

ISSN 0104-1347

Estimativa do potencial eólico no Campus da Universidade Federal de Pelotas, em Pelotas, RS¹

Estimate of the eolic potential on the campus of the Universidade Federal de Pelotas, at Pelotas, RS, Brazil

João Baptista da Silva², Eliane Gonçalves Larroza³ e Luís Eduardo Torma Burgueño⁴

Resumo - O presente trabalho usa as tabelas de probabilidades das velocidades médias pentadais dos ventos, calculadas a partir de registros tomados a 7 metros acima do solo, para estimar o potencial eólico no Campus da UFPel e cercanias. Estimativas iniciais foram obtidas com base nas velocidades médias pentadais esperadas, aos níveis de probabilidade de 25, 50 e 75%, usando fórmulas conhecidas. Visando o uso do vento como fonte de energia alternativa, as estimativas foram estendidas para as alturas de 10, 30 e 50 metros do solo e para diversas dimensões dos rotores dos motores eólicos. Os resultados obtidos representam um importante subsídio para a avaliação das possibilidades de implantação de uma usina geradora de energia eólica na região.

Palavras-chave: vento, probabilidades, potencial eólico.

Abstract - The present work uses tables of probabilities of the wind average speed by pentad, computed from daily records taken 7 meters above the soil, to estimate the eolic potential in the Campus of UFPel and neighborhood. Initial estimates were obtained from the expected wind average speed by pentad at the levels of probability of 25, 50 and 75%, using well-known formulas. Seeking the use of the wind as source of alternative energy, the estimates were extended for the heights of 10, 30 and 50 meters above the soil and for several dimensions of the rotors of the eolic motors. The results are an important aid for the evaluation of the possibilities of implementation of a generating source of eolic energy in the area.

Key words: wind, probabilities, eolic potential.

Introdução

O uso da energia eólica no acionamento de dispositivos para bombeamento, irrigação e moagem de cereais remonta à Antiguidade. Cerca de 400 anos antes de Cristo, alguns povos da Índia e da China usavam cataventos no acionamento de dispositivos para elevar a água para irrigação. Durante o primeiro milênio da nossa era, na Pérsia, foram usados em

agricultura cataventos de tipos interessantes, e que foram mais tarde levados aos países islâmicos e depois difundidos em outras regiões, pela expansão das conquistas muçulmanas. Somente se têm referências escritas de aeromotores instalados na Europa a partir do século XIII, segundo modelos introduzidos pelas cruzadas de regresso à Europa. Os primitivos cataventos foram sendo aperfeiçoados e até substituídos por modelos mais adequados, principalmente

¹Trabalho realizado com financiamento do CNPq e da FAPERGS.

²Engenheiro Agrônomo, Livre Docente, Doutor em Ciências, Bolsista do CNPq, Prof. Titular (aposentado) do Instituto de Física e Matemática (UFPel).

³Estudante de Meteorologia (UFPel), bolsista da FAPERGS.

⁴Estudante de Engenharia Agrícola (UFPel), estagiário.

quando mais recentemente se pretendeu usá-los no acionamento de geradores elétricos.

Também merecem referência motores eólicos de poucas pás e de grande potencial: em Ulfborg, Jutlândia, Dinamarca, com 54 metros de diâmetro do rotor e com três pás; em Boone, Carolina do Norte, EUA, com 66 metros de diâmetro de rotor e com apenas duas pás. Os motores geralmente possuem duas ou três pás, na maioria dos casos com perfis tipo asa de avião. A escolha do número de pás relaciona-se ao fator econômico e a problemas de vibração. O rotor de quatro pás (moinho holandês) é um tipo intermediário entre os cataventos e os aeromotores de poucas pás e tem uso específico.

Na escolha do tipo de rotor, deve-se considerar a velocidade específica (TSR-Tip Speed Ratio), isto é, a razão entre velocidade da ponta das pás e a velocidade do vento. Considerando o aspecto econômico, o pesquisador francês Louis Vadot aconselha motores com TSR de quatro a sete, para o acionamento de geradores de média e grande potência (MACINTYRE, 1983).

De acordo com o Worldwatch Institute, de Washington, USA, a energia eólica é, pelo quarto ano consecutivo, a fonte de energia com o maior índice de crescimento no mundo (AGÊNCIA DE COMÉRCIO EXTERNO DA HOLANDA, 1999).

Semelhantemente ao que ocorre com o uso de energia solar, a energia eólica, embora inesgotável, não é captável de uma forma contínua e uniforme. Os ventos variam com as estações do ano e é comum transcorrerem alguns dias de calmaria. Mesmo durante um dia com vento, este varia de intensidade. A descontinuidade de captação de energia eólica não é todavia um impedimento à sua utilização. No caso dos geradores de energia eólica, pode-se armazenar a energia elétrica gerada em baterias, para uso quando necessário.

No Brasil, diversos projetos de aproveitamento da energia eólica estendem-se ao longo do litoral, de Joanes, no Pará, até Santa Vitória do Palmar, no Rio Grande do Sul, com resultados bastante animadores. Novos projetos, como o teste de um sistema híbrido, eólico, solar e a diesel, conduzido pelo grupo de pesquisa eólica da Universidade Federal da Paraíba, estão em andamento (ADEODATO & OLIVEIRA, 1996).

Ressalte-se a importância da eletrificação rural, tão almejada pelo trabalhador do campo. Todas

as atividades que dependem de energia elétrica, serão favorecidas quando este benefício valioso alcançar as propriedades rurais. Esta energia, gerada a partir de um elemento natural e gratuito, o vento, não poluente e permanente, ocasionará vantagens futuramente pelo custo mais baixo de produção e pelo conseqüente aumento da competitividade dos produtos agrícolas no mercado internacional.

Tendo em conta que os ventos mais fortes ocorrem nas regiões litorâneas, o governo do Estado do Rio Grande do Sul, tomou a iniciativa de avaliar o potencial eólico do litoral gaúcho através do 1º Seminário sobre Energia Eólica do Estado do Rio Grande do Sul, realizado em Porto Alegre, em outubro de 1999. Entretanto, também é possível encontrar-se apreciáveis potenciais eólicos no interior.

O objetivo do presente trabalho é calcular uma estimativa preliminar do potencial eólico do campus da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e cercanias, tomando por base as tabelas de probabilidades da velocidade média pentadal⁵ do vento, já construídas.

Material e métodos

Foram utilizadas as estimativas da velocidade média pentadal, disponíveis em tabelas de probabilidades desta característica (BAPTISTA DA SILVA & LARROZA, 1999), para os níveis de 25, 50 e 75%. Os dados usados na construção das tabelas são oriundos dos registros diários tomados a 7 metros do solo na Estação Agroclimatológica de Pelotas, situada no campus da UFPel, a 15 quilômetros do centro da cidade de Pelotas (latitude: 31° 52'S, longitude: 52° 21'W, altitude: 13,2m). Os dados, após reorganizados na base de pântadas, foram transformados segundo a raiz quarta, na busca de homogeneidade de variância e normalidade da distribuição. As estimativas de probabilidades da velocidade média pentadal do vento foram obtidas pela aproximação da distribuição normal.

Os potenciais eólicos dos rotores, esperados nas 73 pântadas do ano, nos níveis de probabilidade de 25, 50 e 75%, levando-se em conta as perdas aerodinâmicas, foram estimados pela expressão do potencial eólico, em função da velocidade do vento, apresentada por MARTINS (1993b):

$$P = 0,3 K \cdot A \cdot V^3$$

⁵Pântada é um conjunto de cinco dias consecutivos. A primeira pântada do ano compreende o período de 1 a 5 de janeiro, a segunda de 6 a 10 de janeiro, ..., até a última de 26 a 31 de dezembro. A última pântada de fevereiro representa os cinco dias de 25 de fevereiro a 1º de março nos anos comuns e cinco dias médios do mesmo período nos anos bissextos (5/6 do total dos seis dias).

onde: P é o potencial eólico do vento (kW), A a área do rotor (m^2), V a velocidade média do vento (m/s), e K igual a 0,0006449924 (da tabela de conversão de unidades de referência).

Embora se tenha informações de que as distribuições de probabilidade da potência do vento e da velocidade do vento nem sempre são do mesmo tipo, isto não foi levado em conta no presente trabalho, tendo em vista que seu objetivo é apenas obter estimativas preliminares do potencial eólico na região. Na busca de estimativas melhoradas destes valores, demandar-se-á este assunto.

Trabalhou-se, inicialmente, com a área do rotor (A) igual a $1m^2$, para facilitar o cálculo das estimativas do potencial eólico (kW/ m^2). Essas estimativas iniciais (obtidas a 7 metros do solo) são convertidas, para uso na captação do vento com o objetivo do aproveitamento de energia eólica, que é feita com base em registros nas alturas de 10, 30 ou 50 metros. Para tal, usou-se a fórmula de conversão da velocidade do vento de uma altura conhecida (V_1) para uma altura qualquer (V_2), apresentada por TUBELIS & NASCIMENTO (1980):

$$V_2/V_1 = (a_2/a_1)^{1/7}$$

onde: V_i é a velocidade do vento na altura i , e a_i a altura de medição i , sendo $i = 1, 2$.

Deve-se levar em conta que as áreas de rotores dos motores eólicos são muito superiores a $1m^2$. Um aerogerador do tipo Ipuã 2200, por exemplo, tem área de rotor de cerca de $22m^2$, e existem outros maiores. Nos EUA, os aerogeradores possuem rotores com 7m de diâmetro, cuja área equivale a $38,5m^2$.

Resultados e discussão

As velocidades médias pentadais (m/s) esperadas para os níveis de probabilidade de 25, 50 e 75%, apresentadas parcialmente em BAPTISTA DA SILVA & LARROZA (1999), encontram-se na sua totalidade na Tabela 1. Pode-se notar que as maiores velocidades médias situam-se nas pênadas de 54 a 73 (primavera) e as menores, nas pênadas 16 a 35 (outono). De modo geral, espera-se que em 50% dos anos as velocidades médias pentadais estejam entre 1,4 e 5,3 m/s. Os correspondentes valores das estimativas do potencial eólico, entre 0,001 a 0,029 kW/ m^2 , encontram-se na Tabela 2. Estas estimativas iniciais baseiam-se em registros do vento a 7 metros do solo e para aerogeradores com diâmetro de rotor igual a uma unidade.

Na Tabela 3 e na Figura 1, estão as estimativas das velocidades médias pentadais, para uma altura de

50 metros do solo, de acordo com as indicações da avaliação do vento como energia eólica, obtidos pela fórmula apresentada por TUBELIS & NASCIMENTO (1980). Embora problemas possam surgir na obtenção destas estimativas por simulação matemática, e não experimentalmente, visto que a fórmula de Tubelis é válida em situações muito especiais como, terrenos planos, sem rugosidade e, principalmente, com séries de medições captadas por longos períodos, ressalta-se que estas condições foram atendidas no presente caso (BAPTISTA DA SILVA & LARROZA, 1999). Além disso, acredita-se que, sendo o objetivo a obtenção de estimativas preliminares do potencial eólico da região, o estudo reveste-se de plena validade. O ideal seria obter-se estimativas a partir de uma série adequada de registros, tomados a 50 metros do solo. Todavia esta série não está disponível e, se fosse iniciada esta captação hoje, ter-se-ia que esperar alguns anos, para iniciar o trabalho.

Observando a Tabela 3, verifica-se que os extremos da estimativa da velocidade média pentadal esperada são de 1,8 e 7,0 m/s, a 50 metros do solo, em 50% dos anos. Na Figura 1 pode-se notar a sazonalidade apresentada pelo vento ao longo do ano.

Na Tabela 4 e na Figura 2, estão as estimativas do potencial eólico (kW/ m^2) para rotores de área igual a uma unidade, obtidas pela mesma fórmula (TUBELIS & NASCIMENTO, 1980), a partir das velocidades do vento apresentadas na Tabela 3. Os potenciais situam-se entre 0,001 e 0,068kW/ m^2 , bem superiores àqueles da Tabela 2. MARTINS (1993b), considerou como promissores potenciais de vento de 0,003 a 0,030kW/ m^2 , em Botucatu, SP.

É importante salientar que a área do rotor dos motores eólicos é frequentemente muito superior a $1m^2$. O uso de um cata-vento do tipo Kenya ($A = 7,1m^2$), na primeira pênada de janeiro ($P = 0,015$, Tabela 4), geraria uma potência de cerca de 0,107kW; o aerogerador Ipuã 2200 ($A = 22,06m^2$) produziria uma potência de cerca de 0,331kW, e os aerogeradores do tipo usado nos EUA ($A = 38,5m^2$) ocasionariam potenciais de 0,578kW. Como se pode notar, dependendo do equipamento utilizado, os valores de potencial eólico apresentados na Tabela 4 são consideravelmente aumentados, permitindo uma visão mais real das capacidades eólicas da região.

MARQUES JÚNIOR et al. (1995) analisaram dados mensais da velocidade do vento para Botucatu, SP, fazendo uso da distribuição Beta. Eles encontraram uma velocidade média de 150km/dia (1,74 m/s), indicando uma grande possibilidade de uso do vento como fonte alternativa de energia para a região. No presente trabalho, a velocidade média anual, obtida

Tabela 1. Estimativas da velocidade média do vento (m/s), para os níveis de probabilidade de 25, 50 e 75%, nas 73 pântadas do ano, Pelotas, RS, obtidas a partir de dados coletados a 7 metros do solo.

Estimativa da Velocidade Média do Vento(m/s)										
Prob	Pen - 1	Pen - 2	Pen - 3	Pen - 4	Pen - 5	Pen - 6	Pen - 7	Pen - 8	Pen - 9	Pen - 10
0,75	3,94	3,93	4,43	4,44	4,02	3,89	4,18	4,02	3,88	4,08
0,50	3,22	3,17	3,47	3,62	3,40	3,14	3,34	3,33	3,15	3,26
0,25	2,60	2,52	2,67	2,92	2,84	2,50	2,64	2,73	2,53	2,58
Prob	Pen - 11	Pen - 12	Pen - 13	Pen - 14	Pen - 15	Pen - 16	Pen - 17	Pen - 18	Pen - 19	Pen - 20
0,75	3,64	3,82	3,63	3,81	3,65	3,42	3,500	3,67	3,21	3,83
0,50	3,02	3,03	3,06	2,95	2,91	2,71	2,80	2,80	2,65	2,90
0,25	2,48	2,37	2,56	2,24	2,29	2,11	2,22	2,10	2,16	2,15
Prob	Pen - 21	Pen - 22	Pen - 23	Pen - 24	Pen - 25	Pen - 26	Pen - 27	Pen - 28	Pen - 29	Pen - 30
0,75	3,26	2,96	3,36	3,10	3,04	2,75	3,17	3,34	3,09	2,96
0,50	2,43	2,13	2,60	2,41	2,32	2,05	2,37	2,36	2,26	2,04
0,25	1,77	1,49	1,99	1,84	1,73	1,49	1,73	1,61	1,61	1,36
Prob	Pen - 31	Pen - 32	Pen - 33	Pen - 34	Pen - 35	Pen - 36	Pen - 37	Pen - 38	Pen - 39	Pen - 40
0,75	3,07	3,34	3,24	3,33	3,28	3,28	2,93	3,44	3,00	3,77
0,50	2,36	2,44	2,52	2,44	2,54	2,47	2,32	2,59	2,31	2,67
0,25	1,77	1,73	1,93	1,74	1,94	1,81	1,82	1,91	1,74	1,83
Prob	Pen - 41	Pen - 42	Pen - 43	Pen - 44	Pen - 45	Pen - 46	Pen - 47	Pen - 48	Pen - 49	Pen - 50
0,75	3,51	3,41	3,59	3,60	3,57	3,76	3,88	3,94	4,27	4,04
0,50	2,81	2,71	2,74	2,76	2,94	3,04	3,08	3,20	3,44	3,18
0,25	2,22	2,12	2,05	2,08	2,39	2,44	2,42	2,58	2,73	2,47
Prob	Pen - 51	Pen - 52	Pen - 53	Pen - 54	Pen - 55	Pen - 56	Pen - 57	Pen - 58	Pen - 59	Pen - 60
0,75	4,16	5,01	4,47	4,89	4,65	4,63	5,12	5,18	4,67	4,34
0,50	3,52	4,00	3,80	3,96	3,71	3,76	4,24	4,19	3,73	3,63
0,25	2,94	3,16	3,21	3,17	2,92	3,02	3,47	3,35	2,95	3,01
Prob	Pen - 61	Pen - 62	Pen - 63	Pen - 64	Pen - 65	Pen - 66	Pen - 67	Pen - 68	Pen - 69	Pen - 70
0,75	4,76	4,66	4,69	4,97	4,61	4,63	5,32	4,49	4,67	4,52
0,50	4,02	3,99	3,94	3,10	3,79	3,80	3,88	3,85	3,84	3,65
0,25	3,37	3,40	3,29	3,18	3,09	3,08	2,76	3,29	3,14	2,92
Prob	Pen - 71	Pen - 72	Pen - 73							
0,75	4,380	4,47	4,56							
0,50	3,55	3,53	3,64							
0,25	2,84	2,74	2,86							

da Tabela 1, é de 3,12 metros por segundo, o que permite estimar uma potência específica de cerca de 850 kWh/ano/kW. Uma unidade instalada de 100kW de potência forneceria, por ano, 85000kWh (MACINTYRE, 1983). Este é um valor bastante razoável, que justificaria uma avaliação da relação custo/benefício para a instalação de aerogeradores na região.

Tomando-se por base a velocidade média anual de 3,12 m/s, medida a 7 metros do solo, poder-se-ia estimar os potenciais eólicos disponíveis para geradores com área de rotor entre 5 e 200 m², para as

alturas de 10, 30 e 50 metros. Essas estimativas estão apresentados na Tabela 5. Esses valores indicam a disponibilidade de energia eólica em 50% dos dias de um ano, para as diversas alturas de captação e para as áreas específicas dos rotores. Essa informação é parte fundamental de qualquer projeto de uso do vento como energia alternativa.

Tomada a decisão sobre o equipamento a instalar, deve-se atentar para a direção predominante do vento na região em estudo. BAPTISTA DA SILVA et al. (1997a) concluíram que a direção dos ventos varia com as estações do ano: a leste (E) é a mais frequente

Tabela 2. Estimativas do potencial eólico do vento (kW/m^2) a 7 metros do solo, para os níveis de probabilidade de 25, 50 e 75%, nas 73 pênadas do ano, Pelotas, RS, obtidas com base nos dados da Tabela 1, para área do rotor igual a 1m^2 .

Estimativa da Potência do Vento (kW/m^2)										
Prob	Pen - 1	Pen - 2	Pen - 3	Pen - 4	Pen - 5	Pen - 6	Pen - 7	Pen - 8	Pen - 9	Pen - 10
0,75	0,012	0,012	0,017	0,017	0,013	0,011	0,014	0,013	0,011	0,013
0,50	0,006	0,006	0,008	0,009	0,008	0,006	0,007	0,007	0,006	0,007
0,25	0,003	0,003	0,004	0,005	0,005	0,003	0,004	0,004	0,003	0,003
Prob	Pen - 11	Pen - 12	Pen - 13	Pen - 14	Pen - 15	Pen - 16	Pen - 17	Pen - 18	Pen - 19	Pen - 20
0,75	0,009	0,011	0,009	0,011	0,009	0,008	0,008	0,010	0,006	0,010
0,50	0,005	0,005	0,006	0,005	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
0,25	0,003	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Prob	Pen - 21	Pen - 22	Pen - 23	Pen - 24	Pen - 25	Pen - 26	Pen - 27	Pen - 28	Pen - 29	Pen - 30
0,75	0,007	0,005	0,007	0,006	0,005	0,004	0,006	0,007	0,006	0,005
0,50	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002
0,25	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,009	0,001
Prob	Pen - 31	Pen - 32	Pen - 33	Pen - 34	Pen - 35	Pen - 36	Pen - 37	Pen - 38	Pen - 39	Pen - 40
0,75	0,006	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,005	0,008	0,005	0,010
0,50	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,002	0,004
0,25	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
Prob	Pen - 41	Pen - 42	Pen - 43	Pen - 44	Pen - 45	Pen - 46	Pen - 47	Pen - 48	Pen - 49	Pen - 50
0,75	0,008	0,008	0,009	0,009	0,009	0,010	0,011	0,012	0,015	0,013
0,50	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,006	0,006	0,006	0,008	0,006
0,25	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003
Prob	Pen - 51	Pen - 52	Pen - 53	Pen - 54	Pen - 55	Pen - 56	Pen - 57	Pen - 58	Pen - 59	Pen - 60
0,75	0,014	0,024	0,017	0,023	0,019	0,019	0,026	0,027	0,020	0,016
0,50	0,008	0,012	0,011	0,012	0,009	0,010	0,015	0,014	0,010	0,009
0,25	0,005	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,008	0,007	0,005	0,005
Prob	Pen - 61	Pen - 62	Pen - 63	Pen - 64	Pen - 65	Pen - 66	Pen - 67	Pen - 68	Pen - 69	Pen - 70
0,75	0,021	0,020	0,020	0,024	0,019	0,019	0,029	0,017	0,020	0,018
0,50	0,013	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,009
0,25	0,007	0,008	0,007	0,006	0,006	0,006	0,004	0,007	0,006	0,005
Prob	Pen - 71	Pen - 72	Pen - 73							
0,75	0,016	0,017	0,018							
0,50	0,009	0,009	0,009							
0,25	0,004	0,004	0,005							

na primavera e verão; a sudoeste (SW), no outono, e a nordeste (NE), no inverno. Entretanto, a direção NE destaca-se pela sua presença marcante em todas estações do ano. MARTINS (1993a) salienta a importância do conhecimento da direção predominante, principalmente no dimensionamento das torres para a utilização desta fonte como energia natural. Equipamentos modernos possuem um sistema de modificação de posicionamento, que permite sua orientação segundo a mudança da direção do vento.

Devem ser tomados cuidados com esses equipamentos para proteção contra danos ocasionados por rajadas de vento, pois, na região do estudo, existe alta probabilidade (acima de 60%) de ocorrência de rajadas de vento, de agosto a dezembro, com velocidades superiores a 60km/h, destacando-se o mês de outubro como aquele que apresenta valores extremos (BAPTISTA DA SILVA et al., 1997b).

Tabela 3. Estimativas da velocidade média do vento (m/s), para os níveis de probabilidade de 25, 50 e 75%, nas 73 pên-tadas do ano, Pelotas, RS, ajustadas para 50 metros do solo pela fórmula de Tubelis.

Estimativa da Velocidade Média do Vento(m/s)										
Prob	Pen - 1	Pen - 2	Pen - 3	Pen - 4	Pen - 5	Pen - 6	Pen - 7	Pen - 8	Pen - 9	Pen - 10
0,75	5,22	5,20	5,89	5,88	5,33	5,15	5,53	5,32	5,14	5,40
0,50	4,26	4,19	4,59	4,80	4,50	4,16	4,42	4,41	4,17	4,14
0,25	3,44	3,34	3,54	3,87	3,77	3,31	3,49	3,62	3,34	3,41
Prob	Pen - 11	Pen - 12	Pen - 13	Pen - 14	Pen - 15	Pen - 16	Pen - 17	Pen - 18	Pen - 19	Pen - 20
0,75	4,82	5,06	4,81	5,04	4,83	4,53	4,63	4,86	4,25	5,07
0,50	3,40	4,02	4,06	3,90	3,86	3,58	3,71	3,71	3,50	3,84
0,25	3,29	3,14	3,39	2,97	3,04	2,79	2,94	2,78	2,86	2,84
Prob	Pen - 21	Pen - 22	Pen - 23	Pen - 24	Pen - 25	Pen - 26	Pen - 27	Pen - 28	Pen - 29	Pen - 30
0,75	4,32	3,92	4,45	4,11	4,03	3,65	4,20	4,42	4,09	3,91
0,50	3,22	2,82	3,45	3,19	3,07	2,72	3,14	3,12	2,99	2,71
0,25	2,35	1,97	2,63	2,44	2,29	1,98	2,30	2,13	2,13	1,80
Prob	Pen - 31	Pen - 32	Pen - 33	Pen - 34	Pen - 35	Pen - 36	Pen - 37	Pen - 38	Pen - 39	Pen - 40
0,75	4,07	4,42	4,29	4,41	4,34	4,35	3,88	4,55	3,97	5,00
0,50	3,12	3,23	3,34	3,23	3,37	3,27	3,08	3,43	3,06	3,53
0,25	2,35	2,29	2,56	2,30	2,56	2,40	2,41	2,52	2,31	2,42
Prob	Pen - 41	Pen - 42	Pen - 43	Pen - 44	Pen - 45	Pen - 46	Pen - 47	Pen - 48	Pen - 49	Pen - 50
0,75	4,65	4,51	4,75	4,77	4,73	4,98	5,14	5,21	5,66	5,35
0,50	3,72	3,58	3,63	3,66	3,89	4,03	4,08	4,24	4,55	4,21
0,25	2,94	2,81	2,72	2,76	3,17	3,23	3,20	3,41	3,62	3,27
Prob	Pen - 51	Pen - 52	Pen - 53	Pen - 54	Pen - 55	Pen - 56	Pen - 57	Pen - 58	Pen - 59	Pen - 60
0,75	5,53	6,64	5,92	6,47	6,16	6,12	6,78	6,87	6,18	5,74
0,50	4,66	5,30	5,03	5,24	4,91	4,98	5,61	5,55	4,94	4,80
0,25	3,90	4,18	4,25	4,20	3,87	4,01	4,60	4,44	3,90	3,98
Prob	Pen - 61	Pen - 62	Pen - 63	Pen - 64	Pen - 65	Pen - 66	Pen - 67	Pen - 68	Pen - 69	Pen - 70
0,75	6,31	6,17	6,21	6,58	6,10	6,13	7,04	5,94	6,18	5,98
0,50	5,33	5,29	5,22	5,29	5,02	5,03	5,14	5,10	5,09	4,84
0,25	4,47	4,51	4,36	4,21	4,09	4,08	3,65	4,36	4,15	3,87
Prob	Pen - 71	Pen - 72	Pen - 73							
0,75	5,80	5,92	6,03							
0,50	4,70	4,67	4,81							
0,25	3,76	3,63	3,79							

Conclusões

As estimativas iniciais obtidas mostram que existe um potencial eólico apreciável, no Campus da UFPel e cercanias, de onde os dados foram coletados. Estimaram-se potenciais eólicos médios para rotores de diversas dimensões, nas alturas de captação de 10, 30, e 50 metros do solo. Em virtude da importância da direção nordeste em todo ano, os aparelhos de cap-

tação do vento devem estar voltados para esta direção. Cuidados devem ser tomados para que estes aparelhos não se danifiquem sob a ação de rajadas máximas, principalmente aquelas que ocorrem de agosto a dezembro, com ênfase no mês de outubro.

As informações obtidas pelo trabalho constituem um subsídio para um estudo mais aprofundado sobre a possibilidade de implantação de uma usina geradora de energia eólica na região.

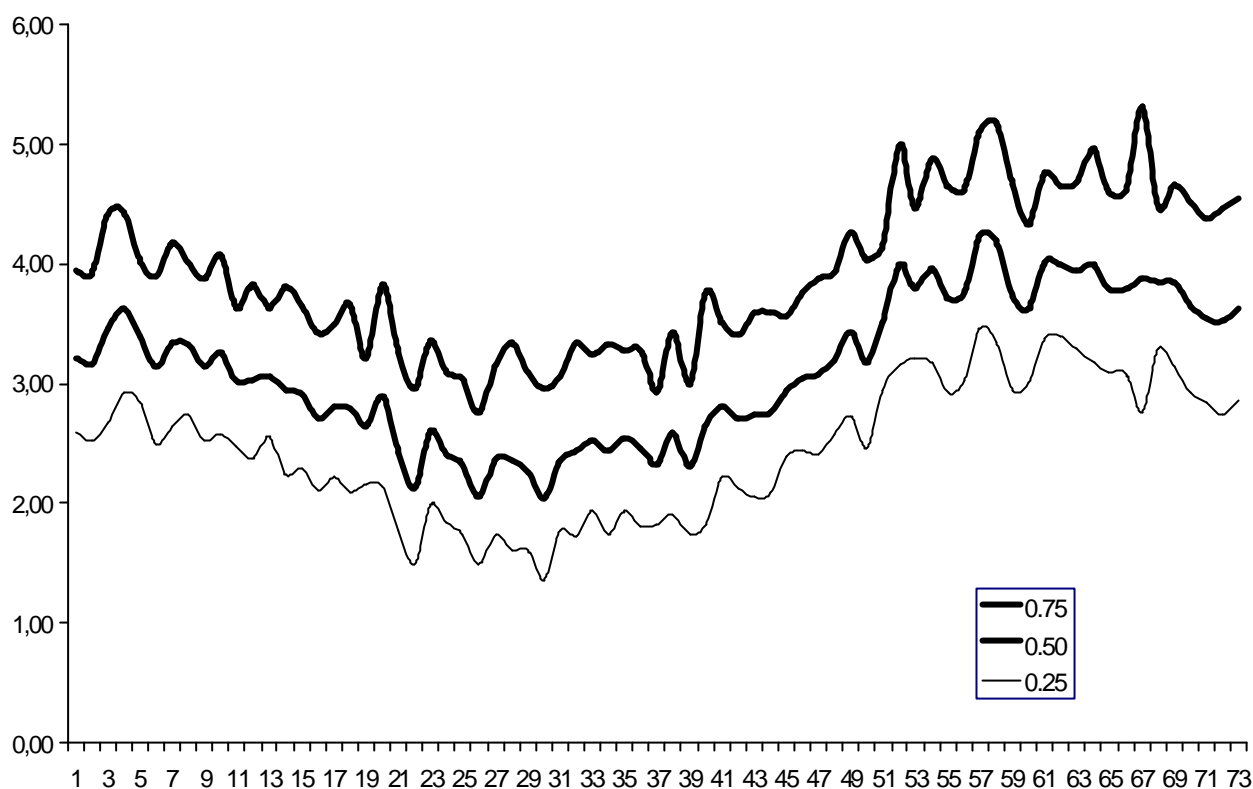


Figura 1. Estimativa da velocidade média do vento (m/s), a 50m do solo, para os níveis de probabilidade de 25, 50 e 75%, nas 73 pên-tadas do ano, em Pelotas, RS

Referências bibliográficas

ADEODATO, S., OLIVEIRA, W.D. A riqueza dos melhores ventos. **Globo Ciência**, v. 6, n. 63, p. 20-25, outubro, 1996.

AGÊNCIA DE COMÉRCIO EXTERNO DA HOLANDA, Energia eólica: alta tecnologia holandesa, **Economic Tribune**, v. 1, n. 3, p. 32-33, setembro, 1999.

BAPTISTA DA SILVA, J., ZANUSSO, J.T., SILVEIRA, D.L.M., et al. Estudo da velocidade e direção dos ventos em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 227-235, 1997a.

BAPTISTA DA SILVA, J., SCHONS, R.L., LARROZA, E.G., et al. Probabilidades de ocorrência de rajadas máximas de vento em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 237-240, 1997b.

BAPTISTA DA SILVA, J., LARROZA, E.G. Probabilidades de ocorrência de diferentes

velocidades dos ventos em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 91-99, 1999.

MACINTYRE, A. J. **Máquinas motrizes hidráulicas**, Guanabara Dois : Rio de Janeiro, 1983. 649 p.

MARQUES JUNIOR, S., VALADÃO, L.T., VIEIRA, A.R.R. et al. Análise dos dados de vento para a região de Botucatu, SP, utilizando a distribuição Beta. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 129-132, 1995.

MARTINS, D. **O comportamento dos ventos na região de Botucatu, SP**, Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP : Botucatu, SP, 1993a. 8 p.

MARTINS, D. **Determinação do potencial eólico na região de Botucatu, SP**. Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP : Botucatu, SP, 1993b. 12 p.

TUBELIS, A., NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. Nobel : São Paulo, 1980. 374 p.

Tabela 4. Estimativas do potencial eólico do vento (kW/m^3), para os níveis de probabilidade de 25, 50 e 75%, nas 73 pên-tadas do ano, Pelotas, RS, obtidas a partir dos dados da Tabela 3, para área do rotor igual a 1 m^2 .

Estimativa da Potência do Vento (kW/m^2)										
Prob	Pen - 1	Pen - 2	Pen - 3	Pen - 4	Pen - 5	Pen - 6	Pen - 7	Pen - 8	Pen - 9	Pen - 10
0,75	0,028	0,027	0,039	0,039	0,029	0,027	0,033	0,029	0,026	0,030
0,50	0,015	0,014	0,019	0,021	0,018	0,014	0,017	0,017	0,014	0,016
0,25	0,008	0,007	0,009	0,011	0,010	0,007	0,008	0,009	0,007	0,008
Prob	Pen - 11	Pen - 12	Pen - 13	Pen - 14	Pen - 15	Pen - 16	Pen - 17	Pen - 18	Pen - 19	Pen - 20
0,75	0,022	0,025	0,022	0,025	0,022	0,018	0,019	0,022	0,015	0,025
0,50	0,008	0,013	0,013	0,012	0,011	0,009	0,010	0,010	0,008	0,011
0,25	0,007	0,006	0,008	0,005	0,005	0,004	0,005	0,004	0,005	0,004
Prob	Pen - 21	Pen - 22	Pen - 23	Pen - 24	Pen - 25	Pen - 26	Pen - 27	Pen - 28	Pen - 29	Pen - 30
0,75	0,016	0,012	0,017	0,013	0,013	0,009	0,014	0,017	0,013	0,012
0,50	0,007	0,004	0,008	0,006	0,006	0,004	0,006	0,006	0,005	0,004
0,25	0,003	0,002	0,004	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
Prob	Pen - 31	Pen - 32	Pen - 33	Pen - 34	Pen - 35	Pen - 36	Pen - 37	Pen - 38	Pen - 39	Pen - 40
0,75	0,013	0,017	0,015	0,017	0,016	0,016	0,011	0,018	0,012	0,024
0,50	0,006	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,006	0,008	0,006	0,009
0,25	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003
Prob	Pen - 41	Pen - 42	Pen - 43	Pen - 44	Pen - 45	Pen - 46	Pen - 47	Pen - 48	Pen - 49	Pen - 50
0,75	0,019	0,018	0,021	0,021	0,021	0,024	0,026	0,027	0,035	0,030
0,50	0,010	0,009	0,009	0,010	0,011	0,013	0,013	0,015	0,009	0,007
0,25	0,005	0,004	0,004	0,004	0,006	0,007	0,006	0,008	0,009	0,007
Prob	Pen - 51	Pen - 52	Pen - 53	Pen - 54	Pen - 55	Pen - 56	Pen - 57	Pen - 58	Pen - 59	Pen - 60
0,75	0,033	0,057	0,040	0,052	0,045	0,044	0,060	0,063	0,046	0,037
0,50	0,020	0,029	0,025	0,028	0,023	0,023	0,034	0,033	0,023	0,021
0,25	0,012	0,014	0,015	0,014	0,011	0,012	0,019	0,017	0,012	0,012
Prob	Pen - 61	Pen - 62	Pen - 63	Pen - 64	Pen - 65	Pen - 66	Pen - 67	Pen - 68	Pen - 69	Pen - 70
0,75	0,049	0,045	0,046	0,055	0,044	0,045	0,068	0,041	0,046	0,041
0,50	0,029	0,029	0,028	0,029	0,024	0,025	0,026	0,026	0,026	0,022
0,25	0,017	0,018	0,016	0,014	0,013	0,013	0,009	0,016	0,014	0,011
Prob	Pen - 71	Pen - 72	Pen - 73							
0,75	0,038	0,040	0,043							
0,50	0,020	0,020	0,022							
0,25	0,010	0,009	0,011							

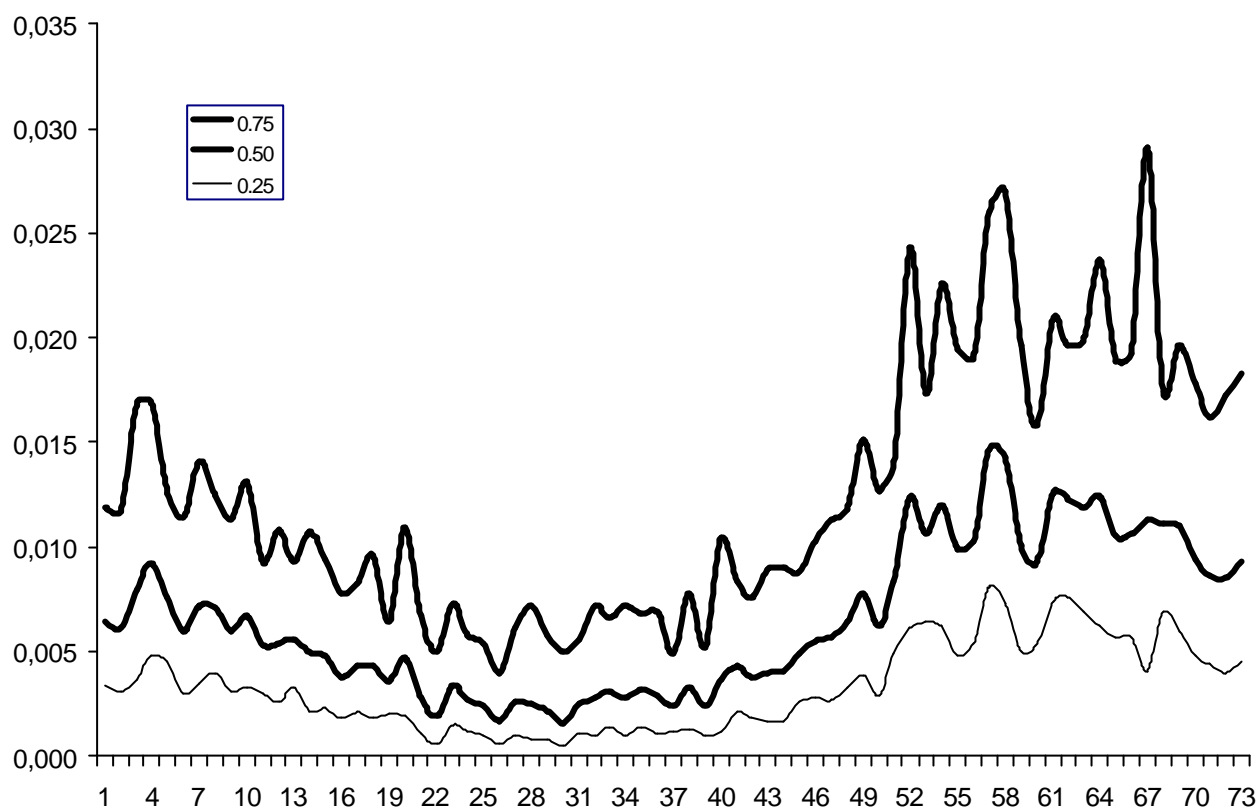


Figura 2. Estimativas do potencial eólico do vento (kW/m^2), a 50m do solo, para os níveis de probabilidade de 25,50 e 75%, nas 73 pênitadas do ano, em Pelotas, RS.

Tabela 5. Potenciais eólicos (kW) estimados para rotores com área de 5 a 200 m^2 , para as alturas de 10, 30 e 50 m do solo, considerando a velocidade média anual de 3,12 m/s registrada a 7m do solo.

Área do rotor (m^2)	Altura do solo (m)		
	10	30	50
5	0,034	0,055	0,068
10	0,068	0,109	0,136
15	0,102	0,164	0,204
20	0,136	0,218	0,272
30	0,205	0,328	0,408
40	0,273	0,437	0,544
50	0,341	0,546	0,680
100	0,682	1,092	1,359
150	1,023	1,638	2,039
200	1,364	2,184	2,718