

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CETENS - CENTRO DE TECNOLOGIA EM ENERGIA E  
SUSTENTABILIDADE  
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM ENERGIA E  
SUSTENTABILIDADE

JAMERSON REGIS LIMA

**ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO VOLTADA AO  
ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE UM MICRO AEROGERADOR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FEIRA DE SANTANA  
2019

JAMERSON REGIS LIMA

**ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO VOLTADA AO  
ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DE UM MICRO AEROGERADOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Jadiel dos Santos Pereira  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

FEIRA DE SANTANA  
2019

## FOLHA DE APROVAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO VOLTADA AO ESTUDO DE  
IMPLANTAÇÃO DE UM MICRO AEROGERADOR

Aprovada em: 13/12/2019

EXAMINADORES:

Prof. Msc. TIAGO OLIVEIRA MOTTA

ASS. *Tiago Oliveira Motta*

Prof. Dr. JAIRO CAVALCANTI AMARAL

ASS. *Jairo Cavalcanti Amaral*

Prof. Dr. JADIEL DOS SANTOS PEREIRA

ASS. *Jadial dos Santos Pereira*

JAMERSON REGIS LIMA

FEIRA DE SANTANA, 2019

A Deus e aos amigos que apoiaram a minha caminhada, incentivaram e ajudaram nos momentos mais difíceis.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me ajudar a vencer mais um propósito de vida.

Ao professor Dr. Jadiel dos Santos Pereira, por me acolher e orientar na realização deste trabalho, além da sua contribuição na construção do meu conhecimento.

A professora Dr. Maria Regina de Moura Rocha, por me mostrar o verdadeiro sentido em fazer parte da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia no incentivo ao desenvolvimento a pesquisa e o compromisso social.

Aos meus pais Edson de Jesus Lima e Suely Regis Lima, que me ofereceram suporte para mais uma realização.

A meu irmão Ismael Regis Lima, que me ajudou diversas vezes com suas opiniões.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e todo o corpo docente do Centro de Tecnologia em Energia e Sustentabilidade que contribuíram direta ou indiretamente para a minha formação.

*"Aprendi através da experiência amarga a suprema lição: controlar minha ira e torná-la como o calor que é convertido em energia. Nossa ira controlada pode ser convertida numa força capaz de mover o mundo."*

*Mahatma Gandhi*

## RESUMO

LIMA, Jamerson. Estação Meteorológica de Baixo Custo voltada ao Estudo de Implantação de um Micro Aerogerador. 2019. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Feira de Santana, 2019.

Atualmente no Brasil os ventos estão sendo aproveitados para a geração de energia elétrica através de geradores eólicos de energia. A Bahia está entre os estados do país com maior investimento em parques eólicos e isso é fruto dos bons níveis de ventos encontrados no estado. Entretanto, a instalação desses geradores eólicos requer a realização de estudos de viabilidade de implantação. Em Feira de Santana, interior da Bahia no Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade existe a ideia de implantação de um micro aerogerador o que faz-se necessário a elaboração de um estudo de viabilidade. A elaboração de estudos voltados a implantação de geradores eólicos dependem de dados básicos da meteorologia como a velocidade do vento, direção do vento, temperatura e umidade. Portanto, o presente trabalho desenvolve uma estação meteorológica de baixo custo se apoiando em métodos da pesquisa-ação, objetivando a coleta de dados meteorológicos para futuramente realizar o estudo de viabilidade de implantação de um micro aerogerador no centro estudantil.

**Palavras-chave:** Estação Meteorológica. Baixo custo. Aerogeradores.

## ABSTRACT

LIMA, Jamerson. Low Cost Weather Station. 2019. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Feira de Santana, 2019.

Currently in Brazil the winds are being used to generate electric energy through wind power generators. Bahia is among the states in the country with the highest investment in wind farms and this is the result of the good wind levels found in the state. However, the installation of these wind generators requires the implementation of feasibility studies. In Feira de Santana, in the interior of Bahia at the Center for Science and Technology in Energy and Sustainability, there is the idea of implementing a micro wind generator, which is necessary to prepare a feasibility study. The elaboration of studies aimed at the implantation of wind generators depends on basic meteorological data such as wind speed, wind direction, temperature and humidity. Therefore, the present work develops a low cost meteorological station relying on action research methods, aiming the collection of meteorological data for the future feasibility study of implantation of a micro wind generator in the student center.

**Keywords:** Weather station. Low cost. Wind turbines.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Moinho de vento típico da Holanda. . . . .	7
Figura 2 – Marcos do desenvolvimento da energia eólica. . . . .	8
Figura 3 – Média anual das intensidades do vento no nível de 40m . . . . .	9
Figura 4 – Capacidade instalada de geração elétrica no Brasil (MW) . . . . .	10
Figura 5 – Empreendimentos termelétricos a biomassa. . . . .	11
Figura 6 – Oferta interna de energia 2018/2017. . . . .	11
Figura 7 – Histórico da faixa de acionamento e dos adicionais de bandeiras tarifárias . . . . .	12
Figura 8 – Diferentes tecnologias no crescimento da capacidade instalada brasileira - período (2013 a 2017) (Em %) . . . . .	13
Figura 9 – Evolução da capacidade de geração de energia eólica (2005-2016) (Em GW) . . . . .	13
Figura 10 – Componentes básicos de uma turbina eólica de eixo horizontal) . . . . .	14
Figura 11 – Esquema de módulo fotovoltaico . . . . .	16
Figura 12 – Página inicial da Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso . . . . .	21
Figura 13 – Página inicial da SurveyMonkey . . . . .	22
Figura 14 – Projeto da Estação Meteorológica . . . . .	25
Figura 15 – Projeto no software AutoCad . . . . .	26
Figura 16 – Esquema de conexões no software Fritzing . . . . .	26
Figura 17 – Dados da estação meteorológica em comparação aos dados do INMET no período entre 07/09/2019 e 05/10/2019 . . . . .	32
Figura 18 – Localização da Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática de Feira de Santana . . . . .	33
Figura 19 – Fluxograma do funcionamento da estação meteorológica até a formação do banco de dados. . . . .	34
Figura 20 – Dados da Estação Automática: Feira de Santana (BA) . . . . .	35
Figura 21 – Análise de Resultados Surveymonkey . . . . .	38
Figura 22 – Estação Meteorológica . . . . .	40
Figura 23 – Localização da estação meteorológica . . . . .	41
Figura 24 – Banco de Dados . . . . .	42
Figura 25 – Médias de velocidade do vento por intervalos de uma hora no período entre 07/09/2019 a 05/10/2019 . . . . .	43
Figura 26 – Médias de temperatura e umidade por intervalos de uma hora no período entre 07/09/2019 a 05/10/2019 . . . . .	44
Figura 27 – Direção do vento com maior frequência por intervalos de uma hora no período entre 07/09/2019 a 05/10/2019 . . . . .	45
Figura 28 – Erro relativo entre os dados da estação meteorológica construída e a Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática de Feira de Santana . . . . .	46

Figura 29 – Projeto da Estação Meteorológica no software AutoCad . . . . .	53
Figura 30 – Sistema no software Fritzing . . . . .	54
Figura 31 – Questionário online construído no SurveyMonkey . . . . .	55
Figura 32 – Código do programa . . . . .	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Custo da estrutura . . . . .	36
Tabela 2 – Custo do Sistema . . . . .	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
BES	Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CETENS	Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CS	Chip Selectv
EAG	Estação Agroclimatológica
ECA	Estação Climatológica Auxiliar
ECP	Estação Climatológica Principal
EWEA	European Wind Energy Association
GND	Graduated Neutral Density
GW	Gigawatts
IFBA	Instituto Federal da Bahia
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MW	Megawatts
MISO	Master IN Slave OUT
MOSI	Master OUT Slave IN
ONS	Operador Nacional do Sistema
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
RTC	Real Time Clock
SCK	Serial Clock
SIN	Sistema Integrado Nacional
TV	Televisor
UEFS	Universidade Estadual de Feira de Santana

UFRB      Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

USB      Universal Serial Bus

WWEA      World Wind Energy Association

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 PROBLEMA	3
1.2 HIPÓTESE	4
1.3 JUSTIFICATIVA	4
1.4 OBJETIVO	4
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	5
<b>2 – REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>6</b>
2.1 Contextualização Histórica da Energia Eólica	6
2.2 Energia eólica no Brasil	8
2.3 Crise energética no Brasil	10
2.4 Fontes alternativas de Energia	12
2.4.1 Eólica	13
2.4.2 Solar Fotovoltaica	15
2.4.3 Biomassa	16
2.5 Microgeração de Energia	16
2.6 Estação Meteorológica	17
<b>3 – MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>19</b>
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA-AÇÃO	20
3.1.1 Exploratória	20
3.1.1.1 Consulta de Periódicos	20
3.1.1.2 Questionário de Depoimentos	21
3.1.2 Formulação do Problema	22
3.1.3 Construção da Hipótese	23
3.1.4 Realização do seminário	23
3.1.5 Seleção da Amostra	23
3.1.5.0.1 Seleção dos estudantes	24
3.1.6 Projeto	24
3.1.6.1 Estrutural	25
3.1.6.2 Sistema	26
3.1.6.3 Seleção dos materiais	27
3.1.6.3.1 Materiais da Estrutura	27
3.1.6.3.2 Materiais do Sistema	28
3.1.6.4 Construção da Estação Meteorológica	28
3.1.6.4.1 Passo a passo da estrutura	29

3.1.6.4.2	Passo a passo do sistema . . . . .	30
3.1.6.4.3	Construção e montagem da programação . . . . .	31
3.1.6.5	Calibragem dos Sensores . . . . .	31
3.1.6.6	Coleta de Dados . . . . .	33
3.1.6.7	Análise e Interpretação dos Dados . . . . .	35
3.1.6.8	Custo . . . . .	35
3.1.7	Divulgação dos resultados . . . . .	37
<b>4</b>	<b>– ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS . . . . .</b>	<b>38</b>
4.1	Questionário de depoimentos . . . . .	38
4.2	Estação Meteorológica . . . . .	39
4.3	Banco de Dados . . . . .	41
4.3.1	Análise dos Dados . . . . .	42
<b>5</b>	<b>– CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>47</b>
5.1	TRABALHOS FUTUROS . . . . .	48
5.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .	48
	<b>Referências . . . . .</b>	<b>49</b>
	<b>Apêndices . . . . .</b>	<b>52</b>
	<b>APÊNDICE A–Projeto estrutural da estação meteorológica . . . . .</b>	<b>53</b>
	<b>APÊNDICE B–Conexões do sistema . . . . .</b>	<b>54</b>
	<b>APÊNDICE C–Questionário Online . . . . .</b>	<b>55</b>
	<b>APÊNDICE D–Respostas dos Pesquisados . . . . .</b>	<b>56</b>
	<b>APÊNDICE E–Programação . . . . .</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de tecnologias hoje voltadas a geração de energia elétrica, teve início com o avanço da produção agrícola. O crescimento da agricultura exigiu do homem o desenvolvimento de ferramentas capazes de auxiliá-lo na produção e processamento dos grãos. As primeiras ferramentas criadas pelo homem neste contexto, foram as rodas d'água, na qual utilizava-se a força motriz dos cursos de rios para girá-las e gerar força que servia na moagem de grãos e no bombeamento de água, além, de moinhos de ventos, também desenvolvidas com esses mesmos objetivos, porém, em lugares onde não existia a presença de rios (CRESESB, 2008).

A força animal, braçal do homem, das correntezas dos rios e do vento foram as principais fontes de energia até o século XVIII. Em 1765, James Watt desenvolveu uma tecnologia que revolucionou o setor industrial e iniciou uma era com novos níveis de demanda por energia. A criação da máquina a vapor trouxe ao mundo o desenvolvimento do setor energético através da queima do carvão mineral para a produção de trabalho. Posteriormente, no século XIX a existência da eletricidade impulsionou a criação de máquinas elétricas o que exigiu ainda mais do setor energético. Essas criações levaram a humanidade a níveis de consumo bem maiores que a da época e conseqüentemente possibilitou o desenvolvimento de tecnologias para a produção de diferentes formas de energias visando atender toda essa demanda (LOPEZ, 2012).

Na história antiga, por volta da idade média, os ventos foram utilizados pela primeira vez como fonte energética na movimentação de embarcações pelos povos egípcios, fenícios e romanos, porém, na China e na Pérsia já haviam registros que essas nações já utilizavam a força dos ventos para outros propósitos. Os ventos eram aproveitados na movimentação de moinhos visando substituir a força braçal do homem na moagem de grãos e no bombeamento de água para a irrigação. O domínio dessa tecnologia agregou na realização de diversas atividades e levou a sociedade da época a outro nível tecnológico. Tudo se iniciou através de observações dos fenômenos naturais. Em uma dessas observações notou-se que apesar de haver variações nas direções dos ventos, os fluxos não se cessavam, ou seja, os ventos fluíam de forma constante, assim, condição ideal para implementar tecnologias de aproveitamento. Essa observação foi o ponto chave para a utilização desses fluxos de vento (FARIAS; SELLITTO, 2011).

De acordo com Tercio (2002 apud FARIAS; SELLITTO, 2011), os fluxos de ventos se movimentam naturalmente através de fenômenos originados dos diferentes níveis de insolação em cada região do planeta, os quais provocam variações de pressão atmosférica. Essas variações fazem os ventos se moverem de uma região de alta pressão para outra de baixa pressão, ou seja, a movimentação do vento está relacionada as variações de pressão provocadas pela irradiação do sol sobre a terra. A existência desse fenômeno tornou possível o desenvolvimento de tecnologias voltadas a navegação a vela, bombeamento de água e posteriormente geração



de energia elétrica através de aerogeradores.

A crise energética no Brasil está diretamente ligada a crise nos reservatórios de água do país, já que a maior parte da energia gerada é através do funcionamento das usinas hidrelétricas. O Brasil concentrou boa parte dos seus estudos no desenvolvimento de modelos de usinas hidrelétricas cada vez maiores e mais eficientes, levando em consideração a boa geografia que o país possui em quedas d'água, as quantidades de nascentes, a força no fluxo dessas águas, porém, a população brasileira do século XXI vem sofrendo com a crise energética que se instalou no país mediante o aumento na demanda por energia elétrica proveniente dos altos níveis de produção industrial e os grandes períodos de seca, tornou-se assim impossível atender a toda essa demanda aproveitando-se de uma única matriz energética. Por isso o Brasil conta com diversas usinas termelétricas distribuídas pelo território brasileiro a que oferecem suporte às usinas hidrelétricas nos períodos de seca (VIEIRA et al., 2015).

Entretanto o funcionamento dessas termelétricas aumenta os custos orçamentários do país, ou seja, o acionamento das usinas termelétricas traz custos e esse custos são repassados a todos os usuários do sistema. O repasse é feito aos consumidores através de taxas representadas por bandeiras tarifárias nas cores amarela e vermelha, nas quais, a amarela representa a produção de energia elétrica em condições menos favoráveis e a vermelha a produção de energia elétrica é mais custosa, justamente por colocar em funcionamento as usinas termelétricas. Dessa forma os gestores do setor energético brasileiro seguem tomando decisões entre acionar ou não as termelétricas, mediante a necessidade que se apresenta em determinadas épocas do ano e regiões nas quais há existência da seca com o objetivo de suprir a demanda energética de regiões do país (MORAES, 2018).

Apesar das possibilidades existentes para a geração de energias renováveis, como: hidrelétrica; eólica; solar; biomassa; o país ainda se encontra na fase inicial na descentralização da matriz energética. De fato, o Brasil se destaca em disponibilidade de fontes renováveis de energias algo em torno de 65,25% em hidrelétrica, 6,8% em eólica, 8,2% solar e 0,13% biomassa, porém se encontra em condições desfavoráveis quando se tratando de incentivo no desenvolvimento dessas tecnologias, o que torna a implantação de usinas eólicas, solares, de biomassa mais custosas (BALANCE, 2017).

Com o avanço das tecnologias de conversão a força motriz dos ventos passaram a ser aproveitadas para a produção de energia elétrica. Os meios de geração de eletricidade e as formas de produção de energias ainda hoje atraem a atenção do homem. A possibilidade de transformar os movimentos naturais em diferentes formas de energia foi e ainda é um dos propulsores para o desenvolvimento das sociedades. No Brasil por exemplo, a maior parte da energia gerada é proveniente das usinas hidrelétricas, tecnologia desenvolvida no século XIX e bastante utilizadas nos dias atuais e funcionam de forma similar aos geradores eólicos. Utilizam a energia cinética de fluidos, neste caso a água para girar as pás de geradores os quais geram a eletricidade. Da mesma forma a energia eólica, utiliza o movimento natural dos fluxos de vento para mover as pás de aerogeradores e transformar esse movimento rotacional em energia

elétrica. A geração de energia elétrica por fonte eólica não ocorre de maneira tão simples, as tecnologias embarcadas em aerogeradores são complexas e necessitam de conhecimentos teóricos para melhor compreender o seu funcionamento (RESENDE, 2011).

O Brasil é um dos países no mundo com melhor condição produtiva de energia por fontes renováveis, tem bons níveis de insolação, boas condições de ventos, melhores biomassas, tudo devido a grandes extensões de terras e boas condições geográficas. As tecnologias de geração eólica de energia surgem nesse contexto como alternativa sustentável, ideal às condições de vento do país, eficiente, mitigadora de impactos ambientais e vasto potencial em capacidade instalada. A finalidade de diversificar as formas de produção de energia no Brasil utilizando a fonte eólica, está inicialmente em auxiliar a matriz hidrelétrica no suprimento da demanda por energia elétrica que surge das necessidades industriais e residências desafogando a matriz energética do país (TIEPOLO et al., 2012).

De acordo com Dutra (2008 apud MORELLI, 2012), o fator principal que torna a fonte eólica viável é a energia contida no vento. Por esse motivo o estudo dos ventos no local da instalação da fazenda eólica ou do gerador eólico é essencial para a eficiência na operação do sistema. Alguns fatores influenciam diretamente na velocidade dos ventos, as estações do ano, as horas do dia, topografia, rugosidade do solo, altura de operação e espaçamento entre as pás do aerogerador. Para que seja realizado o dimensionamento correto de todos os itens do sistema é preciso desenvolver um estudo minucioso dos ventos afim de obter dados precisos de velocidade e frequência dos ventos.

O presente trabalho pretende construir uma estação meteorológica de baixo custo visando coletar dados meteorológicos de velocidade do vento, direção do vento, temperatura e umidade para a realização de um estudo de viabilidade técnico financeira de instalação de um micro gerador eólico no Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade na cidade de Feira de Santana-BA, como forma de aprofundar os conhecimentos no setor eólico e desenvolver aptidão no dimensionamento de sistemas de micro geração eólica. Acredita-se que a realização deste estudo ajudará outros estudantes do centro estudantil na realização de trabalhos acadêmicos voltados a área de geração eólica de energia por meio da utilização dos dados coletados da estação meteorológica e no incentivo ao desenvolvimento de novas tecnologias utilizando sensores.

## 1.1 PROBLEMA

Existe em Feira de Santana interior da Bahia o Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade (CETENS), um dos centros educacionais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Neste mesmo centro, estudantes ingressantes no curso de Bacharelado em Energia e Sustentabilidade podem optarem por uma das quatro terminalidades oferecidas pela instituição. Entre as terminalidades existe a graduação em engenharia de energia. O curso conta com profissionais de diversas áreas do conhecimento os quais ministram disciplinas essenciais ao curso. Para o melhor aproveitamento do aprendizado

os ingressantes precisam de aulas teóricas, aulas práticas, conhecer os instrumentos utilizados nas práticas como também, aprender a desenvolver os instrumentos. Como no centro de energia e sustentabilidade não é disponibilizado um instrumento de medição meteorológica, no qual coleta dados de velocidade do vento, direção do vento, temperatura e umidade, busca-se desenvolver essa tecnologia e disponibiliza-la aos estudantes que necessitam desses dados para realizarem trabalhos acadêmicos. Portanto, como possibilitar aos estudantes do Centro de Ciência e tecnologia em Energia e Sustentabilidade, acesso a dados meteorológicos obtidos a partir de um instrumento próprio de coleta de dados?

## 1.2 HIPÓTESE

A construção de um instrumento capaz de realizar medições meteorológicas e gerar dados acessíveis pode facilitar a vida de estudantes que desejam realizar trabalhos acadêmicos utilizando os dados de velocidade do vento, direção do vento, temperatura e umidade, obtidos a partir da estação meteorológica.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A não existência de uma estação meteorológica no Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade pode dificultar o desenvolvimento de trabalhos acadêmicos que necessitam de informações de condições de tempo no centro estudantil. A área de energia eólica tem grande interesse nesses dados, principalmente na realização de estudos de implantação de aerogeradores. Outro aspecto importante que também é válido ressaltar é o quanto o desenvolvimento dessa tecnologia traz em conhecimento para o estudante de engenharia.

Sabe-se que a experiência prática e o contato com tecnologias consolidam os conhecimentos obtidos em sala de aula e possibilitam aos estudantes testarem na prática o que aprenderam, além de os incentivar no desenvolvimento de características de pesquisador e na aplicação do conhecimento. Portanto, esta pesquisa se destaca pela construção de um equipamento que auxiliará estudantes no desenvolvimento de trabalhos acadêmicos, pela disponibilidade da estação e dos dados e por ser fonte de incentivo ao desenvolvimento de novas tecnologias.

## 1.4 OBJETIVO

O presente trabalho busca gerar dados meteorológicos de velocidade do vento, direção do vento, temperatura e umidade, mediante a construção de um instrumento que funciona através da integração de sensores, no qual coleta e armazena os dados em um cartão de memória. Os dados ficam disponíveis aos estudantes do centro estudantil para a elaboração de trabalhos acadêmicos, inclusive na elaboração do estudo de implantação de um micro

aerogerador no Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade pelo qual o próprio pesquisador desenvolverá como continuidade desta pesquisa.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em cinco capítulos, sendo o primeiro capítulo a introdução ao tema. O segundo capítulo, breve contextualização histórica desde os primeiros indícios da utilização da força motriz do vento até os dias atuais, crise energética no Brasil, fontes alternativas de energia, microgeração distribuída, energia eólica no Brasil e estação meteorológica. O terceiro capítulo, delineamento da pesquisa-ação e o passo a passo da construção da estação meteorológica. O quarto capítulo, apresenta a estação meteorológica construída e estudo os dados de velocidade do vento, direção do vento, temperatura e umidade obtidos com a estação, além de previsões futuras dos dados produzidas por software. O quinto capítulo, conclui o trabalho. Por fim, as referências utilizadas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Contextualização Histórica da Energia Eólica

As tecnologias de geração de energia são desenvolvidas a partir do período neolítico em decorrência a evolução humana e energética. Enquanto os povos ainda se encontrava na condição de nômade período da descoberta do fogo, desenvolvimento de técnicas de caça e de pesca nas quais são marcos importantes no desenvolvimento da humanidade, além de ser o primeiro nível de evolução tecnológica do homem a força braçal foi o único meio energético disponível nesse momento, a produção agrícola era pequena, atendia apenas a sub existência do grupo. A necessidade em majorar a produção agrícola e avançar na pecuária acarretou novas demandas energéticas e os impulsionou a buscar meios diferentes de obter energia na forma de tração. O surgimento dessas demandas levaram os povos a utilizarem a força animal em suas atividades, aumentando a força de tração em quatro vezes. No decorrer do tempo surgiram outras necessidades, o nível de conhecimento humano havia sido melhorado e como respostas a esses demandas foram desenvolvidas diferentes tecnologias capazes de suprir essas lacunas no transporte através da utilização de velas em embarcações, no plantio, na colheita, armazenagem, artesanato e na própria civilização já existente. Necessariamente, as mudanças ocorreram a medida que o homem conhecia por observação os fenômenos da natureza e as aproveitava em construções de sistemas de geração e conversão de energia. Em um desses sistemas desenvolvidos pelo homem, surgiu o moinho de vento como expansão do conhecimento obtido da roda d'água. A tecnologia de geração e conversão de energia funcionava por meio da transformação da força do vento em outras potenciais formas de energia (TESSMER, 2002).

O avanço nos processamentos agrícolas para produção em escala trouxera às civilizações da época a necessidade em aumentar e melhorar as formas de obtenção de energia nas atividades produtivas. As tecnologias utilizadas não eram mais suficientes no atendimento das demandas. Então, desenvolvem-se outros equipamentos tecnológicos com maior eficiência, os quais minimizariam posteriormente esse problema. A construção de rodas d'água trouxe a solução do problema naquele momento; foram implementadas e funcionava através da força das águas de rios em seu curso natural, através da transformação do curso d'água em movimento, usado no processo de moagem de grãos e no bombeamento da própria água para irrigação. O problema energético continuou em outras civilizações pelo fato de não haver rios em todos os lugares. Portanto a busca por aparatos tecnológicos mais eficientes continuou no decorrer da história. Em 200 a.C. na Pérsia, utilizou-se pela primeira vez a energia eólica como fonte motriz para o bombeamento de água para irrigação e moagem de grãos. O avanço só foi possível por meio da construção de cata-ventos ainda rudimentares, que se espalhou pela região do Islã e carregou consigo um propósito importante para a época, a substituição da força braçal e animal nos processos de beneficiamento dos produtos agrícolas. Estima que na

China e no império babilônico já existiam cata-ventos com a mesma finalidade. No século XII, países da Europa como: França, Inglaterra e Holanda, entre outros, começaram a utilizar o cata-vento, porém, com alguns aprimoramentos. O primeiro deles utilizou a vela como pás do cata-vento, cuja finalidade era absorver a força motriz imprimida pelo vento. Com eixo na horizontal acoplada às pás, tinha o objetivo de transmitir a força de rotação provocada com a incidência de vento nas pás aos moedores. A partir daí, o cata-vento recebeu o nome de moinho e a finalidade continuou mantida. Os moinhos tornaram-se de grande importância na agricultura e influenciavam diretamente na economia dos países produtores. Tecnologias agregadas aos moinhos possibilitou a utilização do mecanismo com outras finalidades. Na Idade Média nos países europeus desenvolveu-se as primeiras leis relacionadas aos moinhos, nas quais regiram regras de uso e segurança dos mesmos. A maioria das leis feudais possibilitavam que os senhores feudais decidissem sobre a permissão da construção de moinhos por camponeses, essa permissão trazia consequências óbvias. Os camponeses que necessitavam moer seus grãos eram obrigados a utilizarem os moinhos dos seus senhores feudais. Outra lei impedia a plantação de árvores próximas aos moinhos por questões de segurança (CRESESB, 2008).

Figura 1 – Moinho de vento típico da Holanda.

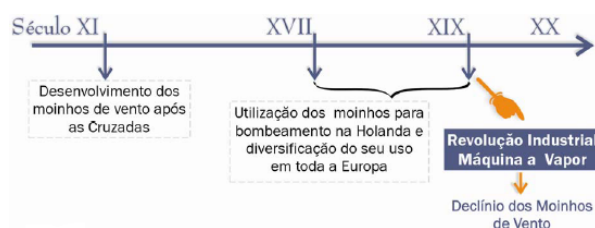


Fonte: CRESESB, 2008.

De acordo com CHESF-BRASCEP (1987 apud CRESESB, 2008), após a revolução industrial do final do século XIX, começou o processo de substituição dos moinhos pela máquina a vapor. Tecnologia inovadora que atraiu a atenção das pessoas por ser uma nova forma de gerar energia, porém, os estudos da técnica de geração de energia por meio de cata-vento continuaram e por volta do ano de 1888 mediante avanços nos estudos da rede elétrica, Charles

F. Bruch industrial da área de eletrificação instalou na cidade de Cleveland, Ohio, a primeira torre eólica exclusivamente para a geração de energia elétrica produzindo 12 KW contínuos de eletricidade direcionados a 350 lâmpadas incandescentes.

Figura 2 – Marcos do desenvolvimento da energia eólica.



Fonte: Adaptado por CRESESB, DUTRA, 2001.

## 2.2 Energia eólica no Brasil

No Brasil o desenvolvimento da energia eólica está relacionado à crise internacional do petróleo em 1970, motivo pelo qual incentivou os brasileiros a pensar em fontes energéticas alternativas ao petróleo. A produção de energia por fonte eólica foi uma das estratégias encontradas pelo país para não precisar comprar energia produzida em outros países. Outros aspectos importantes para a geração eólica foram as preocupações ambientais, o bem-estar das pessoas e os meios sustentáveis de geração de energia (MORELLI, 2012).

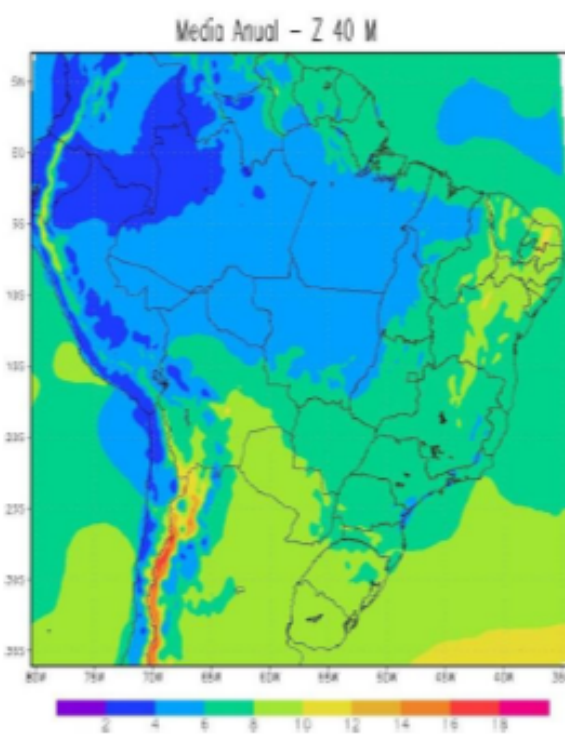
A geração de energia elétrica por meio de geradores eólicos está se tornando atrativas no mundo inteiro. Os investimentos no setor eólico energético estão alavancando a fonte renovável, e aumentando a capacidade instalada ao longo território brasileiro. No intervalo de quatorze anos a capacidade produtiva de energia elétrica aumentou cerca de 191,9 GW, passando de 6,1 GW no ano de 1996 para 198 GW em 2010. Esses geradores eólicos estão instalados em maior quantidade nas regiões do nordeste, sudeste e sul, sendo a área territorial brasileira portadora de grande potencial energético por ter boa geografia e está bem localizado no globo (TIEPOLO et al., 2012).

De acordo com EWEA (2009 apud MONTEZANO, 2012), a fonte eólica de energia está sendo destaque no mundo por ser limpa e renovável, além de apresentar custos competitivos quando comparados a outras fontes não renováveis de energia. O aspecto sustentabilidade é bastante aproveitado nessa fonte, atende bem as atuais necessidades ambientais do Brasil e do mundo, atende também em redução de emissão de poluentes na atmosfera e consequentemente minimiza os danos provocados na camada de ozônio. WWEA (2012), no fim de 2011 o mundo alcançou 237 GW de capacidade instalada. Esse dado mostra o quanto que o setor energético renovável vem se desenvolvendo, para tanto esse avanço se deu graças aos países da Alemanha, Dinamarca, Estados Unidos e Inglaterra que vieram investindo durante anos em conhecimento e tecnologias para o desenvolvimento de turbinas cada vez mais eficiente.

As regiões mais favorecidas pelos ventos são as regiões Nordeste e Sul, alcançando

medias de velocidade do vento entre 8 m/s e 10 m/s. São velocidades de ventos consideradas favoráveis a instalação de geradores eólicos. O Brasil tem grande área territorial e boa parte da faixa de terra tem potencial para instalação de fazendas eólicas, entretanto a faixa que compreende os estados do Rio Grande do Sul, Piauí, Ceará, Maranhão, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas e Bahia, detém maior potencial para geração eólica. (TUCHTENHAGEN; BASSO; YAMASAKI, 2014).

Figura 3 – Média anual das intensidades do vento no nível de 40m



Fonte: Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM, 2014.

O Brasil está entre os países com menor emissão de carbono, se enquadra no contexto da economia de baixo carbono, tem destaque em geração de energia elétrica limpa. A maior parte da energia produzida no Brasil é por fonte hídrica enquanto que a eólica assume a posição de complementar à matriz. Da geração do país, 45% são por fontes mitigadoras de impactos ambientais, através da não emissão de dióxido de carbono na atmosfera. A fonte eólica é tão bem conceituada em questões de custo de operação e ambiental, que teve crescimento rápido nos últimos anos. Dos períodos marcantes no avanço da energia eólica dois se destacam: os incentivos do PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica), no qual possibilitou a alavancagem da energia de geradores, crescendo de aproximadamente 30 MW para 1,4 GW em 2011; no ano de 2009 momento do primeiro leilão de energia eólica e estimulou outros dois leilões, o de 2010 e 2012. Todos esses incentivos ajudaram a fonte de energia eólica a alcançar níveis visíveis de crescimento (CUSTDIO, 2013).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2018), no Anuário Estatístico de



Energia Elétrica, a fonte eólica de energia gerou 42.373 GWh de energia elétrica no ano de 2017, representando 7,2% da matriz energética brasileira com a capacidade instalada de 12.283 MW. Comparando com 143,47 GW do potencial eólico instalável do Brasil no ano de 2001, a capacidade instalada ainda é pequena perto do grande potencial que tem o Brasil para essa fonte de energia.

Figura 4 – Capacidade instalada de geração elétrica no Brasil (MW)

	2013	2014	2015	2016	2017	Δ% (2017/2016)	Part. % (2017)*	Total
<b>Total</b>	<b>126.743</b>	<b>133.913</b>	<b>140.858</b>	<b>150.338</b>	<b>157.112</b>	<b>4,5</b>	<b>100,0</b>	<b>Total</b>
Usinas Hidrelétricas	81.132	84.095	86.366	91.499	94.662	3,5	60,3	Hydropower Plants
Usinas Termelétricas	36.528	37.827	39.564	41.275	41.628	0,9	26,5	Thermoelectric Plants
PCH	4.620	4.790	4.886	4.941	5.020	1,6	3,2	SHP
CGH	266	308	398	484	594	22,6	0,4	CHG
Usinas Nucleares	1.990	1.990	1.990	1.990	1.990	-	1,3	Nuclear Power Plants
Usinas Eólicas	2.202	4.888	7.633	10.124	12.283	21,3	7,8	Wind Power Plants
Solar	5	15	21	24	935	3.836,3	0,6	Solar Power Plants

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); Balanço Energético Nacional 2018; Elaboração: EPE.

### 2.3 Crise energética no Brasil

O aumento no consumo de energia elétrica no Brasil está relacionada aos fatores, desenvolvimento econômico do país e o crescimento populacional. A medida que um país se desenvolve economicamente e o seu nível de comercialização de produtos produzidos internamente cresce, a demanda por energia também cresce devido a necessidade de eletricidade na produção dos bens e nos serviços ligados a cadeia produtiva. Na perspectiva do crescimento populacional, o aumento no consumo de energia também é observado, de fato, o consumo de energia de um país é elevado proporcionalmente ao seu nível populacional, isso ocorre devido a necessidade individual por energia (BRASIL, 2008).

De acordo com ANEEL (2005 apud OLIVEIRA et al., 2006), existe espalhadas pelo Brasil 821 termoelétricas, algumas delas funcionando a partir da biomassa. As 821 termoelétricas juntas são capazes de gerar 19,6 GW de energia o que corresponde a 21,53% de toda a energia gerada no país. Das 821 termoelétricas, 250 funcionam com o uso da biomassa, esse valor representa 30,45% de todas as termoelétricas e 3,05GW da capacidade em operação. Dos tipos de biomassa utilizadas nessas termoelétricas, estão os resíduos da cana-de-açúcar, restos de madeira, licor negro, cascas de arroz, biogás e carvão vegetal. O acionamento dessas termoelétricas está diretamente relacionadas a crise hídrica e conseqüentemente à crise energética no Brasil. Acionar termoelétricas custa mais caro que pôr as hidrelétricas em funcionamento, porém essa é a forma de gerenciamento energético que os responsáveis pela integração do sistema de energia elétrica utiliza para atender o consumo.

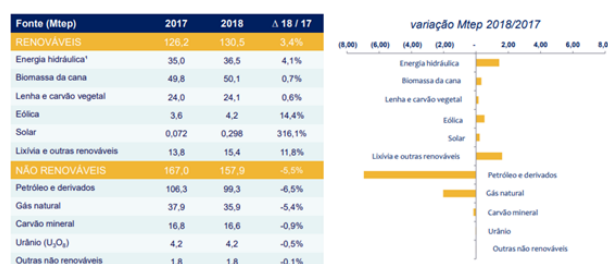
Figura 5 – Empreendimentos termelétricos a biomassa.

Empreendimentos em Operação		Capacidade Instalada		
Tipo	Bagaço de	N.º	de	%
		Usinas	(kW)	
<b>Biomassa</b>	Cana	213	2.138.604	2,2
	Licor Negro	12	687.052	0,7
	Madeira	21	194.632	0,2
	Biogás	2	20.030	0
	Casca de Arroz	2	6.400	0
<b>Total</b>		<b>250</b>	<b>3.046.718</b>	<b>3,1</b>

Fonte: ANEEL, 2005.

A oferta interna de energia eólica teve aumento de 14,4% entre os anos de 2017 e 2018. Essa elevação representou o acréscimo nos investimentos em fazendas eólicas para a geração de energia elétrica. No mesmo período, houve o aumento de 3,5% na oferta de energia, considerando as fontes renováveis em geral e o decréscimo de 5,5% na oferta de energias não renováveis. O cenário de progresso que as fontes renováveis de energia estão inseridas traz boas prospecções para o futuro próximo no que diz respeito a crise energética brasileira. Com o aumento da demanda por energéticos que o Brasil enfrenta e as possibilidades que o mercado de energia propicia para o futuro, torna-se necessário o aprofundamento nos estudos voltados às energias renováveis e principalmente à geração eólica de energia (EPE, 2019).

Figura 6 – Oferta interna de energia 2018/2017.



Fonte: BEN, 2019.

A ANEEL é a responsável por fixar anualmente os acréscimos de tarifas nas contas dos cidadãos brasileiros, referentes aos custos por acionar as termelétricas responsáveis por suprir a demanda energética do país diante da baixa na produção de eletricidade por fonte hidrelétrica. As tarifas são cobradas por meio de bandeiras tarifárias amarela e vermelha, as quais são acrescentadas às contas dos consumidores quando a ANEEL recebe informações do ONS (Operador Nacional do Sistema) e pelo CMSE (Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico), responsáveis por gerir o setor elétrico brasileiro e definir as programações de geração de energia do país para atender a SIN (Sistema Integrado Nacional) (MORAES, 2018).

Figura 7 – Histórico da faixa de acionamento e dos adicionais de bandeiras tarifárias

Ano	Audiência Pública	Resolução Homologatória	Faixas de acionamento de acordo com despacho termelétrico (R\$/MWh)				Adicionais de bandeiras tarifárias (R\$/MWh)			
			Verde	Amarela	Vermelha 1	Vermelha 2	Verde	Amarela	Vermelha 1	Vermelha 2
2015a	AP nº 06/2015	REH 1.859/2015	<200,00	200,00 a 388,48	>388,48	NA	0,00	25,00	55,00	NA
2015b	AP nº 53/2015	REH 1.945/2015	<200,00	200,00 a 388,48	>388,48	NA	0,00	25,00	45,00	NA
2016	AP nº 81/2015	REH 2.016/2016	<211,28	211,28 a 422,56	422,56 a 610,00	>610,00	0,00	15,00	30,00	45,00
2017	AP nº 91/2016	REH 2.203/2017	<211,28	211,28 a 422,56	422,56 a 610,00	>610,00	0,00	20,00	30,00	35,00

Fonte: MORAES, 2018.

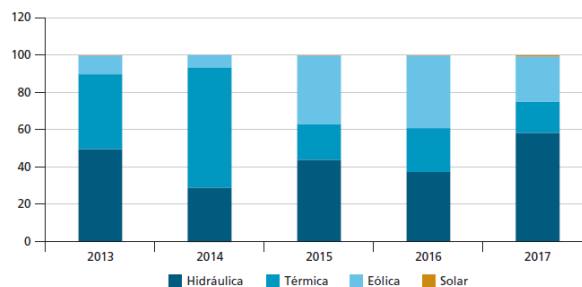
O cenário atual do Brasil no que diz respeito às fontes energéticas não renováveis estão em condições estáveis. Atualmente existem recursos suficientes para atender à necessidade humana. A escassez dos recursos não renováveis ainda hoje mesmo com o aumento no consumo de combustíveis fósseis, não trouxe sofrimento quanto à falta desse recurso, principalmente para a parte da população que pode pagar mais caro pelos produtos dessas fontes e, por esse motivo, existem indivíduos que se encontram em condições confortáveis. Dessa forma, boa parte da população que tem fácil acesso a esses produtos, não costuma pensar de forma sustentável e a longo prazo. Tendo em vista o cenário caótico que o Brasil vivencia em danos ambientais, surgem maneiras menos prejudiciais de produzir energia: são as tecnologias para fontes renováveis que se apresentam nesse cenário como uma alternativa para o problema energético vindouro, oferecendo técnicas racionais e limpas de geração de energia (CASTILHOS; SILVA, 2015).

#### 2.4 Fontes alternativas de Energia

Existem diversas maneiras de aproveitamento de recursos renováveis: aproveitamento da radiação do sol por conversão através de painéis fotovoltaicos, heliotérmica, aquecimento térmico também proporcionado por captação da radiação solar, hipotérmica; a eólica através do aproveitamento dos fluxos de ventos; correntes hídricas com ou sem represamento; resíduo sólido orgânicos proveniente da biomassa por meio de restos de orgânicos, álcoois e biodiesel; biocombustíveis; gás de aterro; correntes marinhas, ondas e marés; conversão da energia radiante proveniente da energia eólica e de novas tecnologias; termoelétricas (MENDES et al., 2017).

As tecnologias que impulsionam o crescimento energético brasileiro seguem um caminho de sustentabilidade. Durante o ano de 2012 o crescimento aconteceu nas fontes hídricas e térmicas; já no ano de 2014 o destaque foi para a térmica e as renováveis em geral, a partir de 2015 há a diminuição da energia produzida pelas termoelétricas e cresce a fonte eólica, enquanto que a solar continua com crescimento pouco relevante (LOSEKANN; HALLACK, 2018).

Figura 8 – Diferentes tecnologias no crescimento da capacidade instalada brasileira - período (2013 a 2017) (Em %)

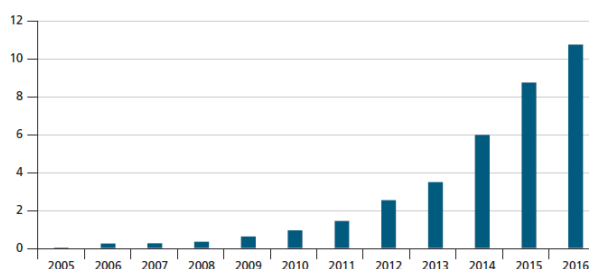


Fonte: Boletins mensais no monitoramento do SEB para os meses de janeiro do período 2012-2017, disponíveis em: <[https:// goo.gl/L7HKUP](https://goo.gl/L7HKUP)>.

#### 2.4.1 Eólica

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), foi o ponto de partida para o crescimento da energia eólica no Brasil. O programa teve a finalidade de incentivar a geração de energia utilizando três fontes renováveis distintas, a geração por fonte eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa. No decorrer do processo de incentivo algumas dificuldades acarretaram a redução na contratação da potência predeterminedada no planejamento. A implantação do sistema de leilões impulsionou o crescimento nas contratações da energia eólica e dessa forma a fonte se consolidou no Brasil. A geração eólica se tornou tão competitiva no mercado energético que passou a concorrer em leilões não específicos, disputando com outras fontes de energia em leilões com três e cinco anos de antecedência à entrada em operação (LOSEKANN; HALLACK, 2018).

Figura 9 – Evolução da capacidade de geração de energia eólica (2005-2016) (Em GW)

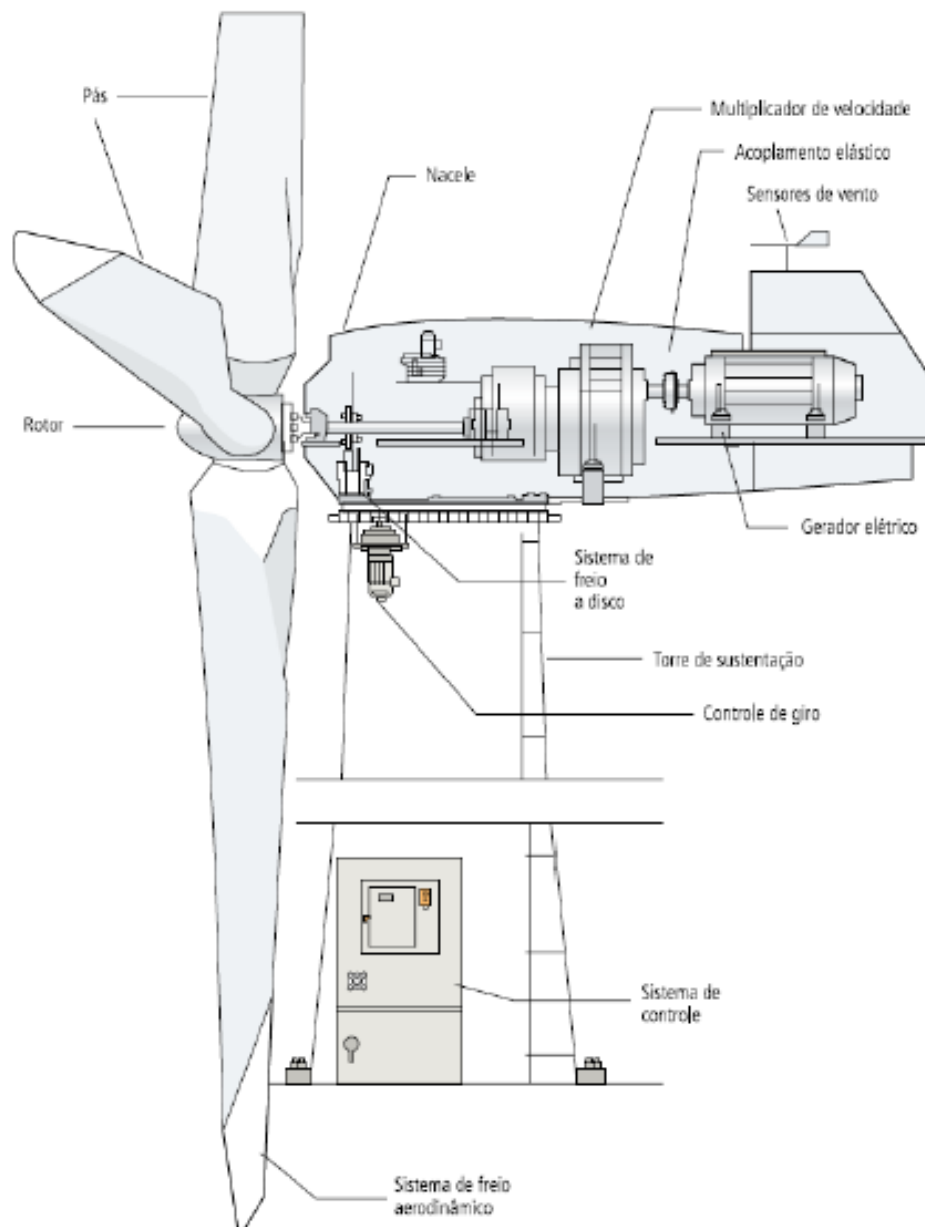


Fonte: Losekann e Hallack adaptado de Abeeólica (2017).

Os geradores eólicos são compostos basicamente por gôndola (nacele), o rotor acoplado às pás e a torre. A gôndola é composta por gerador elétrico responsável pela conversão da energia mecânica em elétrica, os mancais, a caixa multiplicadora responsável por multiplicar a velocidade de rotação, os eixos, sistemas de frenagem tem a função de controlar a velocidade de giro das pás e o mecanismo de giro da turbina. Na maioria dos aerogeradores as pás giram em baixas velocidades sendo necessário utilizar uma caixa multiplicadora de velocidades, após

a multiplicação da velocidade a mesma é acoplada ao gerador elétrico que por fim transforma a energia mecânica em elétrica (SILVA, 2014).

Figura 10 – Componentes básicos de uma turbina eólica de eixo horizontal)



Fonte: ANEEL, 2006.

De acordo com Greenpeace (2013 apud BARBOSA, 2014), a energia gerada através de turbinas movidas pelos ventos, também conhecidas como aerogeradores, precisam estar elevada a alturas que chegam a 120 m, para isso a estrutura é composta por uma torre, um gerador elétrico e em sua maioria três hélices. O vento faz as hélices se movimentarem, girando a turbina que é a responsável por converter esse movimento em energia elétrica. Esses aerogeradores podem ser instalados na terra (onshore) ou no mar (offshore). Nos últimos anos, a energia eólica é a que mais cresce no mundo e tem recebido maior investimento.

De acordo com [Gerais \(2012 apud NASCIMENTO; ALVES, 2016\)](#), apesar da tecnologia de geração eólica não utilizar sistemas a combustão o que não faz necessário queimar combustíveis, características de sistemas que emitem gases na atmosfera e provocam danos ambientais, o meio de produção de energia elétrica utilizado no sistema eólico não é totalmente limpo. Os prejuízos ambientais existentes com a implantação desses aerogeradores, são: modificação da paisagem, as grandes estruturas traz o prejuízo visual nas paisagens; mortes de aves, se a estrutura for implantada em rotas migratórias é possível que muitas aves morram nesse percurso; ruídos em baixas frequências, provocam desconforto aos moradores locais e interferências em TVs.

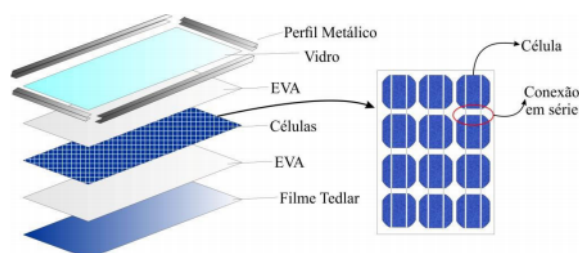
#### 2.4.2 Solar Fotovoltaica

A energia solar é a energia produzida a partir da radiação do sol, pode ser transformada em energia solar térmica, solar concentrada e solar fotovoltaica. A energia solar térmica é aquela transformada em calor e utilizada para aquecer água, ambientes e outros. A energia concentrada é a utilizada para produzir eletricidade aproveitando de lentes e espelhos para concentrar a luz emitida pelo sol em receptores. Energia fotovoltaica é a eletricidade gerada por módulos fotovoltaicos instalados nos telhados de residências, indústrias, edifícios em geral ([BARBOSA, 2014](#)).

O Brasil possui grande potencial em energia solar fotovoltaica, porém, a fonte participa do cenário brasileiro com percentual muito pequeno, de forma a ser considerado insignificante diante as outras fontes de energia. É evidente que adeptos ao sistema tem empenhado esforços para que haja o crescimento da energia fotovoltaica no país. Esses esforços tem finalidade de impulsionar a utilização da fonte de energia de duas maneiras; a primeira por geração distribuída, a qual está interessada na geração de energia elétrica em residências, pontos comerciais e indústrias conectados à rede de distribuição; a segunda por geração centralizada, são sistemas que estão ligados ao Sistema Integrado Nacional ([LOSEKANN; HALLACK, 2018](#)).

No mercado é possível encontrar células fotovoltaicas produzidas a partir do silício cristalino ou silício amorfo. O silício cristalino é subdividido em monocristalino e policristalino, cada um com características particulares de processamento. As células produzidas em silício monocristalino tem maior eficiência no efeito fotovoltaico, enquanto que as de silício policristalino apresenta menor eficiência que a célula monocristalina. A de silício amorfo tem eficiência ainda menor, quase que 50 % quando comparada com a célula produzida em silício monocristalino. O silício é um semicondutor que possui características químicas essenciais a condução de elétrons, o que torna possível o fluxo de energia. Para a construção e comercialização dos módulos fotovoltaicos se faz necessário conectar as células em serie através dos filamentos condutores, encapsula-los em folhas de acetato de vinil etileno, cobrir com vidro temperado, proteger com um filme de fluoreto de polivinila e por fim montar uma estrutura metálica de alumínio que tem a finalidade de estruturar e proteger o sistema ([MACHADO; MIRANDA, 2015](#)).

Figura 11 – Esquema de módulo fotovoltaico



Fonte: MACHADO E MIRANDA, 2015.

### 2.4.3 Biomassa

De acordo com [Moreira \(2010 apud NASCIMENTO; ALVES, 2016\)](#), a biomassa é uma forma indireta de energia solar, se baseia na produção de energia elétrica a partir de resíduos orgânicos da matéria animal ou vegetal. A maior parte das tecnologias de conversão da matéria orgânica em energia elétrica funcionam a partir da transformação do insumo em um produto mediatário o qual serve de combustível para o gerador de energia elétrica. Na maioria dessas tecnologias a co-geração é empregada, permitindo durante o processo de conversão gerar energia na forma elétrica e calor, além de possibilitar o controle das saídas ajustando às necessidades. Para melhor adequar a conversão da biomassa em energéticos, considerando as necessidades iniciais de processo, tem-se: a combustão direta, gaseificação, pirólise, digestão anaeróbica, fermentação e a transesterificação.

De acordo com [Mansor \(2009 apud BARBOSA, 2014\)](#), "Os biocombustíveis são extraídos da matéria-prima orgânica, são meios renováveis de produção de combustíveis os quais fazem parte o bioetanol, o etanol, o biodiesel, o biogás conhecido como metano. No mundo, o aumento na produção de etanol foi expressivo no período entre 1980 e 2005, passou de 4,4 bilhões de barris para 46,3 bilhões de barris. Com o mesmo sentido no crescimento produtivo, o Brasil tem grande potencial para a produção de etanol. Apresenta custos baixos nos processos fundamentais de produção, além de potenciais para a redução dos custos mediante aprimoramento das tecnologias empregadas e beneficiamentos na qualidade dos insumos utilizados na produção do etanol".

### 2.5 Microgeração de Energia

A microgeração ou microprodução de energia refere-se a aplicação da tecnologia de forma descentralizada, isso inclui dizer que a produção da energia é realizada de forma separada do modelo central de produção e em escalas muito menores. Basicamente, é um sistema que busca suprir demandas de energia como a doméstica e/ou industrial que estejam dentro das classificações legais de operação. Em caso de excedente de energia na geração o proprietário do sistema pode solicitar à concessionária de fornecimento de energia da localidade a compensação

do excedente em outros pontos de consumo, desde que estejam cadastrados no nome ou razão social do mesmo contratante. Em Portugal a energia gerada por fontes alternativas deve ser predominantemente destinada ao autoconsumo e o excedente pode ser entregue a terceiros ou a rede pública de baixa tensão (nesse caso com o limite de 150KW de potência) (SOARES et al., 2009).

No Brasil a Agência Nacional de Energia Elétrica divulgou em 17 de abril de 2012 a resolução normativa número 482 que se refere a microgeração de energia (até 100KW) e a minigeração (entre 100KW e 1MW). A resolução permite a geração de energia elétrica em unidades consumidoras e a disponibilização do excedente a rede pública por sistema de compensação. Com esse sistema conhecido como net metering o proprietário da microgeradora poderá disponibilizar energia na rede quando existir o excedente e utiliza-la quando precisar. Essa energia será contabilizada através de um medidor bidirecional que acrescenta o quantitativo consumido a conta de energia e subtrai a energia que foi disponibilizada pelo sistema (SIQUEIRA, 2013).

As novas resoluções da Agência Nacional de Energia Elétrica, prevê modificações para a geração distribuída. A resolução normativa N°687, de 24 de novembro de 2015, classifica microgeração como central geradora de energia elétrica com potência inferior a 75 kW. A resolução normativa N786, de 17 de outubro de 2017, classifica minigeração como central geradora de energia elétrica com potência superior a 75 kW e inferior a 5 MW (NORMATIVA, 2012).

## 2.6 Estação Meteorológica

Estação meteorológica é o local onde estão os instrumentos de medição da condição do tempo, é o local de coleta de dados meteorológicos que ocorrem no instante da observação. Para a coleta de dados precisos as estações devem estar em localizações ideais no que dizem respeito a visibilidade, sombreamento e obstáculos (LAZZAROTTO; PEIXOTO, 1995).

A qualidade dos dados coletados da estação meteorológica está relacionado a disponibilidade de recursos financeiros e de gente qualificada para a operação. Os recursos financeiros são necessários para a obtenção, instalação e manutenção das estações. As estações meteorológicas de superfície são divididas em quatro tipo: Estação Climatológica Principal (ECP), realiza medições climatológicas e sinóticas menos de três vezes por dia, utilizando no mínimo abrigo termométrico, hidrógrafo, termômetro de máxima, pluviógrafo, termômetro de mínima, heliógrafo, psicrômetro, termômetros de solo, pluviômetro, barômetro, barógrafo, catavento, termógrafo ou termohigrógrafo, evaporímetro de piche, anemômetro e anemógrafo; Estação Climatológica Auxiliar (ECA), realizam medições uma vez por dia, utilizando no mínimo abrigo termométrico, termômetro de máxima, termômetro de mínima e pluviômetro; Estação Agroclimatológica (EAG), estabelece relações entre o tempo e a vida das plantas e dos animais, utilizando no mínimo abrigo termométrico, termógrafo, termômetro de máxima, higrógrafo, termômetro de mínima, pluviógrafo, psicrômetro, piranômetro, potenciômetro, pluviômetro, heliográfico,



geotermômetro, evaporímetro de piche, tanque de evaporação, anemômetro de 2 e 10 metros e termômetro de relva; por ultimo Estação Meteorológica Automática (AT), realiza medições, transmitem e armazenam os dados de forma automática (SILVA; CHAVES; LIMA, 2011).

Estação meteorológica de superfície automática é uma estrutura composta de sensores com a finalidade de coletar dados atmosféricos de forma automática considerando parâmetros da meteorologia e armazená-los em bancos de dados ("data logger") visando facilitar a coleta desses dados. Essas estações podem ser classificadas como manuais, quando o observador realiza os ensaios e automática, quando os dados são gerados de forma automática pelo próprio instrumento, podendo ser enviados e/ou armazenados também de forma automática (SILVA et al., 2016).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho consiste em uma pesquisa-ação de abordagem qualitativa de natureza aplicada e objetivo explicativo. Busca modificar a realidade de estudantes do Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade, no que diz respeito ao acesso a dados meteorológicos para a realização de trabalhos acadêmicos.

Quanto aos caminhos para atingir os objetivos: exploratória, caminho de exploração do problema o qual expressa a importância do trabalho para o meio acadêmico. Formulação do problema, delimita com precisão as dificuldades encontradas na etapa de exploração. Construção da hipótese, conhecendo o problema torna-se possível construir a hipótese e propor maneiras de minimização ou solução do problema. Realização do seminário, reúne-se os indivíduos interessados no tema para recolher opiniões e propostas sugeridas. Seleção da amostra, trata-se da seleção do universo da pesquisa, pessoas que serão beneficiadas com o trabalho desenvolvido. Coleta de dados, as maneiras utilizadas para a obtenção dos dados, podendo ser por meio de entrevistas aplicadas coletiva ou individual, questionários, observação participante, entre outros. Análise e interpretação dos dados, trata-se dos passos para a organização e interpretação dos dados, podem ser aplicadas às etapas de categorização, codificação, tabulação, análise estatística, generalização ou discussão dos dados com visando a interpretação dos mesmos. Elaboração do plano de ação, etapa de planejamento da ação a qual visa traçar estratégias para a solução do problema, são destacadas seis etapas a serem cumpridas: primeira etapa, quanto aos objetivos que se pretende atingir; segunda, a população a ser beneficiada; terceira, a natureza da relação entre a população e as instituições que serão afetadas; quarta, identificação das atitudes que podem contribuir para melhorar a situação; quinta, os procedimentos a serem adotados para assegurar a participação da população e incorporar suas sugestões e sexta, a determinação das formas de controle do processo e de avaliação de seus resultados. Por fim, a divulgação dos resultados, trata da apresentação do tema o qual foi estudado. Pode ser exposto em congressos, conferências, simpósios, meios de comunicação em massa ou elaboração de relatórios (GIL, 2002).

A pesquisa detalha a construção de um instrumento que auxilia o desenvolvimento de trabalhos acadêmicos, tornando para os estudantes do CETENS e de outras instituições de ensino, mais fácil a sua construção. Entre as metas desejadas estão: produzir tecnologia de auxílio ao aprendizado, torna-la acessível aos estudantes do Centro de Energia em Feira de Santana e a outras instituições de ensino e disponibilizar dados utilizáveis na elaboração de estudos acadêmicos voltados às áreas afins a energias renováveis por meio de banco de dados.

Quanto a técnica utilizada para coletar as opiniões dos estudantes beneficiados em relação, a importância da instalação da estação meteorológica construída e da disponibilização dos dados coletados pela estação, aplicou-se questionário eletrônico unicamente a estudantes do CETENS que estivera construindo trabalhos de conclusão de curso ou aqueles que já passaram

por essa etapa. Esse tipo de técnica permite respostas rápidas, com fluidez e espontaneidade. Os dados coletados através da aplicação desse questionário foram tratados qualitativamente por meio de análise interpretativa, expressará a importância da tecnologia para o meio acadêmico do Centro de Energia da UFRB.

### 3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA-AÇÃO

#### 3.1.1 Exploratória

Etapa na qual o pesquisador busca conhecer mais profundamente o problema em questão, apoiando-se em ferramentas que auxiliam o processo de desenvolvimento da pesquisa, nas quais fazem parte: consulta de periódicos, explorou pesquisas acadêmicas de graduandos, mestrados e doutorados em temas que contribuem para o desenvolvimento deste trabalho. Questionário de depoimentos, ferramenta utilizada para a interação com os estudantes do centro estudantil que se mostraram interessados com a pesquisa, visando entender o que cada estudante pensa sobre o assunto, além de compor o processo de aprofundamento do problema de pesquisa. Para assim, apresentar soluções que se aproximam ao máximo da realidade desses discentes e consiga sanar ou ao menos reduzir o problema aqui apresentado.

Esta etapa é o ponto chave da construção da pesquisa, conduz o pesquisador a perceber a realidade que está por trás da simplória problemática enxergada pelo mesmo no momento inicial. Quando o indivíduo decide que fará a pesquisa, ainda não sabe das dimensões reais que a problemática está envolvida, portanto, é de suma importância a etapa da exploração do problema. De acordo com [Martins \(1964 apud GOMIDES, 2002\)](#), a humanidade em seu processo de desenvolvimento trouxe consigo o desejo de conhecer a realidade e conhecer as verdades que estão omitidas, mas para isso foi preciso desenvolver mecanismos para se obter essas realidades, então, desenvolveu-se o mecanismo da pesquisa científica, modelo que possibilita até os dias atuais a descoberta de verdades de maneira metodológica a partir de outras verdades já conhecidas. Portanto, conhecer profundamente o problema de pesquisa é essencial ao traçar as estratégias metodológicas.

##### 3.1.1.1 Consulta de Periódicos

A princípio, o que pode levar um estudante a construir uma estação meteorológica. Pode existir diversos motivos, o primeiro deles é o interesse no desenvolvimento de tecnologias, juntando-se a necessidade por informações do cruzamento de dados meteorológicos ou simplesmente disponibilizar dados de condição de tempo, ou ainda, propor o desenvolvimento tecnológico visando a acessibilidade. Neste trabalho de pesquisa, deseja-se contemplar todos esses motivos.

O trabalho surge com a necessidade de obtenção de dados de velocidade do vento, direção do vento, temperatura e umidade, para iniciar um estudo de implantação de um micro aerogerador na instituição de ensino a qual o pesquisador faz parte. Deste modo, nasce a ideia

de construir uma estação meteorológica. Tecnologia de baixo custo que abarca conhecimentos físicos, de programação, de eletricidade, tudo visando disponibilizar dados meteorológicos. Em seguida nasce outra possibilidade, auxiliar alunos do centro de energia e sustentabilidade a desenvolver trabalhos acadêmicos. Com a estação os estudantes podem ter acesso a esses dados e utiliza-los em diferentes trabalhos acadêmicos que estejam realizando no centro estudantil.

Para alcançar o objetivo foi preciso estudar o desenvolvimento da estação meteorológica, levando em consideração conhecimentos já existentes obtidos a partir de trabalhos acadêmicos relacionados ao tema de pesquisa disponibilizados em sites de pesquisas científicas. Entende-se que não é possível estruturar um trabalho acadêmico simplesmente se baseando nos próprios conhecimentos, mas sim se baseando em diferentes pontos de vista. Por tanto, a consulta de periódicos é tão importante para o trabalho acadêmico, visa trazer informações sobre áreas diversas do conhecimento.

Figura 12 – Página inicial da Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso



Fonte: Página da biblioteca da UFRB, disponível em: <<http://www.repositoriodigital.ufrb.edu.br/>>.

Os dados obtidos com a construção desta estação, em hipótese alguma visa substituir os dados das estações meteorológicas oficiais distribuídas pelo Brasil, mas sim promover a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico, permitindo que interessados em construções tecnológicas vejam que é possível desenvolver um instrumento de coleta de dados meteorológicos sem gastar muito dinheiro.

### 3.1.1.2 Questionário de Depoimentos

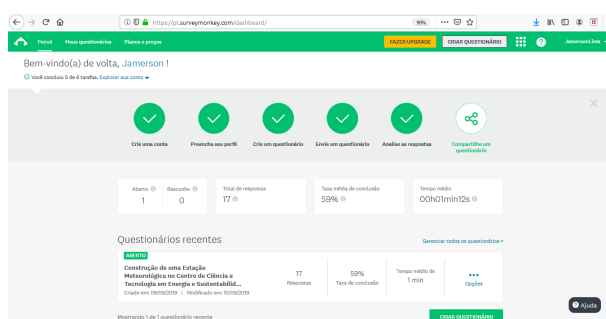
A aplicação desta ferramenta neste trabalho pretendeu conhecer as opiniões daqueles que são os beneficiados com a construção da estação meteorológica e a disponibilidade dos dados coletados.

O questionário de depoimentos é constituído de seis perguntas, cinco básicas que se referem a nome, curso, semestre, se já desenvolveu ou está desenvolvendo o trabalho de

conclusão de curso, se permite ou não utilizar as informações prestadas, neste trabalho de pesquisa e uma outra pergunta, também de extrema importância para a delimitação do problema que questiona, como os dados disponibilizada por uma estação meteorológica instalada no CETENS pode ou poderia ter contribuído no desenvolvimento da pesquisa de cada um desses estudantes.

Esse questionário foi desenvolvido a partir de uma ferramenta chamada surveymonkey, disponibilizada na internet no site <https://pt.surveymonkey.com>, facilmente aplicável e muito útil no desenvolvimento de questionários. Escolheu-se este aplicativo, por ser gratuito e de fácil acesso. Foi preciso apenas ter uma conta de e-mail, preencher as informações básicas de nome, e-mail e senha para utiliza-lo.

Figura 13 – Página inicial da SurveyMonkey



Fonte: Página de trabalho da SurveyMonkey, disponível em:  
<<https://pt.surveymonkey.com/dashboard/>>.

A etapa de aplicação da pesquisa geralmente ocorre de maneira ágil, porque o site disponibiliza link de acesso direto ao questionário, assim o pesquisador pode encaminhar o link aos pesquisados por diversos meios, Whatsapp, e-mail, Facebook, entre outros. A ferramenta SurveyMonkey, conta com diversas outras sub ferramentas que possibilita a rápida análises do questionário a medida que são preenchidos, isso facilita a vida do pesquisador na elaboração do seu trabalho.

### 3.1.2 Formulação do Problema

A elaboração do problema se baseia na etapa exploratória, a qual é constituída de duas ferramentas metodológicas, a consulta de periódicos e o questionário de depoimentos, os quais demarcam a amplitude do problema e norteia o foco do trabalho de pesquisa-ação.

O problema de pesquisa, como já foi explicitado, surge a partir da necessidade de instrumentos voltados ao estudo da energia eólica no centro estudantil. O interesse de alguns estudantes e do próprio pesquisador, por conhecer mais profundamente o funcionamento de um micro gerador eólico, o levou a deslumbrar a possibilidade de instalação de um protótipo de micro gerador eólico no CETENS. Para isso, é imprescindível a elaboração de um estudo voltado ao dimensionamento do gerador, para posteriormente haver a construção desse protótipo

de geração eólica de energia. A partir daí, percebeu-se que para a realização desse estudo seria necessário obter dados meteorológicos do local de instalação do gerador, a partir desse momento surgiu o problema de pesquisa em questão. Foi necessário construir uma estação meteorológica, para se obter dados específicos do local de estudo.

Pretende-se utilizar os dados coletados num período de tempo predeterminado, no desenvolvimento do estudo do dimensionamento do micro aerogerador que ficará disponível aos estudantes do CETENS, para a realização de estudos voltados a área de energia eólica. Por esse motivo, o presente trabalho se interessa em saber as opiniões desses estudantes quanto a presença de uma estação meteorológica e um micro gerador eólico em funcionamento no ambiente educacional servindo como laboratório ao aprendizado prático.

### 3.1.3 Construção da Hipótese

Elaborado o problema de pesquisa, a hipótese busca responder como o problema em questão pode ser resolvido. Neste caso, existem duas possíveis soluções, a primeira é utilizar dados meteorológicos de estações próximas do local de estudo e a segunda opção é de fato construir a estação meteorológica utilizando os sensores nos quais têm necessidade pelos dados. Neste trabalho, optou-se pela segunda opção pelo motivo de haver interesse na construção de novas tecnologias voltada a medição.

### 3.1.4 Realização do seminário

O seminário é parte que compõe a elaboração do problema de pesquisa. Nesta etapa esteve presente, estudantes do centro estudantil interessados no funcionamento da estação meteorológica e na coleta de dados e o professor do componente trabalho de conclusão de curso o qual contribuiu na organização do trabalho.

Todos participaram com suas opiniões no que se refere a: como apresentar o trabalho, local de instalação da estação, como esses dados podem ser aproveitados em trabalhos acadêmicos e o quanto esse trabalho pode ser importante para futuros estudantes que irão elaborar outros projetos acadêmicos.

### 3.1.5 Seleção da Amostra

Se fez necessário delimitar os elementos que fazem parte da pesquisa e as pessoas que foram pesquisadas. Pode-se optar por selecionar uma amostra ou todos os elementos. Essa decisão dependerá da quantidade de elementos pesquisados. O ideal é que para números grandes de indivíduos selecione amostras e para números pequenos trabalhe com todos. Neste trabalho, optou-se por pesquisar artigos acadêmicos postados por conhecedores de temas que se aproximam a fontes de energias, sustentabilidade, geração de energia e estação meteorológica.

#### 3.1.5.0.1 Seleção dos estudantes

Foram selecionados dezessete estudantes que fazem parte do cenário pesquisado e se mostraram interessados na proposta do trabalho. Os indivíduos se mostraram adeptos a ideia, primeiramente pelo motivo de haver inovação envolvida e segundo por poderem usufruírem do instrumento de várias formas. Alguns dos estudantes estão desenvolvendo trabalhos acadêmicos e cogitaram a possibilidade de utilizar os dados em seus trabalhos, porém outros apesar de se interessarem pela proposta, disseram que seus trabalhos não envolve os dados coletados, por esse motivo não irão utilizá-los. Aqueles que já desenvolveram suas produções acadêmicas, perceberam como esses dados poderiam contribuir em seus trabalhos e abriram a possibilidade para a utilização desses dados em outras possíveis produções. Desta maneira, pôde-se perceber que a maior parte dos estudantes selecionados pensaram como a tecnologia desenvolvida pode fazer parte dos seus projetos e o quão importante pode se tornar esse equipamento.

#### 3.1.6 Projeto

Trata-se do planejamento e organização das etapas de construção do instrumento. Inicia-se, com o desenho estrutural da estação, cotando todas as dimensões com foco na altura final, altura que se deseja fixar os sensores. Em seguida, foi dimensionado o sistema cuja função é coletar os desejados. Vale lembrar que este instrumento visa coletar dados de velocidade do vento, direção do vento, temperatura e umidade, portanto, foram somente agregados três sensores que correspondem a cada um desses, respectivamente.

Nesta etapa projetou a estação meteorológica. A partir desse momento recomenda-se uma leitura mais apurada, porque, inicia-se o passo a passo da construção da estação meteorológica. Acredita-se que seguindo todas essas instruções não ocorrerá problemas na construção e no funcionamento da estação.

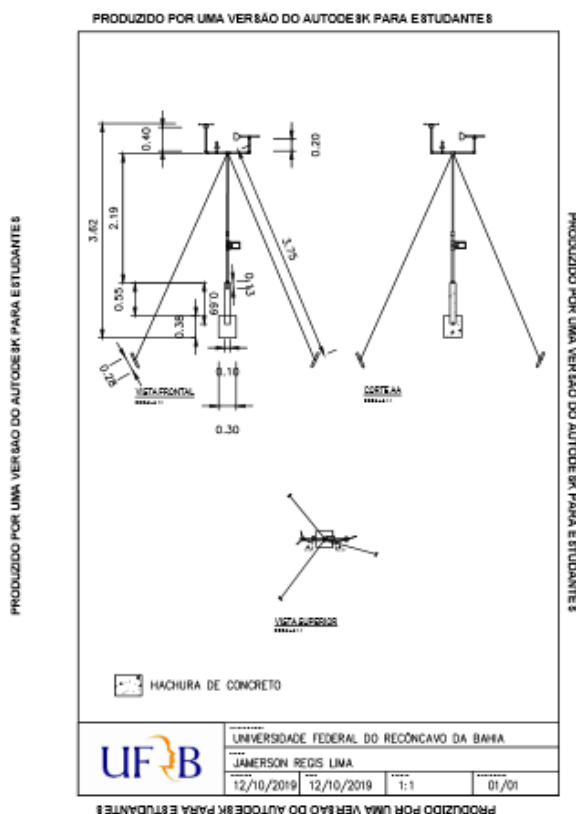
A população a ser beneficiada com esse instrumento é a própria comunidade acadêmica, estudantes e professores que fazem parte do polo educacional da UFRB em Feira de Santana, além de outros cidadãos que também tenham interesse. De fato, a intenção do pesquisador é difundir a tecnologia e torná-la acessível. A comunidade acadêmica da UFRB assume o compromisso social em disponibilizar tudo aquilo que foi desenvolvido no interior da instituição e é em base nesse compromisso que se abre as portas para a sociedade compartilhar dessa tecnologia.

Esse instrumento pode ser construído por qualquer indivíduo independente de conhecimentos prévios, pois neste trabalho fica disponível todo o passo a passo da construção, desde a estrutura base até o seu funcionamento. A ideia é possibilitar que estudantes do ensino médio e/ou universitários desenvolvam essa ferramenta em suas escolas, universidades e percebam o quanto pode ser interessante aprender construindo.

No apêndice B está o projeto da estação meteorológica construída no software AutoCad, com todas as dimensões para facilitar a construção da estrutura. Desta forma, o indivíduo que

desejar replicar a ideia pode utilizar o mesmo projeto como referência; basta apenas adequá-lo às necessidades dimensionais de altura e largura ou na implementação de outros sensores assim como desejar.

Figura 14 – Projeto da Estação Meteorológica



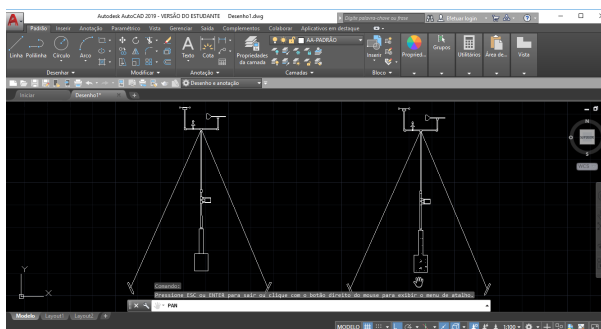
Fonte: Do Autor.

### 3.1.6.1 Estrutural

O projeto estrutural foi desenvolvido no software AutoCad na versão estudantil com o proposito de facilitar a visualização do projeto. As medidas utilizadas em cada peça foram calculadas visando alcançar a altura ideal de três metros e oitenta centímetros aproximadamente, altura dos telhados da universidade. Como o intuito é utilizar os dados da estação em outro trabalho acadêmico de viabilidade técnica de instalação de um micro aerogerador nesse mesmo local e nessa mesma altura, fixaram-se essas dimensões como ideais para a operação da estação.



Figura 15 – Projeto no software AutoCad



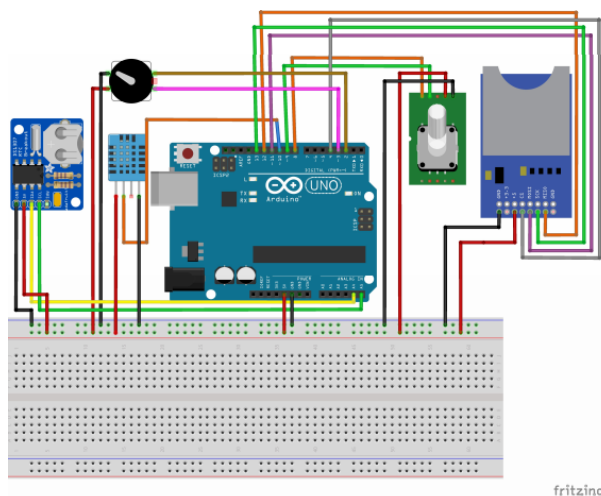
Fonte: Do Autor.

A estrutura foi composta por tubos de policloreto de vinila (PVC), polímero utilizado na fabricação de canos para fluxo de água e esgoto. O PVC é bastante resistente a intempéries e facilmente encontrados em lojas de materiais de construção e também em resíduos da construção civil. Utilizaram-se também fios de náilon para fixar a estrutura e impedir que a mesma se movimentasse com os fluxos de vento. Uma lata de tinta concretada foi utilizada para mantê-la fixa ao chão.

### 3.1.6.2 Sistema

O esquema de conexões foi desenvolvido no software Fritzing. O software conta com diversas ferramentas, dispositivos e sensores abarcados em seu sistema. O objetivo do programa foi tornar a eletrônica acessível a qualquer pessoa, dispõe de um ambiente criativo e permite a documentação dos protótipos desenvolvidos no programa.

Figura 16 – Esquema de conexões no software Fritzing



Fonte: Do Autor.

O software torna visível as conexões entre os sensores e a placa arduino; promoveu assim a melhor compreensão das ligações, além de obter o esquemático de todo o sistema.

### 3.1.6.3 Seleção dos materiais

Nesta etapa foram coletados materiais descartados e outros comprados em lojas de materiais de construção. A atitude em coletar materiais descartados foi buscar alternativas sustentáveis para a obtenção de materiais utilizados na estação meteorológica. Os recicláveis foram encontrados em meio a resíduos de construção civil e ferro velho. A coleta desses materiais proporcionou a diminuição dos custos e de resíduos espalhados pelo meio ambiente.

Ao buscar por esses materiais, notou-se o quão grande é o descarte de resíduos da construção civil, e o quanto esses refugos têm potencial para o reaproveitamento. São ferragens, canos de água e esgoto, concreto, madeiras, vidros, borrachas, que poderiam ser reutilizados em novos processos com outras finalidades.

#### 3.1.6.3.1 Materiais da Estrutura

- 1 lata de tinta de 18 litros que serviu de base para a estrutura e tornou mais firme ao chão;
- 0,70m de tubo PVC de 100mm de esgoto para complementar a base;
- 1,24m de tubo de água PVC de 32mm para compor a altura da estrutura e tornou mais firme a base onde foi fixado a vasilha que protege o Arduíno;
- 2,86m de tubo PVC de 20mm de água no qual elevou ainda mais a altura;
- 2 tê PVC de 32mm para fazer as conexões com o tubo de 32mm;
- 1 luva redutora PVC de 32mm para 20mm, fez a conexão do tubo de 32mm com o de 20mm;
- 1 luva PVC de 32mm;
- 2 joelhos de 90° PVC 20mm para firmar os canos base dos sensores; - 1 tê PVC 20mm;
- 3 cap tampão PVC para tubo de 20mm, serviu para tampar as extremidades dos tubos de 20mm;
- 14m de linha de náilon, firmou a estrutura depois de pronta evitando movimenta-la com a força do vento;
- 1 vasilha plástica de sorvete com tampa, protege o Arduíno de intempéries;
- 1 suporte de cadeado de bicicleta, permitiu uma conexão com o tubo de 20mm onde esta instalado o sensor de temperatura e umidade. Pode ser substituído por um tê de 20mm;
- 0,0144m de chapa super leve de alumínio encontrada em case de leitores de CD, utilizado na biruta;
- 3 palitos de churrasco, utilizados como suporte do anemômetro;
- 2 parafusos sextavado 3/16X1/2 com porca;
- 3 parafusos lentalha 3/16X3/4 com porca;
- 2 engrenagens plásticas retiradas de impressora;
- 1 tubo fino de alumínio retirada de antena de televisão para a biruta;

- 1 caixinha de metal para proteger o sensor de velocidade, pode ser substituída por uma caixinha plástica;
- 1 vasilha de gel de cabelo, protege o sensor encoder de direção;
- 1 tampa de desodorante roll on, protege o sensor de temperatura e umidade;
- 4 bolinhas de piscina de bolinhas para as pás do anemômetro;
- 1 eixo de motor de carrinho de brinquedo;
- 2kg de cimento;
- 3/4 lata de gravilhão;
- 3/4 lata de areia lavada;
- 0,84m de ripa;
- Estilete;
- Furadeira;
- Arco e serra;
- Trena;
- Pá;
- Enxada;
- Cola instantânea e
- Cola de PVC;

#### 3.1.6.3.2 Materiais do Sistema

- 1 Arduino Uno Rev3 R3 Atmega 328 Smd;
- 1 Cabo USB;
- 1 Protoboard Breadboard 400 pontos;
- Jumpers, retirados de fios de internet;
- 1 Módulo RTC DS 1307 12C com uma bateria;
- 1 Cartão de memória SD 2GB;
- 1 Módulo micro cartão SD;
- 1 Sensor de velocidade chave óptica para encoder 5mm;
- 1 Disco encoder 20 dentes para o sensor de velocidade;
- 1 Sensor de temperatura e umidade Dht11;
- 1 Módulo encoder rotativo rotary sensor de direção;
- 1 Eliminador 9V;
- 1 cubo de isopor 8,5cmX14cmX3,5 para alocar o arduíno e a placa protoboard e
- 1 Máquina de cola quente.

#### 3.1.6.4 Construção da Estação Meteorológica

A fase de construção foi dividida na etapa estrutural, de instalações e de programação. Cada uma delas abrangem técnicas diferenciadas e conhecimentos distintos.

A etapa que se destacou por ter maior grau de dificuldade, foi a de programação do Arduino. Ainda que o programa tenha sido o compilado de vários outros códigos, produzidos por autores diferentes, em alguns momentos necessitou de intervenção do pesquisador em adequações de cálculos físicos, matemáticos, ajustes de códigos, organização, criação de alguns trechos do programa, entre outros.

As etapas de montagem da estrutura e das instalações do sistema foram razoavelmente fáceis; trata-se apenas de cortes, encaixes, colagens, soldagens, ligações de circuito e testes.

#### 3.1.6.4.1 Passo a passo da estrutura

Passo A - Construiu-se a base que sustenta a estrutura da estação meteorológica.

- Preparou-se o concreto misturando 3/4 de lata de areia lavada, 3/4 de lata de gravilhão, 2kg de cimento e água. Misturou-se tudo até obter a consistências ideal para concretagem.

- Serrou-se 0,70m do tubo PVC de 100mm e 0,13m do tubo PVC de 32mm.

- Concretou-se a lata de 18L juntamente com o 0,70m de tubo de 100mm e o 0,13m do tubo de 32mm, deixando-os para fora da lata 0,55m e 0,03m respectivamente.

- Aguardou-se 48h para a secagem.

Passo B - Cortes dos tubos.

- Serrou-se o tubo PVC de 32mm em tamanhos equivalentes a 0,57m, 0,06m, 0,14m e 2X0,18m, totalizando 1,13m.

- Para o tubo PVC de 20mm foram cortados 1,33m, 0,27m, 0,16m, 0,43m e 2X0,34m, totalizando em 2,87m.

- Os dois pedaços de 0,18m do tubo de 32mm foi cortado ao meio até completar 0,13m e perfurado com uma broca de 3/16 no meio do corte de 0,13m.

Passo C - Montagem da estrutura.

- Colou-se a luva de 32mm na sobra de 0,03m do tubo com mesmo diâmetro da base concretada anteriormente.

- Encaixou-se o pedaço de 0,57m na parte superior da luva de 32mm.

- Conectou-se um dos lados do tê de 32mm no corte de 0,57m do tubo de mesma espessura e no outro lado a tira de 0,06m.

- Na parte superior da tira de 0,06m, encaixou-se outro tê de 32mm e na entrada superior do mesmo tê fixou o pedaço do tubo com 0,14m no qual conectou-se o redutor de 32mm para 20mm.

- Nas entradas dos dois tês que se encontram perpendiculares as outras duas, fixou-se as tiras de canos com 0,18m.
- No redutor de 20mm encaixou-se o tubo com mesmo diâmetro com tamanho 1,33m e na outra extremidade o tê de 20mm.
- Nas entradas do tê de 20mm, fixam-se as duas tiras com 0,34m e em suas extremidades os dois joelhos de 20mm.
- Sobre os joelhos de 20mm foram encaixados os tubos de mesma espessura com os comprimentos de 0,43m e 0,27m.
- Fixou-se o suporte de cadeado em um dos tubos de 20mm horizontais e encaixado a tira de tubo com comprimento 0,16m.
- Para finalizar, amarrou-se três linhas de náilon com 3,75m cada em mediações o tê de 20mm.
- A cola para tubo PVC só foi utilizada em algumas situações pelo qual existiu a necessidade de fixar os componentes colando-os.

#### 3.1.6.4.2 Passo a passo do sistema

- Conheceu-se todos os pinos e funções que compõe o sistema da placa arduino e dos sensores utilizados no esquema.

A0 a A5 - Entradas analógica; Pinos 2 a 13 - Pinos digitais; 5v - Pino 5 volt; 3v - Pino 3 volt; GND - Terra; USB plug - Conexão com o computador; External Power Supply - Alimentação do arduino 9v; VCC - Alimentação 5v; MOSI - Entrada principal de saída escrava; MISO - Saída Escrava da Entrada Mestre; CS - Salva a seleção; SCK - Relógio serial; D0 - Saída digital; DATA (DT) - Dados; SW - Conecta pino ao GND quando eixo pressionado.

- Utilizou-se o software Flitzing para elaborar uma prévia do sistema e conexões.
- Cortou-se todos os jumpers necessários as ligações do arduino à protoboard, micro SD e módulo RTC.
- Preparou-se o rabicho com jumpers que foram necessários a conexão dos sensores com a protoboard, sendo no total onze jumpers. Dentre os onze, seis de alimentação e terra e cinco para a troca de dados.
- Soldaram-se os jumpers nos sensores levando em consideração a cor laranja para cinco volt e branco para terra.
- Fixou-se com cola quente todos os três sensores nas extremidades da estrutura.
- Ligou-se todos os jumpers, assim como está no esquemático do sistema.
- Criou-se uma extensão para o eliminador chegar até a porta de alimentação do arduino.
- Protegeram-se os sensores de intempéries utilizando tampas e vasilhas plásticas de produtos de higiene e beleza, fixando-as na superfície da estrutura utilizando cola quente e

cola instantânea.

#### 3.1.6.4.3 Construção e montagem da programação

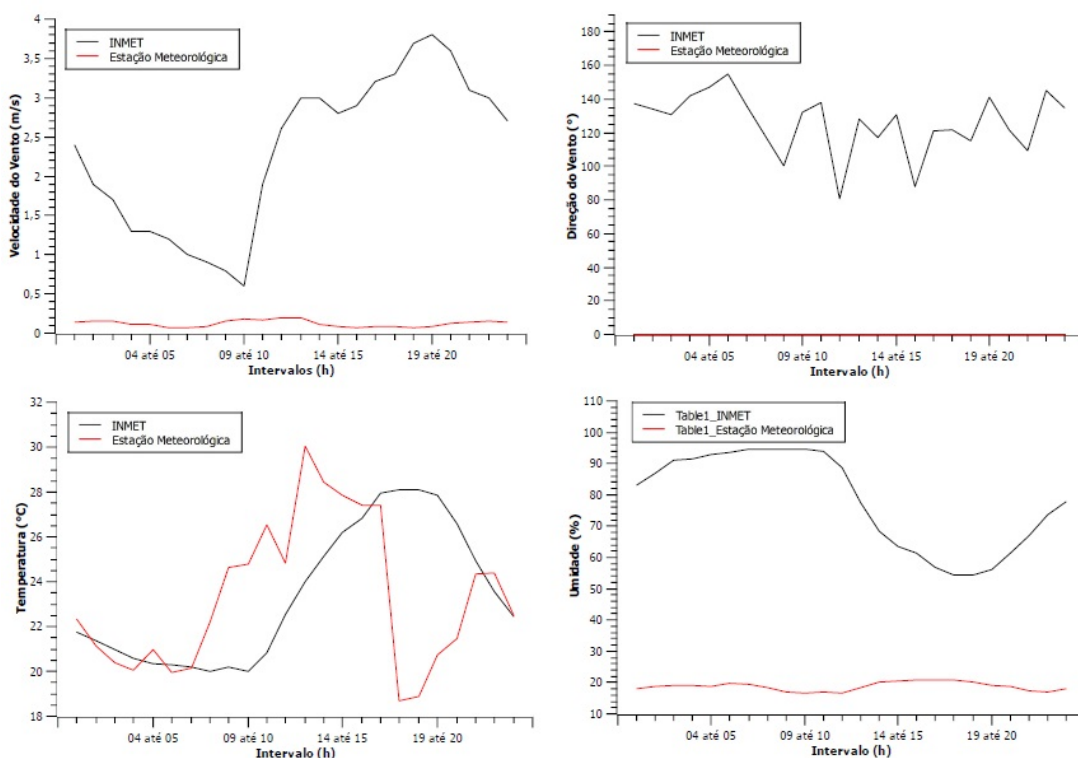
Quanto ao programa utilizado na plataforma de prototipagem (arduino Uno R3), para o funcionamento do sistema de sensores, construiu-se a partir de diversos códigos encontrados na internet nos sites da filipeflop e brincando com ideias, além da contribuição do próprio pesquisador. Em alguns casos, os códigos precisaram ser modificados por funcionarem muito bem de forma particular, porém quando compilados de maneira conjunta a outros códigos, apresentou erros, o que impediu o programa de funcionar. Para solucionar esses problemas, foram necessários ajustes nos códigos com erros de um a um, até encontrar a organização ideal. É um trabalho árduo e cansativo, principalmente para quem não tem afinidade com programação, portanto, visando facilitar a vida do indivíduo que deseja construir essa estação, foi disponibilizado no apêndice E, toda a programação utilizada na estação meteorológica.

#### 3.1.6.5 Calibragem dos Sensores

Os sensores serão calibrados numa etapa posterior. Nessa etapa, pretende-se medir a velocidade do vento, direção de vento, temperatura e umidade com outros dispositivos de medição já calibrados e comparar os dados instantâneos com os dos sensores da estação meteorológica. A partir da comparação entre os dados coletados no mesmo local e no mesmo instante, ajustar as possíveis distorções que possa haver nos sensores da estação meteorológica. Os ajustes serão realizados no próprio programa, mediante inserção de cálculos matemáticos nos códigos de programação. Acredita-se que a aplicação desses métodos, será possível verificar o quanto cada um dos sensores divergiram dos valores reais de medição e o quanto cada sensor deverá ser ajustado para alcançar níveis ideais de precisão.

Quanto aos sensores utilizados na estação meteorológica, são propício a ajustes: chave óptica encoder 5mm, DHT11 e módulo encoder rotary. Sensores responsáveis pela coletar os dados de condição de tempo. A figura 17, mostra gráficos contendo as médias de velocidade do vento, temperatura, umidade e a moda das direções do vento por intervalos de tempo. São médias e moda construídas a partir de dados coletados da estação meteorológica aqui desenvolvida e dados da Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática de Feira de Santana, figura 18, localizada na Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, Avenida Transnordestina, s/n - Novo Horizonte, Feira de Santana - BA.

Figura 17 – Dados da estação meteorológica em comparação aos dados do INMET no período entre 07/09/2019 e 05/10/2019



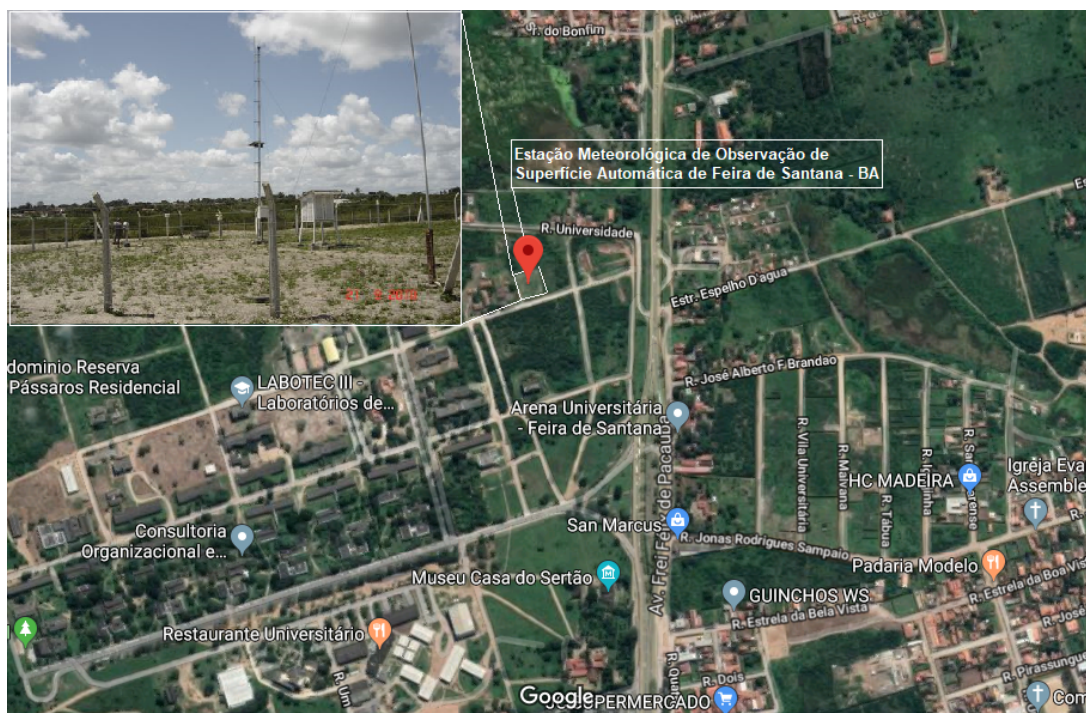
Fonte: Do Autor.

Afim de conhecer os níveis de distorções dos dados, coletados por cada um dos sensores da estação construída em relação aos dados da Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática de Feira de Santana, calculou-se o erro relativo associado a cada uma dessas medidas entre os intervalos de uma hora, utilizando a equação abaixo:

$$Erro\ relativo = \frac{erro\ absoluto}{valor\ real} \tag{1}$$

$$Erro\ relativo = \frac{|Dados\ da\ estação\ Construída - Dados\ da\ estação\ de\ Feira\ de\ Santana|}{Dados\ da\ estação\ de\ Feira\ de\ Santana} \tag{2}$$

Figura 18 – Localização da Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática de Feira de Santana



Fonte: Do Autor.

#### 3.1.6.6 Coleta de Dados

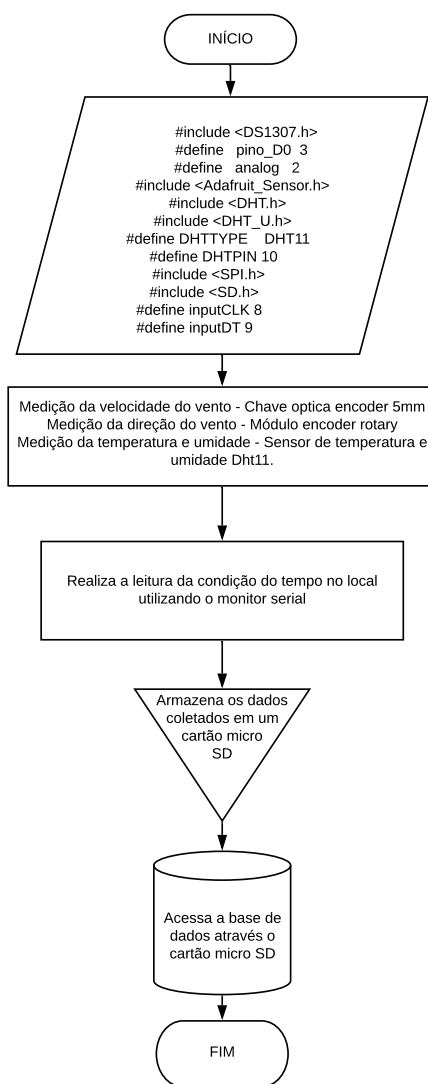
As leituras realizadas pelos sensores DHT11, encoder de velocidade e encoder rotativo, são enviadas ao módulo cartão micro SD, no qual tem a função de guardar os dados, enviando-os para um micro cartão de memória SD de 2GB entre intervalos de quatro segundos.

Todos os dados enviados ao micro cartão SD foram armazenados em um arquivo de texto. A medida que os dados são coletados, realizou-se o reset no arduino para certificar que não ocorreram erros durante o período de coleta. Vale salientar que foi possível coletar grandes quantidades de dados de forma ininterrupta, bastando apenas deixar a estação funcionando por grande período de tempo.

O banco de dados formou-se a partir do armazenamento dos dados coletados pelos sensores no cartão micro SD. Até a etapa de armazenagem, os dados passaram por diversos processos. O banco de dados está organizado por data e hora em formato de tabela. Na figura 19, pode-se visualizar o fluxograma do processo.



Figura 19 – Fluxograma do funcionamento da estação meteorológica até a formação do banco de dados.



Fonte: Do Autor.

### 3.1.6.7 Análise e Interpretação dos Dados

A análise e interpretação dos dados foi construída a partir do método comparativo. Nessa etapa o objetivo foi encontrar padrões e relações entre os dados do Instituto Nacional de Meteorologia e os dados coletados pela estação meteorológica desenvolvida por este trabalho. Para isso, agrupou-se, organizou-se, classificou-se os dados e analisou-se o comportamento dos gráficos gerados pelo INMET e os gráficos da estação.

Figura 20 – Dados da Estação Automática: Feira de Santana (BA)

Data Inicial: 07/09/2019      Data Final: 05/10/2019      Nova Pesquisa      Download de Dados

Data	Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Pto. Orvalho (°C)			Pressão (hPa)			Vento (m/s)			Radiação	Chuva	
		UTC	Inst.	Máx.	Min.	Inst.	Máx.	Min.	Inst.	Máx.	Min.	Inst.	Máx.	Min.	Vel.	Dir. (°)	Raj.	(kJ/m²)	(mm)
07/09/2019	00		20.9	20.9	20.7	89	91	89	19.0	19.3	18.9	994.4	994.4	993.8	2.3	137	3.8	-3.54	0.0
07/09/2019	01		20.4	20.9	20.4	90	90	89	18.7	19.0	18.7	994.8	994.8	994.4	1.3	124	4.0	-3.54	0.0
07/09/2019	02		20.0	20.4	20.0	91	91	90	18.5	18.8	18.5	994.6	994.7	994.6	1.3	127	2.9	-3.54	0.0
07/09/2019	03		18.7	20.0	18.7	92	92	91	17.4	18.5	17.4	994.3	994.6	994.3	0.6	125	2.6	-3.54	0.0
07/09/2019	04		18.5	19.1	18.5	93	93	92	17.4	18.0	17.4	993.9	994.3	993.9	0.7	127	1.8	-3.54	0.0
07/09/2019	05		19.3	19.3	18.5	94	94	93	18.3	18.3	17.4	993.2	993.9	993.2	1.6	147	2.8	-3.53	0.0
07/09/2019	06		19.7	19.9	19.3	92	94	92	18.4	18.7	18.3	993.1	993.2	993.0	1.8	136	4.4	-3.45	0.2
07/09/2019	07		19.2	19.7	19.2	92	92	92	17.9	18.4	17.9	993.3	993.3	993.0	1.4	138	3.4	-3.53	0.0
07/09/2019	08		18.2	19.5	18.2	93	93	92	17.0	18.2	17.0	993.9	993.9	993.3	0.7	56	3.2	-3.48	0.0
07/09/2019	09		17.4	18.3	17.2	94	94	93	16.5	17.2	16.2	994.5	994.5	993.9	0.4	103	1.4	14.56	0.0
07/09/2019	10		20.0	20.0	17.4	94	95	94	19.0	19.0	16.5	994.9	994.9	994.5	0.8	138	1.9	256.5	0.0
07/09/2019	11		22.4	22.4	20.0	89	94	88	20.5	20.5	18.9	995.5	995.5	994.9	1.6	81	4.1	1078.	0.0
07/09/2019	12		24.2	24.2	22.4	77	89	77	19.8	20.7	19.4	995.9	996.0	995.5	3.7	116	7.0	1650.	0.0
07/09/2019	13		24.8	24.8	23.7	71	78	70	19.1	20.4	18.7	995.8	995.9	995.8	3.9	117	7.6	1474.	0.0
07/09/2019	14		25.8	26.5	24.8	67	72	64	19.2	19.8	18.7	994.8	995.8	994.8	3.3	131	7.9	2223.	0.0
07/09/2019	15		26.8	27.6	25.6	60	68	57	18.3	19.8	18.0	994.1	994.8	994.1	4.2	103	8.9	2325.	0.2
07/09/2019	16		28.4	29.0	26.5	52	62	50	17.6	18.9	16.9	993.2	994.1	993.2	3.8	116	8.6	2339.	0.0
07/09/2019	17		27.9	29.0	27.2	53	55	50	17.6	18.1	16.5	992.5	993.2	992.5	5.2	117	9.3	2442.	0.0
07/09/2019	18		28.2	29.0	27.1	53	55	49	17.8	18.4	16.8	992.3	992.5	992.3	3.9	115	11.0	2118.	0.0

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia.

### 3.1.6.8 Custo

O custo de todos os materiais utilizados na construção da estação meteorológica, foram apresentados em duas tabelas, a primeira contendo os preços dos itens envolvidos na etapa estrutural, incluindo ferramentas e na segunda os preços dos dispositivos envolvidos no circuito.

Devido ao reaproveitamento de vários itens, os mesmos não precisaram ser comprados, reduzindo assim o custo total na produção da estação. Foi possível contabilizar na primeira tabela que somente algo em torno de 25,7% dos materiais precisaram ser comprados e na segunda tabela 61,54% aproximadamente.

Tabela 1 – Custo da Estrutura.

Quantidades	Materiais	Custos
1 unidade	Lata de tinta de 18 litros.	R0,00
0,70 m	Tubo PVC de 100mm de esgoto.	R0,00
1,24 m	Tubo de água PVC de 32mm.	R0,00
2,86 m	Tubo PVC de 20mm de água.	R0,00
2 uni.	Tê PVC de 32mm.	R5,80
1 uni.	Luva redutora PVC de 32mm para 20mm.	R3,00
1 uni.	Luva PVC de 32mm.	R2,30
2 uni.	Joelhos de 90° PVC 20mm.	R1,00
1 uni.	Tê PVC 20mm.	R0,70
3 uni.	Cap tampão PVC para tubo de 20mm.	R1,80
14 m	Linha de náilon.	R0,00
1 uni.	Vasilha plástica de sorvete com tampa.	R0,00
1 uni.	Suporte de cadeado de bicicleta.	R0,00
0,0144 m	Chapa super leve de alumínio.	R0,00
3 uni.	Palitos de churrasco.	R0,00
2 uni.	Parafusos sextavado 3/16X1/2 com porca.	R0,00
3 uni.	Parafusos lentalha 3/16X3/4 com porca.	R0,00
2 uni.	Engrenagens plásticas.	R0,00
1 uni.	Tubo fino de alumínio.	R0,00
1 uni.	Caixinha de metal.	R0,00
1 uni.	Vasilha de gel de cabelo.	R0,00
1 uni.	Tampa de desodorante roll on.	R0,00
4 uni.	Bolinhas de piscina de bolinhas.	R0,00
1 uni.	Eixo de motor de carrinho de brinquedo.	R0,00
2 kg	Cimento.	R2,00
3/4 lata	Gravilhão.	R0,00
3/4 lata	Areia lavada.	R0,00
0,84 m	Ripa.	R0,00
1 uni.	Estilete.	R0,00
1 uni.	Arco e serra.	R0,00
1 uni.	Trena.	R0,00
1 uni.	Pá.	R0,00
1 uni.	Enxada.	R0,00
10 g	Cola instantânea.	R5,00
17 g	Cola de PVC.	R2,50
	TOTAL	R24,10

Fonte: Do Autor.

Tabela 2 – Custo do Sistema.

Quantidades	Materiais	Custos
1 uni.	Arduino Uno Rev3 R3 Atmega 328 Smd + cabo USB.	R28,00
1 uni.	Protoboard Breadboard 400 pontos.	R13,50
—	Jumpers, retirados de fios de internet.	R0,00
1 uni.	Módulo RTC DS 1307 12C com uma bateria.	R11,00
1 uni.	Módulo cartão micro SD;	R12,00
1 uni.	Cartão de memória SD 2GB.	R12,00
1 uni.	Sensor de velocidade chave óptica para encoder 5mm.	R12,00
1 uni.	Disco encoder 20 dentes para o sensor de velocidade.	R0,00
1 uni.	Sensor de temperatura e umidade Dht11.	R15,00
1 uni.	Módulo encoder rotativo rotary sensor de direção.	R19,00
1 uni.	cubo de isopor 8,5cmX14cmX3,5.	R0,00
1 uni.	Máquina de cola quente.	R0,00
1 uni.	Eliminador 9V	R0,00
1 uni.	Frete	R10,00
	TOTAL	R132,50

Fonte: Do Autor.

### 3.1.7 Divulgação dos resultados

Ocorreu no CETENS/UFRB nas datas 27 a 30 de agosto de 2019 a II semana acadêmica de engenharia de energia. Evento promoveu a ciência e objetivou difundir conhecimentos através de palestras, network, apresentação de trabalhos e minicursos nas áreas de engenharia, tecnologia, inovação, energia e sustentabilidade.

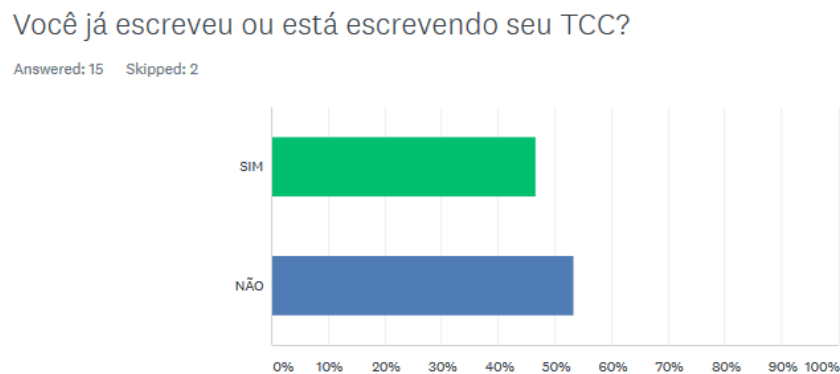
No dia 28 de agosto de 2019 das 14:00h às 16:00, contou-se com o minicurso de arduino básico para projetos de energias renováveis com o orientador Rafael Levi. Neste mesmo dia houve a divulgação deste trabalho com a apresentação da estação meteorológica de baixo custo a estudantes e professores do próprio centro e a alguns estudantes e professores do IFBA de Ilheus/Ba. Os mesmos acharam bastante interessante e cogitaram a possibilidade de replicar essa tecnologia no instituto federal de onde vieram.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Questionário de depoimentos

A maior parte dos alunos pesquisados, cerca de 88,2 %, responderam a respeito do andamento do TCC. Cerca de 46,67%, desenvolvem ou já desenvolveram o TCC, esses puderam imaginar como os dados meteorológicos podem ou poderiam ter contribuído nas produções acadêmicas. Cerca de 53,33% responderam que ainda não elaboraram o TCC, mas que os dados podem ajudá-los em suas produções. Dentre os pesquisados, menos da metade desenvolvem trabalho de conclusão de curso no segundo semestre de 2019. Para os que já fizeram o trabalho de pesquisa, existirá outra oportunidade para aproveitarem dos dados da estação meteorológica na elaboração do trabalho para a terminalidade e os estudantes que não elaboraram ainda as pesquisas, poderão utilizar os dados, tanto na pesquisa necessária a formação no primeiro ciclo, quanto na do segundo ciclo.

Figura 21 – Análise de Resultados SurveyMonkey



Fonte: SurveyMonkey.

Nas falas de alguns estudantes, percebe-se que a presença de uma estação meteorológica de pequeno porte, tem importância para alguns desses no que diz respeito a disponibilidade dos dados para o complemento de trabalhos acadêmicos. Nas palavras de um dos pesquisados, os dados meteorológicos são de grande ajuda, devido a conversação que existe entre os dados meteorológicos e o tema de pesquisa que o mesmo desenvolve. Para outro, os dados de temperatura são de grande importância para a elaboração do trabalhos acadêmicos, inclusive o que o mesmo realiza no CETENS. Os dados são importantes, porque é uma forma de contribuir com a pesquisa e a inovação. Ajuda novos estudantes a conhecer sobre a fonte eólica de energia. Outros, os dados podem até servirem, mas ainda não decidiu o tema do trabalho de pesquisa. Não pode ajudar, o tema não tem a ver com dados meteorológicos.

Percebe-se, com todas essas palavras escritas em pesquisa online, que os dados meteorológicos gerados pela estação meteorológica tem grande importância, para alguns dos

estudantes que desenvolvem trabalhos acadêmicos no CETENS. Isso permite o desenvolvimento da ciência e da tecnologia no interior da instituição e incentiva novos ingressantes a desenvolverem instrumentos desse tipo.

#### 4.2 Estação Meteorológica

A construção estrutural da estação meteorológica e principalmente o perfeito funcionamento do sistema foi alcançado depois de muitos testes. Na fase de montagem do circuito, programação e armazenagem dos dados ocorreram diversos problemas, entre eles os principais: mau contato dos condutores nas conexões, curto circuito em ligações, fonte de alimentação com defeito, pinos de sensores mal soldados, dificuldade de encontrar códigos fonte para alguns dos sensores, alguns códigos não funcionaram, código fonte não adequado para arduino, dificuldade em compilar todos os código em um único, cartão de memória com mau contato e organização dos dados no código de armazenagem, problemas que foram resolvidos visando a operação desses sensores de forma integrada, coletando dados de velocidade do vento, direção do vento, temperatura e umidade e armazenando diretamente em um cartão de memória.

A estação é uma proposta para o aprendizado das tecnologias de forma acessível a estudantes com níveis de conhecimentos variados. O interesse é disponibilizar o conhecimento na forma de trabalho de pesquisa, para que professores, pesquisadores e estudantes possam aprender a desenvolver tecnologias voltadas a registros da condição do tempo e aproveitá-los em trabalhos acadêmicos.

O instrumento pode operar 24 horas por dia coletando dados em intervalos de 4 segundos, caso o interessado em desenvolver essa tecnologia tenha necessidade de aumentar ou diminuir o intervalo de registro dos dados, basta apenas modificar o código fonte disponibilizado no Apêndice D, em `delay(4000)`. Caso haja necessidade em acrescentar ou reduzir a quantidade de sensores o ideal é entender o código fonte e fazer as devidas alterações.

Figura 22 – Estação Meteorológica



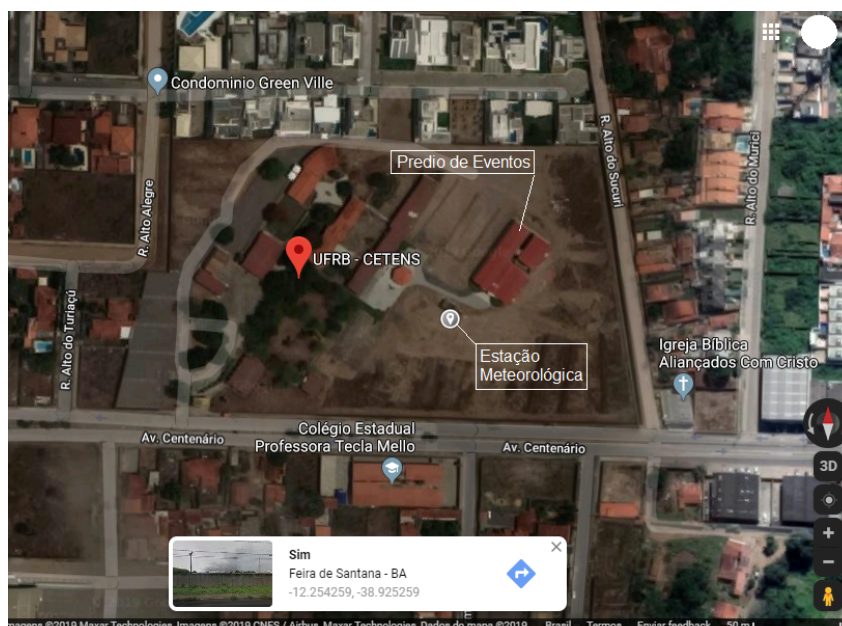
Fonte: Do Autor.

Quanto aos custos envolvidos na construção da estação meteorológica, esses foram razoavelmente baixos. Para a etapa estrutural o custo ficou no valor de R\$ 24,10 e na etapa de montagem do sistema, R\$ 132,50. As sugestões para reduzir ainda mais os custos são, buscar meios alternativos para a obtenção desses recursos através da reciclagem de canos, junções, latas de tinta, garrafas plásticas, potes e vasilhas, cabos de rede e equipamentos eletrônicos quebrados. Outra sugestão é unir-se em grupo para ratear o valor da construção do instrumento e realizar uma única compra dos equipamentos necessários para baratear o frete e evitar gastos logísticos em geral.

A presença de uma tecnologia desse porte, visível aos estudantes, professores e pessoas em geral que frequentam o CETENS, atrai a atenção dos interessados em tecnologias e os incentivam a desenvolver outras ideias, utilizando sistemas que abarcam sensores e plataformas de prototipagem. Esses sistemas são bastantes utilizados em universidades por terem grande importância no desenvolvimento a pesquisa e no aprendizado prático dos conceitos aprendidos em sala de aula.

O impacto provocado pela visibilidade da estrutura é de grande relevância, por sua instalação ter sido pensada estrategicamente a atender às demandas de dados, mas também a visibilidade do equipamento. O ponto estratégico escolhido está localizado em frente ao prédio no qual ocorre diversas palestras voltadas a engenharia, tecnologias e sustentabilidade. Na II semana acadêmica de engenharia de energia, organizado pelo próprio centro estudantil, a estação meteorológica foi citada no minicurso de arduino, ministrado pela empresa Escola do Arduino. Esse fato trouxe ainda mais credibilidade ao instrumento.

Figura 23 – Localização da estação meteorológica



Fonte: Google maps.

### 4.3 Banco de Dados

A estação meteorológica construída e instalada no CETENS é um instrumento que coleta e disponibiliza dados para a análise e transformação em informações, visando o desenvolvimento de novas tecnologias. Para tanto, existe o processo que envolve desde a coleta até a disponibilização em banco de dados. A coleta é realizada por sensores no qual cada um tem a sua própria finalidade e "mede" uma ou mais condições do tempo, a depender do tipo de sensor utilizado. No caso do DHT11, o sensor tem dupla finalidade, colhe dados de temperatura e umidade, já o módulo RTC DS 1307, módulo micro SD, chave óptica encoder, módulo encoder rotary, todos esses tiveram única finalidade nessa estação, datar e fixar o horário das coletas, armazenar os dados, medir a velocidade e pontuar as direções, respectivamente.

Os dados coletados por cada sensor são enviados à plataforma de prototipagem (arduino) e posteriormente ao módulo micro SD que realiza a armazenagem dos dados de forma ordenada. Todo o processo é bem mais complexo e envolve conhecimentos em eletrônica. Porém não foi o objetivo do presente trabalho; portanto, basta entender simplesmente a ordem de funcionamento do sistema e o caminho que os dados percorrem até serem disponibilizados em banco de dados.

O banco de dados é disponibilizado em um micro cartão SD de 2 GB com espaço suficiente para armazenar aproximadamente 15,7 bilhões de dados multiplicado pelos três sensores. Os dados ficam disponíveis a todo o corpo docente e discente da UFRB, basta simplesmente retirar o micro cartão SD do módulo, inserir no SD CARD, encaixar na entrada de SD do computador e copiar a pasta contendo toda a coleta realizada até o momento. Os mesmos estão organizados em cinco fileiras contendo os nomes e as respectivas unidades,



podem ser copiados para outros softwares para processo de tratamento e análise. A figura 24, ilustra como o banco de dados esta organizado.

Figura 24 – Banco de Dados

ESTMET - Bloco de notas  
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

HORA	DATA	TEMPERATURA	UMIDADE	VELOCIDADE DO VENTO	RPM	DIREÇÃO DO VENTO	
18:05:10	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 27 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.00 m/s	RPM: 0 r/min	Direcao do vento: 0 °
18:05:14	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 27 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.00 m/s	RPM: 0 r/min	Direcao do vento: 341 °
18:05:19	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 27 °C	Umidade: 16.00%	Velocidade: 0.00 m/s	RPM: 0 r/min	Direcao do vento: 322 °
18:05:23	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 27 °C	Umidade: 16.00%	Velocidade: 0.00 m/s	RPM: 0 r/min	Direcao do vento: 322 °
18:05:27	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.00 m/s	RPM: 0 r/min	Direcao do vento: 303 °
18:05:31	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.31 m/s	RPM: 155 r/min	Direcao do vento: 322 °
18:05:35	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.35 m/s	RPM: 175 r/min	Direcao do vento: 322 °
18:05:39	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.39 m/s	RPM: 195 r/min	Direcao do vento: 303 °
18:05:43	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.44 m/s	RPM: 223 r/min	Direcao do vento: 322 °
18:05:48	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.43 m/s	RPM: 218 r/min	Direcao do vento: 322 °
18:05:52	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.34 m/s	RPM: 172 r/min	Direcao do vento: 322 °
18:05:56	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.33 m/s	RPM: 165 r/min	Direcao do vento: 341 °
18:06:00	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.12 m/s	RPM: 59 r/min	Direcao do vento: 0 °
18:06:04	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.00 m/s	RPM: 0 r/min	Direcao do vento: 0 °
18:06:08	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.30 m/s	RPM: 150 r/min	Direcao do vento: 0 °
18:06:10	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.00 m/s	RPM: 0 r/min	Direcao do vento: 0 °
18:06:14	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.25 m/s	RPM: 128 r/min	Direcao do vento: 0 °
18:06:18	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.21 m/s	RPM: 104 r/min	Direcao do vento: 0 °
18:06:23	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.30 m/s	RPM: 151 r/min	Direcao do vento: 0 °
18:06:27	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.34 m/s	RPM: 171 r/min	Direcao do vento: 0 °
18:06:31	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.28 m/s	RPM: 142 r/min	Direcao do vento: 0 °
18:06:35	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.26 m/s	RPM: 131 r/min	Direcao do vento: 341 °
18:06:39	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.34 m/s	RPM: 171 r/min	Direcao do vento: 322 °
18:06:43	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.06 m/s	RPM: 30 r/min	Direcao do vento: 303 °
18:06:47	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.08 m/s	RPM: 38 r/min	Direcao do vento: 303 °
18:06:51	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.06 m/s	RPM: 28 r/min	Direcao do vento: 322 °
18:06:56	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.40 m/s	RPM: 203 r/min	Direcao do vento: 322 °
18:07:00	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.50 m/s	RPM: 250 r/min	Direcao do vento: 322 °
18:07:04	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.36 m/s	RPM: 182 r/min	Direcao do vento: 322 °
18:07:08	Data : 05.09.19	Friday	Temperatura: 28 °C	Umidade: 15.00%	Velocidade: 0.39 m/s	RPM: 194 r/min	Direcao do vento: 322 °

Fonte: Do Autor.

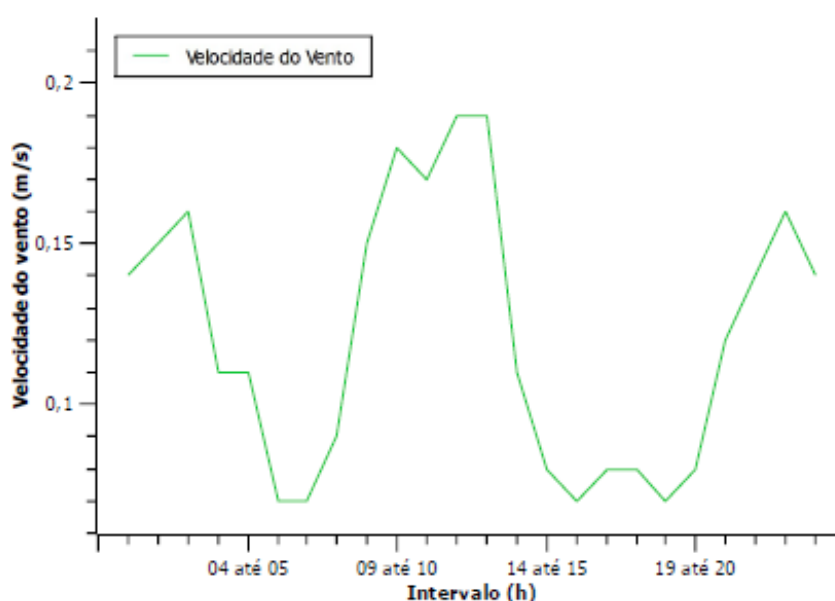
#### 4.3.1 Análise dos Dados

Os dados analisados foram coletados entre o período das 06h45 horas do dia 07/09/2019 às 03h27 do dia 05/10/2019. Em alguns momentos houveram interrupções na coleta dos dados, mas nada que pudesse interferir de forma grosseira nas médias dos dados de velocidade do vento, temperatura e umidade, também nas modas de direção do vento. Esses dados foram organizados em tabelas no software excel, separados em períodos de uma hora, justamente para conseguir informações fracionadas da condição de tempo no local. O fracionamento facilita a utilização das informações e credibiliza o trabalho, também, leva em consideração a elaboração de estudos de viabilidade de instalação de geradores eólicos, nos quais são desenvolvidos através de informações processadas de hora em hora, nada mais lógico que as análises do presente trabalho também sejam realizadas de hora em hora.

Na figura 25, é possível observar o comportamento da velocidade do vento durante as horas do dia. No período entre 00h às 03h da manhã, as médias de velocidade variaram em sentido crescente, aumentando de 0,14 m/s para 0,16 m/s, não tão significativo quanto as próximas variações. Entre o período das 03h às 06h da manhã, o nível de variação aumentou de forma significativa, porém com sentido decrescente. No período entre as 07h e as 12h, houve

variação ainda maior com sentido crescente, aumentando a média de velocidade do vento de 0,07 m/s para 0,19 m/s. Das 13h às 19h, houve também uma variação bem considerável, porém com sentido decrescente, caiu de 0,19 m/s para 0,07 m/s e por fim das 19h às 23h, amplos níveis de variações com sentido crescente chegando a média de 16 m/s. São médias bastantes pequenas quando comparadas às médias de velocidade do vento em pontos específicos no estado, porém, deve-se atentar que as medidas foram coletadas em local urbano, cercado por construções, arvores e a uma altura de aproximadamente 3,8 m.

Figura 25 – Médias de velocidade do vento por intervalos de uma hora no período entre 07/09/2019 a 05/10/2019



Fonte: Do Autor.

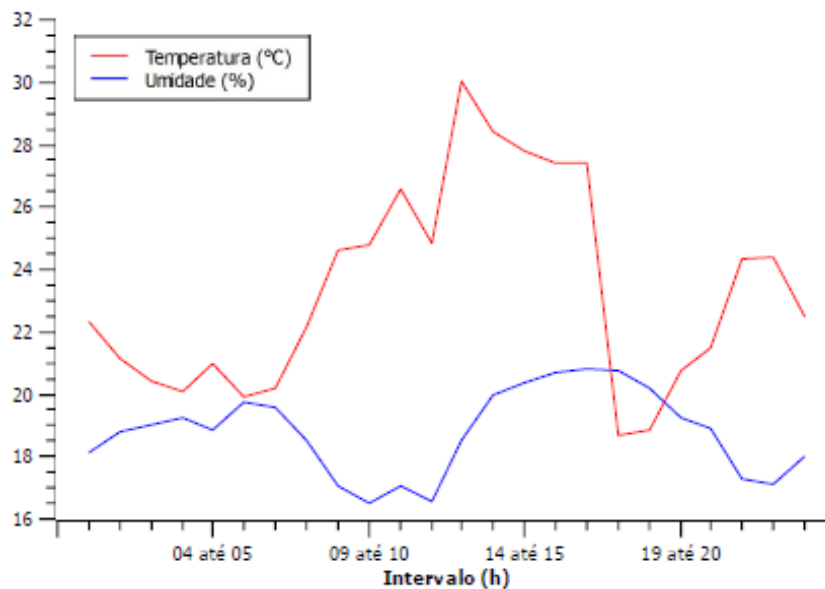
Na figura 26, é possível observar na plotagem dos dados de temperatura e de umidade que apenas no período entre as 18h até aproximadamente 19h30, houver níveis de temperaturas abaixo do percentual de umidade. Em praticamente todas as horas do dia, as médias de temperatura ficaram acima das médias de umidade. Considerando que existe relação de proporcionalidade inversa entre as duas grandezas meteorológicas, temperatura e umidade, ou seja, quanto maior é a temperatura, menor é a umidade, visto que a grosso modo a umidade é a quantidade de água na atmosfera, entende-se que esse período de temperaturas mais baixas e umidade mais alta, seja momentos com maior probabilidade de precipitações na localidade.

É possível visualizar ainda na figura 25, que as variações nos níveis de temperatura estão entre aproximadamente 18 e 30 graus Celsius, possibilitando 12 graus Celsius de liberdade de variação. Em horários mais quentes a temperatura pode chegar a aproximadamente 30 graus Celsius na média e em horários mais frios 18 graus Celsius.

A umidade tem menor grau de variação, em sua mínima atingiu aproximadamente 17% e em máxima 21%, com grau de variação de 4%. Os horários com maiores níveis de

umidade foram das 14h às 19h30 e os menores níveis foram das 09h às 12h. Em um curto período entre as 06h às 07h, os níveis de temperatura e umidade quase que tiveram o mesmo valor, aproximadamente 20C e 20% respectivamente.

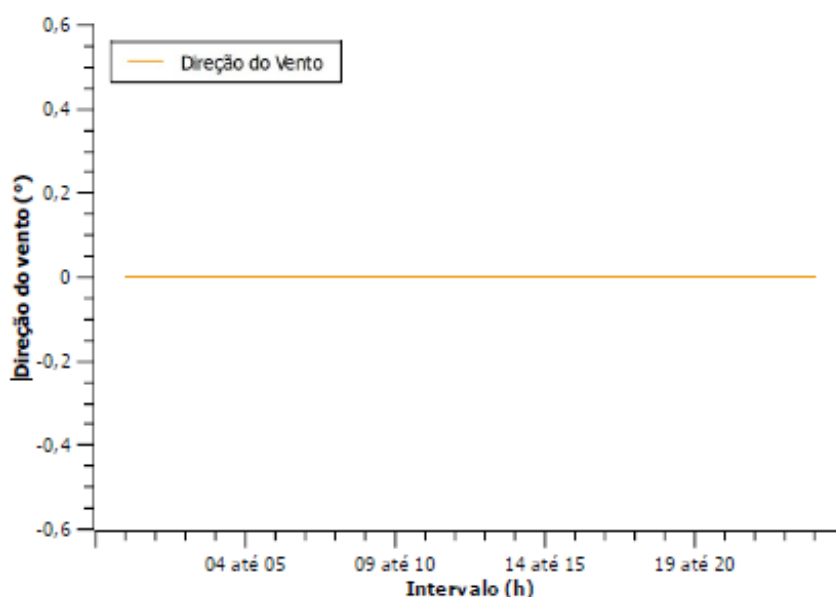
Figura 26 – Médias de temperatura e umidade por intervalos de uma hora no período entre 07/09/2019 a 05/10/2019



Fonte: Do Autor.

Na figura 27, consta a moda dos dados de direção do vento, o quanto esses dados se repetiram em cada período de uma hora. As modas se mantiveram constantes em 0 durante todo o dia, dessa forma pode-se entender que o vento no local de instalação da estação meteorológica sopra em direção ao norte real.

Figura 27 – Direção do vento com maior frequência por intervalos de uma hora no período entre 07/09/2019 a 05/10/2019

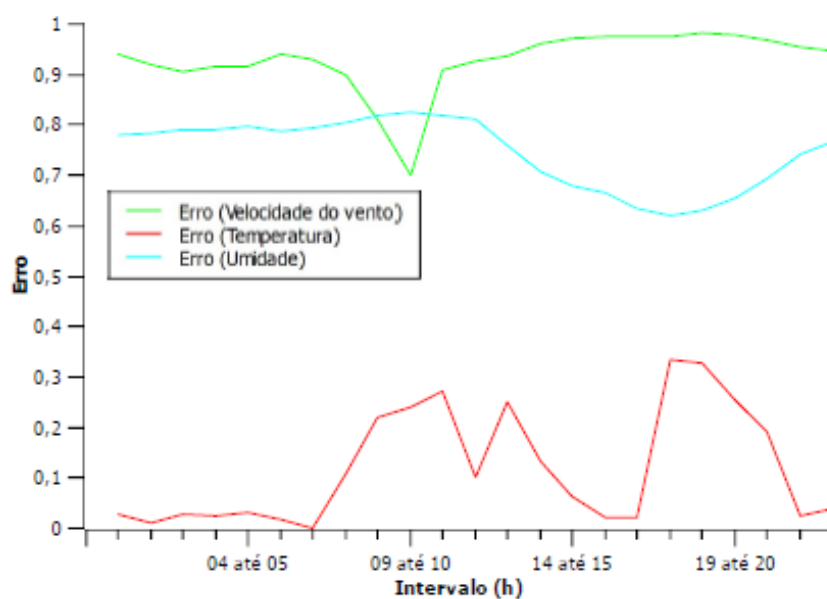


Fonte: Do Autor.

A figura 28, mostra o quanto as médias dos dados coletados pela estação construída destoam das médias dos dados coletados pela estação meteorológica automática de Feira de Santana. Nesta mesma figura é possível visualizar que os dados de velocidade do vento apresentaram maiores níveis de distorções, variando aproximadamente entre 0,7 e 0,98, enquanto que, os dados de umidade variaram aproximadamente entre 0,6 e 0,8 e temperatura aproximadamente entre 0,1 e 0,35. As variações mostram que os dados não foram precisos nem exatos, porém, vale considerar alguns fatores que contribuíram para a imprecisão e a inexatidão das medidas. O primeiro fator, as estações foram instaladas em locais diferentes, esse fator altera todas as médias de dados coletados. Segundo, cada local tem características particulares quanto a rugosidade o que pode influenciar nos fluxos de ventos, direção do vento e temperatura. Terceiro, a estação construída está rodeada de quebra ventos, árvores, prédios e postes de rede elétrica. Quarto e último fator, a altitude de operação das estações. Esse último, influencia diretamente todas as medidas, principalmente a velocidade do vento.

A Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática de Feira de Santana, opera a uma altitude maior que a altitude da estação construída neste trabalho, além de estar instalada em área aberta, pouco menos rodeada de quebra ventos. Todas essas vantagens podem proporcionar melhor condição de tempo no local, visando a geração eólica de energia.

Figura 28 – Erro relativo entre os dados da estação meteorológica construída e a Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática de Feira de Santana



Fonte: Do Autor.

## 5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de qualquer que seja a tecnologia traz benefícios ao meio acadêmico e principalmente a sociedade. A construção de tecnologias como por exemplo uma estação meteorológica, ainda que seja uma tecnologia já existente no nosso cotidiano e que apresenta dados precisos, construir tecnologias é sempre uma fonte de conhecimento incalculável. O aprendizado é algo que se constrói não apenas com teoria, mas também com prática, exercitando o que foi aprendido em sala de aula.

Com a construção da estação meteorológica não foi diferente; o aprendizado fez parte de cada etapa de produção, na montagem, fabricação, planejamento, projeto e instalação da estação. Diante todas as etapas, foi possível analisar que um estudante de engenharia precisa construir tecnologias, pois as tecnologias revolucionam o mundo e os engenheiros fazem parte dessa revolução; portanto, para o estudante de engenharia, desenvolver a habilidade construtiva é fundamental para o desempenho da profissão.

Os dados coletados pela estação meteorológica trouxeram informações importantes do local de coleta como, por exemplo: a velocidade do vento na qual variou entre 0,07m/s e 0,19m/s aproximadamente, a temperatura variou entre 19C e 30C, a umidade entre 16% e 20% aproximadamente e a direção do vento apontou para 0 (Norte). Todas essas informações foram retiradas de um bando de dados coletados no Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade em Feira de Santana/BA. Independente das médias e moda dos dados estarem ou não corretos nesse primeiro momento, o objetivo de construir uma estação meteorológica foi cumprida satisfatoriamente, enquanto que os sensores serão calibrados posteriormente. Por mais que exista uma estação profissional funcionando e disponibilizando dados a quilômetros da localização de onde deseja-se realizar estudos, nem sempre esses dados serão tão interessantes quanto os dados coletados no próprio local de estudo. Portanto, é perceptível a importância que tem uma estação móvel de coleta de dados.

A utilização do banco de dados disponibilizado por este trabalho, em pesquisas acadêmicas realizadas por estudantes do CETENS, presumi maior realidade das informações extraídas desses dados, quando se tem necessidade de realizar a coleta no local de estudo.

O presente trabalho cumpriu satisfatoriamente o objetivo de disponibilizar dados de condição de tempo para trabalhos acadêmicos, porém dados produzidos por sensores ainda não calibrados. São dados específicos do CETENS, mas que podem ser coletados em lugares diferentes, por existir a possibilidade em transportar a estação para outros locais. Essa mobilidade dá amplitude aos trabalhos acadêmicos dos estudantes do CETENS.

A estação meteorológica é um instrumento que auxilia e permite que os estudantes do Centro de Energia trabalhem o lado prático das coisas, aplicando o que aprenderam em sala de aula, desenvolvendo a criatividade e dando vida a novas tecnologias, permitindo a evolução profissional do futuro engenheiro.

## 5.1 TRABALHOS FUTUROS

Objetivando a obtenção de dados mais precisos, será realizado a calibragem dos sensores da estação meteorológica.

Este trabalho continua futuramente com o aproveitamento dos dados colhidos pela estação meteorológica na realização de um estudos de viabilidade de instalação de um micro aerogerador no Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade como trabalho de conclusão de curso, requisito fundamental para a formação como engenheiro no segundo ciclo do curso interdisciplinar em energia e sustentabilidade.

## 5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de novas tecnologias abrem as portas para um novo mundo, um mundo de criações, inovações, algo que o Brasil necessita em suas atividades produtivas. O interesse em formar profissionais mais aptos a trabalhar com o desenvolvimento de tecnologias devem ser de todos, principalmente daqueles que fazem parte do mundo universitário, portanto, criar tecnologias é essencial a formação de engenheiros do CETENS e de todas as instituições de ensino.

## Referências

- ANEEL. 2005. Citado na página 10.
- BALANCE, B. E. Balanço energético nacional. 2017. Citado na página 2.
- BARBOSA, G. G. Recursos naturais renováveis e produção de energia. **Revista Política Hoje-ISSN: 0104-7094**, v. 23, n. 1, p. 193–215, 2014. Citado 3 vezes nas páginas 14, 15 e 16.
- BRASIL, A. d. E. E. do. **3ª edição—Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL (Brasil)**. [S.l.]: Brasília, 2008. Citado na página 10.
- CASTILHOS, A.; SILVA, T. N. da. Tecnologias sociais e energias renováveis no Brasil: uma análise sobre projetos e perspectivas. **ALTEC**, 2015. Citado na página 12.
- CHESF-BRASCEP, x. 1987. Citado na página 7.
- CRESESB. **Energia Eólica Princípios e Tecnologias**. [S.l.]: CEPEL–CRESESB, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 1 e 7.
- CUSTODIO, R. d. S. **Energia Eólica para Produção de Energia Elétrica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Synergia, 2013. Citado na página 9.
- DUTRA, x. 2008. Citado na página 3.
- EPE. Plano decenal de expansão de energia. 2019. Citado na página 11.
- EWEA, x. 2009. Citado na página 8.
- FARIAS, L. M.; SELLITTO, M. A. Uso da energia ao longo da história: Evolução e perspectivas futuras. **Revista Liberato**, v. 12, n. 17, p. 07–16, 2011. Citado na página 1.
- GERAIS, x. Companhia Energética de M. 2012. Citado na página 15.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. **São Paulo**, v. 5, n. 61, p. 16–17, 2002. Citado na página 19.
- GOMIDES, J. E. A definição do problema de pesquisa a chave para o sucesso do projeto de pesquisa. **Revista do Centro de Ensino Superior de Catalão–CESUC–Ano IV**, v. 6, 2002. Citado na página 20.
- GREENPEACE, x. 2013. Citado na página 14.
- LAZZAROTTO, C.; PEIXOTO, P. Estação meteorológica da Embrapa-CPAO. **EMBRAPA-CPAO. Documentos**, Dourados: EMBRAPA-CPAO., 1995. Citado na página 17.
- LOPEZ, R. A. Energia solar para produção de eletricidade. **São Paulo: Artliber**, 2012. Citado na página 1.
- LOSEKANN, L.; HALLACK, M. Novas energias renováveis no Brasil: desafios e oportunidades. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2018. Citado 3 vezes nas páginas 12, 13 e 15.



MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia solar fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 126–143, 2015. Citado na página 15.

MANSOR, x. Vichi e. 2009. Citado na página 16.

MARTINS, x. 1964. Citado na página 20.

MENDES, A. et al. O potencial de microgeração das energias alternativas na economia social e solidaria. **CNPq**, 2017. Citado na página 12.

MONTEZANO, B. E. M. Estratégias para identificação de sítios eólicos promissores usando sistema de informação geográfica e algoritmos evolutivos. **Universidade Federal, do Rio de Janeiro**, 2012. Citado na página 8.

MORAES, F. A. C. Imcto econmico das bandeiras tarifarias nos processos tarifrios das distribuidoras de energia eltrica. **Instituto de Pesquisa Econmica Aplicada**, 2018. Citado na página 11.

MOREIRA, x. Eduardo e. 2010. Citado na página 16.

MORELLI, F. d. S. Panorama geral da energia eólica no brasil. 2012. 77 f. **TCC (Graduação)-Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos**, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 8.

NASCIMENTO, R.; ALVES, G. M. Fontes alternativas e renováveis de energia no brasil: Métodos e benefícios ambientais. **XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência—Universidade do Vale do Paraíba**, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 16.

NORMATIVA, N. R. 482, de 17 de abril de 2012. **Estabelece condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências**, 2012. Citado na página 17.

OLIVEIRA, R. A. F. d. et al. A geração de energia elétrica através do uso de biomassa na bahia: condicionantes e oportunidades. Universidade Salvador, 2006. Citado na página 10.

RESENDE, F. d. O. Evolução tecnológica dos sistemas de conversão de energia eólica para ligação à rede. Edições Universitárias Lusófonas, 2011. Citado na página 3.

SILVA, A. C. M. da et al. Estação meteorológica automática de baixo custo-low cost automatic meteorological station. **Multiverso: Revista Eletrônica do Campus Juiz de Fora-IF Sudeste MG**, v. 1, n. 1, p. 46–56, 2016. Citado na página 18.

SILVA, F. M. da; CHAVES, M. dos S.; LIMA, Z. M. C. Sistemas sinóticos e classificação climática. 2011. Citado na página 18.

SILVA, J. R. C. d. Otimização da posição de aerogeradores em parque eólico. 2014. Citado na página 14.

SIQUEIRA, L. M. P. de. **VIABILIDADE DA MICROGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA RESIDÊNCIA POR UM SISTEMA COMPOSTO POR PAINÉIS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. Citado na página 17.

SOARES, T. L. A. et al. Sistemas de produção de electricidade descentralizada baseados em energia renovável. 2009. Citado na página 17.

TERCIOTE, x. 2002. Citado na página 1.

TESSMER, H. Uma síntese histórica da evolução do consumo de energia pelo homem. **Revista Liberato**, v. 3, n. 3, 2002. Citado na página 6.

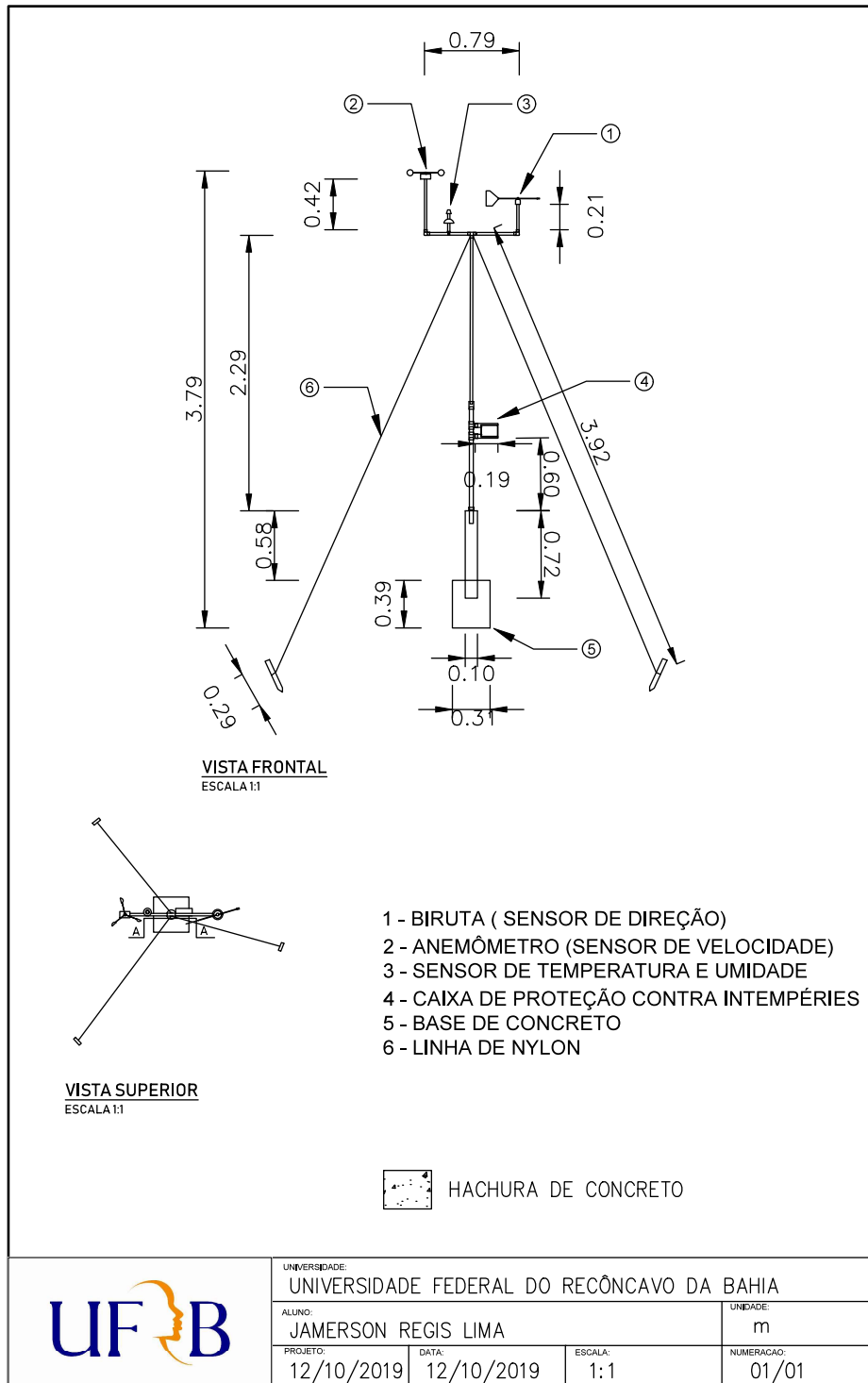
TIEPOLO, G. et al. Fontes renováveis de energia e a influência no planejamento energético emergente no brasil. In: **VIII Congresso Brasileiro de Planejamento Energético–CBPE**. [S.l.: s.n.], 2012. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 8.

TUCHTENHAGEN, P.; BASSO, J.; YAMASAKI, Y. Avaliação do potencial eólico no brasil em 2011. **Ciência e Natura**, Universidade Federal de Santa Maria, v. 36, n. II, p. 390–401, 2014. Citado na página 9.

## Apêndices

## APÊNDICE A – Projeto estrutural da estação meteorológica

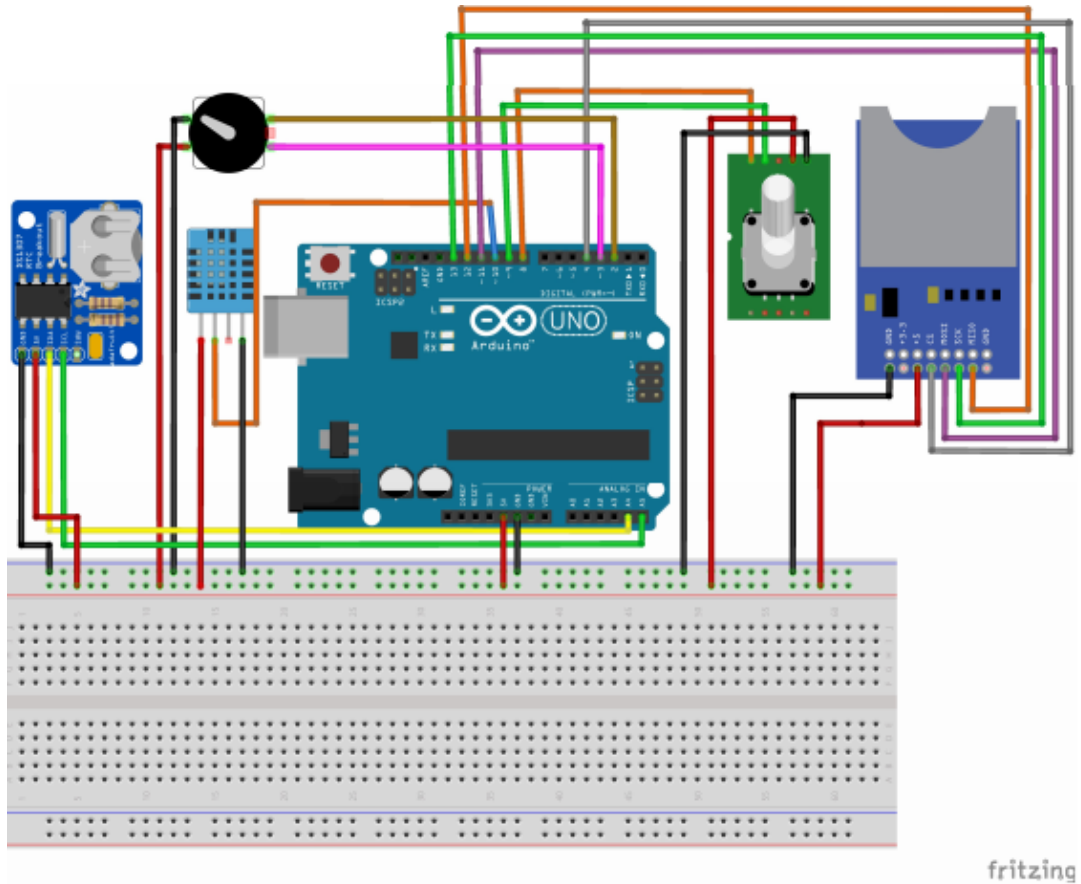
Figura 29 – Projeto da Estação Meteorológica no software AutoCad



Fonte: Do Autor.

## APÊNDICE B – Conexões do sistema

Figura 30 – Sistema no software Fritzing



Fonte: Do Autor.

## APÊNDICE C – Questionário Online

Figura 31 – Questionário online construído no SurveyMonkey

### Construção de uma Estação Meteorológica no Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade

⊕ TÍTULO DA PÁGINA

1. Olá, qual o seu nome?

\_\_\_\_\_

2. Qual o seu curso?

\_\_\_\_\_

3. Qual semestre você está cursando?

\_\_\_\_\_

4. Você já escreveu ou está escrevendo seu TCC?

SIM

NÃO

5. Se está desenvolvendo ou já desenvolveu seu TCC, como os dados disponibilizada por uma estação meteorológica instalada no CETENS pode ou poderia ter contribuído no desenvolvimento do seu trabalho?

\_\_\_\_\_

6. Posso utilizar as suas informações aqui prestadas no meu trabalho de pesquisa?

SIM

NÃO

Fonte: Do Autor.

## APÊNDICE D – Respostas dos Pesquisados

Nas palavras do estudante 1, oitavo semestre do curso Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade:

"Como o meu tema conversa diretamente com os dados climáticos da região de Feira de Santana, os dados da estação seriam de grande ajuda."

Nas Palavras do estudante 2, nono semestre do curso Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade:

"No meu trabalho em específico, os dados coletados poderiam vir a servir no que se referem as questões de temperatura em que estão submetidas o CETENS."

Nas Palavras do estudante 3, quinto semestre do curso Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade:

"Seria importante ter essa forma de contribuição pois abrange mais o vasto campo de conhecimento atribuindo inovação visto que o campus por ser novo pode ser implementado quando tem viabilidade a pesquisa."

Nas Palavras do estudante 4, sexto semestre do curso Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade:

"Pode ajudar mas ainda não desenvolvi"

Nas Palavras do estudante 5, oitavo semestre do curso Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade:

"Não muito. O tema foi aplicação do método do centro de gravidade: estudo de caso em um centro de distribuição em Feira de Santana."

Nas Palavras do estudante 6, sétimo semestre do curso Bacharelado Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade:

"Ajudará principalmente para aqueles estudantes que não possuem conhecimento sobre a área da energia eólica, e com certeza valorizará o projeto uma vez q pioneiro e projeto de suporte para os demais da área subsequente."

## APÊNDICE E – Programação

Figura 32 – Código do programa

```

//ESTACAO METEOROLOGICA//
//COMPILADOS DE PROGRAMACOES//
//MONTADO POR: JAMERSON LIMA//

//RESET//
int i=1;
void (*funcReset)() = 0;

//HORA//
#include <DS1307.h>

DS1307 rtc(A4, A5);

#define pino_D0 3
#define analog 2

// =====
int rpm;
float vel;
float velocidade;
volatile byte pulsos;
unsigned long timeold;

unsigned int pulsos_por_volta = 14;

// =====
void contador(){
    pulsos++;
}

//UMIDADE E TEMPERATURA//
/* OUT - PIN 9*/

#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>

#define DHTTYPE DHT11

#define DHTPIN 10
DHT_Unified dht(DHTPIN, DHTTYPE);
uint32_t delayMS;
int temp = 0;

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

File myFile;

//DIRECAO//
#define inputCLK 8
#define inputDT 9

int counter = 0;
int currentStateCLK;
int previousStateCLK;
int Graus = 0;

```



```
// =====  
void setup() {  
// =====  
  
  Serial.begin(9600);  
  
  //CARTÃO SD//  
  while (!Serial) {  
    ;  
  }  
  
  Serial.print("Initializing SD card...");  
  
  if (!SD.begin(4)) {  
    Serial.println("initialization failed!");  
  
    while (1);  
  }  
  
  Serial.println("initialization done.");  
  
  //HORA//  
  rtc.halt(false);  
  rtc.setDOW(FRIDAY);  
  rtc.setTime(18,05,10);  
  rtc.setDate(5,9,2019);  
  rtc.setSQWRate(SQW_RATE_1);  
  rtc.enableSQW(true);  
  
  //UMIDADE E TEMPERATURA//  
  dht.begin();  
  
  sensor_t sensor;  
  
  dht.temperature().getSensor(&sensor);  
  
  delayMS = sensor.min_delay / 1000;  
  
  //DIRECAO//  
  pinMode (inputCLK, INPUT);  
  
  pinMode (inputDT, INPUT);  
  
  previousStateCLK = digitalRead(inputCLK);  
  
  //VELOCIDADE//  
  pinMode(pino_D0, INPUT);  
  
  pinMode(analog, INPUT);  
  
  attachInterrupt(1, contador, FALLING);  
  
  pulsos = 0;  
  
  rpm = 0;  
  
  timeold = 0;  
  
}
```

```
// =====  
void loop() {  
// =====  
  
  myFile = SD.open("Estmet.txt", FILE_WRITE);  
  if(i>15){  
  
    funcReset();  
    i=1;  
  }  
  
  if(i<=15){  
  
    //IMPRIMI TEMPERATURA NA SERIAL//  
    sensors_event_t event;  
    dht.temperature().getEvent(&event);  
  
    if (isnan(event.temperature)){  
  
      Serial.println("Erro na leitura da Temperatura!");  
    }  
  
    else{  
      Serial.print("Temperatura: "); // imprime a Temperatura  
      Serial.print(event.temperature);  
      Serial.print("C");  
      temp = event.temperature;  
    }  
  
    //IMPRIMI UMIDADE NA SERIAL//  
  
    dht.humidity().getEvent(&event);  
  
    if (isnan(event.relative_humidity)){  
  
      Serial.println("Erro na leitura da Umidade!");  
    }  
  
    else{  
      Serial.print("Umidade: "); // imprime a Umidade  
      Serial.print(event.relative_humidity);  
      Serial.print("%");  
    }  
  
    //VELOCIDADE//  
  
    if (millis() - timeold >= 1000){  
  
      detachInterrupt(1);  
      rpm = (60 * 1000 / pulsos_por_volta ) / (millis() - timeold) * pulsos;  
      velocidade = (3.1415 * rpm * 0.019) / 30;  
  
      //vel = ((6.28/ (millis()*0,001)*pulsos)/ (pulsos_por_volta)* (0.13))/3 ;  
  
      timeold = millis();  
      pulsos = 0;  
  
      Serial.print("RPM: ");  
      Serial.print(rpm);  
      Serial.print(" ");  
      Serial.print(velocidade);  
      Serial.print(" m/s");  
      Serial.println();  
      i++;  
    }  
  }  
}
```

```
/*Serial.print("VELOCIDADE: ");
Serial.print(vel);
Serial.print("m/s\t");*/

Serial.print("VELOCIDADE: ");
Serial.print(velocidade);
Serial.println("m/s\t");

attachInterrupt(1, contador, FALLING);
}

//DIRECAO DO VENTO//
currentStateCLK = digitalRead(inputCLK);
if (currentStateCLK != previousStateCLK){
    if (digitalRead(inputDT) != digitalRead(inputCLK)) {
        counter--;
    }

    else {
        counter++;
    }

    if (counter > 19) {
        counter = 1;
    }

    if (counter <= -19) {
        counter = -1;
    }

    if (counter >= 0 && counter <= 19) {
        Serial.print("\t\t\t\t\t\t\t\t\t\t\tDirecao do Vento: \t");
        Graus = counter * 12 * 1.58;
        Serial.print(Graus);
        Serial.println("Âº");
    }

    if (counter >= -19 && counter < 0) {
        Graus = (19 + counter) * 12 * 1.58;
        Serial.print("Direcao do Vento: \t");
        Serial.print(Graus);
        Serial.println("Âº");
    }
}

previousStateCLK = currentStateCLK;
```

```
//HORA//
Serial.print("Hora : ");
Serial.print(rtc.getTimeStr());
Serial.print(" ");
Serial.print("Data : ");
Serial.print(rtc.getDateStr(FORMAT_SHORT));
Serial.print(" ");
Serial.println(rtc.getDOWStr(FORMAT_SHORT));

//COLETA DE DADOS PARA SD//
if (myFile) {

    myFile.print("Hora : ");
    myFile.print(rtc.getTimeStr());
    myFile.print(" ");

    myFile.print("Data : ");
    myFile.print(rtc.getDateStr(FORMAT_SHORT));
    myFile.print(" ");

    myFile.print(rtc.getDOWStr(FORMAT_SHORT));
    myFile.print("\t");

    myFile.print("Temperatura: ");
    myFile.print(temp);
    myFile.print(" *C\t");

    myFile.print("Umidade: ");
    myFile.print(event.relative_humidity);
    myFile.print("%\t\t");

    myFile.print("Velocidade: ");
    myFile.print(velocidade);
    myFile.print(" m/s\t");

    myFile.print("RPM: ");
    myFile.print(rpm);
    myFile.print(" r/min\t");

    myFile.print(" Direcao do vento: ");
    myFile.print(Graus);
    myFile.println(" Âº\t");

    myFile.close();
}

i++;
}

delay(4000);
}
```

Fonte: Filipeflop, <<https://www.filipeflop.com/>> e Brincandocomidias, <<https://www.brincandocomideias.com/>>.