

Avaliação do potencial eólico em determinadas regiões da cidade de Apucarana

Evaluation of wind potential around Apucarana city

RESUMO

João Donizete Delfino Junior
Joaojunior.1997@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Apucarana, Paraná,
Brasil

Leonardo Bruno Garcia
Campanhol
campanhol@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Apucarana, Paraná,
Brasil

Vinicius Dário Bacon
viniciusbacon@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal
do Paraná, Apucarana, Paraná,
Brasil

Este trabalho tem como objetivo investigar o potencial eólico e levantar as curvas de perfis de vento na região do município de Apucarana-PR. Para isto, inicialmente é realizado um estudo sobre o Atlas do Potencial Eólico do Estado do Paraná, juntamente com a plataforma *Weather Spark*. De modo a se obter dados mais precisos sobre potencial eólico em determinadas localidades desta região, é proposto o desenvolvimento de um anemômetro, desde a parte estrutural modelada e impressa via impressora 3D até a implementação dos circuitos eletrônicos, responsáveis pelo sensoriamento e aquisição dos dados da velocidade e direção do vento. Este primeiro protótipo é validado utilizando um ventilador residencial, de modo que perfis de vento sejam levantados e registrados no sistema desenvolvido para aquisição e armazenamento de dados.

PALAVRAS-CHAVE: Energia eólica. Anemômetro. Potencial eólico.

ABSTRACT

This work aims to investigate the wind potential and raise the wind profile curves in the region around Apucarana city. Thus, the Atlas of the Wind Potential of the State of Paraná is studied, together with the *Weather Spark* platform. In order to obtain more accurate data on the wind potential of certain points, it is proposed the development of an anemometer, starting from its structural part modeled and printed on a 3D printer until the implantation of electronic circuits responsible for detecting the wind speed and direction. This first prototype is validated using a residential fan and the wind profile of this test is raised.

KEYWORDS: Wind energy. Anemometer. Wind potential.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Com o aumento significativo das discussões a respeito da sustentabilidade e meio ambiente, há uma crescente busca pela utilização de energias renováveis (BÚRIGO, 2016). Segundo dados disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) do Ministério de Minas e Energia, referente ao ano de 2017, as energias solar e eólica correspondem a cerca de 6,9% da matriz elétrica brasileira contra 65,2% da energia hidráulica (Empresa de Pesquisa Energética, 2020). Embora o Brasil seja um exemplo no uso de fontes renováveis de energia, representando cerca de 43,5% da matriz energética (Empresa de Pesquisa Energética, 2020), ainda há uma forte dependência das fontes hídricas.

A energia eólica vem amplamente conquistando o mercado nos últimos anos devido ao seu baixo impacto ambiental, reduzido tempo para a implementação e operacionalização de turbinas eólicas, bem como custos mais atrativos (KREMES, 2016). Estudos técnicos e mapas eólicos desenvolvidos pelo Centro Brasileiro de Energia Eólica indicam que os perfis de ventos brasileiros possuem grande capacidade para a geração de energia elétrica, por apresentarem comportamentos uniformes e com velocidade adequada para geração eólica. No entanto, em alturas de até 100 metros, o vento é fortemente influenciado pelas condições de relevo, rugosidade do terreno e a presença de obstáculos. Para se utilizar adequadamente o recurso eólico da área de interesse, é de extrema importância a medição do potencial eólico desta região (PAVINATTO, 2005; SCHULTZ et al., 2007).

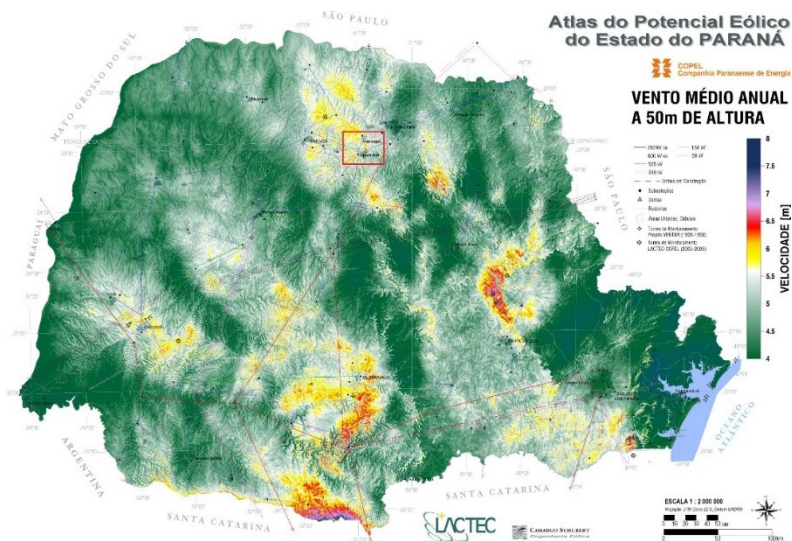
O atlas do potencial eólico do estado do paraná indica que a região da cidade de Apucarana-PR apresenta uma considerável incidência de ventos. Diante deste contexto, o presente trabalho tem por objetivo investigar o possível potencial eólico desta região, com o intuito de verificar a viabilidade técnica na utiliza o de aerogeradores de pequeno porte em projetos de sistemas de micro e minigera o distribuída. Tal estudo   realizado por meio do levantamento dos perfis de velocidade e dire o do vento em pontos estratégicos da região, via instala o de sistemas anem metros.

Para a realiza o destas medi o es de velocidade e dire o do vento, o presente trabalho apresenta também o projeto e implementa o de um sistema anemômetro com capacidade de coleta e registro de dados, elaborado especificamente para as atividades deste projeto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para estudar o potencial eólico da região de Apucarana-PR, o Atlas do Potencial Eólico do Estado do Paraná foi consultado. A Figura 1 apresenta o mapa da velocidade média anual do vento para uma altura de 50 metros. Observando a região de Apucarana, destacada em vermelho, nota-se que em algumas áreas (em amarelo) a velocidade do vento pode chegar em até 6 m/s.

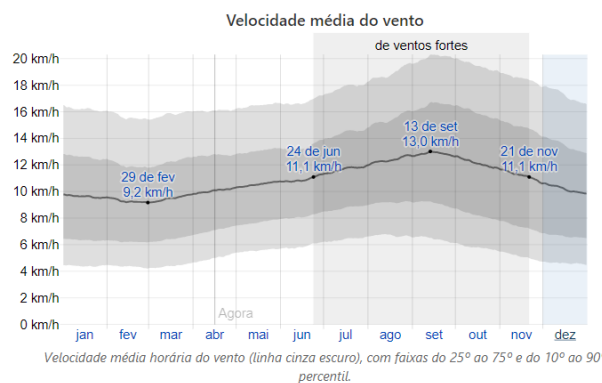
Figura 1 – Mapa da velocidade média anual do vento no Paraná para uma altura de 50 m.



Fonte: (SCHULTZ et al., 2007).

Uma vez que aerogeradores tendem a ser utilizados em áreas de menor altura, foi utilizada a plataforma online *Weather Spark* para complementar os estudos, considerando uma altura de 10 metros. Através do gráfico da Figura 2, observa-se uma média horária máxima de 13 km/h (3,61 m/s) e uma média horária mínima de 9,2 km/h (2,56 m/s) ao longo do ano.

Figura 2 – Velocidade do vento em Apucarana para uma altura de 10 m para 2019.



Fonte: (WEATHER SPARK, 2020).

Os dados apresentados na Figura 1 são obtidos através da combinação de medidas anemométricas e modelos digitais de terreno, aplicados a um modelo numérico denominado *MesoMap* (SCHULTZ et al, 2007). Na Figura 2, os dados são oriundos do método conhecido como Análise Retrospectiva da Era Moderna. Neste caso, há a combinação de diversas medições de uma área ampla em um modelo meteorológico global de última geração, resultando na reconstrução de um histórico das condições meteorológicas da região (WEATHER SPARK, 2020).

Embora os dados apresentados indiquem a possibilidade de exploração do potencial eólico desta região, o uso de modelos matemáticos resulta em uma incerteza sobre o perfil do vento em regiões mais específicas. Para levantar

informações sobre o potencial eólico de tais regiões com maior precisão, a utilização de um anemômetro torna-se necessária. Estes dispositivos são amplamente empregados na medição do potencial eólico em ambientes de implementação de aerogeradores, desde grandes parques eólicos até redes de microgeração (BARCELLOS, 2014).

Buscando uma maior facilidade de implementação, o anemômetro de copos foi o modelo selecionado para o desenvolvimento deste trabalho. As peças foram projetadas para serem impressas utilizando uma impressora 3D. Com o intuito de minimizar interferências mecânicas, adotou-se o uso de eixos metálicos fixados em rolamentos. Tanto a base das pás do anemômetro quanto o dispositivo que determina a direção do vento são fixados em eixos distintos.

O circuito eletrônico do sistema anemômetro pode ser subdividido em três blocos distintos, sendo: i) sistema responsável pelo monitoramento da velocidade do vento; ii) sistema responsável pelo monitoramento da direção do vento; iii) sistema para aquisição e armazenamento dos dados coletados em um cartão SD de memória, para posterior análise, sendo estes componentes conectados à um microcontrolador (Arduino UNO R3).

Para o circuito de monitoramento da velocidade do vento, utilizou-se um sensor de velocidade (*encoder*) juntamente com um disco *encoder* de quarenta (40) furos. O disco é fixado ao eixo do anemômetro de modo que gire proporcionalmente com o mesmo. O sensor emite um sinal que é utilizado no código do microcontrolador para se obter a velocidade em RPM, posteriormente convertida em km/h.

O sensoriamento da direção do vento é realizado através um circuito que utiliza 8 pares com sensores emissor/receptor infravermelho, sendo cada par responsável por indicar uma direção específica do vento. Estes pares são dispostos de forma circular e um material, preferencialmente branco, é fixado ao eixo do medidor de direção para refletir o sinal infravermelho ao seu respectivo par.

Visando reduzir o número de entradas digitais demandadas para o microcontrolador, foi elaborado um codificador utilizando três portas lógicas OR (CI 74HC32N). A Tabela 1 apresenta a codificação utilizada, onde a direção do vento pode ser então determinada utilizando o código BCD correspondente através do código implementado no Arduino.

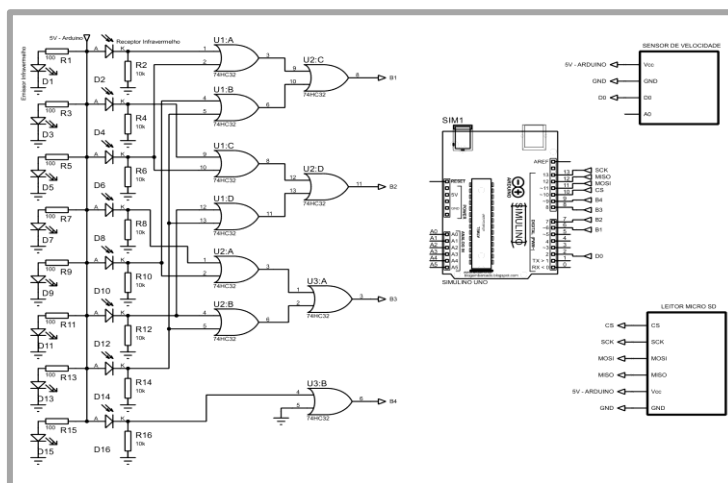
Tabela 1 – Codificações das direções do vento para implementação no código

Direção do Vento	BCD
N	0001
NE	0010
L	0011
SE	0100
S	0101
SO	0110
O	0111
NO	1000

Fonte: Próprio Autor.

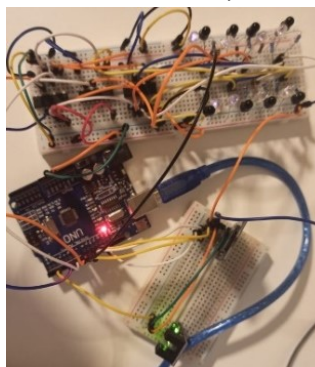
Para armazenamento dos dados coletados, utiliza-se um módulo SD. Este dispositivo armazena cada leitura realizada em um cartão micro SD, possibilitando uma posterior análise de dados. A Figura 3 apresenta o diagrama elétrico dos sistemas desenvolvidos, enquanto que a Figura 4 apresenta a foto do circuito eletrônico, implementado para realização de testes práticos e validação do funcionamento do mesmo. Já na Figura 5 é mostrado a foto do sistema anemômetro desenvolvido neste projeto, após montado por completo.

Figura 3 – Diagrama elétrico dos circuitos eletrônicos do anemômetro projetado.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 4 – Circuito eletrônico completo do anemômetro.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 5 – Sistema anemômetro completo.



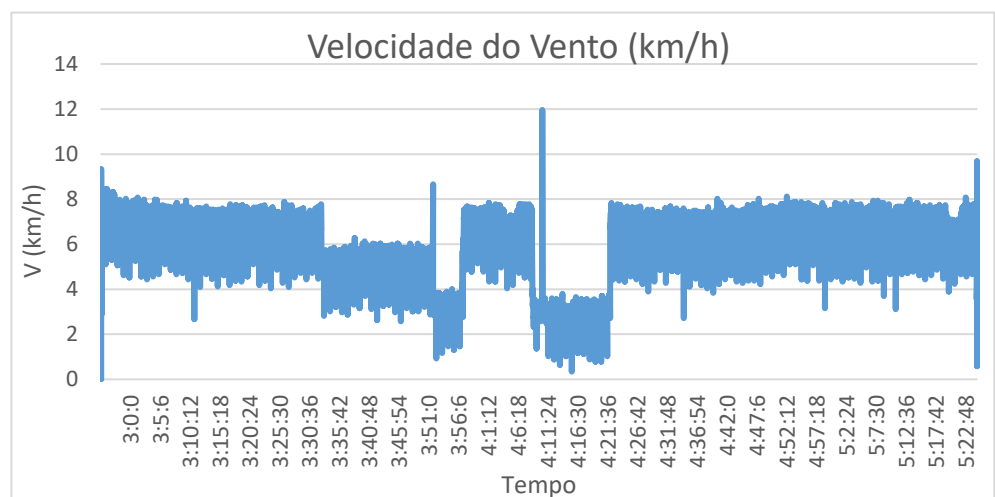
Fonte: Próprio Autor.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema anemômetro, mostrado na Figura 5, foi avaliado via ensaios experimentais, realizados por meio de um ventilador residencial. As medições realizadas foram comparadas às medições obtidas via um sistema anemômetro comercial (BENETECH GM816), possibilitando uma adequada calibração do sistema projetado.

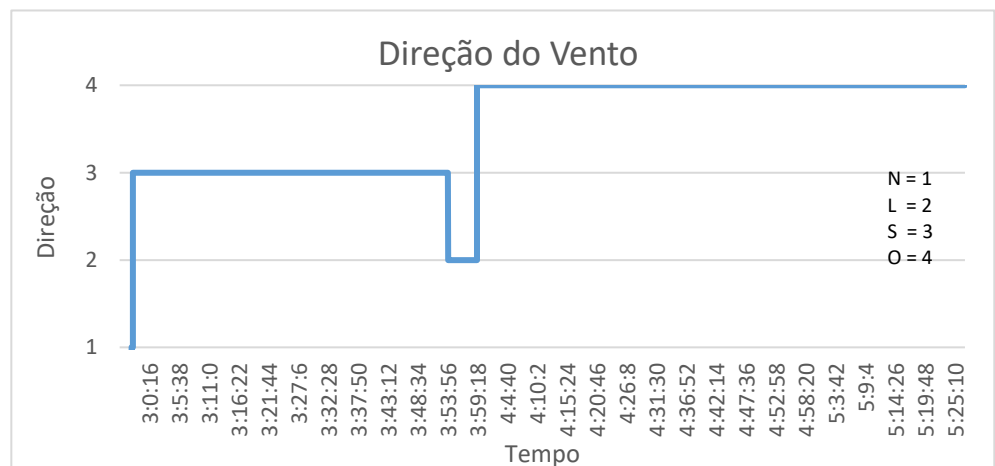
As Figuras 6 e 7 mostram, respectivamente, as curvas do perfil de velocidade e direção do vento, considerando um intervalo de medição de aproximadamente duas horas. Verifica-se resultados promissores a respeito do funcionamento do sistema anemômetro projetado, pois as grandezas de velocidade e direção do vento foram medidas, coletadas e registradas pelo sistema de armazenamento de dados. Já a Figura 8 mostra a imagem de uma janela, criada via software, para medição em tempo real das grandezas medidas de velocidade e direção do vento, e respectivo horário em que tais medições foram realizadas.

Figura 6 – Ensaios experimentais do sistema anemômetro construído: Gráfico do perfil de velocidade do vento.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 7 – Ensaios experimentais do sistema anemômetro construído: Gráfico do perfil de direção do vento.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 8 – Ensaios experimentais do sistema anemômetro construído: Janela para medição em tempo real das grandezas de Velocidade e Direção do vento.

```
Horário: 2:59:33
Velocidade do vento = 7.34 Km/h
Direção do vento = S

Horário: 2:59:34
Velocidade do vento = 7.49 Km/h
Direção do vento = S

Horário: 2:59:35
Velocidade do vento = 7.49 Km/h
Direção do vento = S

Horário: 2:59:36
Velocidade do vento = 7.78 Km/h
Direção do vento = S

Horário: 2:59:37
Velocidade do vento = 7.83 Km/h
Direção do vento = S

Horário: 2:59:38
Velocidade do vento = 7.59 Km/h
Direção do vento = S

Horário: 2:59:39
Velocidade do vento = 7.73 Km/h
Direção do vento = S
```

Fonte: Próprio Autor.

CONCLUSÕES

Com o auxílio do mapa do potencial eólico do estado do Paraná, juntamente com os dados obtidos pela plataforma *Weather Spark*, levantou-se os perfis de vento na região de Apucarana-PR. Visando obter os parâmetros necessários para determinar com maior precisão o potencial eólico de uma região específica para a implementação de um aerogerador, o desenvolvimento de um anemômetro foi apresentado.

O sistema anemômetro apresentou resultados bastante promissores, de modo que foram obtidos os gráficos de velocidade e direção do vento ao variar sua posição e velocidade de incidência no sistema, com o auxílio de um ventilador.

Tendo em vista os acontecimentos referentes à pandemia do Covid-19 e suspensão do calendário acadêmico, não houve tempo hábil para utilizar este primeiro protótipo completo para levantar as curvas de perfis de vento em determinadas localidades de Apucarana.

REFERÊNCIAS

BARCELLOS, S. N. **Avaliação de potencial eólico para aerogeradores de pequeno porte – Região de estudo:** Espírito Santo. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014. Disponível em: http://www.engenhariamecanica.ufes.br/sites/engenhariamecanica.ufes.br/files/field/anexo/2014-2_silvana_nunes_barcellos.pdf. Acesso em: 23 ago. 2020.

BÚRIGO, L. R. **Estudo de um sistema para conexão de aerogeradores de pequeno porte com a rede elétrica.** 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/168225/340511.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 ago. 2020.

CONDIÇÕES meteorológicas médias de Apucarana. Weather Spark. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29743/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Apucarana-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 01 de jun. de 2020.

KREMES, W. J. **Retificador bridgeless SEPIC PFC com rastreamento de máxima potência para processar energia elétrica de um sistema eólico de pequeno porte.** 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2413/1/PG_PPGEE_M_Kremes%2C%20William%20de%20Jesus_2016.pdf. Acesso em: 23 ago. 2020.

Matriz energética e elétrica. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica#ELETRICA>. Acesso em: 01 de jul. de 2020.

PAVINATTO, E. F. **Ferramenta para auxílio à análise de viabilidade técnica da conexão de parques eólicos à rede elétrica.** 2005. Tese (Mestrado em Ciências em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://pee.ufrj.br/teses/textocompleto/2005040102.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2020.

SCHULTZ, D. J. et al. **Atlas do Potencial Eólico do Estado do Paraná.** 2007. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas_do_Potencial_Eolico_do_Estado_do_Parana.pdf. Acesso em: 23 ago. 2020.