coisas (IoT),

que pode ser utilizada para armazenar, enviar, organizar e exibir *dashboards*. Esta aplicação possui *cinco* tipos de licença: Padrão, Acadêmico, Aluno, Casa e Livre (Para pequenos projetos não comerciais, com algumas limitações).

Vieira, Daniel R., desenvolveu uma estação meteorológica com Arduino Ethernet, enviando os dados para o servidor utilizando uma requisição com as variáveis pelo endereço do site. Fazendo a amostragem dos dados a partir de uma página web onde mostra apenas as últimas medições.

O levantamento de dados para identificar a viabilidade de implantação de miniturbinas eólicas, deve ser feita durante um grande período de tempo. Proporcionar facilidade para a observação e estudo destas variáveis simplifica e auxilia a análise das informações.

Este trabalho se difere dos demais pesquisados, pois, além de ser um dispositivo de baixo custo para leitura e registro de variáveis em um banco de dados, é capaz de apresentar dados de toda a base de registro coletada, exibindo em forma de tabelas e gráficos que podem ser filtrados de acordo com o período necessário (interface web). Além disso, o presente protótipo permite a gravação de dados coletados em ambientes remotos (via cartão microSD), sem a necessidade de conexão via rede com a estação base. Como dito, a presente solução incorpora um método de persistência de dados (mas outros softwares podem ser utilizados, já que o arquivo de campo é gravado em formato texto e organizado em colunas rotuladas).

3. Materiais e métodos

Neste artigo, inicialmente, fizemos a pesquisa, estudamos e definimos a plataforma de prototipação, os sensores e as linguagens de programação do sistema.

Como é ilustrado na Figura 1 o projeto foi dividido em 3 partes, sendo a primeira parte, o dispositivo de coleta de dados, a segunda parte, processamento e armazenamento dos dados e a última parte elaboração da interface web com gráfico e tabelas.

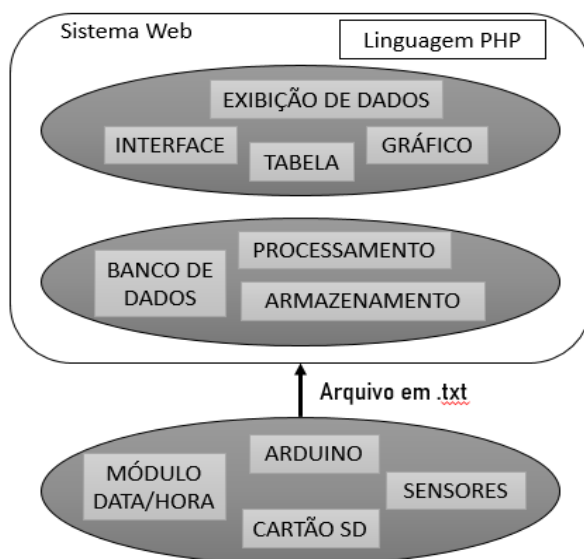


Figura.1 Divisão do projeto.

O sistema web foi desenvolvido utilizando o padrão de projetos de softwares *Model, View e Controller* (MVC). Neste padrão, o *Model* é a parte da modelagem de dados, contendo as classes e consultas ao banco de dados. A *View* possui a interface do sistema, e o *Controller* é o que valida e liga os dados com a *Model*. Este padrão auxilia a organizar o projeto em módulos menores e trata os componentes com uma responsabilidade específica. Facilitando o desenvolvimento e manutenção do sistema [Marcoratti 2019].

Para o desenvolvimento e construção do projeto, foram utilizados módulos, dispositivos, tecnologias e softwares. Deste modo, descrevemos na seção 3.1 os equipamentos e sensores utilizados. E na seção 3.2 contém as tecnologias e softwares escolhidos para elaboração do sistema, para o Arduino e para o software web de plotagem de gráfico.

3.1 Hardwares utilizados

Para a construção do dispositivo de coleta, foi escolhida a plataforma de prototipagem, Arduino MEGA 2560, se trata de uma boa opção para projetos que utilizam muitos equipamentos e recursos. Está placa possui uma quantidade maior de memória e de pinos do que a plataforma mais conhecida, Arduino UNO [Grupo de robótica 2012].

Os sensores disponíveis e determinados para o projeto foram:

- O sensor DHT22, mede a umidade e temperatura do ar com faixa de medição de umidade relativa do ar de 0% a 100%. Este sensor consegue medir temperaturas de -40°C a $+80^{\circ}\text{C}$, com precisão de aproximadamente $0,5^{\circ}\text{C}$. Tempo mínimo de leitura é de 2 segundos [Motta, Alan 2017].
- Sensor LM35, faz a leitura da temperatura ambiente, possui variação de aproximadamente $0,5^{\circ}\text{C}$ e pode ser usado em ambiente de -55°C à $+150^{\circ}\text{C}$ [Texas Instruments 2017].
- Anemômetro de conchas é um instrumento para medir a velocidade do vento. Tem como vantagem o custo e sua baixa complexidade de montagem, e como desvantagem não indicar a direção do vento.
- Foi utilizado também um módulo de Tempo real RTC (*Real-Time Clock*), que calcula precisamente o tempo em segundos, minutos, horas, dias, mês e ano, com correção em caso de falha de energia e anos bissextos [Maxim Integrated Products 2015].

Tabela 1. Preço dos principais materiais utilizados no projeto.

Materiais utilizados	Preço
Arduino Mega 2560	R\$ 70,00
Sensor DHT22	R\$ 41,18
Sensor LM35	R\$ 12,00
Anemômetro de conchas	R\$ 99,97
Módulo de tempo real RTC	R\$ 13,90

A Tabela 1 contém os valores aproximados dos materiais utilizados no projeto. Foi feita uma busca pela Internet pelo nome do componente e está apresentado um preço médio diante dos encontrados.

3.2 Tecnologias e softwares

No desenvolvimento do sistema de coleta de dados, utilizou-se o Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE), software Arduino.

As duas últimas partes do projeto, envolvem o armazenamento, processamento e exibição em interface de dados, informações e gráficos da base de registro. Para isto, foram utilizados ferramentas e softwares. São eles:

- Visual studio Code: Editor de código fonte, multiplataforma, uma ferramenta gratuita da Microsoft, foi usado para o desenvolvimento da plataforma web;
- Servidor Wamp (Pacote de códigos para Windows com Apache, MySQL e PHP): O software Apache é um servidor web, o MySQL é um gerenciador de banco de dados e o PHP é uma linguagem de programação amplamente utilizada para desenvolver sistemas web;
- Google Chrome: Navegador web, necessário para exibição da página web;

4. Descrição do desenvolvimento do projeto

Nesta seção é apresentada a explicação da realização do sistema proposto. A seção 4.1 detalha a elaboração do dispositivo de levantamento de dados e a seção 4.2 apresenta o desenvolvimento do sistema web de armazenamento de dados e plotagem de gráfico.

4.1 Dispositivo de levantamento de dados

Para desenvolver o sistema de coleta de dados, utilizou-se a linguagem de programação C++ com algumas particularidades relativas à plataforma em si.

Na figura 2 podemos observar o circuito para funcionamento dos sensores LM35, DHT22, anemômetro, módulo de data e hora e módulo de micro SD no arduino MEGA 2560.

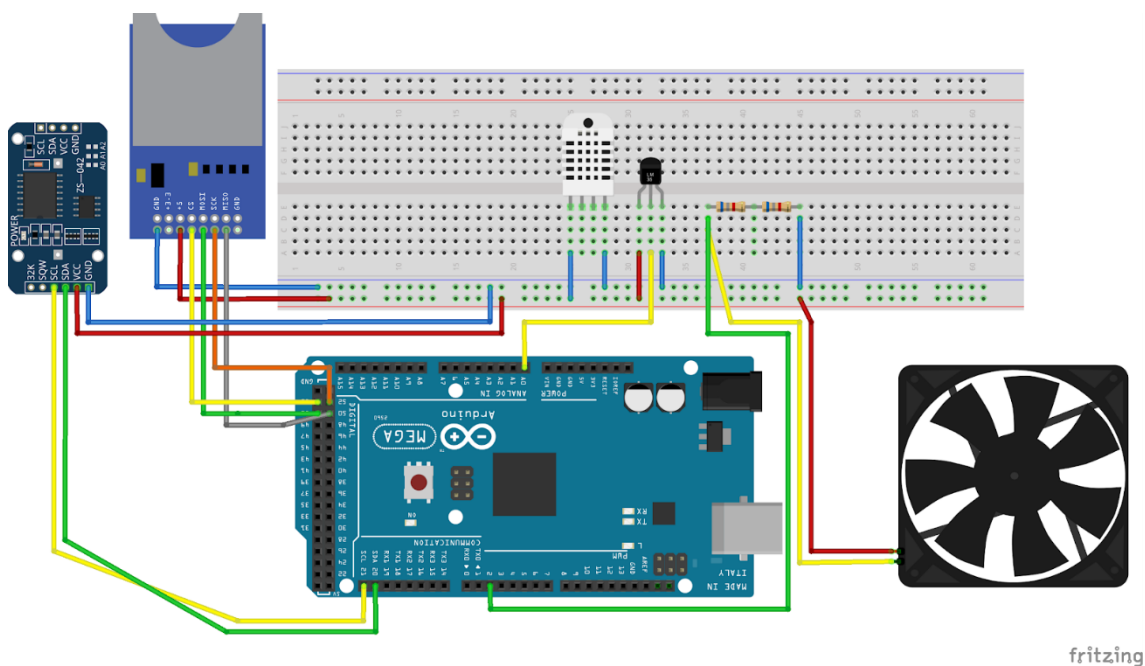


Figura 2. Esquema de ligação dos componentes do projeto.

Para a comunicação com os módulos e com alguns sensores, foi necessário a instalação de algumas bibliotecas. A instalação é feita através do Gerenciador de Biblioteca da própria IDE.

```
SalvaDados dht.h

#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"

#include <SPI.h>
#include <SD.h>

#include <DHT.h>
```

Figura 3. Bibliotecas utilizadas no sistema de levantamento de dados.

Na Figura 3 podemos observar a chamada das bibliotecas no código do sistema. As bibliotecas Wire e RTClib foram necessárias para o módulo RTC (data e hora real). Para o funcionamento do módulo micro SD foram usadas as bibliotecas SPI e SD. A biblioteca DHT foi aplicada para o uso do sensor DHT22.

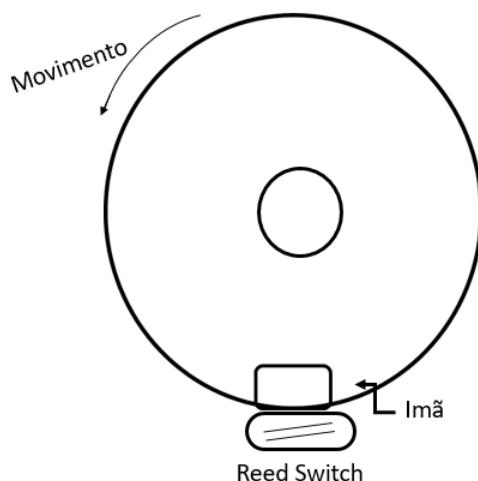


Figura 4. Funcionamento da leitura de um anemômetro.

Para medir a velocidade do vento utilizamos um anemômetro, ele possui em seu corpo quatro conchas conectadas em um eixo que gira sempre que detecta uma corrente de vento. Quanto mais voltas ele der em um determinado intervalo de tempo maior será a velocidade do vento. A cada movimento das hélices do anemômetro é mandado um sinal de corrente eletromagnética para o arduino, como podemos ver na figura 4. O anemômetro utilizado no projeto possui duas áreas de leitura de movimento.

Para fazer a conversão dos pulsos magnéticos para a unidade de rotação por minuto (RPM) e para encontrar a velocidade da rotação das hélices, nas figuras 5, 6 e 7 são apresentados fragmentos da programação mostrando, variáveis (figura 5), funções (figura 6) e registro das variáveis no sistema (figura 7).

```

// --- Constantes ---
const float pi = 3.14159265;
int period = 5000;
int radius = 147;

// --- Variáveis Globais ---
unsigned int counter = 0;
unsigned int RPM = 0;
float speedwind = 0;
float windspeed = 0;

```

Figura 5. Variáveis manipuladas nas funções.

```

//Função para calcular o RPM
float RPMcalc() {
    RPM = ((counter) * 60) / (period / 1000);
    return RPM;
}

//Velocidade do vento em m/s
float WindSpeed() {
    windspeed = ((4 * pi * radius * RPM) / 60) / 1000;
    return windspeed;
}

//Velocidade do vento em km/h
void SpeedWind() {
    speedwind = (((4 * pi * radius * RPM) / 60) / 1000) * 3.6;
    return speedwind;
}

```

Figura 6. Funções do projeto utilizadas para obter dados do anemômetro.

Definição das variáveis (figura 6):

- period: tempo em milisegundos;
- counter: quantidade de pulsos eletromagnéticos;
- radius: raio do anemômetro em milímetro;
- RPM: rotação por minuto;
- speedwind: guarda a velocidade do vento em m/s;
- windspeed: guarda a velocidade do vento em km/h.


```

myfile.print(h); //umidade
myfile.print("~#~");
myfile.print(t);//temperatura
myfile.print("~#~");
myfile.print(tlm35);//temperatura
myfile.print("~#~");
myfile.print(now.day(), DEC);//dia
myfile.print('/');
myfile.print(now.month(), DEC);//mes
myfile.print('/');
myfile.print(now.year(), DEC);//ano
myfile.print("~#~");
myfile.print(now.hour(), DEC);//hora
myfile.print(':');
myfile.print(now.minute(), DEC); //minuto
myfile.print(':');
myfile.print(now.second(), DEC);// segundo
myfile.print("~#~");
myfile.print(WindSpeed());// velocidade m/s
myfile.println("~#~"); //QUEBRA DE LINHA

```

Figura 7. Registro das variáveis do sistema.

O registro de cada variável foi separado pela string ~#~ para facilitar o fragmentação e simplificar a leitura do arquivo txt no sistema web, no final da última variável há uma quebra de linha que representa uma nova leitura.

O sensor LM35 é um sensor de precisão que possui uma saída de tensão proporcional à temperatura ambiente, a leitura deste sensor se dá 10mV para cada Grau Celsius de temperatura. Os valores obtidos da leitura do sensor podem variar de 0 a 1023, onde 0 corresponde a 0 volts e 1023 a 5 volts. Na Figura 8 é mostrado a função para converter a entrada do sensor em graus Celsius.

```

tlm35 = (float(analogRead(LM35)) * 5 / (1023)) / 0.01;

```

Figura 8. Código fonte com o cálculo transformando a saída do sensor em Graus Celsius.

O LM35 não precisa de calibração externa, apenas convertemos o valor transmitido pela fórmula da figura 8.

COM3

```

Inicializando o SD card.
Iniciando gravação de dados
73.70% - 24.50C° - 24.44C° - Data: 17/11/2019 - Horas: 15:56:29 - Vento: 3.69 m/s
Fim da gravação de dados.
Iniciando gravação de dados

```

Figura 9. Monitor Serial exibindo os dados dos sensores.

O sistema de levantamento de dados registra as variáveis dos sensores em intervalos de 2 segundos no cartão micro SD. Para facilitar a identificação de algum erro nos sensores se o arduino estiver conectado ao computador o sistema exibe os dados no Monitor Serial da IDE (Figura 9).

4.2 Sistema web

O sistema web foi desenvolvido em linguagem PHP, banco de dados MySQL e padrão de arquitetura MVC. Para a interface web foi usado HTML, CSS e JavaScript. Neste projeto fizemos o uso de estruturas base que auxiliam e agilizam o desenvolvimento, são elas:

- Bootstrap: é um conjunto de ferramentas para facilitar o *design* e inclusão de formulários, botões, tabelas, navegação, modais, carrosséis de imagens e outras. Ele auxilia na criação de aplicativos web responsivos e utiliza as linguagens HTML, CSS e JavaScript. Foi utilizado com o intuito de facilitar a criação da interface das páginas web.
- CodeIgniter: é um conjunto de classes que contém uma estrutura lógica com tarefas comuns e fundamentais para o funcionamento de um projeto, reduzindo assim a codificação para funções genéricas. Contribuindo com agilidade de desenvolvimento em sistemas na linguagem PHP [Codeigniter 2019].

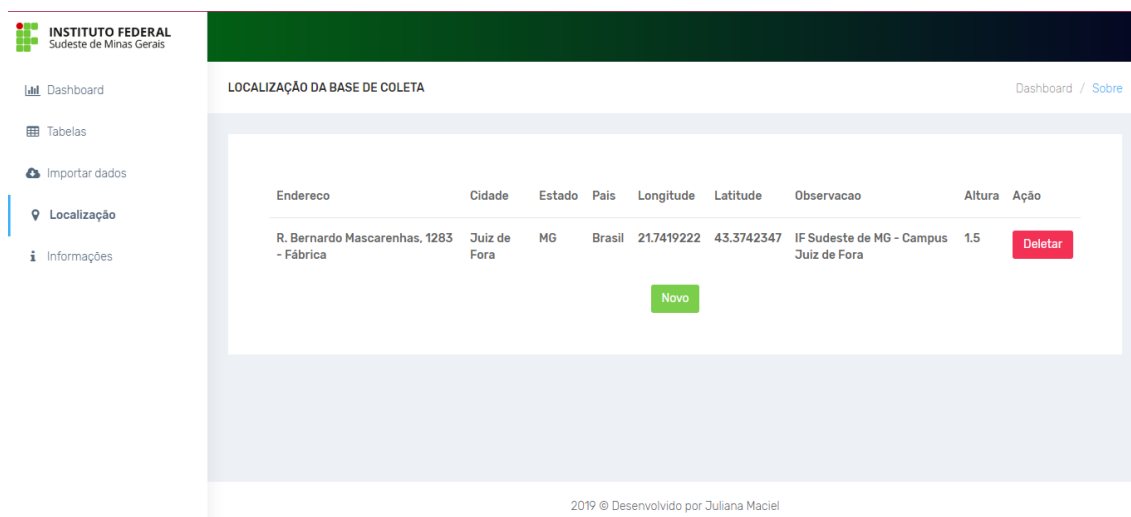


Figura 10. Página de cadastro e visualização das bases de coleta de dados.

A Figura 10 demonstra o resultado visual da página de cadastro de novas bases de coletas.

4.2.1 Persistência dos dados

A leitura dos dados no arquivo txt e o armazenamento no banco de dados foram feitos em PHP e em SQL, os dados são registrados na página de importação de dados do sistema (Figura 11).

Local da base de dados:

Insira o arquivo .txt de dados:

 Nenhum arquivo selecionado

Figura 11. Formulário de importação de dados.

```
public function upload(){
    $dados = array();
    if ($file = fopen($_FILES["log"]["tmp_name"], "r")) {
        while(!feof($file)) {
            $line = fgets($file);
            $arr = explode("~#~", $line);
            $arr[6] = $this->input->post("idLocal");
            if($arr[0] != null){
                array_push($dados, $arr);
            }
        }
        fclose($file);
    }
    echo json_encode($this->base_model->upload($dados));
}
```

Figura 12. Função de leitura do arquivo txt.

A função apresentada na figura 12 está localizada no *Controller* da aplicação. Este método abre uma conexão com o arquivo txt, percorre cada linha e a desmembra a partir do marcador ~#~, inserindo os dados e o ID da localização da base de coleta em um array (mapa que relaciona os dados por chaves).

```

public function upload($dados){
    foreach($dados as $key){
        $array = array(
            "Temperatura" => $key[1],
            "Temperatura_2" => $key[2],
            "Umidade" => $key[0],
            "Data" => $this->relpace_data($key[3], $key[4]),
            "anemometro" => $key[5],
            "idLocal" => $key[6]
        );
        $this->db->insert('dados',$array);
    }
    return array("status" =>"sucess");
}

```

Figura 13. Função que armazena as variáveis no banco de dados.

O método da figura 13 recebe os dados da função no *Controller* e os salva no banco de dados.

O armazenamento dos dados pode ser feito a partir de um arquivo txt em qualquer pasta do computador com qualquer nome. Não é criado uma cópia do arquivo apenas leitura e registro no banco de dados.

4.2.2 Gráficos e tabelas

Com o intuito de auxiliar a análise dos dados obtidos inserimos dois gráficos na página web e uma tabela de dados (Figura 14). Para facilitar a visualização de periodos especificos foi criado um filtro para selecionar data de início e fim e uma base de coleta. As tabelas do sistema foram feitas em HTML e PHP. Quando não está filtrada, mostra todos os dados que contemham o ID da primeira localização cadastrada.

Pesquisa		Data Inicio	Data Fim		
R. Bernardo Mascarenhas, 1283 - Fábrica, Juiz c		dd/mm/aaaa	dd/mm/aaaa	Pesquisa	
Data	Hora	Temperatura (C°)	Temperatura (C°)	UR do ar(%)	Velocidade do vento
07/11/2019	10:52:38	24.2°	27.86°	78.70%	4.43 m/s
07/11/2019	10:52:30	24.2°	27.86°	78.70%	1.48 m/s
07/11/2019	10:52:22	24.2°	27.86°	78.70%	6.65 m/s
07/11/2019	10:52:14	24.2°	27.37°	78.60%	0 m/s
07/11/2019	10:52:05	24.2°	26.88°	78.60%	0 m/s
07/11/2019	10:51:57	24.2°	27.37°	78.60%	0 m/s
07/11/2019	10:51:49	24.2°	27.86°	78.60%	1.48 m/s

Figura 14. Tabela das variáveis coletadas.

Os gráficos foram feitos com a biblioteca do Google, Google Chart Tools. Elaborada para possibilitar desenhar diversos tipos de gráficos de maneira simples. A ferramenta foi incorporada no código via JavaScript na página da web (Figura 15), fazendo chamada para algumas bibliotecas do Google Chart, lista os dados a serem mapeados, seleciona opções para personalizar o gráfico e, finalmente, cria um objeto de gráfico com um ID. Posteriormente, na página da web, utilizamos uma tag <div> com esse ID para exibir o gráfico do Google (Figura 16) no local desejado [Google Charts].

```

<script type="text/javascript" src="https://www.gstatic.com/charts/loader.js"></script>
<script type="text/javascript">
  google.charts.load('current', {'packages':['corechart']});
  google.charts.setOnLoadCallback(drawChart);
  var datas= [
    ['Data', 'Umidade', 'Temperatura','Temperatura_2', 'Velocidade do vento'],
    <?php
      foreach ($params["dados"] as $key) {
        echo("['. date_format(date_create($key["Data"]), "d/m/y - H:i") ."', ". $key["Umidade"] .", ". $key["Temperatura"] .
          ", ". $key["Temperatura_2"] .", ". $key["anemometro"] ."),\n");
      }
    ?>
  ];
  function drawChart() {
    var data = google.visualization.arrayToDataTable(datas);
    var options = {
      title: '',
      hAxis: {title: 'Data', titleTextStyle: {color: '#333'}},
      vAxis: {minValue: 0}
    };
    var chart = new google.visualization.AreaChart(document.getElementById('chart_div'));
    chart.draw(data, options);
  }
}

```

Figura 15. Código JavaScript utilizando a ferramenta Google Charts.

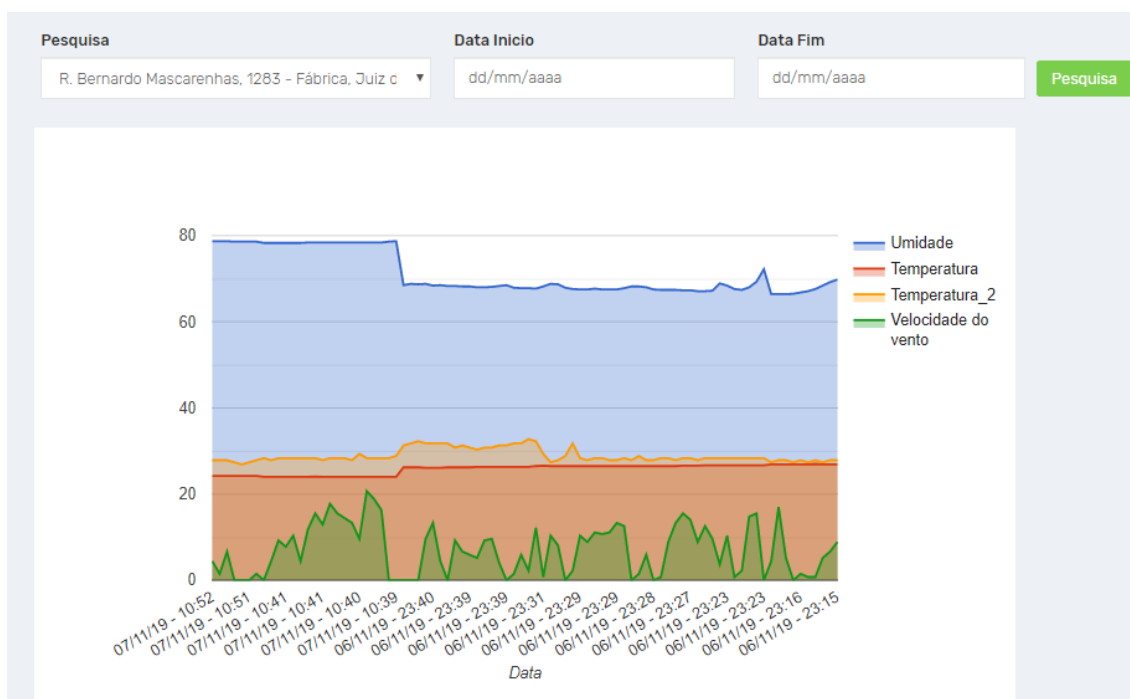


Figura 16. Gráfico de área exibindo os dados dos sensores de acordo com a data.

5. Resultados e aplicação do sistema

Realizou-se um registro de amostragem de dados de uma hora de coleta, com leitura em intervalo de 2 segundos (Figura 17). Armazenando 1800 valores. Após a gravação dos

dados, adicionamos o registro no servidor de banco de dados. É necessário que o arquivo de leitura ao ser retirado do Arduino, seja renomeado, para que não tenha a possibilidade de continuar com leituras no mesmo arquivo txt e ao importar novamente para o sistema web, os dados não sejam duplicados.

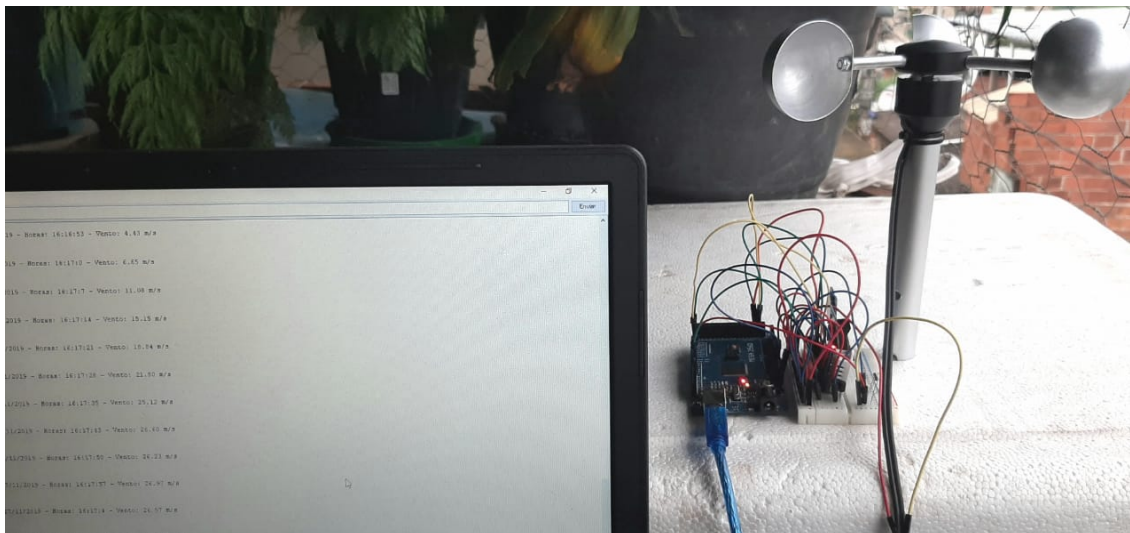


Figura 17. Foto do protótipo em funcionamento.

A utilização do framework Bootstrap auxiliou para uma visualização simplificada e agradável. A ferramenta Google Charts possibilitou a análise dos dados de forma visual. Desta forma, a aplicação web apresentou um comportamento com o esperado do projeto. Entre as principais características, destacam-se o armazenamento de dados no banco de dados e a exibição das variáveis nos gráficos e tabelas do sistema.

6. Considerações finais e trabalhos futuros

As preocupações com o meio ambiente e sustentabilidade crescem em todo mundo. A maioria dos recursos amplamente utilizados para gerar energia elétrica são esgotáveis. Diversas formas de geração de energia elétrica causam complicações ambientais. Fazendo com que pesquisas na área de energias renováveis seja de grande importância [Exame 2017].

Dar os primeiros passos para geração de energia sustentável em locais como residências, fazendas e organizações é possibilitar a autossuficiência energética. Porém o investimento para construção de fontes de energia eólica e solar é alto e até mesmo os custos com estações meteorológicas para identificar a viabilidade de um determinado local costuma ser elevado.

O presente artigo teve como objetivo desenvolver um dispositivo de baixo custo de coleta de dados climáticos e auxílio na análise de potencial eólico. Este projeto tem o intuito de possibilitar a análise de viabilidade de implementação de energias sustentáveis em uma dada região.

Levando em consideração que o sistema possibilita o registro de dados de sensores climáticos, a exibição dos mesmos em tabelas e gráficos, acreditamos que este dispositivo seja de grande valia para auxiliar o professores, alunos e especialistas nas pesquisas e estudos na área.

No desenvolvimento do presente trabalho surgiram alguns elementos que se mostram interessantes para o aprimoramento do projeto proposto. Em função da indisponibilidade de alguns materiais, como possíveis trabalhos futuros, pode-se apontar: Implementação de uma transmissão de dados por uma rede sem fio, inclusão de mais sensores climáticos em especial o sensor de direção do vento, melhorar a integração com a interface web para dispositivos móveis e realizar testes manuais e de comparação dos valores obtidos dos sensores com equipamentos profissionais designados como parâmetros padrão pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM).

7. Referências

- Albuquerque, Igor (2016), “Estação meteorológica com Arduino” , <https://www.embarcados.com.br/estacao-meteorologica-com-arduino/>. Acesso em: 10 nov. 2019.
- Codeigniter (2019), “CodeIgniter é uma estrutura de aplicativos” , https://codeigniter.com/user_guide/overview/at_a_glance.html. Acesso em: 10 nov. 2019.
- Época Negócios. (2019) “Uso de energia renovável cresce, mas não impede recorde histórico de emissão de CO₂” , <https://epocanegocios.globo.com/Economia/noticia/2019/04/uso-de-energia-renovavel-cresce-mas-nao-impede-recorde-historico-de-emissao-de-co2.html>. Acesso em: 10 junho 2019.
- Exame (2017), “Eficiência energética e fontes renováveis são opção para energia brasileira” , <https://exame.abril.com.br/negocios/dino/eficiencia-energetica-e-fontes-renovaveis-sao-opcao-para-energia-brasileira/>. Acesso em: 10 nov. 2019.
- Frasão, Lucas. Barra, Mário. Meniconi, Tadeu (2019) “Entenda como a geração de energia elétrica afeta o meio ambiente” , <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2011/03/entenda-como-geracao-de-energia-eletrica-afeta-o-meio-ambiente.html>. Acesso em: 10 junho 2019.
- Google Charts , “Using Google Charts” , <https://developers.google.com/chart/interactive/docs>. Acesso em: 10 nov. 2019.
- Grupo de robótica (2012), “Introdução ao Arduino” , https://www.academia.edu/5229813/Introdu%C3%A7%C3%A3o_ao_Arduino. Acesso em: 10 agosto 2019.
- Holz, Edson (2019), “Desenvolvimento de uma estação meteorológica microcontrolada para monitoramento de variáveis climáticas.” , Edson Holz, Evandro Campigoto; orientação de José Flávio Dums. Joinville, SC, 2019. 154 p.
- Lacerda, Macklyster L. S. Stófel de. Ferreira, Kaique. Castro, Aline B. Monteiro de. (2018) “Geração de Energia Eólica para Condomínios Residenciais em Zonas Urbanas” . https://drv.tw/_gdu/00-4g/docs/securec/ha0ro937gcuc7l7deffksulhg5h7mbp1/dm4vq6kge33bsfq62vg00jud3p0m3pro/1570824000000/14194181539234438788/*/14O_8kkWyWPKUsaDiZ47mpbQUd2GXlj3E. Acesso em: 10 agosto 2019.
- Leite, Ana C. G. Moreira (2013) “A sustentabilidade empresarial, social e as fontes de energia”. Boletim de Inovação e Sustentabilidade (BISUS) 2s 2013 v1. Acesso em: 10 agosto 2019.
- Marcoratti, J. Carlos “Entendendo o padrão MVC - Model - View - Controller” , http://www.macoratti.net/14/05/net_mvc.htm. Acesso em: 10 agosto 2019.

- Maxim Integrated Products (2015), “DS3231 Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TCXO/Crystal”, <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>. Acesso em: 10 oct. 2019.
- Moreira, Roseilda Nunes. Viana, Andson Freitas. Oliveira, Daniele A. Brandão de. Vidal, Francisco A. Barbosa. (2013) “Energia eólica no quintal da nossa casa?! Percepção ambiental dos impactos socioambientais na instalação e operação de uma usina na comunidade de sítio do cumbe em aracatice”, <https://www.redalyc.org/pdf/4716/471647098002.pdf>. Acesso em: 10 junho 2019.
- Motta, Alan (2017), “DHT11 E DHT22 | SENSOR DE UMIDADE E TEMPERATURA COM ARDUINO” , <https://portal.vidadesilicio.com.br/dht11-dht22-sensor-de-umidade-e-temperatura/>. Acesso em: 10 oct. 2019.
- Mundo Clima (2019), “ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS”, <http://www.mundoclima.com.br/estacoes-meteorologicas/> . Acesso em: 10 oct. 2019.
- Observatório do clima. (2019) “Demanda por energia dispara em 2018 e emissões batem recorde”, <http://www.observatoriodoclima.eco.br/demanda-por-energia-dispara-em-2018-e-emissoes-batem-recorde/>. Acesso em: 10 junho 2019.
- Texas Instruments (2017), “LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors” , <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>. Acesso em: 10 oct. 2019.
- Teixeira, David Martins (2018), “SISTEMA AUTÔNOMO DE CARACTERIZAÇÃO DE DADOS NECESSÁRIOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE AEROGERADORES”, <http://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/210/1/TCC%20DAVID%20MARTINS.pdf> . Acesso em: 10 oct. 2019.
- TecnoFerramentas (2019), “Estação meteorológica profissional sem fio com memória e com conexão USBPC NOVOTEST 1041” , <https://www.tecnoferramentas.com.br/estacao-meteorologica-profissional-sem-fio-com-memoria-e-com-conexao-usb-pc-novotest-1041/p>. Acesso em: 10 nov. 2019.
- Tibé, Luis. (2017) “PL 7344/2017 - Institui incentivo fiscal para a geração de energia elétrica a partir de biomassa ou de fonte eólica, solar, maremotriz, geotérmica, hidráulica ou nuclear” . <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2128808>. Acesso em: 10 agosto 2019.
- Usinainfo, “Sensor de temperatura LM35 para Projetos” , <https://www.usinainfo.com.br/sensor-de-temperatura-arduino/sensor-de-temperatura-lm35-para-projetos-3099.html>. Acesso em: 10 oct. 2019.
- Valença, Daniel Arraes de. (2010) “Proposição de uma metodologia para avaliação do aproveitamento da energia eólica em ambiente urbano”. https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5191/1/arquivo2173_1.pdf. Acesso em: 10 junho 2019.
- Vieira, Daniel R. , “Estação meteorológica com Arduino Ethernet” , <https://www.danilorvieira.com/secoes/artigos/2/>. Acesso em: 10 nov. 2019.