

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

NATÁLIA PIANCA STIER

**IDENTIFICAÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO PARA MICRO E
MINIGERAÇÃO PARA O ESTADO DO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2017

NATÁLIA PIANCA STIER

**IDENTIFICAÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO PARA MICRO E
MINIGERAÇÃO PARA O ESTADO DO PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) do Campus Campo Mourão.

Orientador: Prof. Dr. Maria Cristina Rodrigues Halmeman

Co-orientador: Prof. Dr. José Hilário Delconte Ferreira

CAMPO MOURÃO

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Ambiental - DAAMB
Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO PARA MICRO E MINIGERAÇÃO
PARA O ESTADO DO PARANÁ

por

NATÁLIA PIANCA STIER

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 20 de Junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. MARIA CRISTINA RODRIGUES HALMEMAN

Prof. Dr. JOSÉ HILÁRIO DELCONTE FERREIRA

Prof. Dr. RADAMES JULIANO HALMEMAN

Prof. Dr. MARCELO GALEAZZI CAXAMBU

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso de Engenharia Ambiental.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me dado o dom da vida e permitir que eu tenha saúde e discernimento para aproveitar todas as oportunidades que surgiram em minha vida e acima de tudo por me presentear com a minha família.

Aos meus pais, Antônio e Suely, por serem minha fonte de inspiração e estímulo, meu maior modelo de seres humanos, meus heróis, meu porto seguro, minha força, luz e esperança, meu alicerce nos momentos mais difíceis e principalmente minha fonte de amor e de vida e por me apoiarem em todas as minhas decisões ensinando que o esforço e a honestidade são a fonte do sucesso.

Ao meu irmão, Matheus, pela compreensão e conselhos nos momentos de desânimo, pela cumplicidade e principalmente por me permitir saber o que é amar uma pessoa acima de si mesmo.

A todos os professores, que estiveram presentes nessa caminhada acadêmica, transmitindo seus conhecimentos, experiências e incentivos, sugerindo sugestões e soluções para as mais adversas situações. Em especial ao Prof. Dr. José Hilário Delconte Ferreira, Prof. Dra. Maria Cristina Rodrigues Halmeman e o Prof. Dr. Radames Juliano Halmeman que ofereceram um enorme apoio em todas as etapas deste trabalho com grandiosa qualidade e capacidade tanto profissional quanto humana, auxiliando a superar cada obstáculo de maneira séria e determinada, pelo carinho, paciência, atenção e contribuição.

Aos meus amigos que acompanharam e incentivaram o processo da graduação desde o início, sempre ao meu lado, em especial: Ricardo Guicho, Guilherme Gobbi, Halana Villar, Caio Evandro, Iara Bernardy, Jéssica Brito, Lorena Ferreira, Marcos Junior, Pablo Boniol, Fernando Alves, Everton Geremias e Stéfani Onesko, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando, me dando força, me acolhendo nos momentos difíceis, compartilhando as alegrias e tristezas, pela paciência, pela ajuda, por respeitarem minha ausência, por serem positivos e essenciais nos momentos cruciais e pela amizade e companheirismo durante esta etapa.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigada.

*“ De tanto ver triunfar as nulidades,
de tanto ver prosperar a desonra,
de tanto ver crescer a injustiça,
de tanto ver agigantarem-se os poderes nas mãos dos maus,
o homem chega a desanimar da virtude,
a rir-se da honra,
a ter vergonha de ser honesto.”*

Rui Barbosa

RESUMO

A transição entre o modelo econômico atual, baseado em fontes energéticas provenientes de combustíveis fósseis, e um modelo sustentável, apoiado em fontes energéticas renováveis vem tomando destaque nos dias atuais. Neste cenário, a matriz energética brasileira se evidencia por resultar principalmente da hidroeletricidade, contudo, diversas questões vêm impedindo sua expansão. Neste contexto, fontes alternativas representam uma possível solução para complementar o fornecimento de energia elétrica. Considerando a importância deste contexto o projeto de pesquisa tem como objetivo mapear o potencial eólico de micro e minigeração para as mesorregiões do estado do Paraná como forma de embasar tecnicamente decisões de diferentes relevâncias para possíveis implantações de pequenas centrais eólicas no estado. A análise do potencial eólico do estado do Paraná, foi realizado a partir dos dados de 24 estações meteorológicas obtidos pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), que é gerenciado pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, os dados estavam dispostos na forma diária com intervalo correspondente a 1 hora do período de 2003 à junho de 2016. Com estes dados foi possível identificar a predominância de ventos no estado, a velocidade máxima e a velocidade média, além da geração de mapas temáticos apresentando o potencial eólico para dois tipos de aerogeradores confeccionados por meio do software QGis 2.16. Os resultados mostraram que há predominância de ventos de Leste (L) para a maioria do estado do Paraná, sendo a segunda direção de maior ocorrência Sul (S), seguida de Nordeste (NE). Verificou-se que houve uma dominância de maiores valores de velocidade média e máxima nos meses de setembro, novembro, outubro e agosto, correspondente ao final do inverno, primavera e início do verão e para os dados de potencial eólico, tanto para microgeração quanto para minigeração foi possível comprovar que para o estado do Paraná, a maioria dos meses não apresentaram grande variação em relação aos valores de potência encontrados, no entanto, algumas mesorregiões apresentaram potenciais à serem explorados.

Palavras-chaves: Krigagem. Mesorregiões. Velocidade do vento. Direção do vento. Potência média dos ventos.

ABSTRACT

The transition between the current economic model, based on fossil fuel energy sources, and a sustainable model, supported by renewable energy sources, has become more important today. In this scenario, the Brazilian energy matrix is evidenced mainly because of hydroelectricity, however, several issues have been preventing its expansion. In this context, alternative sources represent a possible solution to complement the electricity supply. Considering the importance of this context, the research project aims to generate a mapping of the wind potential for the micro and minigeneration to the mesoregions of the state of Paraná as a way to technically base decisions of different relevance for possible implantation of small wind farms in the state. The analysis of the wind power potential of the state of Paraná was carried out from the data of 24 meteorological stations obtained by the Meteorological Database for Teaching and Research (BDMEP), which is managed by the National Institute of Meteorology (INMET), the data was showed with an interval corresponding to 1 hour from the period from 2003 to June 2016. With these data it was possible to identify the predominance of winds in the state, the maximum speed and the average speed, besides the generation of thematic maps presenting the wind potential for two types of wind turbines made using the QGis 2.16 software. The results showed that there is a predominance of East (E) winds for most of the state of Paraná, being the second direction of greatest occurrence South (S), followed by Northeast (NE). It was verified that there was a dominance of higher values of average and maximum velocity in the months of September, November, October and August, corresponding to the end of winter, spring and early summer and for data of wind potential, both for microgeneration and for minigeration it was possible to prove that for the state of Paraná, most of the months did not show great variation in relation to the power values found, however, some mesoregions presented potentials to be explored.

Keywords: Krigagem. Mesoregions. Wind speed. Wind direction. Average wind power.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das Mesorregiões do Estado do Paraná	24
Figura 2 – Mapa de localização das Estações Meteorológicas	25
Figura 3 – Primeiro quadrimestre da velocidade média no Estado do Paraná..	29
Figura 4 – Segundo quadrimestre da velocidade média no Estado do Paraná.	30
Figura 5 – Terceiro quadrimestre da velocidade média no Estado do Paraná ..	30
Figura 6 – Primeiro quadrimestre da velocidade máxima no Estado do Paraná.	33
Figura 7 – Segundo quadrimestre da velocidade máxima no Estado do Paraná.	33
Figura 8 – Terceiro quadrimestre da velocidade máxima no Estado do Paraná.	34
Figura 9 – Predominância da direção dos ventos no Estado do Paraná.....	35
Figura 10 – Potencial Eólico para Microgeração no Estado do Paraná para primeiro quadrimestre	37
Figura 11 – Potencial Eólico para Microgeração no Estado do Paraná para segundo quadrimestre.....	38
Figura 12 – Potencial Eólico para Microgeração no Estado do Paraná para terceiro quadrimestre	38
Figura 13 – Potencial Eólico para Minigeração no Estado do Paraná para o primeiro quadrimestre	40
Figura 14 –Potencial Eólico para Minigeração no Estado do Paraná para o segundo quadrimestre.....	40
Figura 15 – Potencial Eólico para Minigeração no Estado do Paraná para o terceiro quadrimestre	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 Objetivo Geral.....	11
2.2 Objetivos específicos.....	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1 Matriz Elétrica Brasileira.....	12
3.2 Energia Eólica.....	12
3.3 Micro e Minigeração.....	14
3.4 Turbinas Eólicas.....	14
3.5 Modelos de Turbinas Eólicas	16
3.6 Potencial Eólico no Estado do Paraná	19
3.7 Pressão Atmosférica e Ventos no Estado do Paraná	19
3.8 Modelos de Interpolação Geoestatística	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Área de Estudo	23
4.2 Procedimento Metodológico	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 Velocidade Média dos Ventos	28
5.2 Velocidade Máxima dos Ventos	31
5.3 Direção dos Ventos	34
5.4 Potencial Eólico no Estado do Paraná	36
6 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

O mundo encontra-se numa fase de transição entre o modelo econômico atual, baseado em fontes energéticas provenientes de combustíveis fósseis, e um modelo sustentável, alicerçado em fontes energéticas renováveis (CRUZ, 2015).

Neste cenário, a matriz energética brasileira tem destaque por advir principalmente da hidroeletricidade, no país, dos 4.600 empreendimentos em operação, 61,09% correspondem à usinas hidroelétricas (BANCO DE INFORMAÇÕES DE GERAÇÃO, 2017). De acordo com Castro et al. (2010a) esta predominância de recursos renováveis baseada em fontes hídricas permite que a energia elétrica brasileira possua custos competitivos e sustentabilidade ambiental em uma situação incomparável em termos mundiais.

Contudo, questões geográficas, legais, sociais e ambientais vêm impedindo e limitando a construção de usinas hidroelétricas com reservatórios de grande porte, desta forma, a matriz elétrica brasileira se encontra em um processo de transição para um novo padrão que estimula à geração distribuída (CASTRO et al., 2010b).

A geração distribuída proporciona potenciais benéficos ao sistema elétrico por meio da postergação de investimentos em expansão nos sistemas de distribuição e transmissão, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a redução de perdas e principalmente, a diversificação da matriz energética (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2014).

Conforme ressalta Vergílio (2012) há duas vertentes distintas para a atuação da geração distribuída podendo ser de reserva descentralizada que pode suprir o excesso de demanda de ponta, cobertura de apagões e fornecimento em regiões com carência de fornecimento e a como fonte de energia, voltada para atender o autoconsumo, com ou sem excedente exportáveis. O autor evidencia como fontes alternativas inseridas na geração distribuída o gás natural, a biomassa, a solar, pequenas centrais hidroelétricas, centrais geradores de energia elétrica e a eólica.

Neste contexto a micro e minigeração eólica representa uma possível solução para complementar o fornecimento de energia elétrica, pois é uma das principais fontes alternativas do mundo se destacando pelo reduzido impacto ambiental e pela base tecnológica e industrial já desenvolvida (CRUZ, 2015; DALMAZ, 2007). Com a finalidade de minimizar os obstáculos para a implementação de pequenas centrais geradoras na rede de distribuição, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)

publicou a Resolução Normativa nº 487/2012, alterada pela 687/2015, que determina a microgeração distribuída até 75 KW e minigeração entre 75kW a 5 MW (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015).

Gomes e Henkes (2015) enfatizam que para que um projeto eólico seja bem sucedido e economicamente viável faz-se necessário conhecer as características referentes do projeto e suas respectivas particularidades para que a sociedade deslumbre uma economia nacional sustentável e forte e que garanta a qualidade de vida para as gerações futuras.

Considerando a importância deste contexto este projeto de pesquisa tem como objetivo gerar um mapeamento do potencial eólico para a micro e minigeração para as mesorregiões do estado do Paraná como forma de embasar tecnicamente decisões de diferentes relevâncias para possíveis implantações de pequenas centrais eólicas no estado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Mapear o potencial eólico de micro e minigeração para as mesorregiões do estado do Paraná.

2.2 Objetivos específicos

Concordando com o objetivo geral, definiu-se os seguintes objetivos específicos:

- Selecionar o período de estudo e as estações meteorológicas considerando as séries históricas disponíveis.
- Gerar médias mensais de velocidade dos ventos considerando as séries históricas selecionadas.
- Cruzar dados de ventos com métricas de micro e minigeração de acordo com a classe dos equipamentos de geração disponíveis no mercado.
- Gerar mapas de compartimentação de classes quantificando as regiões com potencial para a micro e minigeração eólica.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Matriz Elétrica Brasileira

Segundo o Banco de Informações de Geração (2017) da Agência Nacional de Energia Elétrica, o Brasil possui em sua totalidade 4.677 empreendimentos em operação, totalizando 152.176.476 kW de potência instalada.

A matriz elétrica brasileira está dividida nos seguintes empreendimentos: Central Geradora Hidrelétrica (CGH), Central Geradora Undi-elétrica (CGU), Central Geradora Eólica (EOL), Pequena Central Hidrelétrica (PCH), Central Geradora Solar Fotovoltaica (UFV), Usina Hidrelétrica (UHE), Usina Termelétrica (UTE) e Usina Termonuclear (UTN) (BANCO DE INFORMAÇÕES DE GERAÇÃO, 2017).

Em contraste com a matriz elétrica mundial, onde os recursos fósseis representam em torno de 70% da geração de energia elétrica, mesmo considerando os impactos negativos para esse tipo de geração, a oferta brasileira está alicerçada principalmente em hidrelétricas, ou seja, fontes renováveis (CASTRO et al., 2010a). As fontes renováveis de energia, segundo Martins, Guarnieri e Pereira (2008), são as principais alternativas para suprir a demanda energética da sociedade tendo como resultado a redução dos impactos ambientais decorrente do consumo de energia.

De acordo com o relatório síntese do Balanço Energético Nacional (BEN), no ano de 2015, a participação de fontes renováveis na Matriz Energética Brasileira manteve-se entre as mais elevadas do mundo apresentando 41,2% onde a média mundial é de 13,5%. Enfatizando a participação de renováveis na matriz elétrica, o Brasil apresentou um aumento em relação ao ano de 2014, fato justificado pela queda da geração térmica a derivados de petróleo e ao incremento das gerações a biomassa e eólica, apresentando assim uma porcentagem de 75,5% para o ano de 2015, muito superior se comparada à média mundial que possui 21,2% (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2016).

3.2 Energia Eólica

O combustível do sistema de energia eólica é o vento, gerado principalmente pelo aquecimento da superfície terrestre nas regiões próximas a linha do Equador e pelo resfriamento nas regiões próximas aos polos. O Movimento de rotação da Terra,

juntamente com a topografia do local, influenciam na intensidade e direção dos ventos (ALDABÓ, 2002).

De acordo com Castro et.al. (2010a), a energia eólica é uma fonte de energia intimamente complementar ao regime hídrico, pois os ventos são mais intensos e regulares justamente no período seco do ano.

Segundo o Banco de Informações de Geração (2017) este fator motiva cada vez mais pesquisas avançadas com o objetivo de se implantar parques eólicos no Brasil, o que pode ser comprovado pelo número de empreendimentos eólicos em operação, totalizando 424 em toda a matriz energética, correspondendo a 6,83% da matriz energética brasileira. Existem ainda, 162 empreendimentos em construção e 167 em construção não iniciada, o que totalizará no futuro, 329 empreendimentos eólicos.

De acordo com o Centro de Referência para Energia Solar e Energia Eólica Sérgio de Salvo Brito (2008), para que se tenha o efetivo aproveitamento dos ventos visando assim a melhor geração de energia, visto que o comportamento estatístico do vento ao longo do dia é um fator que é influenciado pela variação de velocidade do vento ao longo do tempo, alguns fatores precisam ser avaliados. A entidade ressalta ainda que, os ventos que sopram em escala global e aqueles que se manifestam em pequena escala são influenciados por diferentes condições, podendo ser destacadas a variação da velocidade com a altura, a rugosidade do terreno, os obstáculos e o relevo que pode causar efeito de aceleração ou desaceleração no escoamento do ar.

Considerando a intervenção desses fatores, é fundamental a realização de levantamentos das condições regionais visando assim, a viabilidade econômica para implantação de parques eólicos. No Brasil, de acordo com Giannini, Dutra e Guedes (2013), o segmento de energia eólica de grande porte está em processo de consolidação, em contra partida, o de pequeno porte é incipiente, porém, com grande potencial de crescimento.

A demanda brasileira de energia elétrica de base hídrica cada vez mais vem tendo sua expansão limitada principalmente por questões sociais, ambientais e geográficas, dessa forma, a matriz energética está em um processo de transição para um novo padrão de geração com a inserção de outras fontes de energia para complementarem a geração hídrica (CASTRO et.al., 2010b).

Neste contexto, Cruz (2015) enfatiza que a micro e minigeração distribuída simbolizam uma provável solução para complementar o fornecimento de energia

elétrica através de fontes renováveis, destacando a solar fotovoltaica e a eólica. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2014) entende-se como geração distribuída aquela geração de energia que abrange a eletricidade e outros energéticos, que se localizam próxima ao consumidor final, onde a instalação tem por objetivo atendimento prioritário, podendo ou não gerar excedentes energéticos comercializáveis para além das instalações do consumidor final.

3.3 Micro e Minigeração

A definição de micro e minigeração está apresentada na Resolução Normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica nº 687 de 24 de Novembro de 2015, que modifica o art. 2º da Resolução Normativa nº 482 de 17 de Abril de 2012 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012) que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica, determinando assim a microgeração distribuída como:

central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utiliza a cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalação de unidades consumidoras. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015, p.1)

E define a minigeração como sendo uma:

central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015, p.1)

3.4 Turbinas Eólicas

De forma a realizar a obtenção do recurso eólico são utilizadas turbinas eólicas ou aerogeradores, que são geradores elétricos que convertem a energia cinética, proveniente do vento, em energia elétrica (MOREIRA, 2010).

As principais tecnologias de aerogeradores são com o eixo horizontal ou vertical. Os rotores de eixo vertical são montados perpendicularmente ao solo, em geral, possuem a vantagem de não necessitarem de mecanismos de acompanhamento para a variação da direção do vento, o que reduz a complexidade do projeto, outra vantagem é fato de o gerador se encontrar na base possibilitando assim, a colocação do gerador e da caixa de velocidades no solo, sendo dispensável a construção de uma torre (SANTOS et.al., 2006a).

Por não possuírem uma torre, verifica-se nesse tipo de rotor, velocidades muito baixas ao nível do solo, fazendo necessário a utilização de espias de suporte que aumenta a área de ocupação, além da realização de um arranque forçado e em caso de manutenção, é indispensável desmontar toda a turbina, desvantagens essas que justificam a baixa fabricação de turbinas de eixo vertical (MOREIRA, 2010).

Os rotores de eixo horizontal possuem uma eficiência superior aos de eixo vertical, este modelo é montado paralelamente ao solo e necessita de mecanismos que permitam o constante reposicionamento do eixo do rotor em relação à direção do vento para um melhor aproveitamento energético. Suas hélices ficam suspensas a muitos metros do solo por uma torre, o que permite que além de ocupar pouco espaço no solo, esteja posicionada em uma altura em que a velocidade dos ventos é maior (COSTA; CASOTTI; AZEVEDO, 2009).

Quanto à posição do rotor em relação à torre, o disco varrido pelas pás pode estar a montante do vento (*upwind*), onde o vento incide na área de varredura do rotor pela frente da turbina ou a jusante do vento (*downwind*), no qual o vento incide na área de varredura do rotor por trás da turbina eólica (MARQUES, 2004). O autor enfatiza que a segunda configuração é mais adequado para turbinas eólicas de pequena escala, devido a flexibilidade do rotor durante fortes rajadas de vento, fazendo com que as pás colidem-se contra a torre, além, de gerar ruídos devido a turbulência causada no vento pela turbina.

De acordo com Santos et al. (2006a) os rotores mais utilizados para a geração de energia elétrica são os de eixo horizontal do tipo hélice, composto, normalmente, por 3 pás, entretanto, existem modelos com uma ou duas pás.

Os autores destacam que é clara a contribuição das turbinas eólicas para a geração de quantidades expressivas de energia, no entanto, a quantidade de energia transferida ao rotor pelo vento depende basicamente da densidade do ar, área de varrimento do rotor e distribuição da pressão no rotor.





3.5 Modelos de Turbinas Eólicas

Os principais modelos de turbinas eólicas para microgeração (Quadro 1) e minigeração (Quadro 2) disponíveis no mercado:

Quadro 1 – Modelos de Aerogeradores para Microgeração (continua)

Modelo	Descrição	Referência
<p>AEROPERADOR AIR SILENT X</p>  <p>Fonte: ENERGIA PURA (2017)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aerogerador para ambientes marítimos; - Operação silenciosa; - Pás na cor azul feitas de fibra de carbono; - Controlador de Carga interno; - Projetado para vida útil superior a 20 anos; - Livre de manutenções; - Líder mundial em vendas em mais de 120 países; - Distribuição Autorizada no Brasil; - Disponível em 12 V; - Garantia de 5 anos. 	<p>PRIMUS WIND POWER, Inc. (2013)</p>
<p>AEROPERADOR AIR 40</p>  <p>Fonte: ENERGIA PURA (2017)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aerogerador pronto para o carregamento de baterias; - Controlador de Carga interno; - Projetado para vida útil superior a 20 anos; - Livre de manutenções; - Fabricado nos EUA; - Distribuição autorizada no Brasil; - Disponível em 12 V, 24 V ou 48 V; - Garantia de 5 anos. 	<p>PRIMUS WIND POWER, Inc. (2013)</p>
<p>AEROPERADOR SKYTREAM MARINE</p>  <p>Fonte: ENERGIA PURA (2017)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Aerogerador pronto para Geração Distribuída da ANEEL; - Pintura anti corrosiva para litorais; - 2.4 kW de potência; - Gera 400 kWh/mês - Pronto para conexão à rede (Grid-Tie); - Vida útil superior a 20 anos; - Livre de manutenções; -Acompanha sistema de monitoramento Wi-Fi; - Fabricado nos EUA; - Garantia de 5 anos. 	<p>SOUTHWEST WINDPOWER, Inc. (2012)</p>



Quadro 1 – Modelo de Aerogeradores para Microgeração (conclusão)

<p>AEROGERADOR SKYTREAM LAND*</p>  <p>Fonte: ENERGIA PURA (2017)</p>	<p>-Aerogerador pronto para Geração Distribuída da ANEEL;</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2.4 kW de potência; - Gera 400 kWh/mês - Pronto para conexão à rede (Grid-Tie); - Vida útil superior a 20 anos; - Livre de manutenções; - Acompanha sistema de monitoramento Wi-Fi; - Certificado internacionalmente; - Fabricado nos EUA; - Garantia de 5 anos. 	<p>SOUTHWEST WINDPOWER, Inc. (2012)</p>
<p>AEROGERADOR XZERES 442SR 10 KW</p>  <p>Fonte: ENERGIA PURA (2017)</p>	<p>-Aerogerador pronto para Geração Distribuída da ANEEL;</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10 kW de potência; - Energia limpa e renovável de alta eficiência; - Gera 1500 kWh/mês (5.4 m/s); -Pronto para conexão à rede (Grid Tie); - Vida útil superior a 20 anos; - Proteção anti corrosão para litorais (Marine); - Garantia de 10 anos. 	<p>XZERES WIND (2013)</p>
<p>AEROGERADOR XZERES 50</p>  <p>Fonte: ENERGIA PURA (2017)</p>	<p>- Aerogerador pronto para a Geração Distribuída da ANEEL;</p> <ul style="list-style-type: none"> - 50 kW de potência; - Energia limpa e renovável de alta eficiência; - Gera 10.000 kWh/mês (5.4 m/s); -Pronto para conexão à rede (Grid Tie); - Vida útil superior a 20 anos; - Proteção anti corrosão para litorais (Marine); - Garantia de 5 anos. 	<p>XZERES WIND (s.d)</p>
<p>AEROGERADOR WES 50</p>  <p>Fonte: ENERGIA PURA (2017)</p>	<p>- Aerogerador pronto para a Geração Distribuída da ANEEL;</p> <ul style="list-style-type: none"> - 50 kW de potência; - Energia limpa e renovável; - Gera 12.500 kWh/mês (5.4 m/s); -Pronto para conexão à rede (Grid Tie); - Vida útil superior a 20 anos; - Distribuição Autorizada no Brasil. - Garantia não informada pelo fabricante. 	<p>WIND ENERGY SOLUTIONS (2014a)</p>

*Modelo usado no estudo

Fonte: Autoria própria

Quadro 2 – Modelo de Aerogeradores para Minigeração

Modelo	Descrição	Referência
<p>AEROGERADOR WES 80*</p>  <p>Fonte: ENERGIA PURA (2017)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aerogerador pronto para a Geração Distribuída da ANEEL; - 80 kW de potência; - Energia limpa e renovável de alta eficiência; - Gera 10.800 kWh/mês (5.4 m/s); - Pronto para conexão à rede (Grid Tie); - Proteção anti corrosão para litorais (Marine); - Vida útil superior a 20 anos; - Distribuição Autorizada no Brasil. - Garantia não informada pelo fabricante. 	<p>WIND ENERGY SOLUTIONS (2014b)</p>
<p>AEROGERADOR WES 100</p>  <p>Fonte: ENERGIA PURA (2017)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aerogerador pronto para a Geração Distribuída da ANEEL; - 100 kW de potência; - Energia limpa e renovável de alta eficiência; - Gera 11.000 kWh/mês (5.4 m/s); - Pronto para conexão à rede (Grid Tie); - Vida útil superior a 20 anos; - Proteção anti corrosão para litorais (Marine); - Distribuição Autorizada no Brasil. - Garantia não informada pelo fabricante. 	<p>WIND ENERGY SOLUTIONS (s.d.a)</p>
<p>AEROGERADOR WES 250</p>  <p>Fonte: ENERGIA PURA (2017)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aerogerador pronto para a Geração Distribuída da ANEEL; - 250 kW de potência; - Energia limpa e renovável de alta eficiência; - Gera 30.000 kWh/mês (5.4 m/s); - Pronto para conexão à rede (Grid Tie); - Vida útil superior a 20 anos; - Proteção anti corrosão para litorais (Marine); - Distribuição Autorizada no Brasil. - Garantia não informada pelo fabricante. 	<p>WIND ENERGY SOLUTIONS (s.d.b)</p>

* Modelo usado no estudo

Fonte: Autoria própria

3.6 Potencial Eólico no Estado do Paraná

Segundo Amarante et al. (2001) o país possui uma potência estimada em 143,5 GW distribuída da seguinte forma: a região Nordeste apresentando uma potência estimada em 75,0 GW, a região Sudeste com 29,7 GW, a região Sul com 22,8 GW, a região Norte com 12,8 GW e a região Centro - Oeste com 3,1 GW. Os dados foram estimados com base em uma velocidade média dos ventos de 7 m/s a 50 metros de altura, portanto, as informações não podem ser aplicadas para empreendimentos de micro e minigeração. Para que se tenha unidades de micro e minigeração é necessário a realização de estudos para alturas limitadas entre 10 e 40 metros.

De acordo com o Atlas do potencial eólico do estado do Paraná publicado no ano de 2007, em termos de sazonalidade, os ventos mais intensos ocorrem no estado na segunda metade do ano, este fato sinaliza um potencial de sinergia na integração das fontes eólicas e hidráulica no sistema elétrico. Para o litoral e ilhas do estado a ação das brisas marinhas aumentam a velocidade dos ventos no período das 11 até as 18 horas. Nos planaltos centrais e sul, a velocidade se intensificam durante o período noturno, e por fim no Norte, ocorre no período da manhã, já no interior do estado essa velocidade diminuem no período da tarde (SCHUTZ et al., 2007).

Segundo o Mapa de vento médio anual a 100 metros de altura presente no Atlas do potencial eólico do estado do Paraná do ano de 2007 (SCHUTZ et al., 2007), as regiões de Tibagi, Ponta Grossa, Castro, Guarapuava, Pinhão, Palmas, Cascavel, Maringá, Arapongas, Guaratuba, Rio Negro e Lapa são as que apresentam ventos médios variando de 5,5 a 7,5 m/s.

3.7 Pressão Atmosférica e Ventos no Estado do Paraná

De acordo com Maack (2002) o aquecimento diferencial das massas de ar do estado do Paraná, faz com que ao longo do ano hajam diferenças na quantidade, direção e intensidade do vento. Nos meses de verão, a pressão atmosférica diminui do litoral em direção ao continente, fator intensificado pelo aquecimento do interior durante o dia.

O autor ressalta ainda que a existência de uma região de baixa pressão de massa de ar quente, localizada à noroeste do estado, mais especificamente na zona

limítrofe entre o Mato Grosso e a Bolívia, é responsável pela migração de ciclones condutores de chuvas com vento Norte (N) e Noroeste (NE) sobre o estado.

Em estudo preliminar dos ventos no estado do Paraná, Wagner et al. (1989) mostrou que os ventos encontram-se entre os quadrantes Nordeste (NE), Leste (E) e Sudeste (SE). Com o intuito de caracterizar o regime dos ventos no Paraná, Pereira et al. (2009), em estudo realizado em 16 estações meteorológicas de primeira classe pertencentes ao Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, identificou predominância de vento Nordeste (NE) para a maioria das estações analisadas e vento Sudoeste (SO) na véspera de ocorrência de geadas.

3.8 Modelos de Interpolação Geoestatística

Ao se trabalhar com amostragem para o entendimento de uma variável, quanto mais amostras, mais próximo da realidade serão estimados seus valores. Para variáveis oriundas de fenômenos naturais, faz-se necessário assumir seu comportamento aleatório dos processos e interações, sendo assim, os modelos probabilísticos surgem como uma alternativa consistente para modelar este comportamento (STURARO, 2015).

Em estudo com dados de concentração de ouro, KRIGE (1951) percebeu que apenas as informações dadas pela variância seriam insuficientes para explicar o fenômeno em estudo, portanto, seria necessário levar em consideração a distância entre os pontos observados, desde modo, surge o conceito de geoestatística, que leva em consideração a localização geográfica e a dependência espacial.

O termo Geoestatística surgiu para dar enfoque nos estudos estatísticos de um fenômeno natural, pela distribuição no espaço de uma ou mais variáveis, que podem assumir localmente qualquer valor em uma função de probabilidade e globalmente possuem uma estruturação que poder ser tratada por uma função espacial (JOURNEL & HUIJBREGTS, 1978).

Essas variáveis possuem uma característica aleatória, que pode ser observada na irregularidade e variação inesperada de um ponto para outro e uma característica estruturante, que demonstra ligação entre os pontos do espaço onde ocorrem os fenômenos (BITTENCOURT, 2003).

Portanto, a geoestatística preocupa-se com o entendimento, por meio de análise matemática, da origem e leis naturais que governam fenômenos interpretados

como regionais, tendo como consequência direta a estimativa das variáveis regionais usando informações e relações por meio de um conjunto discreto de amostras, além da avaliação dos erros de estimativas, que assegure que não exceda um erro máximo (LANDIM, 2006).

Para que a geração de mapas de superfície aproximem-se da realidade é necessário modelar sua variabilidade espacial. De acordo com Camargo, Fucks e Câmara (2002) os grandes modelos que tem como objetivo gerar superfícies a partir de procedimentos de interpolação são:

- *Modelos determinísticos de efeitos locais*: cada ponto da superfície é estimado apenas a partir da interpolação das amostras mais próximas, tendo como exemplo: a interpolação por vizinhos mais próximos, por média simples e média ponderada, neste acaso a mais usada é o inverso do quadrado da distância.
- *Modelos determinísticos de efeitos globais*: predomina a variação em larga escala e a variabilidade local não é relevante, tendo como exemplo o uso de altitude, latitude e longitude para estimar a distribuição da amostra.
- *Modelos determinísticos de efeitos locais e globais*: cada ponto da superfície é estimada apenas a partir da interpolação das amostras mais próximas com o auxílio de um estimador estatístico, esse procedimento requer que a variabilidade local e global sejam modeladas, tendo como exemplo a krigagem.

O termo krigagem é derivado do nome Daniel G. Krige, que foi o primeiro a fazer uso das médias móveis para evitar a superestimação sistemática de reservas de mineração, seu uso inicial para mapeamentos geológicos expandiu-se para mapeamento de solos, hidrológico, atmosféricos, entre outros (BITTENCOURT, 2003).

De acordo com Landim (2006), krigagem é um processo de estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço ou no tempo que pode ser aplicado na previsão do valor pontual de uma variável regionalizada em um determinado local dentro do campo geométrico.

A variação espacial no método da krigagem é quantificada por um semivariograma, que consiste de um gráfico de dispersão da semivariância versus a

distância dos pontos amostrados, serve para analisar a dependência espacial entre as amostras (MARCUIZZO, ANDRADE e MELO, 2011).

Em estudo comparativo de desempenho de cinco métodos de interpolação Gardiman Junior et al. (2011) concluiu que o método de krigagem apresentou menos diferença entre os valores observados se comparados aos outros quatro métodos, demonstrando que esse interpolador apresenta uma melhor distribuição espacial para os dados em estudo.

Segundo Mello et al. (2003), quando se trabalha considerando a dependência espacial os erros aleatórios são reduzidos devido ao controle de parcela deste erro associada à dependência espacial. Os autores ressaltam ainda que a krigagem revela uma ótima qualidade estatística explícita.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

O estado do Paraná, pertence ao Planalto Meridional e Região Sul do Brasil, possui 199.307,985 Km², faz divisa com os estados de São Paulo, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul e fronteira com a Argentina e o Paraguai, além de limite com o Oceano Atlântico (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2016).

Em relação aos aspectos geomorfológicos, Maack (1981) divide o relevo paranaense em cinco grandes regiões: Litoral, Serra do Mar, Primeiro Planalto ou Planalto de Curitiba, Segundo Planalto ou Planalto de Ponta Grossa e Terceiro Planalto ou Planalto de Guarapuava. Em trabalhos mais recentes, Santos et al. (2006b) as definem como unidades morfoesculturais.

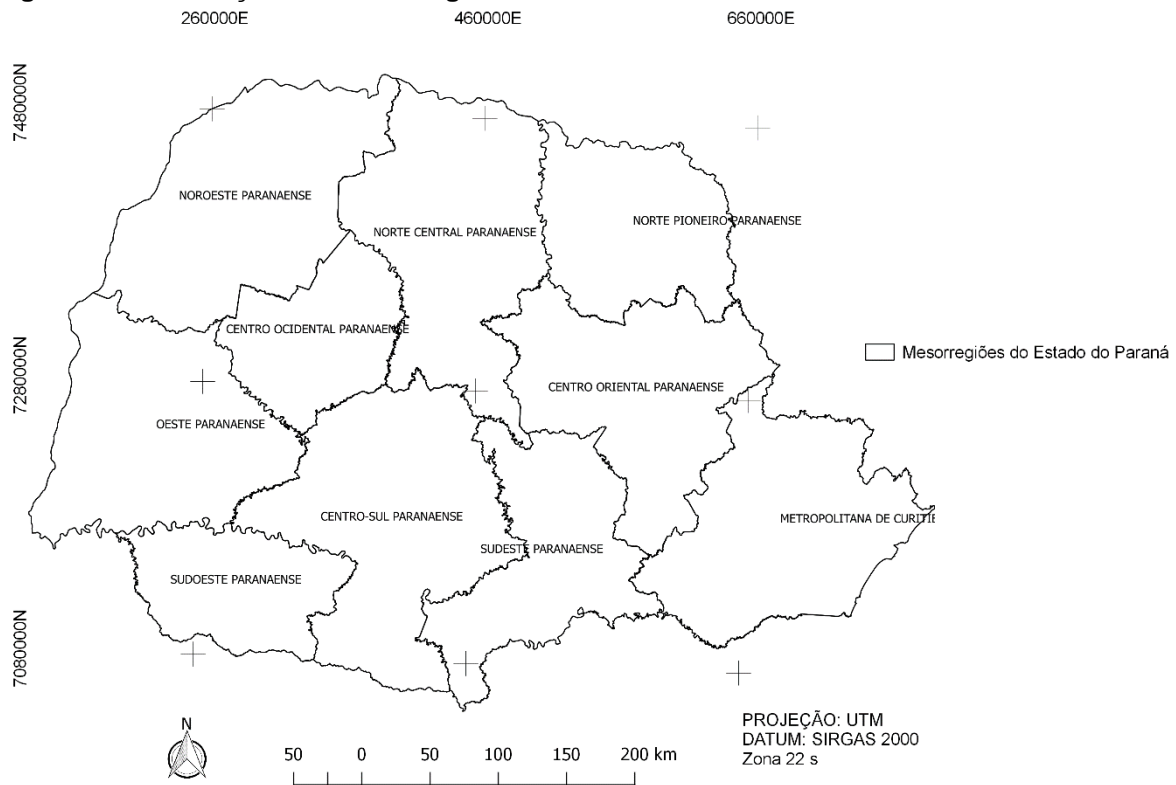
De acordo com o Mapa de clima elaborado pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geociências, o estado do Paraná apresenta em todo seu território 9 classificações distintas de clima conforme a classificação de Köppen, sendo estes: Af, Cfa. Cfa/Af, Cfa/Cfb, Cfa/Cwa, Cfb, Cfb/Cfa, Cwa e Cwa/Cfa (INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS, 2008).

Apesar de possuir 9 classificações no estado há predomínio dos seguintes climas (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1998):

- Af – Clima Tropical Super – Úmido, sem estação seca e isento de geadas, com médias de temperatura variando de 18 °C a 22 °C, característico do litoral e leste da Serra do Mar.
- Cfa – Clima Subtropical, com verões quentes, geadas pouco frequentes e sem estação seca definida, com médias de temperatura variando de superior a 22 °C nos meses mais quentes e inferior a 18 °C nos meses mais frios, característico das regiões Norte, Oeste e Sudoeste do estado, no Oeste da Serra do Mar e do Vale do Ribeira.
- Cfb – Clima Temperado, sem estação seca, com verão brando e geadas severas, com médias de temperatura variando de inferior a 22 °C no verão e inferior a 18 °C no inverno, característico da região de Curitiba, nos Campos Gerais, Sul e parte do Sudoeste do Terceiro Planalto.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, subdividiu o estado do Paraná em 10 mesorregiões (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2012): Mesorregião Geográfica Noroeste Paranaense, Mesorregião Geográfica Centro Ocidental Paranaense, Mesorregião Norte Central Paranaense, , Mesorregião Geográfica Norte Pioneiro Paranaense, Mesorregião Geográfica Centro Oriental Paranaense, Mesorregião Geográfica Oeste Paranaense, Mesorregião Geográfica Sudoeste Paranaense, Mesorregião Geográfica Centro – Sul Paranaense, Mesorregião Geográfica Sudeste Paranaense e Mesorregião Geográfica Metropolitana de Curitiba (Figura 1).

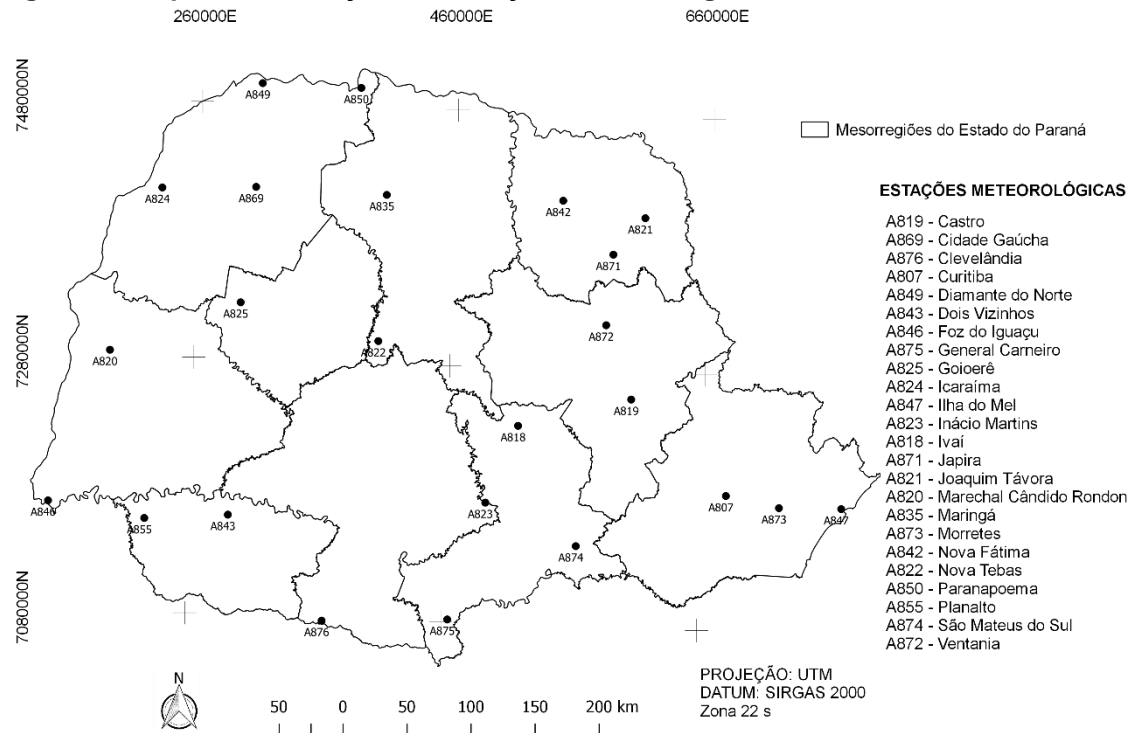
Figura 1 – Localização das Mesorregiões do Estado do Paraná



Fonte: Autoria própria

O estudo foi realizado em 24 estações meteorológicas automáticas distribuídas nas mesorregiões do estado do Paraná (Figura 2).

Figura 2 – Mapa de localização das Estações Meteorológicas



Fonte: Autoria própria

4.2 Procedimento Metodológico

Para a montagem do perfil histórico médio dos ventos do estado, obteve-se os dados de todas as estações meteorológicas automáticas do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BNMEP), que é gerenciado pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2016).

Os dados estavam dispostos na forma diária com intervalo correspondente a 1 hora de 2003 à junho de 2016. Com o intuito de facilitar as análises de estatística descritiva e entender as médias anuais para a velocidade dos ventos e suas direções, os dados foram organizados de forma mensal para cada estação em seus respectivos anos, através da realização das médias das velocidades diárias. Logo após a organização dos dados foram obtidas as velocidades médias totais correspondente ao período de estudo para cada estação.

Para o conhecimento das velocidades máximas foram utilizados os valores máximos mensais de cada ano e em seguida efetuou-se a média desses valores para cada estação.

Com o propósito de gerar uma grade com os valores de velocidade média e máxima dos ventos para o estado do Paraná, foi utilizado o software SURFER® (1999), versão demonstrativa, empregando o método de interpolação geoestatístico Krigagem, para estimar valores de variáveis distribuídas no espaço estudado.

Num segundo momento, com o objetivo de posicionar de forma adequada os aerogeradores conseguindo assim, um melhor rendimento eólico, encontrou-se a direção do vento para cada estação.

Os dados originais registravam a direção dos ventos em graus, com o intuito de correlacionar os graus com cada ponto cardeal e subcardeal (Quadro 3), foi identificado para cada grau qual era o ponto correspondente e posteriormente somadas quantas vezes apontavam para a mesma direção, obtendo deste modo, a predominância da direção dos ventos para cada estação no período estudado.

Quadro 3 – Correlação entre os pontos cardeais e subcardeais e seus graus

Pontos Cardeais e Subcardeais	Início	Final
Norte (N)	337,5°	22,5°
Nordeste (NE)	22,5°	67,5°
Leste (L)	67,5°	112,5°
Sudeste (SE)	112,5°	157,5°
Sul (S)	157,5°	202,5°
Sudoeste (SO)	202,5°	247,5°
Oeste (O)	247,5°	292,5°
Noroeste (NO)	292,5°	337,5°

Fonte: Autoria própria

Os resultados obtidos nestas análises foram fundamentais para o conhecimento das características do vento para cada mesorregião do estado pertinente a micro e minigeração, para a altura de 10 metros.

Com a finalidade de cruzar os dados de ventos com métricas de micro e minigeração de acordo com as classes dos equipamentos de geração disponível no mercado, realizou-se a escolha de dois aerogeradores que melhor se ajustavam as características da área, juntamente com o modo de aplicação e a potência esperada, assim como, das descrições dos critérios e diretrizes definidas no país para a micro e minigeração.

Para definir a potência média do vento local em Watts (W), levou-se em consideração a densidade do ar (ρ), a área de varredura do rotor (A) e o deslocamento de uma massa de ar (m) a uma velocidade (v_1) baseado na metodologia de Amaral (2011) utilizando-se da seguintes fórmulas:

$$P_v = \frac{1}{2} \times \frac{\Delta m}{\Delta t} \times v_1^2 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde t representa o tempo. Para tanto, o fluxo de massa que atravessa as pás do rotor e dado por:

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho \times A \times v_1 \quad \text{Equação (2)}$$

Substituindo-se a Equação 2 na Equação 1, a potência mecânica disponível no vento irá variar com o cubo da velocidade e pode ser dada pela Equação (3):

$$P_v = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times v_1^3 \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

P_v : Potência média do vento em Watts (W);

ρ : Densidade do ar seco = 1,225 Kg/m³;

A : Área de varredura do rotor (m²);

v_1 : Velocidade média do vento (m/s).

Com a análise dos dados de velocidade média, velocidade máxima e das correlações entre velocidade média e as características dos aerogeradores escolhidos, gerou-se mapas temáticos do estado do Paraná, compartimentados em classes de potencial eólico definidos de acordo com os resultados alcançados, confeccionados no *software QGis LTR* (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Velocidade Média dos Ventos

De acordo com os valores encontrados de velocidade média mensais para as estações meteorológicas no período de 2003 à junho de 2016 (Tabela 1) observa-se que a maioria das estações analisadas concentram maior velocidade de ventos médios no mês de setembro, novembro, outubro e agosto, respectivamente, com exceção para a estação de Nova Tebas que apresenta maior velocidade média no mês de fevereiro. Com relação à valores menores de velocidade média nota-se uma predominância nos meses de junho, abril e fevereiro, com raras exceções para as estações de Icaraíma e Maringá que apresentaram menores velocidades no mês de março, Goioerê e São Mateus do Sul no mês de maio e Nova Tebas no mês de Julho.

Tabela 1 – Valores de Velocidade Média Mensais dos ventos em m/s para as estações meteorológicas.

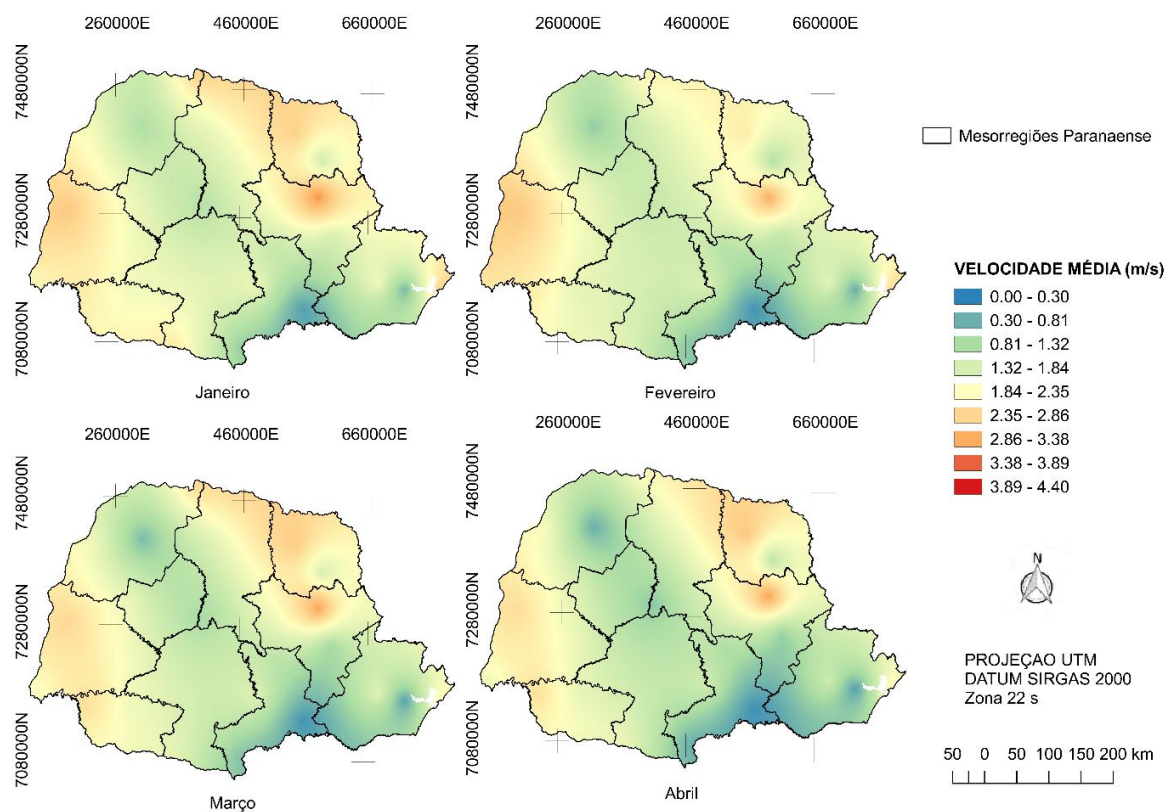
Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Curitiba	2,19	2,03	2,00	1,76	1,79	1,77	1,84	2,10	2,25	2,30	2,37	2,20
Ivaí	1,66	1,48	1,53	1,41	1,41	1,34	1,64	1,81	1,85	1,84	1,85	1,71
Castro	1,90	1,63	1,30	1,18	1,37	1,22	1,33	1,43	1,75	1,89	1,93	1,73
Marechal Cândido Rondon	3,01	3,04	2,82	2,75	2,85	2,94	3,57	4,33	4,44	4,05	3,53	2,98
Joaquim Távora	2,32	1,96	2,29	2,25	1,95	1,69	1,95	2,35	2,83	2,78	2,75	2,25
Nova Tebas	1,49	1,66	1,33	1,11	1,14	1,02	0,99	1,27	1,26	1,30	1,38	1,22
Inácio Martins	2,14	1,91	1,97	1,80	1,93	1,90	2,15	2,32	2,45	2,32	2,37	2,18
Icaraíma	2,18	2,17	2,11	2,24	2,55	2,86	3,02	3,42	3,16	2,73	2,58	2,21
Goioerê	2,06	2,08	2,02	1,82	1,80	1,90	2,05	2,47	2,67	2,39	2,19	2,13
Maringá	2,07	1,93	1,91	1,93	1,94	1,93	2,11	2,41	2,39	2,30	2,23	2,08
Nova Fátima	2,90	2,56	2,97	3,02	2,80	2,46	2,62	3,22	3,79	3,73	3,57	3,00
Dois Vizinhos	2,21	2,05	2,19	2,06	2,14	2,02	2,12	2,38	2,57	2,62	2,30	2,21
Foz do Iguaçu	2,42	2,63	2,24	2,17	2,26	2,37	2,80	3,35	3,20	2,96	2,73	2,55
Ilha do Mel	2,79	2,70	2,39	2,33	2,21	2,06	2,07	2,21	2,52	2,75	3,14	2,72
Diamante do Norte	1,70	1,56	1,79	1,68	1,79	1,69	2,02	2,45	2,38	2,46	2,30	2,03
Paranapoema	2,82	2,44	2,75	2,38	2,47	2,44	2,71	3,13	3,49	3,34	3,28	2,90
Planalto	2,55	2,51	2,74	2,73	2,73	2,72	2,83	3,10	3,29	3,24	3,08	2,77
Cidade Gaúcha	1,40	1,13	0,95	0,82	1,18	1,24	1,32	1,57	1,80	1,63	1,52	1,46
Japira	1,80	1,48	1,87	1,60	1,47	1,48	1,61	1,89	2,03	2,25	2,17	1,81
Ventania	3,57	3,32	3,42	3,45	3,61	3,56	3,66	3,91	3,96	3,96	3,84	3,45
Morretes	0,93	0,82	0,69	0,66	0,71	0,65	0,68	0,88	0,86	0,92	0,99	0,90
São Mateus do Sul	0,64	0,52	0,52	0,48	0,39	0,44	0,56	0,67	0,76	0,81	0,78	0,72
General Carneiro	1,20	1,08	1,05	0,82	0,87	0,92	0,98	1,26	1,42	1,36	1,39	1,31
Clevelândia	2,57	1,98	2,04	2,12	2,37	2,52	2,65	2,75	2,66	2,61	3,26	2,93

Fonte: Autoria própria

Os locais que apresentaram as maiores velocidades médias mensais para o período estudado, com valores acima de 3 m/s foram Icaraíma, Nova Fátima, Foz do Iguaçu, Ilha do Mel, Paranapoema, Planalto, Ventania, Clevelândia e Marechal Cândido Rondon, este último com registro de velocidade média de 4.4 m/s. Os valores abaixo de 2 m/s foram encontrados em Cidade Gaúcha, General Carneiro, Ivaí, Morretes e São Mateus do Sul.

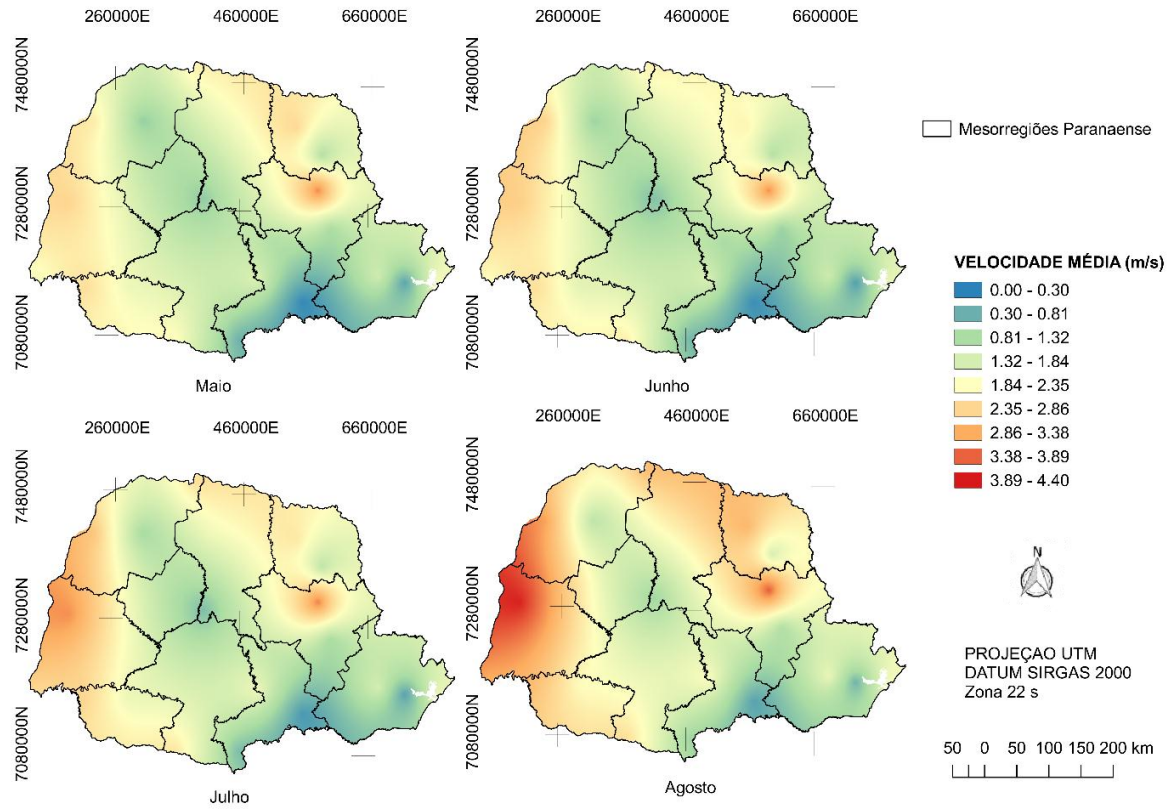
Analisando os resultados obtidos para a velocidade média em metros por segundo durante o período estudado, nota-se que o primeiro quadrimestre (Figura 3), que abrange o verão e começo do outono, apresentaram valores de velocidades médias menores, seguido do segundo quadrimestre (Figura 4) que contempla o final do outono e começo do inverno e por fim, o terceiro quadrimestre (Figura 5), que representam o final do inverno, a primavera e o início do verão, corroborando com dados obtidos por Pereira et al. (2009) que observaram maiores velocidades médias do vento durante o inverno e a primavera e valores menores no verão e outono. Resultados semelhantes também foram encontrados por Gois e Hasegawa (2014) para o município de Cambará – PR.

Figura 3 – Primeiro quadrimestre da velocidade média no Estado do Paraná



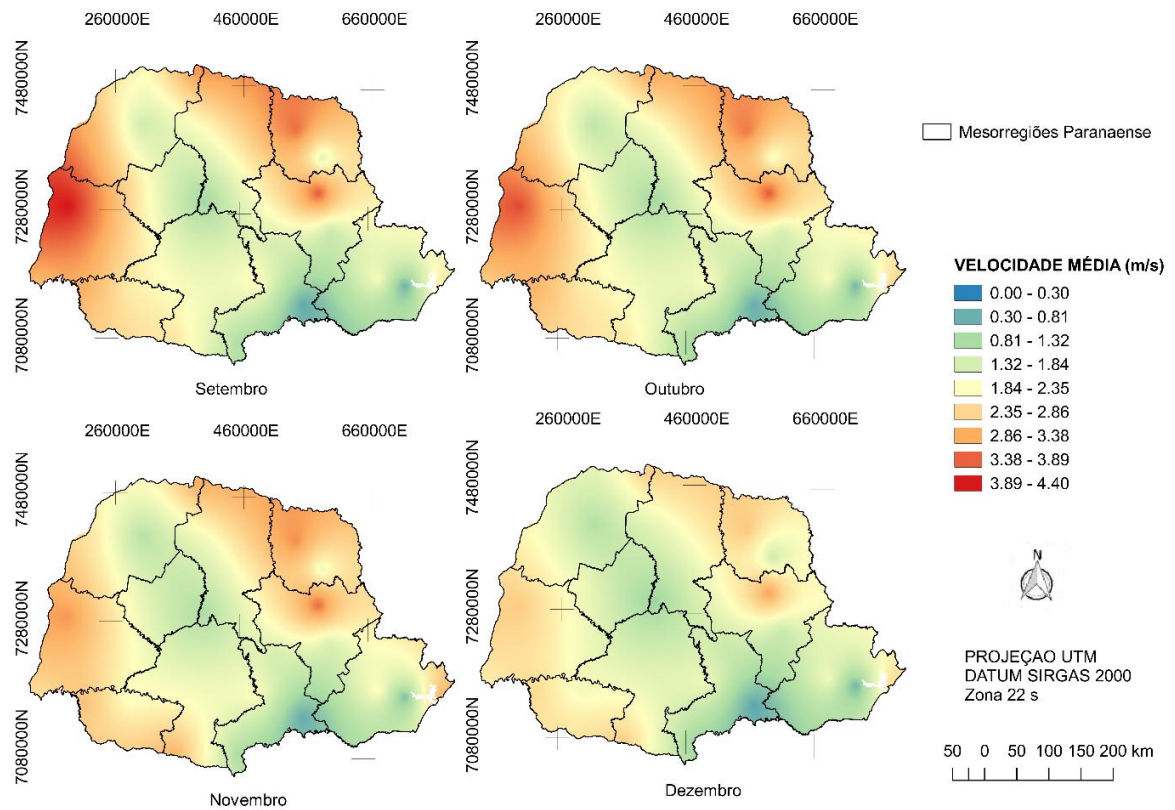
Fonte: Autoria própria

Figura 4 – Segundo quadrimestre da velocidade média no Estado do Paraná



Fonte: Autoria própria

Figura 5 – Terceiro quadrimestre da velocidade média no Estado do Paraná



Fonte: Autoria própria

Ao examinar os quadrimestres nota-se que de dezembro à julho, não variou significativamente os valores de velocidade para as mesorregiões. Já, a partir do mês de agosto até o mês de novembro, observa-se um aumento na velocidade média, destacando o noroeste da mesorregião Oeste Paranaense, que abrange a estação de Marechal Cândido Rondon, o sudoeste da mesorregião Noroeste Paranaense, dando ênfase para a estação de Icaraíma, o norte da mesorregião Centro Oriental Paranaense, evidenciando a estação de Ventania e por fim, o oeste do Norte Pioneiro Paranaense, destacando as estações de Nova Fátima e Joaquim Távora.

5.2 Velocidade Máxima dos Ventos

Para os valores mensais de velocidade máxima dos ventos para as estações meteorológicas (Tabela 2), observa-se que a maioria das estações concentram maior velocidade de vento máximo nos meses de outubro e setembro, respectivamente. Da mesma forma em maio e julho há maior concentração de velocidades menores de vento máximo. Estas observações estão em acordo com aquelas relatadas por Kim, Grodzki e Vissoto (2002) para os meses que apresentam os menores valores encontrados, em contra partida, o mês de maiores valores não condizer com os encontrados nesse estudo. Entretanto em estudo no município de Cambará – PR, Gois e Hasegawa (2014) identificaram que os maiores valores de velocidade máxima estavam relacionados com os meses de outubro e setembro.

Tabela 2: Valores de Velocidade Média Mensais dos ventos em m/s para as estações meteorológicas (continua)

Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Curitiba	9,3	7,9	8,3	7,1	7,8	9,6	8,7	8,6	9,4	8,4	10,3	8,1
Ivai	8,5	9,9	6,5	7,2	9,8	6,8	7,1	6,8	7,1	7,2	7,6	8,1
Castro	7,5	7	7,5	7,6	8,2	8	8,2	8,4	8	12,4	12,5	7,7
Marechal Cândido Rondon	14	13,6	13,7	13,1	10,4	10,6	12,9	14,3	12,1	16,7	12,4	11,5
Joaquim Távora	12,3	12,2	12,4	10,8	13,3	12,2	12,8	13,3	14,4	13,2	12,7	12,8
Nova Tebas	10	11,6	10,4	7,5	8,7	7,4	9,7	8,9	12,5	10,1	11,7	10,3
Inácio Martins	9,5	8,5	7,9	8,3	8,3	9	7,9	9	9,6	8,2	8,1	8,1
Icaraíma	10,3	11,9	11,4	12,4	10,1	12,1	12,9	12,2	11,9	15,3	16,3	12,6
Goioerê	13,4	13,9	9,9	12,1	9,7	11	9,7	10,4	13,6	14,8	14,6	12,7
Maringá	7,2	7,6	8,1	7,9	7,8	6,6	7,2	7,8	8,2	11,5	10,9	8,4
Nova Fatima	13,1	10,8	10,7	10,4	11,1	11,5	10,6	11,5	14,5	18,1	15	12,7
Dois Vizinhos	11,2	13,6	12,5	12,6	12,5	11,2	12,8	11,4	12,4	16,4	13,6	15
Foz do Iguaçu	11,4	14,5	10,3	11,3	10,3	11,9	11,3	12,9	12,6	17,2	13,6	12,8

Tabela 2: Valores de Velocidade Média Mensais dos ventos em m/s para as estações meteorológicas (conclusão)

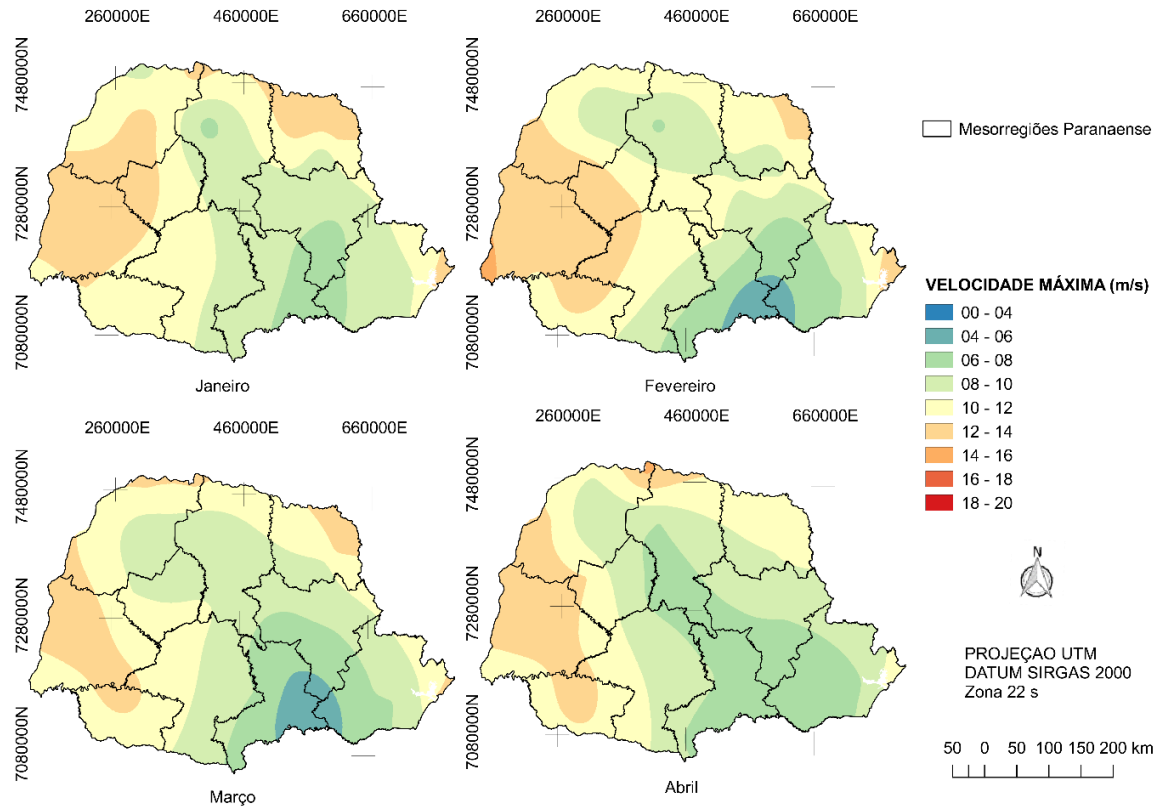
Ilha do Mel	12,5	13,3	12	10,5	9,6	9,5	11,7	13,5	14,2	10,9	16,3	12,8
Diamante do Norte	9,4	10,6	12,5	10,2	10,6	9,9	8,4	10,6	15,2	14,4	15,4	10,8
Paranapoema	12,8	11,9	12,3	14,4	10,2	11,6	12,9	11,6	14,6	13,8	12,9	12
Planalto	12	10,9	11,7	11,5	9,6	11,8	10,8	11,7	16,9	13,7	14,1	12,3
Cidade Gaúcha	13	8,9	8,7	8,1	8	8,9	7,3	8,6	10,3	11,9	11,4	9,2
Japira	9,1	9	9,4	9,9	8,1	8,4	8,9	9,2	9,5	11,6	9,2	11,1
Ventania	9,9	10,6	9	9,5	9,2	11	10,4	10,4	11,4	11,9	10,9	10,3
Morretes	9	8,4	8,1	7,5	7,2	9,2	6,3	9,3	9,8	9,6	6,7	8,4
São Mateus do Sul	7	4,6	4,3	6,4	4,8	5	5,7	5,2	5,1	6,7	4,9	4,7
General Carneiro	8,4	6,8	7,5	7,7	6,8	7,6	6,7	7,4	8,5	8,2	7,3	7,2
Clevelândia	10,7	9,5	9,9	11,5	10,8	11,5	11,7	10,6	13,1	16,9	11,7	10,9

Fonte: Autoria própria

Os locais que apresentaram as maiores velocidades máximas mensais para o período estudado, com valores acima de 13 m/s foram Marechal Cândido Rondon, Joaquim Távora, Icaraíma, Goioerê, Dois Vizinhos, Foz do Iguaçu, Ilha do Mel, Diamante do Norte, Paranapoema, Planalto, Clevelândia e Nova Fátima, este último com registo de velocidade máxima de 18,1 m/s.

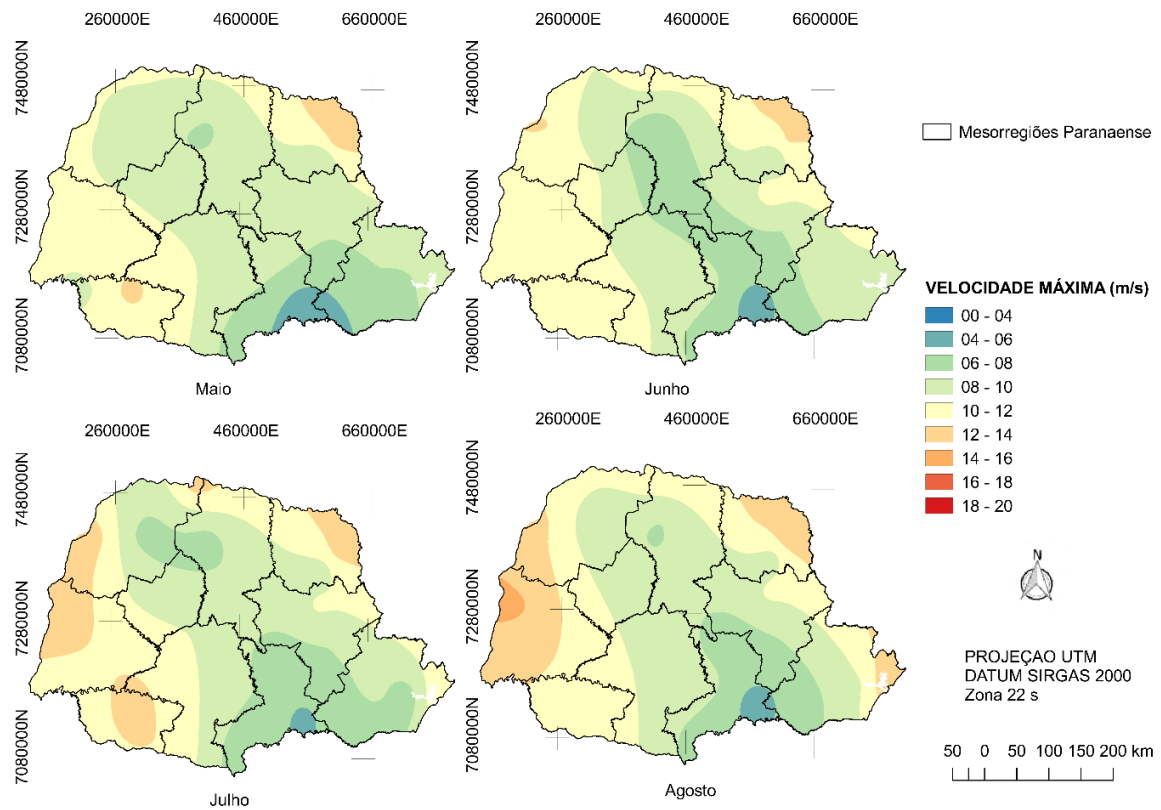
Analisando os resultados obtidos para a velocidade máxima em metros por segundo durante o período estudado, nota-se que o primeiro quadrimestre (Figura 6), que abrange o verão e começo do outono, apresentaram valores de velocidades máximas menores, seguido do segundo quadrimestre (Figura 7) que contempla o final do outono e começo do inverno e por fim, o terceiro quadrimestre (Figura 8), que representam o final do inverno, a primavera e o começo do verão.

Figura 6 – Primeiro quadrimestre da velocidade máxima no Estado do Paraná



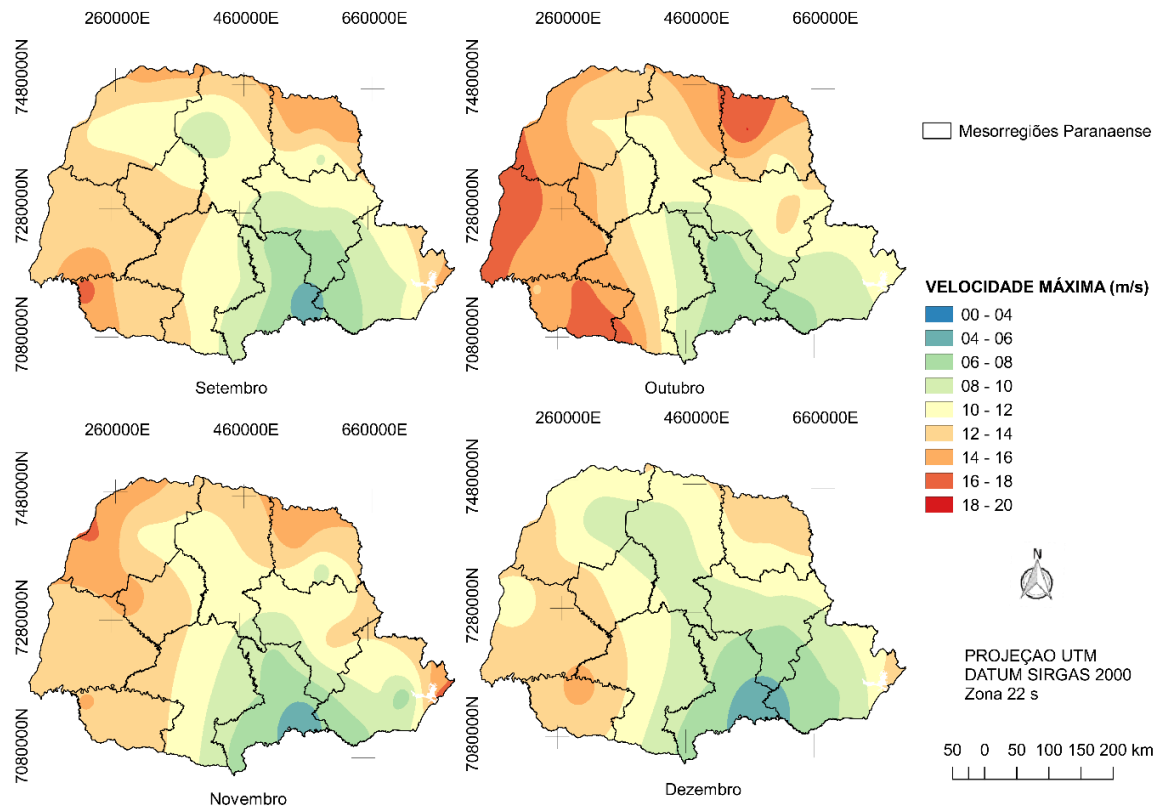
Fonte: Autoria própria

Figura 7 – Segundo quadrimestre da velocidade máxima no Estado do Paraná



Fonte: Autoria própria

Figura 8 – Terceiro quadrimestre da velocidade máxima no Estado do Paraná



Fonte: Autoria própria

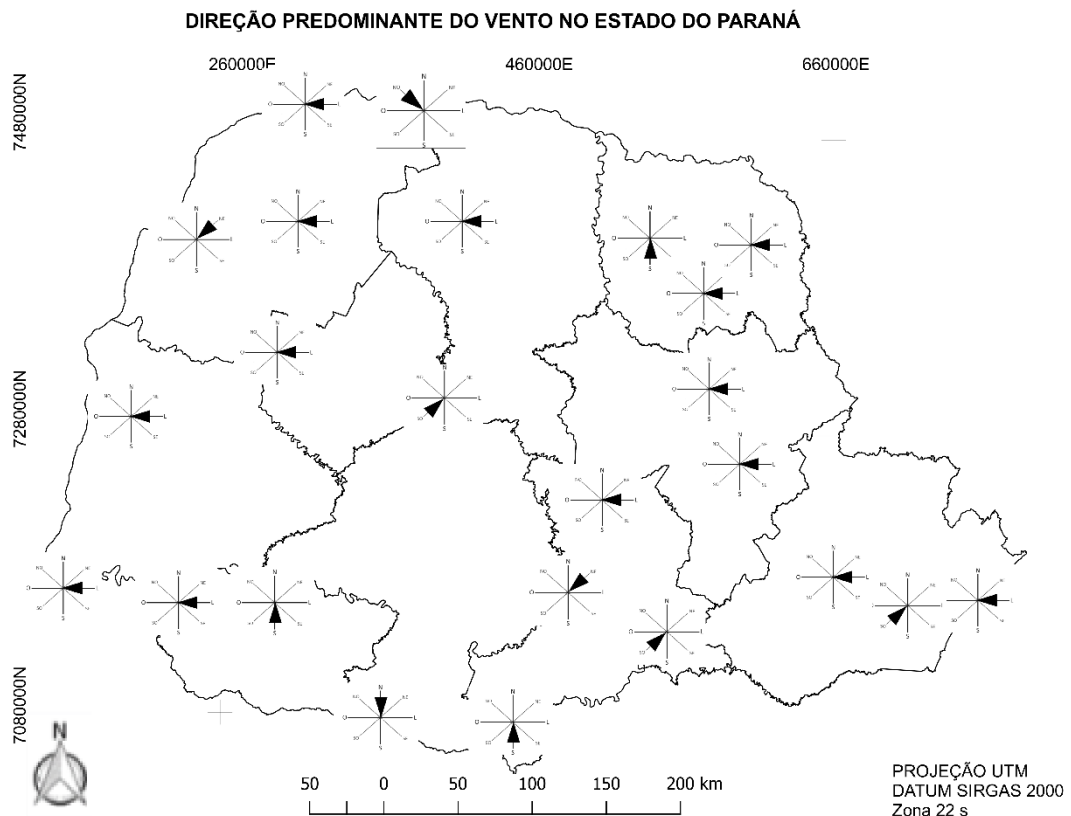
Ao verificar os quadrimestres constata-se que o mês de outubro apontou um aumento significativo nos valores de velocidade máxima para praticamente todas as mesorregiões do estado destacando, toda a mesorregião Oeste Paranaense, enfatizando todo o limite esquerdo, que abrange a estação de Marechal Cândido Rondon, o Sul, Centro e Norte da mesorregião Sudoeste Paranaense, dando ênfase para a estação de Planalto e Dois Vizinhos, o sudoeste da mesorregião Centro – Sul Paranaense, evidenciando a estação de Clevelândia e por fim, o noroeste e norte da mesorregião Norte Pioneiro Paranaense, destacando as estações de Nova Fátima.

5.3 Direção dos Ventos

Após análise dos dados de direção dos ventos observou-se que os ventos para o estado do Paraná apresentaram predominância na direção Leste (L) para a maioria das estações estudadas, sendo elas, Castro, Cidade Gaúcha, Curitiba, Diamante do Norte, Foz do Iguaçu, Goioerê, Ilha do Mel, Ivaí, Japira, Joaquim Távora, Marechal Cândido Rondon, Maringá, Planalto e Ventania, correspondendo a 58,33%

das ocorrências. As segundas direções de maior ocorrência foram Sudoeste (SO), para Morretes, Nova Tebas e São Mateus do Sul e Sul (S) para General Carneiro, Dois Vizinhos e Nova Fátima, correspondendo 12,5% respectivamente. Em seguida verificou-se as regiões Nordeste (NE) para as estações de Icaraíma e Inácio Martins, com 8,33% e Noroeste (NO) para Paranapoema e Norte (N) para Clevelândia, correspondendo 4,17% (Figura 9).

Figura 9 – Predominância da direção dos ventos no Estado do Paraná



Fonte: Autoria própria

Em estudo objetivando efetuar uma análise comparativa entre as direções no município da Lapa – PR, Beruski, Leite e Virgens Filho (2009), verificaram que os ventos predominavam nas direções Leste (L), Nordeste (NE) e Norte (N).

Em estudo de caracterização de regime de ventos no estado do Paraná, Pereira et al. (2009), identificou predominância de vento Nordeste (NE) para a maioria das estações analisadas, seguida da direção Leste (L) e Sudeste (SE), além de vento Sudoeste (SO) na véspera de ocorrência de geadas.

Leite e Virgens Filho (2006), em estudo no município de Ponta Grossa, o observaram predominância dos ventos para a direção Nordeste (NE), seguida pelas

direções Noroeste (NE) e Leste (L), respectivamente. Gois e Hasegawa (2014) observaram que para o município de Cambará – PR, a direção predominante dos ventos é Sudeste (SE), seguida de Leste (L) e Nordeste (NE).

De acordo com Silva (2003), os ventos variam de forma temporal tanto na sua intensidade quanto na sua orientação e estão associadas a cada uma das escalas de tempo, ou seja, ele pode aumentar, diminuir ou cessar sua intensidade por um determinado período, além de variar sua direção. Estas variações podem justificar as diferentes direções predominantes encontradas no estado do Paraná nos estudos apresentados.

Ao analisar estudos realizados na região Sul do Brasil, Silveira, Alves e Murara (2010) apresentaram em seu estudo no litoral Norte Catarinense o vento no quadrante leste sendo o de maior predominância. Favera et al. (2012) observaram que para a região central do estado do Rio Grande do Sul, os ventos possuem predominância na direção Sudeste (SE), seguida da direção Nordeste (NE), assim como Munhoz e Garcia (2008) em estudo semelhante, constataram que na maior parte do ano na estação de Ituverava – SP, os ventos possuem predominância na direção Sudeste (SE).

Segundo NIMER (1989), os ventos no sul do Brasil apontam a direção Nordeste (NO) e Leste (L) como predominantes. O autor ressalta ainda que, ventos provenientes da região Noroeste (NO) e Sudeste (SE) no hemisfério sul são, de modo geral, conhecidos como ventos Alísios e estão relacionados ao Centro de Alta Pressão do Atlântico. Para MONTEIRO et al. (2011) os ventos oriundos das regiões Nordeste (NE) e Leste (L) são provenientes do Anticiclone Semi-permanente do Atlântico Sul (ASAS), localizado durante todo o ano na altura do litoral sudeste do Brasil (MONTEIRO et al., 2011).

5.4 Potencial Eólico no Estado do Paraná

Com o intuito de analisar o potencial eólico do estado do Paraná, utilizou-se aerogeradores como parâmetros devido ao fato de sua área de rotor ser uma das variáveis da fórmula que expressa a potência em Watts (W). Para tanto, escolheu-se dois modelos de aerogeradores disponíveis no mercado, sendo o *Skystream Land* correspondente a microgeração e o *Wes 80* referente a minigeração, conforme observado na Tabela 3.

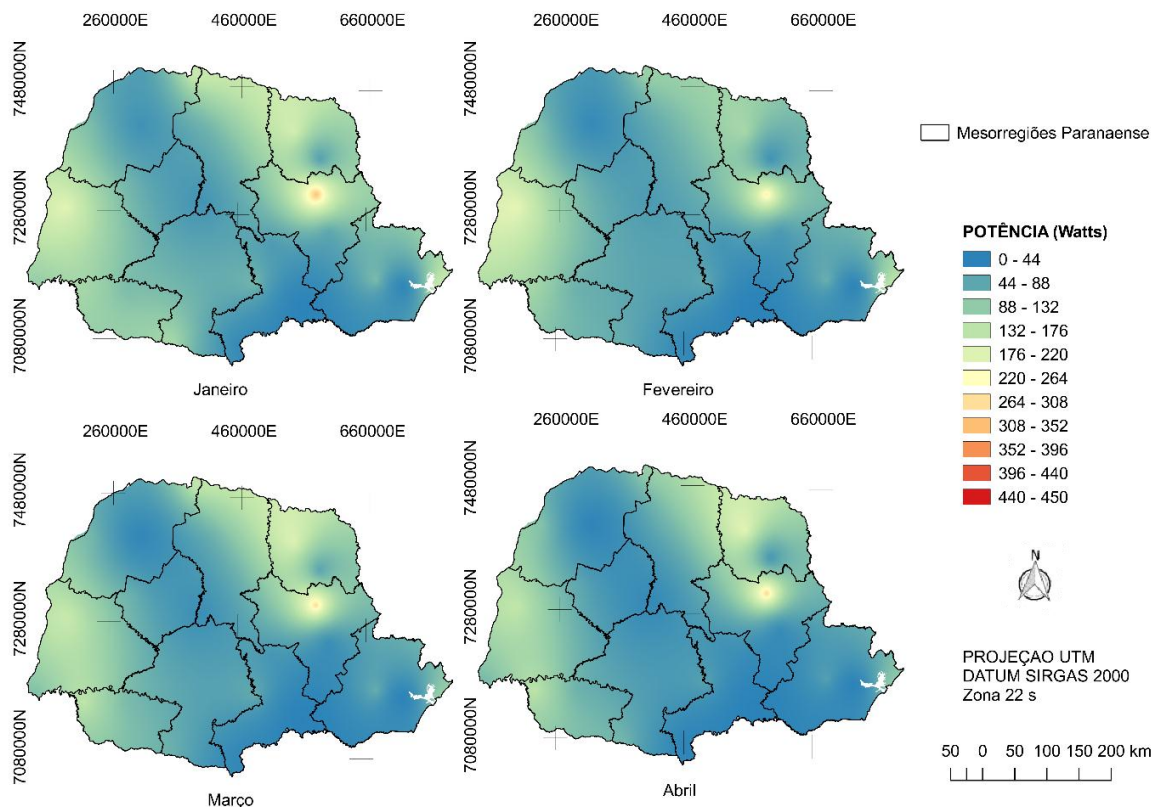
Tabela 3 – Especificações técnicas dos aerogeradores para cálculo da potência eólica do estado do Paraná

Especificações técnicas	Skystream Land	Wes 80
Área do Rotor	10,87 m ²	254,47 m ²
Vento para início de geração	3,13 m/s	>3 m/s
Potência Nominal	2400 W	80000 W
Produção de Energia	400 kWh/mês a (5.4 m/s)	10.800 kWh/mês a (5.4 m/s)
Peso	77 kg	3.300 kg

Fonte: Adaptado de SOUTHWEST WIND POWER, Inc (2012) e WIND ENERGY SOLUTIONS (2014b)

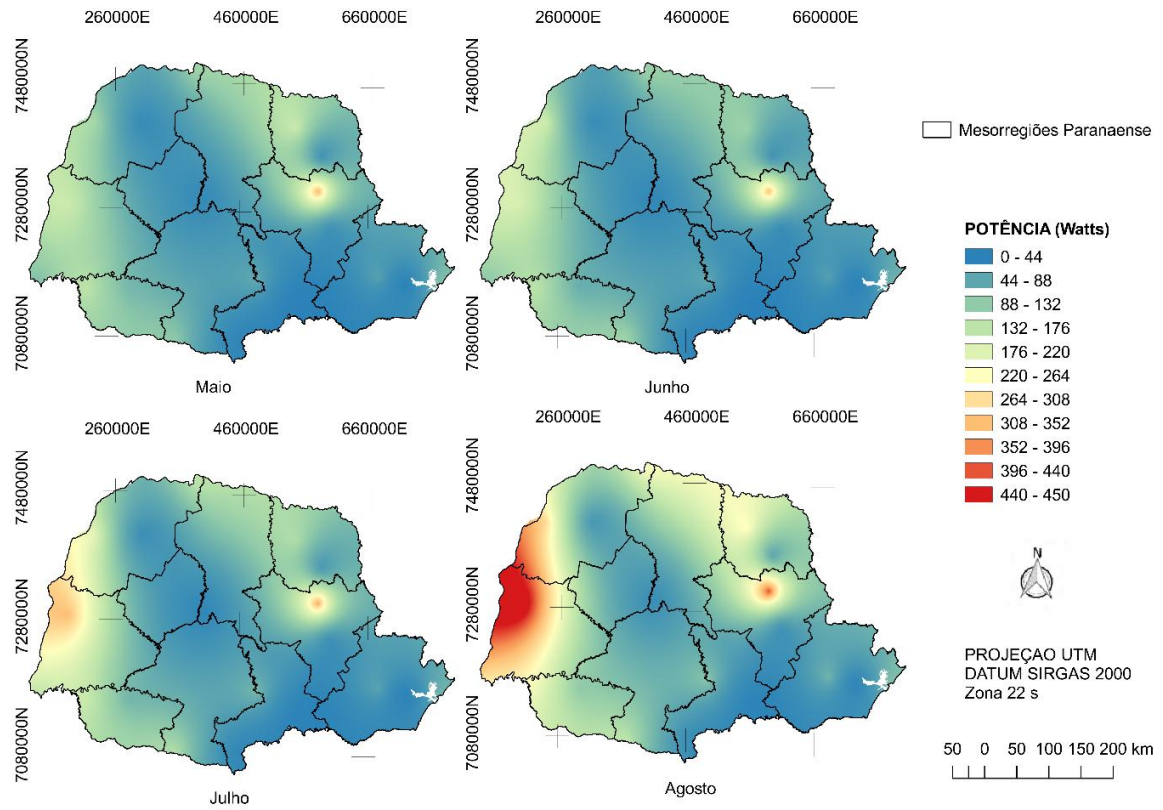
Analisando os resultados obtidos para o potencial eólico para microgeração em Watts durante o período estudado, nota-se que o primeiro quadrimestre (Figura 10), que abrange o verão e começo do outono, apresentou os menores valores de potência, seguido do segundo quadrimestre (Figura 11) que contempla o final do outono e começo do inverno e por fim, o terceiro quadrimestre (Figura 12), que representam o final do inverno, a primavera e o começo do verão.

Figura 10 – Potencial Eólico para Microgeração no Estado do Paraná para primeiro quadrimestre



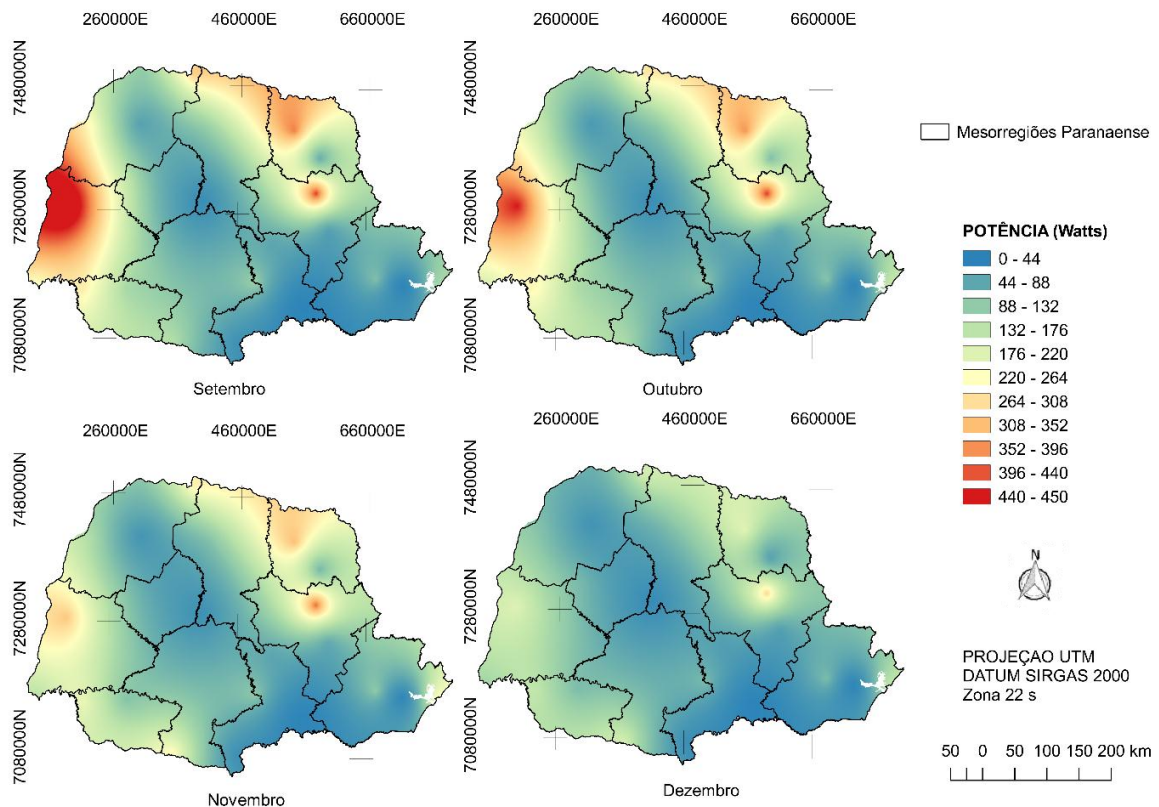
Fonte: Autoria própria

Figura 11 – Potencial Eólico para Microgeração no Estado do Paraná para segundo quadrimestre



Fonte: Autoria própria

Figura 12 – Potencial Eólico para Microgeração no Estado do Paraná para terceiro quadrimestre



Fonte: Autoria própria

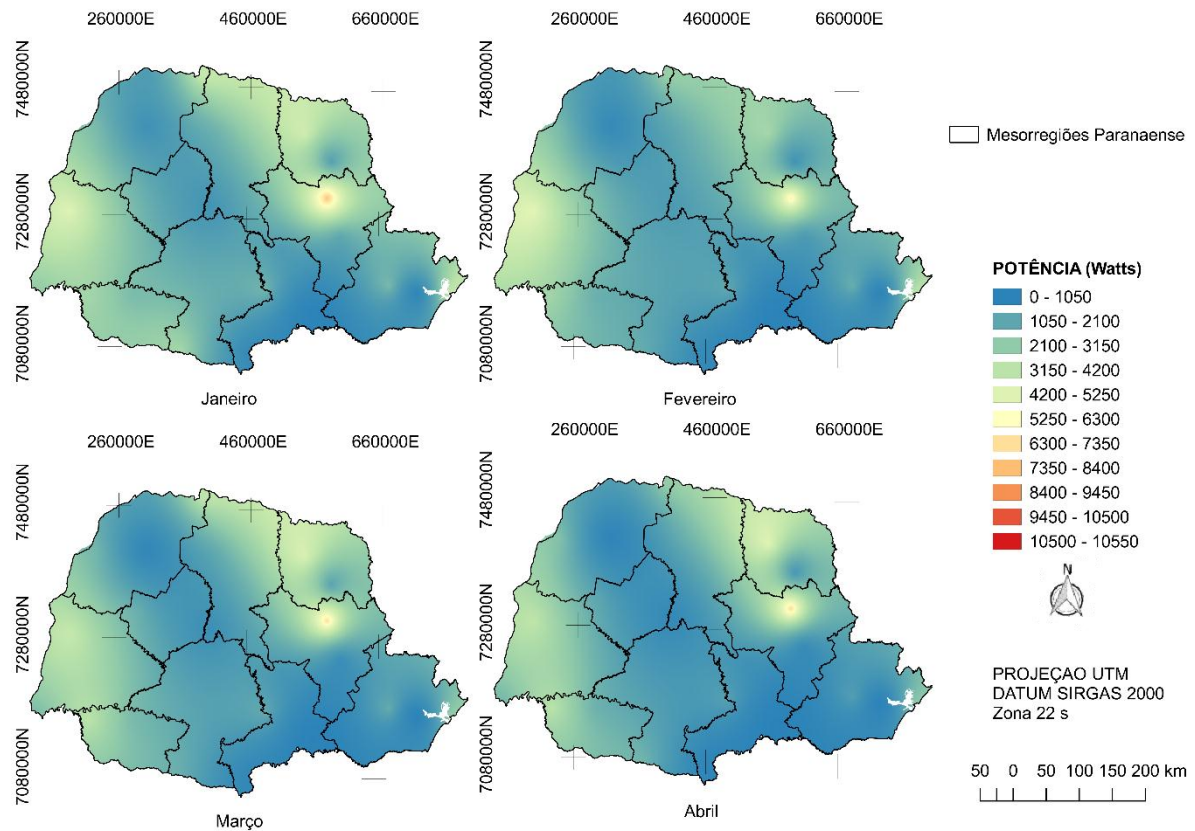
Ao verificar os quadrimestres para o potencial eólico para microgeração no estado do Paraná constata-se que para o estado houve uma predominância de geração variando de 0 a 44 Watts, seguida de uma geração variando de 44 a 88 Watts. No final do segundo quadrimestre e começo do terceiro, que contemplam os meses de agosto, setembro e outubro observa-se um aumento no potencial eólico no oeste do estado, mas especificamente na mesorregião Oeste Paranaense, que abrange a estação de Marechal Cândido Rondon, seguido da região norte do estado, nas mesorregiões Norte Central, Norte Pioneiro Paranaense e o extremo nordeste do Noroeste Paranaense, onde se localizam as estações de Nova Fátima, Maringá e Paranapoema, apresentando potência eólica variando de 352 a 450 Watts.

Ressalta-se que a região de Ventania localizada na mesorregião Centro Oriental Paranaense, apresentou maiores valores de potência durante todo os meses do período estudado se comparado a todo o restante do estado. De acordo com Cruz, Cruz e Lombardo (2007), este fator pode ser justificado pela infiltração das massas de ar frio, principalmente durante o inverno, nas variações na posição do Equador Térmico e do Anticiclone do Atlântico Sul no verão que interferem significativamente as condições dos ventos no estado assim como nessa região. Cruz (1999) ressalta ainda que, devido a aproximação do Sol em relação ao Trópico de Capricórnio e a

chegada de massas Tropicais Marítimas durante o verão, a média da pressão atmosférica baixa, trazendo ventos fortes vindo do leste, o que resulta na dominância desses ventos durante todo o ano.

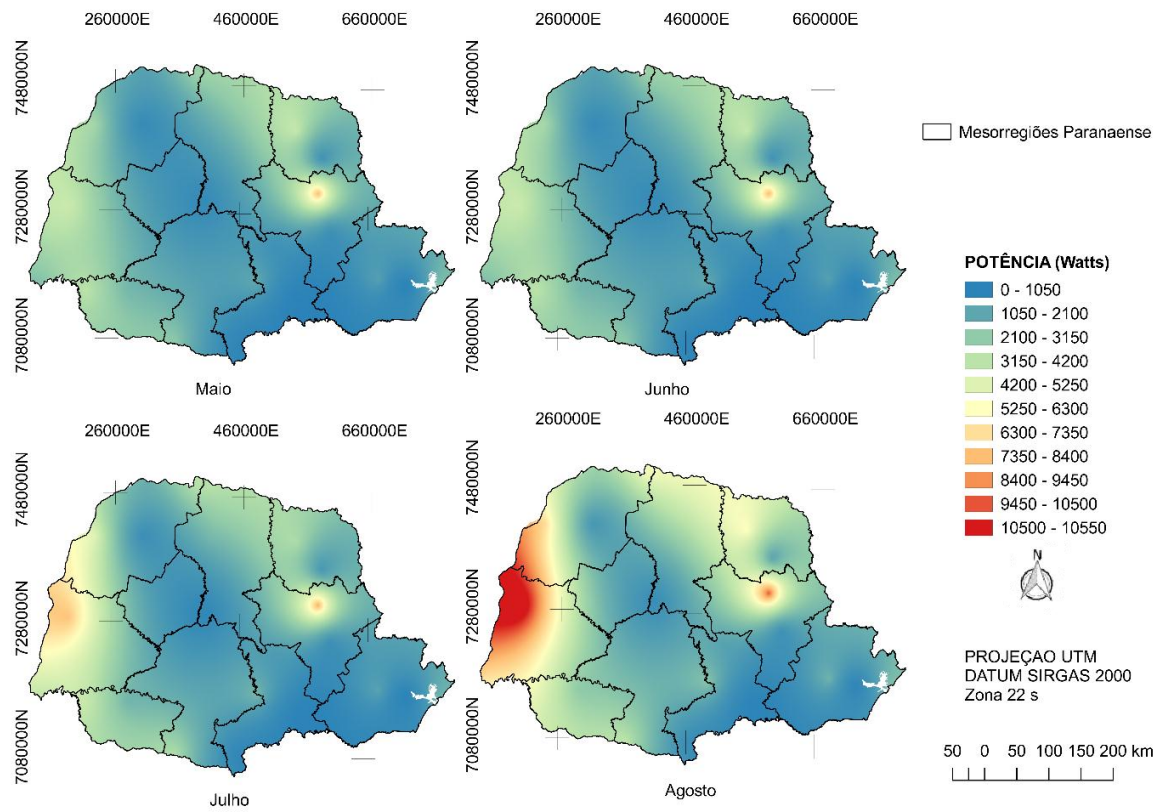
Ao verificar os resultados obtidos para o potencial eólico para minigeração em Watts durante o período estudado, nota-se que o primeiro quadrimestre (Figura 13), que abrange o verão e começo do outono, apresentou os menores valores de potência, seguido do segundo quadrimestre (Figura 14) que contempla o final do outono e começo do inverno e por fim, o terceiro quadrimestre (Figura 15), que representam o final do inverno, a primavera e o começo do verão.

Figura 13 – Potencial Eólico para Minigeração no Estado do Paraná para o primeiro quadrimestre

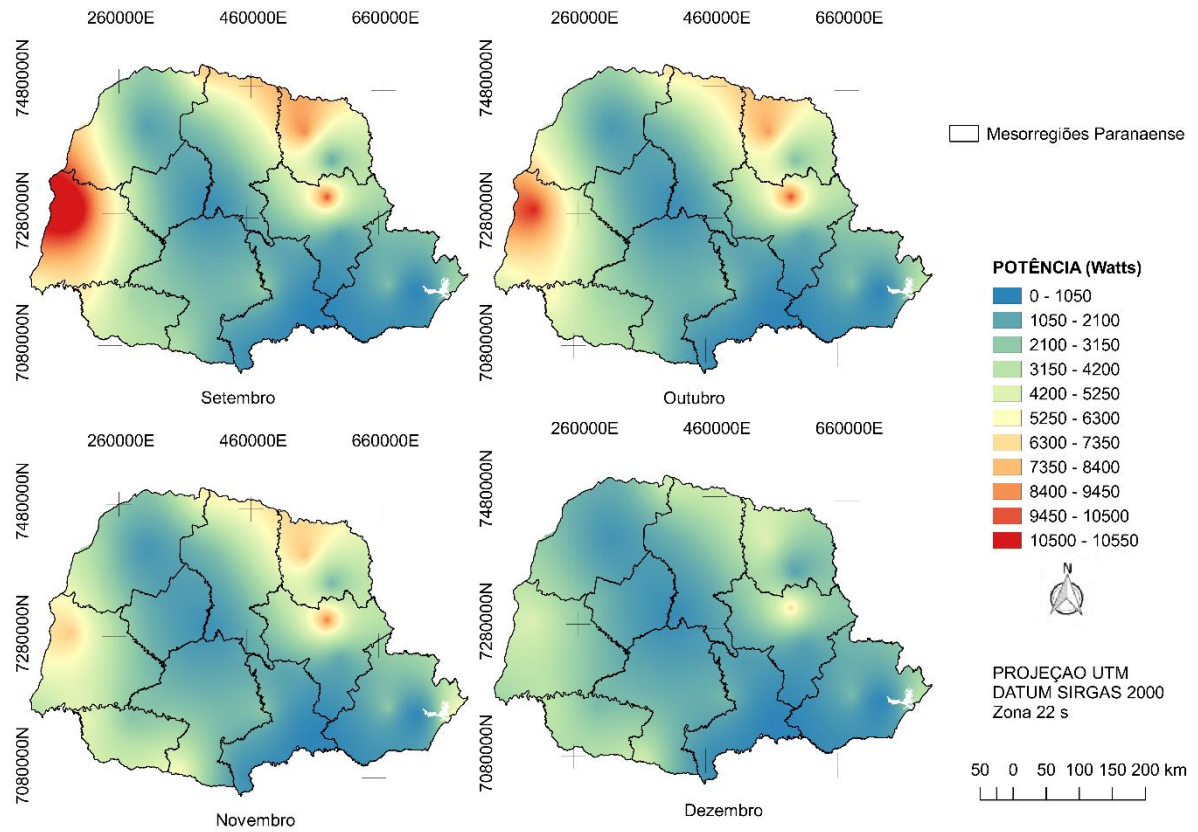


Fonte: Autoria própria

Figura 14 –Potencial Eólico para Minigeração no Estado do Paraná para o segundo quadrimestre



Fonte: Autoria própria
Figura 15 – Potencial Eólico para Minigeração no Estado do Paraná para o terceiro quadrimestre



Fonte: Autoria própria

Ao verificar os quadrimestres para o potencial eólico para microgeração no estado do Paraná constata-se que para o estado houve uma predominância de geração variando de 0 a 1050 Watts, seguida de uma geração variando de 1050 a 2100 Watts. No final do segundo quadrimestre e começo do terceiro, que contemplam os meses de agosto, setembro e outubro observa-se um aumento significativo no potencial eólico no oeste do estado, mas especificamente na mesorregião Oeste Paranaense, que abrange a estação de Marechal Cândido Rondon, seguido da região norte do estado, nas mesorregiões Norte Central, Norte Pioneiro Paranaense e o extremo nordeste do Noroeste Paranaense, onde se localizam as estações de Nova Fátima, Maringá e Paranapoema, apresentando potência eólica variando de 8400 a 10550 Watts. Destaca-se que a região de Ventania também apresentou maiores valores de potência durante todo os meses para a minigeração.

De acordo com a (Tabela 3), pode-se observar que a velocidade do vento para o início da geração de energia do aerogerador *Skystream Land*, responsável pela microgeração, é de 3,13 m/s e para o aerogerador *Wes 80*, responsável pela minigeração, é de 3 m/s, portanto, apenas as estações de Icaraíma, Nova Fátima, Foz do Iguaçu, Ilha do Mel, Paranapoema, Planalto, Ventania, Clevelândia e Marechal Cândido Rondon estariam aptas a aplicação de um sistema eólico tanto para micro quanto para a minigeração, por possuir a velocidade mínima esperada para o início de geração de energia.

6 CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que há predominância de ventos de Leste (L) para a maioria do estado do Paraná, sendo a segunda direção de maior ocorrência Sul (S), seguida de Nordeste (NE). Deve-se dar atenção à direção predominante dos ventos para que assim, haja uma instalação correta dos aerogeradores, no posicionamento e dimensionamento das torres, obtendo o melhor aproveitamento energético.

Verificou-se que houve uma dominância de maiores valores de velocidade média e máxima nos meses de setembro, novembro, outubro e agosto, correspondente ao final do inverno, primavera e início do verão.

Quanto aos dados de potencial eólico, tanto para microgeração quanto para minigeração foi possível comprovar que para o estado do Paraná, a maioria dos meses não apresentaram grande variação em relação aos valores de potência encontrados. Em contra partida, para os meses de agosto, setembro e outubro, foram encontrados maiores valores de potência para as mesorregiões Oeste Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense e Noroeste Paranaense demonstrando assim um potencial eólico a ser aproveitado nessas regiões.

O cenário elétrico atual vem sofrendo transição do modelo tradicional baseado em fontes de energia não renováveis para um modelo sustentável voltado para fontes de energia renováveis, melhorando assim, os interesses ambientais e econômicos, buscando soluções sustentáveis que auxiliem o desenvolvimento socioambiental. No estudo, foi possível analisar melhor a questão eólica no estado do Paraná, concluindo que a micro e a minigeração é pouco explorada.

Devido este fato, cabe a realização de outros estudos que visam tanto a viabilidade técnica quanto econômica da implantação da micro e minigeração eólica no estado do Paraná, para assim, viabilizar a geração distribuída fomentada à energia renovável.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Micro e Minigeração Distribuída: Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. Cadernos Temáticos ANEEL. Brasília: ANEEL, 2014.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 482, de 17 de Abril de 2012. **Estabelece as 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**. Brasília, 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 687, de 24 de Novembro de 2015. **Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de Abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição - PRODIST**. Brasília, 2015.
- ALDABÓ, R. **Energia Eólica**. São Paulo. Artliber Editora Ltda, 2002.
- AMARAL, B. M. **Modelos VARX para Geração de Cenários de Vento e Vazão Aplicados à Comercialização de Energia**. 2011. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.
- AMARANTE, O. A. C.; BROWER, M.; ZACK, J.; SÁ, A. L. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília, 2001.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2016. **Relatório Síntese, ano base 2015**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2016.
- BANCO DE INFORMAÇÕES DE GERAÇÃO. **Capacidade de Geração do Brasil**. 2016. Disponível em:
<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>
Acesso em: 21 de abr.2017.
- BERUSKI, G. C.; LEITE, M. L.; VIRGNES FILHO, J. S. Estudo das direções do vento no município de Lapa – PR. In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009, Belo Horizonte – Grandarrell Minas Hotel, **Anais...** Belo Horizonte, 2009.
- BITTENCOURT, F. T. F. **Interpolação de dados meteorológicos coletados pelo sistema de telemetria hidrometeorológica no estado de Minas Gerais utilizando a técnica de krigagem Linear Ordinária**. 2003. 63f. Monografia (Pós-Graduação em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- CAMARGO, E. C. G.; FUCKS, S. D.; CÂMARA, G. **A Análise Espacial de Superfícies**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2002.

CASTRO, N. J. de; DANTAS, G.; LEITE, A. L.; BRANDÃO, R.; TIMPONI, R. R. **Considerações sobre as Perspectivas da Matriz Elétrica Brasileira.** Texto de Discussão do Setor Elétrico, n. 19. Rio de Janeiro. 2010a.

CASTRO, N. J. de; DANTAS, G.; LEITE, A. L.; GOODWARD, J. **Perspectivas para a Energia Eólica no Brasil.** Texto de Discussão do Setor Elétrico, n.18. Rio de Janeiro. 2010b.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. **Energia Eólica Princípios e Tecnologia.** Ministério de Minas e Energia. 2008.

COSTA, R. A.; CASOTTI, B. P.; AZEVEDO, R. L. S. **Um panorama da indústria de bens de capital relacionados à energia eólica.** 2009.

CRUZ, D. T. **Micro e minigeração eólica e solar no Brasil: Propostas para desenvolvimento do setor.** 2015. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

CRUZ, G. C. F. **Impactos Ambientais em Itaiacoca Ponta Grossa – Paraná.** 1999. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1999.

CRUZ, G. C. F.; CRUZ, S. C. F.; LOMBARDO, M. A. **Caracterização climática de cidade de pequeno porte e a utilização do NDVI para discussão do papel da vegetação.** 2007.

DALMAZ, A. **Estudo do potencial eólico e previsão de ventos para a geração de eletricidade em Santa Catarina.** 2007. 193 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

ENERGIA PURA. **Eólica.** 2017. Disponível em: <<http://www.energiapura.com/eolica>> Acesso em: 28 de abr.2017.

FAVERA, A. C.; LUIZ, E. W.; SCHUCH, N. J.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. Potencial eólico no Rio Grande do Sul – Distribuição estatística dos ventos na região central do estado. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.6, n.1, p. 38-51, 2012.

GARDIMAN JUNIOR, B. S. G.; MAGALHÃES, I. A. L.; FREITAS, C. A. A.; CECÍLIO, R. A. Análise de Técnicas de Interpolação para Espacialização da Precipitação Pluvial na Bacia do Rio Itapemirim (ES). **Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v.8, n.1, Jan/Abr – 2012.

GIANNINI, M.; DUTRA, R. M.; GUEDES, V. G. **Estudo prospectivo do mercado de energia eólica de pequeno porte no Brasil.** Brazil Windpower: conference 7 exhibition. Rio de Janeiro, 2013.

- GOIS, E. H. B.; HASEGAWA, M. M. Direção predominante e velocidade média e máxima do vento no município de Cambará – PR. **Revista Técnico – Científica do CREA – PR**. 2ª ed, 2014.
- GOMES, L. E. B.; HENKES, J. A. Análise da energia eólica no cenário elétrico: Aspectos gerais e indicadores de viabilidade econômica. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v.3, n. 2, p. 463 – 482, mar. 2015.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas Climáticas do Paraná**. 1998.
- INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. **Clima-Estado do Paraná**. 1 mapa. Escala: 1:50.000. 2008
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados Meteorológicos**. Brasília. CD-ROM. 2003 – Jul/2016. 2016.
- INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Paraná em números**. 2016. Disponível em: <
http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=1> Acesso em: 18 de set. 2016.
- INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Relação dos municípios do estado ordenados segundo as mesorregiões e as microrregiões geográficas do IBGE – Paraná**. 2012.
- JOURNEL, A.G.; HUIJBREGTS, Ch. J. **Mining geostatistics**. London, Academic Press, 1978. 600p.
- KIM, I. S.; GRODZKI, L.; VISSOTO, S. Frequência e intensidade dos ventos no estado do Paraná. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2002.
- KRIGE D. G. **Statistical Approach to Some Mine Valuations and Allied Problems at the Witwatersrand**. Master's Thesis. Republic of Witwatersrand, Witwatersrand, Republica of South Africa.1951.
- LANDIM, P. M. B. Sobre geoestatística e mapas. **Terrae Didática**, v.2(1), p.19-33. 2006.
- LEITE, M. L.; VIRGENS FILHO, J. S. Avaliação da velocidade média e direção predominante do vento em Ponta Grossa – PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.14, n.2, p.157-167, 2006.
- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 2 ed. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Editora, 1981.
- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 3.ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R.; MELO, D. C. R. Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.4, p.793-804. 2011.

MARQUES, J. **Turbinas Eólicas: Modelo, análise e controle do gerador de indução com dupla alimentação**. 2004. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E.B. **O aproveitamento da energia eólica**. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.30, n.1, 2008.

MELLO, C. R.; LIMA, J. M.; SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, M. S. Krigagem e Inverso do quadrado da distância para Interpolação dos Parâmetros da Equação de Chuvas Intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.925-933, 2003.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2023**. Brasília MME/EPE, 2014.

MONTEIRO, M. A.; CARDOSO, C. S.; CALEARO, D. S.; DIAS, C.O.; LOPEZ, F. Comportamento do vento no litoral sul do Brasil. In: Simpósio Internacional de Climatologia – SIC, 2011, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2011.

MOREIRA, R. I. P. **Avaliação do potencial eólico em regime de microgeração**. 2010. 131 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.

MUNHOZ, F.C.; GARCIA, A. Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava – SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.1, p.30-34, 2008.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 422p. Rio de Janeiro, 1989.

PEREIRA, L. M. P.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; SILVA, D. A. B.; ELY, D. F.; GALDINO, J.; COSTA, A. B. Caracterização do Regime de Ventos no Estado do Paraná. In: XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009, Belo Horizonte. **Anais...**Belo Horizonte: CBA, 2009.

PRIMUS, WIND POWER, Inc. **Manual do Proprietário**. 2013. Disponível em: <http://www.energiapura.com/download/Air_Manual_Portuguese.pdf> Acesso em: 25 de mar. 2017.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System: Open Source Geospatial Foundation Project**. 2016

SANTOS, A. A.; RAMOS, D. S.; SANTOS, N. T. F.; OLIVEIRA, P. P. **Projeto de Geração de Energia Eólica**. 2006. 75 f. Monografia (Graduação do Curso de Engenharia Industrial Mecânica) – Universidade Santa Cecília, Santos, 2006a.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. L. S. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. São Paulo, ano 7, n. 2. 2006b.

SCHUTZ, D. J.; ANUNCIACÃO, S. M.; SOUZA, M. L.; MAROZINSKI, P. R. **Atlas do Potencial Eólico do Estado do Paraná**. Curitiba, 2007.

SILVA, G. R. **Características de vento da região nordeste – Análise, modelagem e aplicações para projetos de centrais eólicas**. 2003. 141f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

SILVEIRA, R.B.; ALVES, M.P.A.; MURARA, P. Estudo de caracterização da direção predominante dos ventos no litoral de Santa Catarina. In: X Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica – SBCG, 2010. **Anais...** p. 380-392, 2010.

SOUTHWEST WINDPOWER, Inc. **Manual do Proprietário**. 2012. Disponível em: <<http://www.energiapura.com/download/Manual-SKYSTREAM-Portugues.pdf>> Acesso em: 25 de mar.2017.

STURARO, J. R. **Apostila de Geoestatística Básica**. Rio Claro: UNESP. 2015.
SURFER. **Golden Software**. Conjunto de programas. 1999.

VERGÍLIO, K. E. P. **Geração distribuída e pequenas centrais hidrelétricas: Alternativas para a geração de energia elétrica no Brasil**. 2012. 42 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

WAGNER, C.S.; BERNARDES, L.R.; CORREA, A.R.; BORROZINO, E. **Velocidade e direção predominante dos ventos no estado do Paraná**. Londrina, IAPAR. 56p. ilustr. (IAPAR. Boletim técnico, 26).1989.

WIND ENERGY SOLUTIONS. **Technical Specifications**. 2014a. Disponível em: <http://energiapura.com/download/WES50_2014.pdf> Acesso em: 25 de mar.2017.

WIND ENERGY SOLUTIONS. **Technical Specifications**. 2014b. Disponível em: <<http://energiapura.com/download/WES80-2014.pdf>> Acesso em: 25 de mar.2017.

WIND ENERGY SOLUTIONS. **Technical Specifications**. s.d.a Disponível em: <<http://energiapura.com/download/WES100.pdf>> Acesso em: 25 de mar.2017.

WIND ENERGY SOLUTIONS. **Technical Specifications**. s.d.b Disponível em: <<http://energiapura.com/download/WES250.pdf>> Acesso em: 25 de mar.2017.

XZERES WIND. **Technical Specifications**. 2013. Disponível em: <<http://www.energiapura.com/download/XZERES-442SR-Spec-Sheet.pdf>> Acesso em: 25 de mar.2017.

XZERES WIND. **Turbine Specifications**. s.d. Disponível em: <<http://www.energiapura.com/download/XZERES50.pdf>> Acesso em: 25 de mar.2017.