

**FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**DAVID MARTINS TEIXEIRA**

**SISTEMA AUTÔNOMO DE CARACTERIZAÇÃO DE DADOS NECESSÁRIOS  
PARA A IMPLANTAÇÃO DE AEROGERADORES**

**CARATINGA  
2018**

**FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELETRICA**

**DAVID MARTINS TEIXEIRA**

**SISTEMA AUTÔNOMO DE CARACTERIZAÇÃO DE DADOS NECESSÁRIOS  
PARA A IMPLANTAÇÃO DE AEROGERADORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a banca examinadora de Engenharia Elétrica das Faculdades Integradas de Caratinga, como requisito parcial à obtenção ao título de Bacharel em Engenharia Elétrica.  
Área de concentração: novas tecnologias.  
Orientador: Prof. Msc. Robson da Silva

**CARATINGA**

|   |                                |              |
|---|--------------------------------|--------------|
|  | FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA | FORMULÁRIO 9 |
|   | TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO |              |
| TERMO DE APROVAÇÃO  |                                |              |

## **AGRADECIMENTOS**

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus que tem me sustentado até aqui, não somente neste tempo como universitário, mas em todos os momentos. Deus é o maior mestre que alguém pode ter e conhecer.

Ao meu pai no céu, Adair Vicente Teixeira, por sempre estar à frente cuidando e intercedendo pela minha vida.

Agradeço a minha irmã, a minha namorada, meus sobrinhos, meu cunhado e a toda minha família que, com muita dedicação, carinho e paciência, me apoiaram e se sacrificaram nesses últimos cinco anos para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

A minha mãe de criação Dona Oroni das Graças Nunes Teixeira, por estar ao meu lado desde o início, me dando forças nos momentos mais difíceis, me incentivando para que me tornasse o homem que me tornei, o seu incentivo e amor incondicional foram essenciais para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao professor Robson da Silva, pela sua orientação, amizade, disponibilidade, e pela oportunidade que me foi concedida em 2018

Aos meus professores, pela dedicação e conhecimento adquirido no decorrer do curso.

Por fim, dedico esse trabalho a todos os meus amigos, em especial os que se esforçaram para estar ao meu lado nos momentos difíceis.

“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade”

(Albert Einstein)

## RESUMO

A necessidade de suprir a demanda de energia elétrica da sociedade tem fomentado o setor de produção de energia a realizar investimento no desenvolvimento e implantação de tecnologias que utilizem fontes renováveis para a conversão de energia elétrica. Dentre todos os setores de conversão de energia um dos mais promissores na atualidade se encontram na utilização de aerogerados em parques eólicos. Porém a caracterização dos locais que possuam condições de sustentar essa modalidade de investimento não é uma tarefa fácil. Com a finalidade de facilitar o processo de caracterização a proposta desse trabalho foi a construção e teste de uma ferramenta de baixo custo e que opere de forma automática capaz de coletar dados atmosféricos em tempo real enviando os dados a um sistema de arquivo via Web.

**Palavras-Chave:** Energia, Eólica, caracterização, sensores para meteorologia, Potencial Eólico.

## **ABSTRACT**

The need to supply a demand for electricity from society has encouraged the sector of energy production and renewable technologies for the conversion of electricity. Among all the energy conversion sectors, the most promising ones are in the use of aerogenerates in wind farms. A characterization of data that has the conditions to sustain this type of investment is not an easy task. In order to facilitate the process of characterization of an automatic didactic task of broadband data in real time sending the data of a file system via Web.

**Key words:** Wind Energy, Plataforma SAC, Databases Sensors, Wind Potential.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Fluxograma de Conexões do Arduino.....                         | 30 |
| Figura 2 - Estação Meteorológica .....                                    | 31 |
| Figura 3 - Fluxo de dados do sistema meteorológico.....                   | 32 |
| Figura 4 - Sensor BMP.....  | 35 |
| Figura 5 - Sensor PAB .....   | 36 |
| Figura 6 - Painel administrativo do front-End.....                        | 38 |
| Figura 7 - Imagem do sistema de meteorologia acessada por um celular..... | 39 |
| Figura 8 - Diagrama Arduino UNO.....                                      | 47 |
| Figura 9 - Diagrama Sensor DHT22 .....                                    | 47 |
| Figura 10 - Diagrama Sensor BMP180.....                                   | 48 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Tabela do Sensor DHT .....  | 33 |
| Tabela 2 - Sensor PAB.....   | 37 |
| Tabela 3 - Consulta de Velocidade do Vento entre 00 horas e 07 horas do dia<br>02/11/2018..... | 39 |

## LISTA DE GRÁFICOS

*Gráfico 1 - Temperatura do dia 03/08/2018 às 18:33 horas – Em °C .....26*

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

- API - Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicativos).
- BMP - Barometric Pressure/Temperature (Pressão Barométrica e Temperatura).
- CSV - Comma Separated Values (Valores Separados Por Vírgula).
- IDE- Integrated Development Environment (Ambiente de Desenvolvimento Integrado).
- IOT - Internet of Things (Internet das Coisas).
- JSON - JavaScript Object Notation (Notação de objeto JavaScript).
- PHP - Personal Home Page (Página Pessoal).
- REST - Representational State Transfer (Transferência de estado Representacional).
- SAC - Sistema Autônomo De Caracterização.
- SIN - Sistema Interligado Nacional.
- TCP- Transmission Control Protocol (Protocolo de Controle de Transmissão).
- UDP - User Datagram Protocol (Protocolo de Datagrama do Usuário).
- URL - Universal Resource Locator (Localizador Universal de Recursos).
- XML - Extensible Markup Language (Linguagem Extensível de Marcação Genérica).

## LISTA DE SÍMBOLOS

MHz - Mega-Hertz

°C - Grau Celsius

KM/h – Quilômetro por Hora

Kg/m<sup>3</sup> - Quilograma por metros cubico

W/m<sup>2</sup>- Watts por metro quadrado

mm<sup>2</sup>- Milímetro quadrado

ATM - Atmosfera Física

$\rho$  - Densidade do ar

P – Pressão absoluta

T – temperatura

R – Constante especifica do gás para ar seco

V – Velocidade

A – área

## SUMÁRIO

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....                               | <b>15</b>                     |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....                      | <b>17</b>                     |
| 2.1 Energia Eólica.....                                 | 17                            |
| 2.2 Internet Das Coisas (IOT) .....                     | 18                            |
| 2.3 Shield Ethernet Arduino .....                       | 19                            |
| 2.4 Linguagem C.....                                    | 20                            |
| 2.5 Arduino Uno.....                                    | 20                            |
| 2.6 Medição Da Velocidade E Direção Dos Ventos .....    | 21                            |
| 2.7 Pluviômetro.....                                    | 22                            |
| 2.8 Sensor DHT22.....                                   | 23                            |
| 2.9 PHP .....   | 23                            |
| 2.10 JSON.....  | 24                            |
| 2.11 Interface de Programação Aplicada – API.....       | 25                            |
| 2.12 Banco de Dados MySQL.....                          | 27                            |
| <b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TECNICOS</b> .....   | <b>29</b>                     |
| 3.1 Sistema Autônomo De Caracterização (SAC).....       | 29                            |
| 3.1.1 Roteamento do SAC .....                           | 29                            |
| 3.1.2 Disposição e Implantação de Sensores do SAC ..... | 30                            |
| 3.2 Periféricos Utilizados e Configurações .....        | 31                            |
| 3.3 Monitoramento via WEB .....                         | 32                            |
| <b>4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS</b> .....              | <b>33</b>                     |
| 4.1 Tratamento de Dados .....                           | 33                            |
| 4.1.1 Dados DHT.....                                    | 33                            |
| 4.1.2 Dados BMP .....                                   | 34                            |
| 4.1.3 Dados do PAB.....                                 | 35                            |
| 4.2 Layout PÁGINA WEB .....                             | 38                            |
| 4.3 Cruzamento de Dados .....                           | 39                            |
| 4.3.1 Consulta aos Dados Coletados .....                | 39                            |
| 4.4 Potencial Eólico.....                               | 40                            |
| <b>5 CONCLUSÃO</b> .....                                | <b>41</b>                     |
| <b>6 REFERÊNCIAS</b> .....                              | <b>42</b>                     |
| <b>7 APÊNDICE</b> .....                                 | Erro! Indicador não definido. |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>7.1 Código Parcial de Calibração e Pinagem do Projeto .....</b>                 | <b>46</b> |
| <b>7.2 Configurações de Conexão e Inicialização do Sistema Meteorológico .....</b> | <b>46</b> |
| <b>ANEXO A – Diagrama do Arduino UNO .....</b>                                     | <b>47</b> |
| <b>ANEXO B – Diagrama Sensor DHT22.....</b>  | <b>47</b> |
| <b>ANEXO C – Diagrama Sensor BMP180 .....</b>                                      | <b>48</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A eletricidade é a forma de energia mais versátil utilizada atualmente. Sua aplicação sustenta indústrias e meios de produção. Podemos sem sombra de dúvida atribuir o conforto da vida moderna a capacidade humana em utilizar as propriedades de transformação desse bem precioso. Hoje conseguimos converter quase todos os tipos de energia em energia elétrica. Porém alguns desses processos ainda são muito complicados ou causam grandes impactos ambientais. Atualmente cerca de 80% da matriz energética mundial é composta de usinas que utilizam fontes não renováveis, ou que geram grandes impactos no ambiente. No Brasil a maior parcela de energia elétrica é convertida por hidroelétrica.

Porém esse setor é extremamente dependente de fatores climáticos para sustentar o processo de conversão. Esse fator aliado ao aumento da demanda por eletricidade tem gerado alguns transtornos durante os períodos de estiagem. Logo investimentos em outros meios de conversão de energia tem chamado a atenção de vários grupos de investidores do setor. O Brasil é um dos poucos países que possuem estrutura territorial com capacidade de exploração de energia advindas de fontes renováveis, dentre estas se destacam a conversão de energia por painéis solares e os sistemas de geradores que utilizam energias transportadas por massas de ar.

A criação de parques eólicos pode ser considerada como um dos principais instrumentos atenuadores nos impactos causados pela crise energética em períodos de estiagem. Porém determinar locais propícios para instalação não é tarefa fácil. Neste trabalho propomos a construção e testes de um equipamento de baixo custo que opere de forma automática capaz de mensurar e arquivar de forma continua, dados que facilite a caracterização do potencial eólico local.

Para melhor compreensão esse trabalho ficou dividido em cinco capítulos sendo:

Capítulo um: Introdução onde é apresentada de forma sucinta a ideia central do desse trabalho e a sequencia na qual o trabalho será desenvolvido.

Capítulo dois: referenciais teórico, onde apresento todo material utilizado como fonte de pesquisa e construção do equipamento.

Capítulo três: descrevo de forma sucinta os processos de construção e como ocorreu a coleta de dados.

Capítulo quatro: neste são apresentados e comentados os principais resultados obtidos com o procedimento experimental.

Capítulo cinco: onde são apresentadas as principais conclusões obtidas com o projeto.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo serão abordados alguns conceitos sobre assuntos que são inerentes ao projeto e desenvolvimento de uma ferramenta meteorológica: sensores de temperatura, pressão relativa do ar, humidade, anemômetro (velocidade do vento), biruta (direção do vento), pluviômetro (nível de chuva), ethernet shield, plataforma Arduino®, Linguagem C (programação protocolos de comunicação).

### 2.1 Energia Eólica

A produção de energia eólica se dá a partir da transformação dos ventos que ao passar pelo rotor das torres eólicas transforma energia cinética em energia elétrica. Essa geração tem sido pesquisada e implantadas em diversos segmentos, tanto no setor industrial e residencial (Dutra,2008)

Os ventos são gerados pela diferença de pressão, o ar mais quente sobe e o ar de menor pressão se desloca para ocupar o espaço. A força dos ventos gira as pás que acionam o gerador produzindo carga elétrica, as cargas elétricas produzidas são destinadas para as estações de armazenamento e depois são distribuídas pela rede elétrica até as residências e comércios (Moreira ,2017).

A energia eólica é uma das fontes mais baratas de geração de energia, ela não polui o ar ou ambiente, é renovável e inesgotável. Para a criação de uma usina eólica, são necessárias diversas etapas que vão desde a escolha do local, medição dos ventos entre outros estudos técnicos como as condições de viabilidade econômica, que levarão em conta fatores como o tempo de duração de um projeto até os custos para a implantação, tendo também uma projeção de seus rendimentos derivados da capacidade de produção(Dutra,2008).

Desenvolvimentos tecnológicos relacionados a sistemas avançados de transmissão, tem melhorado a aerodinâmica e artifício para controle e operação das turbinas, isso tem diminuído custos e melhorado o desempenho e a confiabilidade dos equipamentos. Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável,

é necessário que sua densidade seja maior ou igual a  $500 \text{ W/m}^2$ , a uma altura de 50 m, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s (CEPEL, 2016)

## 2.2 Internet Das Coisas (IOT)

A internet das coisas ou “internet of things” (IOT), algumas vezes referida como a internet dos objetos, está mudando a forma de como nos conectamos aos mais diversos dispositivos, desde a pequenos equipamentos eletrônicos à grandes equipamentos, e até mesmo uma residência, esses são apenas alguns exemplos. Essa tecnologia está tornando a interação homem máquina de uma forma que nós imaginávamos apenas em filmes de ficção científica, proporcionando ao usuário o controle sobre praticamente tudo que é eletrônico (Chaouchi, 2013).

Através deste conceito, tudo que nos cerca, poderá ser conectado com chips, sensores e antenas que conversam entre si para proporcionar conforto, praticidade e informações para as pessoas.

*“A (IOT), representa a próxima evolução da internet, dando um grande salto na capacidade de coletar, analisar e distribuir dados que podem ser transformados em informações, conhecimento e por fim sabedoria”.*  
(CISCO, 2011).

O uso de tecnologia IOT permite que os dados coletados de um determinado objeto sejam enviados para uma central, assim essas informações permitem que os mais diversos dispositivos possam ser controlados remotamente, criando assim oportunidades entre o mundo físico e o mundo digital. Para que seja possível estabelecer essa conexão, é necessária a combinação de hardwares e softwares (Kushalnagar et al , 2007).

O hardware no caso é a parte física utilizada (neste caso Plataforma de Prototipagem Arduino). Entende-se por software as rotinas e iterações que são definidas através de uma lógica de programação que atuará sobre os dispositivos envolvidos nos protótipos. Durante processo de compilação do software, o mesmo é convertido em dados binários onde será possível a interpretação através de microcontrolador, que atuará transformando os dados lógicos em operações de controle sobre dispositivos ou máquina segundo as necessidades que são definidas pelo usuário (Chaouchi, 2013).

De modo que o processo de automação e controle sobre dispositivos está proporcionando um grande avanço tecnológico, garantindo a funcionamento de máquinas de maneira autônoma, quase que sem a intervenção humana para realizar suas tarefas pré-programadas assim é possível obter controle sobre os mais diversos cenários, exemplo: Automatizar um ambiente residencial, comercial e até mesmo industrial através de tablets, computadores e smartphones, graças a interação remota que obtêm através da tecnologia “IOT” (Chaouchi, 2013).

### **2.3 Shield Ethernet Arduino**

O Ethernet Shield, é um módulo acoplador para Arduino. Através desse módulo é possível acessar o sistema através de um computador conectado a uma rede de internet, e por intermédio de uma página Web, vinculada à programação do microcontrolador tornando o acesso direto as informações geradas no processo de funcionamento da “maquina” e também o seu controle. Esse componente possui em seu chassi um slot de entrada para micro cartão SD que permite o armazenamento de dados de interesse do usuário em uma unidade de armazenamento físico, assim mesmo que aja uma perda do acesso à internet, os dados coletados não se perderão. (MULTILOGICA SHOP, 2018)

O módulo acoplador baseia-se no chip Wiznet W5100, que fornece uma rede capaz de trabalhar com protocolos de rede da camada de transporte (TCP e UDP). Assim como a plataforma Arduino, o Ethernet Shield possui documentação (Datasheet) acessível como domínio público, ou seja, qualquer usuário pode acessar, há também uma biblioteca exclusiva com as informações que o usuário necessita para realizar a aplicação com esse módulo acoplador (ARDUINO,2018).

Este componente consiste em tornar possível uma conexão do microcontrolador com um roteador ou servidor de rede e transmitir os dados via cabo Ethernet RJ-45. Com a instalação e configuração deste módulo, também é possível ler as informações dos sensores de qualquer ponto da rede através de uma interface web desenvolvida em HTML (ARDUINO-ARDUINOSHIELDS, 2005),

Essa placa permite a integração à plataforma Arduino®, nesse projeto utilizado o Uno V3, devido ao seu designer expansivo denominado Shield (formato empilhável), onde ambas se encaixam, uma sobre a outra.

Controlar sensores ou enviar informações remotamente é um dos grandes objetivos de quem se dedica a trabalhos e projetos de construção de pequenos projetos com necessidades específicas utilizando a plataforma Arduino. E resumo o Ethernet Shield W5100 é um dispositivo acoplador da placa de Arduino, que além de possibilitar o acesso às informações na sua rede local, ainda pode ser conectado à internet e permitir o seu monitoramento de qualquer lugar do mundo (ARDUINO-ARDUINOSHIELDS, 2005).

## **2.4 Linguagem C**

A linguagem C criada por Dennis Ritchier da Bells Labs em 1972 e é considerada uma linguagem de nível intermediário. Essa linguagem necessita que o programa fonte gerado pelo programador seja compilado e processado por outro programa conhecido como montador (linker), o qual gera o programa em linguagem de máquina para gravação da memória do microcontrolador (CORTELETTI, 2006)

As vantagens de se programar em linguagem C se tornam evidentes pelos fatos de os compiladores oferecerem bibliotecas, ou seja, códigos que contém definições e funções prontas para o usuário utilizar em seu código.

Portanto optou-se pelo uso da linguagem C na programação do microcontrolador, pelo conhecimento da linguagem e pelo fato do compilador oferecer bibliotecas prontas de quase todos os componentes a serem utilizados no projeto, tornando mais fácil a programação.

## **2.5 Arduino Uno**

O Arduino Uno possui conexão Serial através de uma porta serial USB, 14 entradas e saídas digitais, 6 entradas analógicas e um conector DC Jack de alimentação (ARDUINO. CC).

O Arduino Uno pode receber uma alimentação que varia de 7 a 12 volts devido a um regulador de tensão de 5 volts que é capaz de converter a tensão de entrada para uma tensão constante de 5V. A tensão de entrada utilizada no projeto é de 9V (dentro dos limites recomendados 7-12V). A placa microcontrolador Arduino Uno apresenta diversas características positivas, além de fácil manuseio, é open source, o que facilita a customização da placa caso seja necessário (ARDUINO. CC).

A IDE (*Integrated Development Environment*) de desenvolvimento do Arduino é de fácil uso e permitindo criar o código e fazer upload para a placa. A IDE pode ser utilizada com qualquer modelo de microcontrolador da plataforma Arduino (McRoberts, 2011).

O software também disponibiliza bibliotecas prontas que facilitam a programação, mas também é possível criar bibliotecas pessoais e adicioná-las no software. A linguagem de programação utilizada para desenvolver os códigos é baseada em C e C++, porém esta linguagem possui o nome de Wiring (Monk, 2013).

## **2.6 Medição Da Velocidade E Direção Dos Ventos**

Anemômetros são aparelhos que medem a direção e a velocidade do vento. Eles são amplamente utilizados em estações meteorológicas e pesquisas para instalação de torres eólicas. Consiste em um dispositivo composto por pás, em forma de conchas ou hélices, que giram em torno de um eixo de suporte com rolamentos (MOURA,2000).

Um ponto positivo em se utilizar este anemômetro é o baixo custo, porém o mesmo possui peças móveis que estão em contínuo movimento sendo necessária a manutenção constante do aparelho. A principal desvantagem é que a velocidade inicial do vento precisa ser capaz de vencer a inércia dos copos ou hélices (KOYAMA, 2009).

Além disso, o anemômetro de rotação não mede a direção do vento. Para monitorar a direção é necessário o acoplamento de uma biruta eletrônica junto ao dispositivo (ARAÚJO,2009)

A direção do vento é feita por um equipamento chamado biruta eletrônica. Indicador de Direção do Vento é um módulo mecânico eletrônico desenvolvido especialmente para a construção de estações meteorológicas ou monitoramento da direção do vento em áreas de proteção ambiental, portos, aeroportos, áreas agrícolas, entre outros ambientes (TÉCNICAS, 2013).

A biruta eletrônica utilizado possui sensor resistivo lacrado protegido contra o mau tempo ou tempestades, possui giro de 360°, tem indicadores conforme a roda dos ventos indicando as posições N, NE, E, SE, S, SO, O.

Muito prático o Indicador de Direção do Vento, também conhecido como Biruta, possui internamente um conjunto de 8 sensores (reed com resistores), onde cada sensor posicionado em uma localização diferente, apresentando valores de resistências diferentes para cada posição, sendo que estão instalados nas seguintes posições: N - 0° NE - 45°, E - 90°, SE - 135°, S - 180° SO - 235°, O - 270° e NO - 315°. (TÉCNICAS,2018)

Esse indicador de direção do vento é fabricado em material alumínio que garante mais leveza e maior precisão da posição do vento, o mesmo é compatível com o módulo Arduino. O site “usinainfo.com.br” fornece em sua página download do esquema de ligação além de um código de exemplo (USINAINFO,2018)

## **2.7 Pluviômetro**

Um pluviômetro é um equipamento simples que contém um reservatório para medir a água das chuvas, com ele é possível saber a quantidade de água que caiu em determinado período.

O pluviômetro de balança digital Arduino para estação meteorológica é composto de material de alumínio, o mesmo possui acoplado em seu interior uma balança para fazer a aferição da precipitação de chuvas, onde cada 0,25 mm o sensor presente no equipamento emite um pulso que será interpretado e lido pelo Arduino (USINAINFO, 2018).

Acompanhando essas medidas ao longo do tempo é possível saber a média das chuvas ao longo dos meses do ano ajudando a identificar períodos chuvosos e

de estiagem. Essas informações são obtidas em milímetros e fazer o monitoramento desses dados é essencial para entender o clima e as chuvas de cada região.

## 2.8 Sensor DHT22

Para medir a temperatura e umidade relativa do ar presente no interior do equipamento da estação meteorológica, sendo escolhido o sensor DHT22, que pode medir com precisão de  $\pm 2,0\%$  UR a faixa de umidade entre 20 e 80%, e com  $\pm 5\%$  a faixa restante. A faixa de temperatura vai de  $-40^{\circ}$  até  $80^{\circ}\text{C}$ , com precisão de mais ou menos  $1^{\circ}\text{C}$ . (ARDUINO. CC).

O DHT22 é um sensor com baixo consumo de corrente (2,5 mA durante medições, e 100-150 $\mu\text{A}$  em standby), e que possui internamente um sensor de umidade capacitivo e um termistor, além de um conversor analógico/digital para comunicação com o microcontrolador Arduino. De acordo com o datasheet (AOSONG, 2014) o sensor conta com um  $\mu\text{C}$  de 8 bits e circuitos de compensação de temperatura.

## 2.9 PHP

O PHP (um acrônimo recursivo para "PHP: Hypertext Preprocessor", originalmente Personal Home Page) é usada para desenvolver aplicação que irar atuar do lado do servidor que gera informação dinâmica na web, o código é interpretado ao lado do servidor aonde gera a página que é visualizada ao lado do cliente. Por ser uma linguagem de Código Aberto (Open Source), o php se popularizou e é facilmente instalado em qualquer sistema operacional (PHP [www.php.net](http://www.php.net), 2018).

O principal propósito da linguagem PHP é o desenvolvimento de aplicações WEB, velozes, simples e eficientes, através de funções, diretivas, serviços e orientação a objetos (a partir da versão 5.x.x), a tipagem do PHP é similar ao C++ e o PERL.

Exemplo de Matriz usando PHP:

Entrada:

```
<?php
```

```

$vet01 = array();
$vet01[] = "Sistemas operacionais";
$vet01[] = "Compiladores";
$vet01[] = "Bancos de dados";

for ($i = 0; $i < count($vet01); $i++) {
    echo $vet01[$i] . "<br />";
}
?>

```

Saída:

```
Sistemas operacionais<br />Compiladores<br />Bancos de dados<br />
```

Com o PHP é possível criar arquivos de dados como CSV (Comma Separated Value), TXT, JSON, XML, entre outros podendo construir uma API, com rotinas em camadas profundas com uma interface intuitiva para aplicações REST.

## 2.10 JSON

JSON é um acrônimo de JavaScript Object Notation (Notação de Objeto JavaScript), é um formato compacto, de padrão aberto independente, de troca de dados simples e rápida (parsing) entre sistemas, especificado por Douglas Crockford em 2000, que utiliza texto legível a humanos, no formato atributo-valor (natureza auto descritiva). Isto é, um modelo de transmissão de informações no formato texto, muito usado em web-services que usa transferência de estado representacional (REST) e aplicações AJAX, substituindo o uso do XML. Padrão se especificou em 2000 e, definido em 2013 nos dois padrões concorrentes, RFC 7159 e ECMA-404 (DEV MEDIA, 2018).

A simplicidade do entendimento do JSON, o popularizou entre os desenvolvedores, pois, o mesmo conjunto de informações poderia ser utilizado por diversos tipos de linguagem, sem a necessidade de desenvolver um conjunto de informação específico para a tal linguagem.

O JSON apesar de ser derivado do JavaScript não é considerado JavaScript e sim um conjunto de objeto com atributo e valor.

Exemplo de dado JSON:

```
{"Sensor DHT":
```

```

{
  "temperature": "20°C",
  "humidity": "57%",
  "heatindex": "20.5°C"
},
  "Sensor BMP":
{
  "pressure": "91192,5",
  "elevation": "737.56199005926 meters",
  "temperature": "20°C"
},
  "Sensor PAB":
{
  "windspeed": "25km/h",
  windsock: "S",
  rain: "11mm³"
}
}

```

## 2.11 Interface de Programação Aplicada – API

API é um conjunto de rotinas e padrões de programação para acesso a um aplicativo de software ou plataforma baseado na Web. A sigla API refere-se ao termo em inglês "Application Programming Interface" que significa em tradução para o português "Interface de Programação de Aplicação" (COMPUTERWORLD, 2018).

Através de uma interface de programação é executado as rotinas de uma aplicação e retorna ao cliente a resposta da requisição sendo ela positiva ou negativa. Com auxílio de uma API é possível desenvolver aplicações complexas, produzindo informações para diversas aplicações/linguagens de programas.

Exemplo de resposta da API:

Ao requisitar ao servidor meteorologia.ml através do método abaixo:

GET [https://www.meteorologia.ml/?action=\[AÇÃO\\_A\\_SER\\_REALIZADA\]&hash=\[CODIGO\\_ÚNICO\\_DE\\_ACESSO\\_API\]](https://www.meteorologia.ml/?action=[AÇÃO_A_SER_REALIZADA]&hash=[CODIGO_ÚNICO_DE_ACESSO_API]).

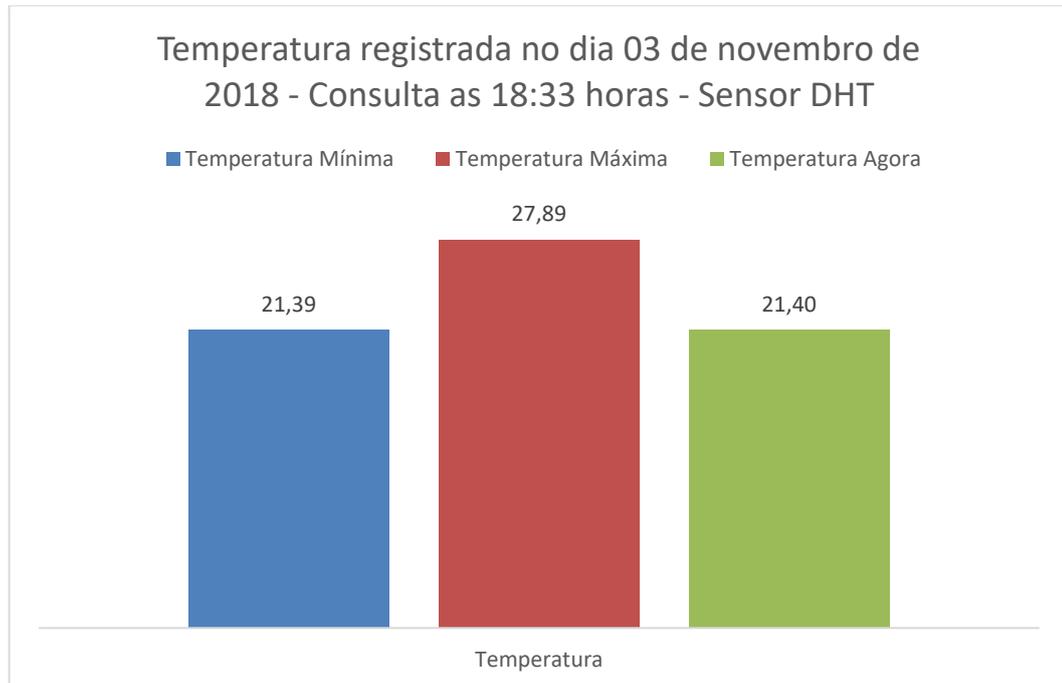
Pode se obter os dados da estação Meteorológica desde estudo, conforme o exemplo abaixo:

```
{
  "velocidade": "3,00 KmVh",
  "direcao": "S",
  "chuva": "0mm\u00b2",
  "velocidademaxima": {
    "velocidade": "20,00 KmVh",
    "direcao": "S",
    "horario": "05:10:04"
  },
  "velocidademinima": {
    "velocidade": "0,00 KmVh",
    "direcao": "SE",
    "horario": "8:00:00"
  },
  "chuvamaxima": {
    "chuva": "0 mm\u00b2",
    "horario": "00:00:00"
  },
  "chuvaminima": {
    "chuva": "0 mm\u00b2",
    "horario": "00:00:00"
  }
}
```

Acima obtemos o arquivo JSON do Módulo PAB (Pluviômetro, Anemômetro e Biruta), da estação meteorológica.

Com as informações é possível popular aplicações dinâmicas em tempo real, ou criar tabelas e gráficos de amostragem para consultas e previsões como no exemplo:

**Gráfico 1 - Temperatura do dia 03/08/2018 às 18:33 horas – Em °C**



Fonte: Próprio Autor (2018)

## 2.12 Banco de Dados MySQL

O MySQL é um sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGDB), utiliza a linguagem SQL, do inglês Structured Query Language, atualmente é um dos sistemas de gerenciamento de dados mais populares, com mais de 10 milhões de instalações em todo o mundo (MySQL, 2018).

Empresa e corporações como NASA, Google, Facebook, Bradesco, HP, utilizam o MySQL. Por ser um sistema de gerenciamento de banco de dados de fonte aberta o MySQL se popularizou e ganhou diversas características tais como:

- Portabilidade (Suportado praticamente em qualquer plataforma atualmente);
- Compatibilidade
- Desempenho
- Facilidade em manuseio

O MySQL, suporta diversos tipos de comandos e funções, aumentando a produtividade e escalonamento de aplicações, podendo trabalhar com grandes quantidades de registro sem perder a performance.

Exemplo imagine que possuímos duas tabelas uma chamada cliente e outra vendas, e queremos listar todos os clientes na tabela através do comando abaixo será exibido a lista de clientes.

“*SELECT \* FROM clientes*”, onde:

O “\*” representa todas as colunas desta tabela.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS**

Neste capítulo, serão apresentadas as sequências para construção de um sistema autônomo de caracterização de dados necessários para a implantação de aerogeradores.

#### **3.1 Sistema Autônomo De Caracterização (SAC)**

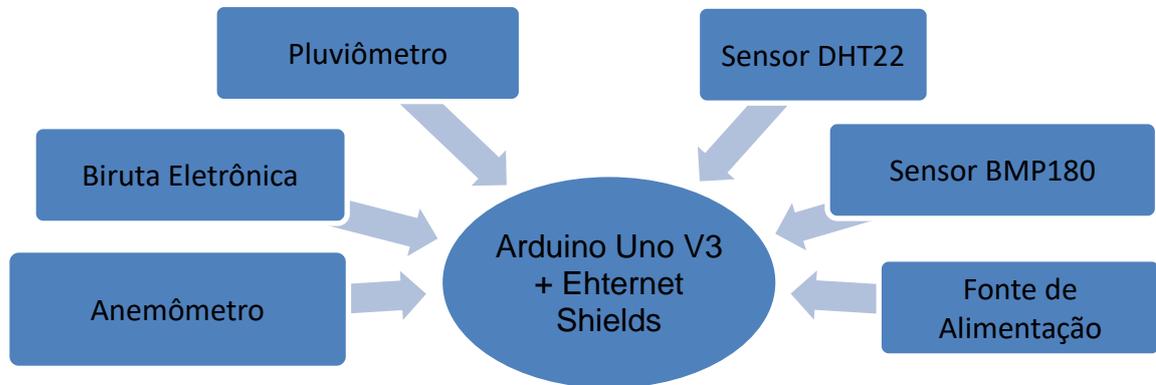
O sistema autônomo de caracterização construído para esse projeto é composto pela junção de diversas ferramentas aplicadas aos estudos de climatologia. Para a construção da SAC associamos os seguintes dispositivos:

- a) Plataforma Arduino Uno
- b) Shield Ethernet Arduino
- c) Anemômetro
- d) Biruta eletrônica
- e) Pluviômetro
- f) Sensor Umidade/Temperatura DHT22
- g) Plataforma de programação
- h) Sensor de Pressão/Temperatura BMP180

##### **3.1.1 Roteamento do SAC**

Para o roteamento do sistema SAC, utilizamos a placa Arduino Uno V3 como plataforma principal para conexão e ponte entre os dispositivos periféricos e comunicação com a Ethernet Shields figura 1. Os dados coletados podem ser enviados via Web para qualquer computador ou smartphone com acesso à internet.

Figura 1 - Fluxograma de Conexões do Arduino



Fonte: Próprio autor (2018)

### 3.1.2 Disposição e Implantação de Sensores do SAC

Para a coleta de dados instalamos um anemômetro acoplado juntamente a uma biruta eletrônica, fixada a base superior de um poste da rede de iluminação rural. Para facilitar o processo de coleta de dados referente à intensidade de chuva um pluviômetro foi disposto a 3 metros acima do solo. Aproveitamos o involucrio do pluviômetro e instalamos ainda sensores para obter dados referentes a temperatura, umidade do ar, pressão e altitude relativa ao nível do mar.

O armazenamento dos dados fornecidos pelos sensores é armazenado no micro controlador Arduino. Para que o sistema funcione de forma integrada desenvolvemos a programação do Arduino na linguagem C, um firmware feita especificamente para esse projeto (anexo1). E para que esses dados fossem transmitidos, utilizou-se uma Ethernet Shield que garantiu ao sistema uma via de acesso à internet, podendo assim ter o acesso remoto através de uma conexão via Web através da uma página criada para esse projeto, sendo possível acessar e controlar as informações geradas a ela transmitida.

Figura 2 - Estação Meteorológica



Fonte: Próprio Autor (2018)

### 3.2 Periféricos Utilizados e Configurações

O microcontrolador foi configurado para trabalhar com uma frequência de Clock de 16MHz. As configurações de inicialização da CPU podem ser vistas no Apêndice I e 2. O código de configuração da porta 1 pode ser visto no Anexo 2, onde PC0 ou A0 é usado para leitura de velocidade do vento da Biruta, configurada como entrada com resistor de PULL-UP ativado e interrupção por borda de descida ativa. O Pino PB0 ou 8 é conectado ao pino 2 do Sensor DHT22, chamado pino DATA. Os pinos PC4 e PC5 foram usadas para comunicação com sensor medida de pressão (BMP180) vide ANEXO 3 , através de uma interface serial configurada para o modo IC.

Os pinos PD2 e PD3 são usados para a Leitura do Anemômetro e Pluviômetro, respectivamente configurados como PULL-UP, que fazem a leitura da velocidade do vento, e a quantidade de chuva em um período de 10 segundos.

Conforme a configuração a cada 10 segundos os dados, são coletados e processados para envio ao servidor, onde cada módulo (conjunto de sensores/informações) enviam para a API em uma URL específica, para o monitoramento WEB.

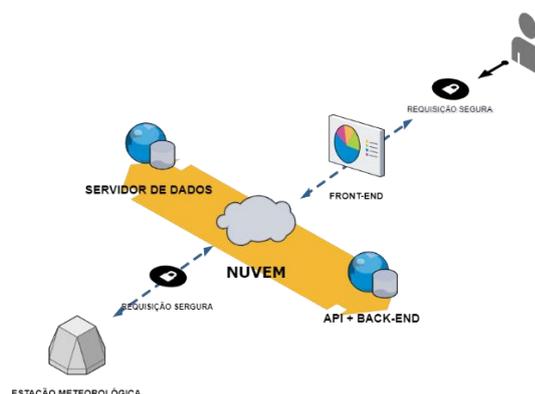
### 3.3 Monitoramento via WEB

O monitoramento de dados pode ser acompanhado em tempo real utilizando qualquer computador ou smartphone ligado à rede de internet. O sistema de comunicação do SAC e rede de internet são realizados por intermédio do Ethernet Shields. A interface de acesso a leitura dos dados foi desenvolvida seguindo três estruturas:

- a) Front-End desenvolvido em Angular
- b) Back-End desenvolvido em PHP
- c) Banco de dados MySQL

Para a interligação do sistema a Shields acessa o servidor local através de uma URL e faz a autenticação da rede de acesso utilizando um identificador único, permitindo que apenas o equipamento registrado envie requisições e dados para o servidor. Após receber a requisição o Front-End acessa o banco de dados e retornam os valores coletados pelo sistema meteorológico, os dados armazenados no servidor podem ser tratados e utilizados para desenvolver as métricas necessárias para avaliar as condições meteorológicas, elevação do terreno em relação ao nível do mar e direção/velocidade dos ventos que auxiliarão na pesquisa do potencial eólico energético para instalações futuras de usinas geradoras de energia eólica. A figura 3 representa o esquema de funcionamento interligado.

3 - Fluxo de dados do sistema meteorológico



Fonte: Próprio autor (2018).

## 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os principais resultados obtidos durante a fase de testes. Os dados fornecidos por cada sensor do equipamento serão apresentados no formato de tabela, seguido pela apresentação das configurações da interface de acompanhamento de coleta de dados.

### 4.1 Tratamento de Dados

A coleta de dados fornecida pelos sensores da SAC ocorreu no período de sete dias. Sendo que após os três primeiros dias o equipamento precisou passar por ajustes, porém os dados coletados foi armazenado no banco de dados do servidor MySQL da aplicação. Após a calibração a coleta se seguiu de forma ininterrupta até o final dos sete dias. Devemos salientar que sete dias é o período mínimo para coleta satisfatória dos dados, pois qualquer período de tempo inferior a esse valor não gera dados que possam ser visualizados no layout da página da web. Sendo que cada 10s a estação a SAC atualiza as informações climáticas do local e armazena no servidor.

#### 4.1.1 Dados DHT

Os dados coletados pelos sensores de temperatura, umidade relativa do ar e sensação térmica, aqui denominada DHT são apresentados na tabela 1. Durante as primeiras seis horas de coleta de dados foram coletados 3696. Para a composição da tabela 1 selecionamos dados separados por intervalos de uma hora.

Tabela 1 - Tabela do Sensor DHT

| Id | Temperature | Humidity | Heatindex | created_at |
|----|-------------|----------|-----------|------------|
|----|-------------|----------|-----------|------------|

| Valor Único | Temperatura em °C | Humidade Relativa da Ar | Sensação Térmica | Data/Hora recebimento da informação |
|-------------|-------------------|-------------------------|------------------|-------------------------------------|
| 1           | 21.8              | 86.4                    | 22.29            | 00:16:41                            |
| 192         | 21.5              | 80.6                    | 21.81            | 01:08:20                            |
| 798         | 19.6              | 91                      | 19.99            | 02:00:15                            |
| 1540        | 19.1              | 92.4                    | 19.48            | 03:03:52                            |
| 2203        | 19.6              | 90.9                    | 19.99            | 04:00:12                            |
| 2932        | 18.2              | 93.6                    | 18.52            | 05:02:18                            |
| 3635        | 20.4              | 83.2                    | 20.67            | 06:02:29                            |

Fonte: Próprio Autor (2018)

Observando os dados de temperatura podemos verificar que não houve variação significativa na temperatura, porém ocorreram variações na medida de humidade, onde os registros apresentam amplitude em torno de 10 pontos, o que pode ser devido a fatores externos, como condensação do ar na estrutura do sensor.

#### 4.1.2 Dados BMP

Os dados de pressão atmosférica, altitude e temperatura, foram coletados utilizando sensor BMP180. Como os dados coletados podem ser acompanhado em tempo real e o registro ocorre a cada 10s e o sistema possui um banco de dados que mantem o registro de todos os dados coletados. Optamos por apresentar parte da estrutura de dados na figura 4 que foi gerada a partir de um print da tela.

Figura 4 - Sensor BMP

✓ A mostrar registros de 0 - 24 (750 total, A consulta demorou 0.0035 segundos.)

SELECT \* FROM `bmp\_sensor`

Perfil [Edit inline] [ Edita ] [ Explicar SQL ] [ Criar código PHP ] [ Atualizar ]

1 > >> | Número de registros: 25 | Filtrar registros: Pesquisar esta tabela | Ordenar por chave: Nenhum

| + Opções                 |                     | id   | temperature | pressure | altitude | pressuresea | created_at          | status |
|--------------------------|---------------------|------|-------------|----------|----------|-------------|---------------------|--------|
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4670 | 27.6        | 90637    | 930.92   | 90635       | 2018-11-03 17:09:59 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4671 | 27.6        | 90633    | 930.37   | 90637       | 2018-11-03 17:10:02 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4672 | 27.7        | 90635    | 930.92   | 90637       | 2018-11-03 17:10:07 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4673 | 27.7        | 90634    | 930.56   | 90633       | 2018-11-03 17:10:12 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4674 | 27.8        | 90631    | 930.56   | 90638       | 2018-11-03 17:10:17 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4675 | 27.8        | 90636    | 930.74   | 90638       | 2018-11-03 17:10:22 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4676 | 27.8        | 90633    | 930.1    | 90638       | 2018-11-03 17:10:27 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4677 | 27.8        | 90639    | 930.65   | 90638       | 2018-11-03 17:10:32 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4678 | 27.8        | 90636    | 930.19   | 90635       | 2018-11-03 17:10:37 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4679 | 27.8        | 90633    | 930.37   | 90635       | 2018-11-03 17:10:42 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4680 | 27.9        | 90629    | 930.46   | 90632       | 2018-11-03 17:10:47 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4681 | 27.9        | 90635    | 930.92   | 90632       | 2018-11-03 17:10:52 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4682 | 27.9        | 90637    | 930.65   | 90639       | 2018-11-03 17:10:57 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4683 | 27.9        | 90638    | 930.19   | 90636       | 2018-11-03 17:11:02 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4684 | 27.9        | 90630    | 930.83   | 90635       | 2018-11-03 17:11:07 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4685 | 27.9        | 90630    | 930.83   | 90636       | 2018-11-03 17:11:17 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4686 | 27.9        | 90633    | 930.28   | 90637       | 2018-11-03 17:11:22 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4687 | 27.8        | 90638    | 930.92   | 90634       | 2018-11-03 17:11:27 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4688 | 27.9        | 90634    | 930.56   | 90633       | 2018-11-03 17:11:37 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4689 | 27.9        | 90633    | 930.92   | 90630       | 2018-11-03 17:11:42 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4690 | 27.9        | 90628    | 930.28   | 90634       | 2018-11-03 17:11:47 | 1      |
| <input type="checkbox"/> | Edita Copiar Apagar | 4691 | 27.9        | 90634    | 930.37   | 90640       | 2018-11-03 17:11:57 | 1      |

Fonte: Próprio Autor 2018

Observando os dados apresentados pela figura 4 podemos observar, como esperado não ocorreram variação na altitude ou pressão atmosférica e que a variação na casa decimal apresentada nos dados é devido à faixa de calibração do sensor.

#### 4.1.3 Dados do PAB

PAB é formado pela junção do conjunto de instrumentos climatológicos, Pluviômetro, Anemômetro e Biruta. Sendo as leituras do Anemômetro e da Biruta os mais importantes para o trabalho. Os dados adquiridos por meio desses instrumentos são apresentados pela tabela 2, para esta selecionamos os dados separados por intervalos de tempo igual ou superior a uma hora. A figura 5 é referente ao print de tela contendo o layout de coleta de no intervalo de uma hora. Novamente como os dados são registrados a cada 10s.

Figura 5 - Sensor PAB

✓ A mostrar registros de 0 - 24 (5546 total, A consulta demorou 0.0069 segundos.)

```
SELECT * FROM `pab_sensor`
```

1 > >> | Número de registros: 25 | Filtrar registros: Pesquisar esta tabela | Ordenar por chave: Nenhum

|  | id | windspeed | winddirection | rain | created_at          | status |
|--|----|-----------|---------------|------|---------------------|--------|
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 1  | 6.72      | S             | 0.06 | 2018-11-02 00:16:41 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 2  | 7.68      | S             | 0.06 | 2018-11-02 00:16:46 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 3  | 7.68      | SE            | 0.06 | 2018-11-02 00:16:51 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 4  | 5.76      | S             | 0.06 | 2018-11-02 00:16:56 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 5  | 7.68      | S             | 0.06 | 2018-11-02 00:17:01 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 6  | 7.68      | S             | 0.06 | 2018-11-02 00:17:06 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 7  | 5.76      | S             | 0.06 | 2018-11-02 00:17:11 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 8  | 4.8       | SE            | 0.06 | 2018-11-02 00:17:16 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 9  | 4.8       | S             | 0.06 | 2018-11-02 00:17:21 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 10 | 6.72      | S             | 0.06 | 2018-11-02 00:17:26 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 11 | 7.68      | S             | 0.06 | 2018-11-02 00:17:31 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 12 | 5.76      | SW            | 0.06 | 2018-11-02 00:17:36 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 13 | 5.76      | S             | 0.06 | 2018-11-02 00:17:42 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 14 | 5.28      | S             | 0.06 | 2018-11-02 00:17:46 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 15 | 6.24      | S             | 0.06 | 2018-11-02 00:17:51 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 16 | 6.24      | SE            | 0.06 | 2018-11-02 00:17:56 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 17 | 5.76      | SW            | 0.06 | 2018-11-02 00:18:06 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 18 | 8.16      | SW            | 0.06 | 2018-11-02 00:18:12 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 19 | 5.28      | SE            | 0.06 | 2018-11-02 00:18:16 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 20 | 7.68      | SE            | 0.06 | 2018-11-02 00:18:21 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 21 | 7.68      | SE            | 0.06 | 2018-11-02 00:18:26 | 1      |
| <input type="checkbox"/> Edita Copiar Apagar | 22 | 5.76      | SE            | 0.06 | 2018-11-02 00:18:31 | 1      |

Fonte: Próprio Autor (2018)

**Tabela 2 - Sensor PAB**

| Id          | Windspeed                   | winddirection    | Rain   |            |
|-------------|-----------------------------|------------------|--|------------|
| Valor Único | Velocidade do Vento em Km/h | Direção do Vento | Quantidade de precipitação por mm <sup>2</sup> |            |
| Id          | Windspeed                   | winddirection    | rain   | created_at |
| 123         | 21.61                       | S                | 0  | 00:27      |
| 3255        | 22.57                       | S                | 0  | 05:27      |
| 3516        | 22.09                       | S                | 0  | 05:49      |
| 3805        | 20.65                       | S                | 0  | 06:13      |
| 3930        | 19.69                       | E                | 0  | 06:24      |
| 3949        | 28.81                       | SE               | 0  | 06:25      |
| 3975        | 20.17                       | S                | 0  | 06:27      |
| 3986        | 20.65                       | S                | 0  | 06:28      |
| 4293        | 20.17                       | S                | 0  | 06:54      |
| 4336        | 20.17                       | S                | 0  | 06:58      |
| 4418        | 19.21                       | E                | 0  | 07:05      |
| 4433        | 21.13                       | E                | 0  | 07:06      |
| 4538        | 20.17                       | SE               | 0  | 07:15      |
| 4566        | 20.17                       | S                | 0  | 07:18      |
| 4585        | 21.13                       | S                | 0  | 07:19      |
| 4594        | 20.17                       | S                | 0  | 07:20      |
| 4595        | 21.13                       | S                | 0  | 07:20      |
| 4696        | 20.17                       | SE               | 0  | 07:29      |
| 4697        | 20.17                       | SE               | 0  | 07:29      |
| 4698        | 20.17                       | E                | 0  | 07:29      |
| 4703        | 21.61                       | S                | 0  | 07:29      |
| 4725        | 21.13                       | SE               | 0  | 07:31      |
| 4728        | 21.13                       | S                | 0  | 07:31      |
| 4729        | 19.69                       | S                | 0  | 07:32      |
| 4746        | 21.13                       | SE               | 0  | 07:33      |

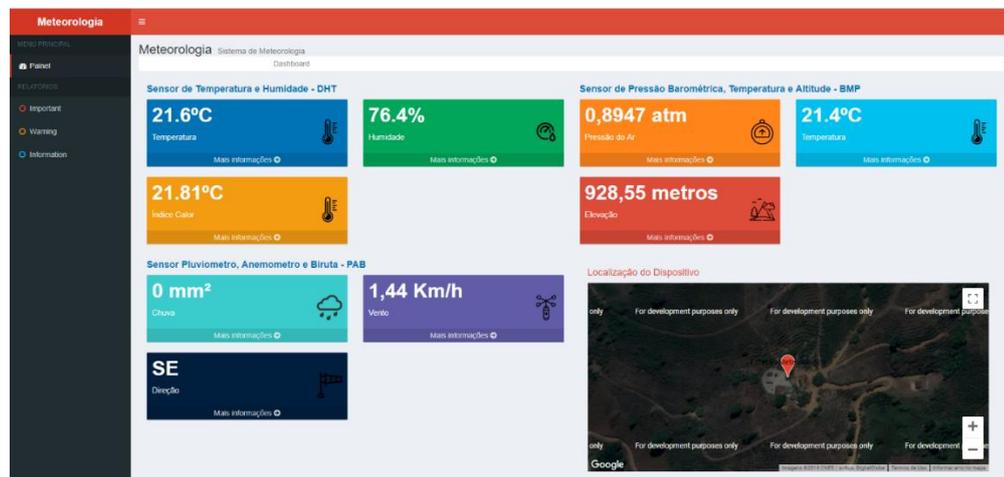
Fonte: Próprio autor(2018)

A figura e tabela indicam que os ventos no local possuem velocidades de brisa, iniciando a 4 km/h chegando a mais de 22 km/h em dias sem precipitações e que há predominância de ventos vindo da direção sul.

## 4.2 Layout PÁGINA WEB

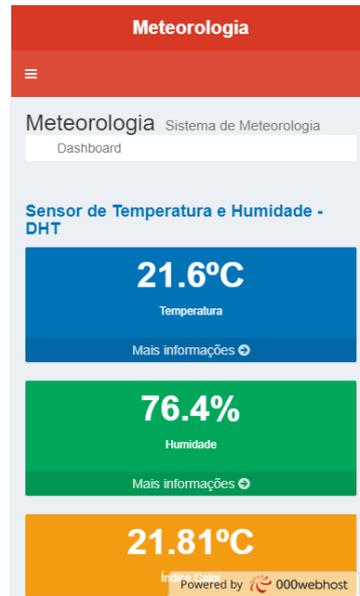
Para facilitar a operação e o acompanhamento do processo de coleta de dados criamos uma interface que exibe em tempo real os dados coletados por cada sensor da SAC. A figura 6 apresenta o layout exibindo as informações que ocorrerem via terminal web computador, e a figura 7 é referente ao layout de acesso via smartphone.

Figura 6 - Painel administrativo do front-End



Fonte: Próprio autor (2018).

Figura 7 - Imagem do sistema de meteorologia acessada por um celular



Fonte próprio autor (2018)

Em ambas a interface pode perceber que as informações referentes a cada sensor estão bem especificadas e o visual multicor facilita a separação entre as informações.

### 4.3 Cruzamento de Dados

#### 4.3.1 Consulta aos Dados Coletados

As informações contidas nas tabelas do banco de dados podem ser acessadas através de query (consulta), onde os dados são retornados com base ao critério de consulta, podendo modelar os filtros para usarem os registros conforme necessário.

Os dados da tabela 3 serão utilizados para calcular o potencial eólico para instalação de uma usina de uso comercial ou doméstico no local.

**Tabela 3 - Consulta de Velocidade do Vento entre 00 horas e 07 horas do dia 02/11/2018**

| Windspeed | Winddirection | Rain | created_at |
|-----------|---------------|------|------------|
|-----------|---------------|------|------------|

|       |    |   |       |
|-------|----|---|-------|
| 21.61 | S  | 0 | 00:27 |
| 22.57 | S  | 0 | 05:27 |
| 20.65 | S  | 0 | 06:13 |
| 19.69 | E  | 0 | 06:24 |
| 20.17 | S  | 0 | 06:27 |
| 20.17 | S  | 0 | 06:54 |
| 20.17 | S  | 0 | 06:58 |
| 19.21 | E  | 0 | 07:05 |
| 20.17 | SE | 0 | 07:15 |
| 20.17 | S  | 0 | 07:18 |
| 20.17 | S  | 0 | 07:20 |
| 20.17 | SE | 0 | 07:29 |
| 21.13 | SE | 0 | 07:31 |
| 19.69 | S  | 0 | 07:32 |
| 21.13 | SE | 0 | 07:33 |

Fonte: Próprio autor (2018)

Analisando os dados da tabela 3 determinamos que a velocidade média registrada nesse dia foi de 20,99 Km/h. Observando que a velocidade mínima obtida foi 19,21 Km/h e a máxima 28,81 Km/h.

#### 4.4 Potencial Eólico

Para determinar a estimativa do potencial energético do local, primeiro calculamos a densidade do ar usando a equação 5.1.

$$\rho = \frac{p}{R T} \quad (5.1)$$

Onde  $\rho$  é a Densidade do Ar,  $P$  é a Pressão Absoluta,  $T$  e Temperatura média em Kelvin e  $R$  é a Constante Específica do gás para o ar seco = 287,058 J/(kg.K). O que nos fornece a densidade de:

$$\rho = \frac{90656}{287*294} = 1,0744 \text{ Kg/m}^3 \quad (5.2)$$

Na sequência utilizamos a equação 5.3 para determinar a potencial energético por unidade de área.

$$Pe = \frac{P}{A} = \frac{\rho v^3}{2} \quad (5.3)$$

Onde:

$$\frac{p}{A} = \frac{1,0744 * (5,83)^3}{2} = 106,45 \text{ W/m}^2 \quad (5.4)$$

## 5 CONCLUSÃO

Tratando os dados coletados pela plataforma SAC, é notório que as grandezas de temperatura, velocidade do vento e direção do vento, não apresentaram variações

significativas quando analisados em intervalos de tempo de uma hora. E que o sistema de coleta e armazenamento de dados a cada 10s não é o procedimento mais adequado para esse modelo de coleta.

O procedimento de acompanhamento de coleta de dados em tempo real, aplicado a esse projeto se mostrou muito eficiente. Como vistos nas figuras 4 e 5 os dados coletados em um intervalo de tempo muito curto não apresentam variações significativas nas grandezas monitoradas. O que indica funcionamento confiável da plataforma SAC. Outro fator relevante que foi observado na implantação do projeto está ligado ao fato de ser possível acompanhar as leituras por qualquer computador ligado à internet, pois outros dispositivos de caracterização do mercado não atuam de forma integrada e a leitura deve ser feita diretamente do aparelho via interface serial. O que oferece risco ao operador em extrair os dados direto da máquina.

Por fim utilizando os dados coletados e aplicando na equação 5 possibilitou calcular o potencial de geração fornecido pelo equipamento instalado a 6 metros de altura. Nesse ponto concluímos que o potencial de geração é cerca de 20% do potencial especificado pelos órgãos regulamentadores, porém devemos considerar que o ponto de instalação está muito abaixo dos 50 metros requeridos para instalação dos aerogerador. Em suma, podemos afirmar que a plataforma SAC possui as ferramentas necessárias para ser aplicada na caracterização de pontos estratégicos onde serão instalados parques eólicos.

Para trabalho futuros a proposta é montar toda estrutura da plataforma SAC em uma única placa de circuito impresso para minimizar a estrutura física do dispositivo e acopla-la a drones e efetuar novamente todos os protocolos de teste, mas, agora na atitude especificada para montagem das turbinas de aerogeradores.

## **6 REFERÊNCIAS**

ARAÚJO, Inês. Disponível em: <[//vieiradasilva.host22.com/?p=423](http://vieiradasilva.host22.com/?p=423)> Acesso 27 de OUTUBRO DE 2018)

ARDUINO-ETHERNET. Ethernet Shield. 2005. Acesso em outubro de 2018 .Disponível em: Site [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc).

(ARDUINO. CC). Acesso em outubro de 2018. Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/humidity-and-temperature-sensor-rht03>

AOSONG. **Temperature and humidity module** - AM2302/DHT22 Product Manual. [S.l.], 2014. Acesso em outubro de 2018. Disponível em: <http://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/AM2302.pdf>

ARDUINO. **CC.(s.d.)**. Acesso em 13 de Outubro de 2018, disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-wirelss-sd-shield>

COMPUTERWORLD. **Application Programming Interface**. 2018. Acessado em novembro de 2018. Disponível em: <https://www.computerworld.com/article/2593623/app-development/application-programming-interface.html>

CORTELETTI, D. **introdução á programação de microcontroladores microchip PIC**. SENAI-RS, outubro 2006. Disponível em: <http://sbrrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTE=>

[Chaouchi 2013] Chaouchi, H. (2013). The internet of things: connecting objects. John Wiley & Sons.

DUTRA, Ricardo. **Energia Eólica Princípios e Tecnologia**. CRESESB. Disponível em:[http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial\\_eolica\\_2008\\_ebook.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_eolica_2008_ebook.pdf). Acesso em: 23/05/2018.

DALL'OGGIO, Pablo (2007). **PHP Programando com Orientação a Objetos**. Inclui Design Patterns 1 ed. São Paulo: Novatec. 576 páginas. ISBN 978-85-7522-137-2

DALL'OGGIO, Pablo (2007). **PHP-GTK Criando Aplicações Gráficas com PHP** 2 ed. São Paulo: Novatec. 445 páginas. ISBN 978-85-7522-110-5

DEVEMEDIA. **O que é JSON**, 2011. Acessado em novembro de 2018 às 22:02. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/o-que-e-json/23166>

JOSÉ ROBERTO SIMÕES MOREIRA. (2017). **ENERGIAS RENOVÁVEIS, GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**. RIO DE JANEIRO: LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda.

KOYAMA, M. I. **Desenvolvimento de um anemômetro 3D ultrassônico baseado em apenas quatro transdutores**. 2009. 76 f. Dissertação (Mestrado em engenharia elétrica) - Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008. Disponível em: [http://www.uel.br/pos/meel/disserta/2009\\_Marcela%20Koyama%202007-1.pdf](http://www.uel.br/pos/meel/disserta/2009_Marcela%20Koyama%202007-1.pdf)

Kushalnagar et al. 2007] Kushalnagar, N., Montenegro, G., and Schumacher, C. (2007). Ipv6 over low-power wireless personal area networks (6lowpans): overview, assumptions, problem statement, and goals. Technical report.

MULTILOGICA SHOP. **Arduino ethernet shield R3**. Disponível em: Acesso em: 19 Agosto 2018.

McRoberts, M. (2011). **Arduino Básico**. São Paulo, SP: Novatec. Disponível em: <https://s3.novatec.com.br/capitulos/capitulo-9788575222744.pdf>

MELO, Alexandre Altair de; NASCIMENTO, Mauricio G. F (2007). **PHP Profissional. Aprenda a desenvolver sistemas profissionais orientados a objetos com padrões de projeto** 1 ed. São Paulo: Novatec. 464 páginas. ISBN 978-85-7522-141-9

Monk, S. (2013). **Programação com Arduino - começando com sketches**. (Bookman, Ed.) Porto Alegre, disponível em: [http://srvd.grupoa.com.br/uploads/imagensExtra/legado/M/MONK\\_Simon/Programacao\\_Arduino\\_II/Lib/Amostra.pdf](http://srvd.grupoa.com.br/uploads/imagensExtra/legado/M/MONK_Simon/Programacao_Arduino_II/Lib/Amostra.pdf)

MySQL, **Chapter 1 General Information**, 2018. Acessado em novembro de 2018. Disponível em: <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/introduction.html>

PHP.Net, **O que é o PHP**, 2018. Acessado em 08 de novembro de 2018. Disponível em: [http://php.net/manual/pt\\_BR/intro-what-is.php](http://php.net/manual/pt_BR/intro-what-is.php)

**TECNICAS e equipamentos para medição.** Disponível em:<http://ventos.pbworks.com.br> >Acesso em 05 de novembro de 2018

USINAINFO, ***Indicador de Direção de Vento para Estação Meteorológica***. Acesso em novembro de 2018. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/estacao-meteorologica-arduino/indicador-de-direcao-do-vento-arduino-para-estacao-meteorologica-dv10-4638.html>

USINAINFO, ***Pluviômetro de Bâscula Digital Arduino para Estação Meteorológica - PB10***. Acesso em novembro de 2018, disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/estacao-meteorologica-arduino/pluviometro-de-bascula-digital-arduino-para-estacao-meteorologica-pb10-4637.html>

## APÊNDICE 1

### Código Parcial de Calibração e Pinagem do Projeto

```

// CONSTANTES DE CALIBRAÇÃO
// 1 rev/segundo = 1.492 mph = 2.40114125 kph
#define CTE_CAL_ANEMOMETRO 2.4011
// 1 batida = 0.2794 mm
#define CTE_CAL_PLUVIOMETRO 0.2794
#define DHTTYPE DHT22

// Pinos para conexão com Arduino
#define ANEMOMETRO_PIN 2 // Digital 2
#define PLUVIOMETRO_PIN 3 // Digital 3
#define DIR_VENTO_PIN A0 // Analog 3
#define DHTPIN 8 // Digital 8

// Direção do vento, valores de leitura para diferenciar cada direção:
// int adc[8] = {26, 45, 77, 118, 161, 196, 220, 256};
int adc[8] = {104, 180, 308, 472, 644, 784, 880, 1024};
// Relação entre os valores analógicos lidos e o que eles representam
// Para facilitar pode-se usar a biblioteca String
char *direcoes[8] = {"W", "NW", "N", "SW", "NE", "S", "SE", "E"};
int direcaoInicial = 0;
float valor = 0;
char* Winddir;

```

Fragmento acima, escrito em C, para calibração e pinagem do projeto na Placa Arduino UNO

## APENDICE 2

### Configurações de Conexão e Inicialização do Sistema Meteorológico

```

byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
// char server[] = "www.meteorologia.ml";
char server[] = "meteorologiامل.000webhostapp.com";
String hash = "&hash=";
String tipoRequisicao = " HTTP/1.1";
#define UID_DISPOSITIVO "ÚNICO E EXCLUSIVO PARA A APLICAÇÃO"

void setup() {
Ethernet.begin(mac); // Inicializa Placa Ethernet
Serial.begin(9600); // Inicializa o Monitor Serial
pinMode(ANEMOMETRO_PIN, INPUT);

```

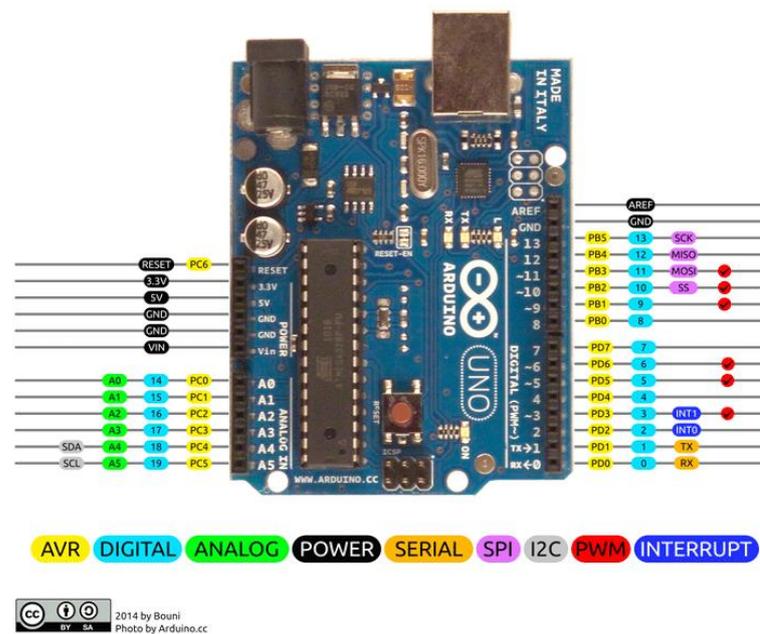
```

pinMode(PLUVIOMETRO_PIN, INPUT);
digitalWrite(ANEMOMETRO_PIN, HIGH);
digitalWrite(PLUVIOMETRO_PIN, HIGH);
attachInterrupt(0, contadorAnemometro, FALLING);
attachInterrupt(1, contadorPluviometro, FALLING);
delay(3000);
bmp.begin();
dht.begin();

```

## ANEXO A – Diagrama do Arduino UNO

Figura 8 - Diagrama Arduino UNO

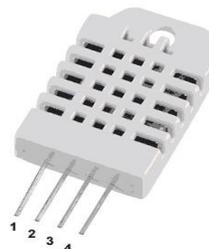


Fonte: Arduino.cc (2018)

## ANEXO B – Diagrama Sensor DHT22

Figura 9 - Diagrama Sensor DHT22

| DHT22 pins |      |
|------------|------|
| 1          | VCC  |
| 2          | DATA |
| 3          | NC   |
| 4          | GND  |



Fonte: [https://leeselectronic.com/28516-large\\_default/humidity-and-temperature-sensor-rht03-40-to-80-c.jpg](https://leeselectronic.com/28516-large_default/humidity-and-temperature-sensor-rht03-40-to-80-c.jpg) (2018)

## ANEXO C – Diagrama Sensor BMP180

Figura 10 - Diagrama Sensor BMP180



Fonte: <http://www.rhydolabz.com/wiki/wp-content/uploads/combined.jpg> (2018)