

ANALISANDO O POTENCIAL EÓLICO DE ALGUMAS LOCALIDADES DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

João Baptista da SILVA¹, Gisele dos Santos ZEPKA², Diego Oliveira de SOUZA³

Introdução

Os grandes impactos ambientais provenientes de fontes energéticas tradicionais (hidrelétrica, biomassa, nuclear, etc) tem levado muitos países a investirem cada vez mais no desenvolvimento de tecnologias para o uso de fontes renováveis de energia. A opção por um modelo descentralizado e ecologicamente viável de geração de energia, possibilitará suprir as necessidades de grande parte da população, principalmente nas zonas rurais e comunidades isoladas que, sem energia, permanecem condenadas ao subdesenvolvimento, conduzindo um enorme contingente de pessoas que, em busca de melhores condições econômicas, sociais e culturais, tendem a migrar para os centros urbanos mais desenvolvidos. O aporte energético dessas áreas, portanto, deve ser considerado como prioritário no processo de desenvolvimento, possibilitando a melhoria das condições de vida, aumentando a produtividade do trabalho e, conseqüentemente, fixando significativas parcelas da população em seus locais de origem.

Sob estes aspectos, a força dos ventos é uma abundante e inesgotável fonte de energia renovável, limpa e disponível em todos os lugares. A geração de energia a partir de turbinas eólicas no Brasil iniciou em julho de 1992, contando hoje com uma capacidade de 20,3 MW e com previsão de 1000 MW até 2005.

No Rio Grande do Sul, desde 1999, o governo estadual tem dirigido sua atenção numa avaliação do potencial eólico do Estado, cujo mapa do potencial eólico já está disponível no site da Secretaria de Minas, Energia e Comunicação.

A partir dos dados da Estação Agroclimatológica de Pelotas, localizada no Campus da Universidade Federal de Pelotas, e dos dados da Estação Agroclimatológica da Cascata, localizada no Centro de Pesquisas Agropecuárias de Clima Temperado da EMBRAPA, foram construídas tabelas de probabilidades da velocidade média pentadal dos ventos incidentes nestas localidades e estimados os respectivos potenciais eólicos (BAPTISTA DA SILVA et al., 2000; BAPTISTA DA SILVA e BURGUEÑO, 2001).

Considerando-se as diferentes metodologias de avaliação do potencial eólico, além da conhecida ação pontual dos ventos expressados nos dados, justifica-se o presente trabalho, que tem por objetivo uma avaliação do potencial eólico de algumas localidades do Rio Grande do Sul, seguindo critérios distintos daqueles que permitiram a elaboração do mapa eólico do Estado, acima referido.

Material e métodos

Na fase inicial do preparo dos dados surgiram inúmeras dificuldades, que atrasaram o andamento do projeto. As estações meteorológicas em melhores condições de trabalho, utilizadas neste momento, foram as de Caxias do Sul, Santa Rosa e Taquari, enviadas pela FEPAGRO e a de Campo Bom, coletada junto ao 8º DISME.

Os arquivos de dados da velocidade média diária, criados para um período de 10 anos (1999 a 2000), possibilitaram gerar os arquivos da velocidade média pentadal, que foram usados na construção das tabelas de probabilidade dessa variável climática, nas quatro localidades.

Inicialmente, verificou-se as propriedades de homogeneidade de variâncias (teste de Cochran) e de normalidade (testes de Fisher e de Shapiro e Wilk), existentes nos dados de cada localidade. Quando necessário, buscou-se transformações de dados adequadas para a obtenção destas propriedades.

Na construção das tabelas de probabilidades, foi utilizada a distribuição de t, para os níveis de probabilidade de 1% e 99%.

As probabilidades foram estimadas pela expressão:

$$Z_p = \bar{Z} + t_{p,(n-1)}S_z$$

onde: \bar{Z} e s_z são a média e o desvio padrão dos dados transformados (ou originais) de cada pêntada e $t_{p,(n-1)}$ é obtido da tabela de t unilateral para $p=1\%$ e 99% com $n-1$ graus de liberdade.

No caso de os dados terem sido transformados, volta-se aos dados originais pela transformação inversa correspondente.

Construídas as tabelas, procedeu-se a determinação do potencial eólico do vento, utilizando as estimativas da velocidade média pentadal para os níveis de probabilidade de 25%, 50% e 75%, disponíveis nas mesmas. Para tal usa-se a fórmula de Betz (MACINTYRE, 1983) que permite uma avaliação do potencial máximo teórico do vento (kW):

$$P_{\text{máx}} = \left(\frac{16}{27}\right) \left(\frac{\rho}{2}\right) S v^3 = 0,000364 v^3$$

onde: ρ = massa específica da unidade de volume de ar
 S = área do rotor

v = velocidade média do vento (m/s)

as estimativas iniciais, obtidas para as alturas de 7 metros do solo, foram convertidas para as alturas de 10, 30 e 50 metros, visto serem estas as alturas usuais de captação do vento para geração de energia elétrica. para tal, usa-se a Lei da Potência (TUBELIS e NASCIMENTO, 1980):

¹ Engº Agrônomo, Livre Docente, Doutor em Ciências, Bolsista do CNPq, Professor Titular (Aposentado) do Instituto de Física e Matemática (UFPel), e-mail: jbsilva@ufpel.tche.br

² Meteorologista, Aluna do Curso de Pós-Graduação (FURG), Ex-bolsista de Iniciação Científica da FAPERGS.

³ Aluno do Curso de Graduação em Meteorologia da UFPel, Bolsista de Iniciação Científica da FAPERGS.

$$\left(\frac{v_2}{v_1}\right) = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^{1/7}$$

sendo: v_i = velocidade do vento na altura a_i
 a_i = altura de medição, $i = 1, 2$.

Foram estimados também os potenciais eólicos para rotores com áreas variáveis de 5 a 200 m², na altura de 50 metros do solo, em função da velocidade média anual, registrada em cada uma das quatro localidades.

Resultados e discussão

Os desvios de normalidade pelo teste de Fisher ($\alpha=0,05$) foram significativos apenas em 4 pêntadas dos dados originais em Caxias do Sul e em Campo Bom. O mesmo teste aplicado aos dados transformados de Santa Rosa ($z=10X^{0,333}$) e de Taquari ($z=\ln X$) encontrou como significativos ($\alpha=0,05$) apenas 8 e 4 pêntadas, respectivamente.

Pelo teste de Shapiro e Wilk ($\alpha=0,05$) a normalidade não esteve presente em 8 pêntadas (Caxias do Sul), 5 pêntadas (Campo Bom), 9 pêntadas (Santa Rosa) e 6 pêntadas (Taquari).

Quanto a homogeneidade de variâncias (teste de Cochran) ao nível de 5%, verificou-se em três das localidades, não ocorrendo apenas em Campo Bom, onde $C=0,0792$, para um valor de $C_{0,05;73;9}=0,0520$ de tabela.

Os dados pentadais das quatro localidades foram admitidos como seguindo à distribuição normal e, sob esta hipótese, construiu-se as tabelas de probabilidades baseadas na distribuição de t , para 1% a 99%. Uma amostra das probabilidades encontra-se na tabela 1.

PENT. PROB.	P - 1 V (m/s)	P - 2 V (m/s)	P - 3 V (m/s)	P - 4 V (m/s)
0,75	1,93	2,28	2,20	2,04
0,50	1,61	1,77	1,57	1,60
0,25	1,29	1,26	1,26	1,16

Tabela 1: Valores estimados para as velocidades médias pentadais do vento (m/s), nos níveis de probabilidade de 25, 50 e 75%, para as quatro primeiras pêntadas do ano, em Caxias do Sul, RS.

Os potenciais eólicos do vento (KW/m²) foram estimados para rotores de 1 m², na altura de 50 metros do solo, aos níveis de probabilidade de 25%, 50% e 75% nas 73 pêntadas do ano. Os resultados para Caxias do Sul encontram-se na figura 1. Como se pode ver, os valores mais expressivos estão nas pêntadas 43 e 61 (final do outono e início da primavera) e na pêntada 10 (segunda quinzena de fevereiro). De modo geral, ocorre o mesmo comportamento também em Santa Rosa e Taquari. Em Campo Bom destacam-se potenciais máximos nas pêntadas 12 (Segunda quinzena de abril) e na pêntada 40 (Segunda quinzena de julho), além daquelas que se localizam na primavera (set-out).

Em Pelotas, nas duas estações meteorológicas, campus da UFPel e Cascata (CPACT/EMBRAPA) encontram-se os potenciais eólicos mais expressivos nas pêntadas da primavera (set-out).

É importante lembrar que, tendo em vista as características pontuais dos ventos, os resultados apresentados tem validade para os locais onde se encontram as estações meteorológicas e suas vizinhanças.

No mapa eólico do Rio Grande do Sul, estão indicadas as áreas mais favoráveis para o aproveitamento do vento como fonte de energia. Santa Rosa, encontra-se no Planalto das Missões uma das regiões destacadas; Caxias do Sul, é a principal cidade da Serra Gaúcha, uma região também em destaque; Campo Bom, próxima a Costa ao Longo da Lagoa dos Patos, outra região favorável; Apenas Taquari não se encontra em nenhuma região favorável destacada no mapa do potencial.

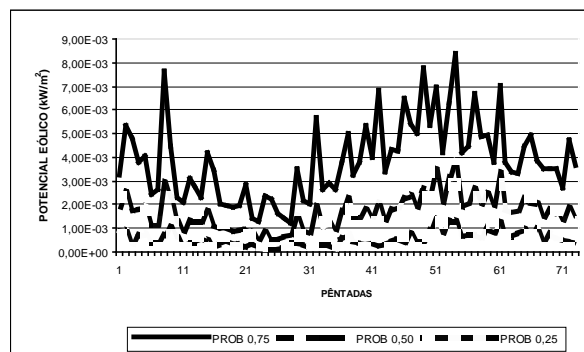


Figura 1: Estimativa do potencial eólico (KW/m²), a 50 metros acima do solo, para os níveis de 25, 50 e 75%, nas 73 pêntadas do ano, período de 1991 a 2000, em Caxias do Sul, RS.

Conclusão

Os potenciais eólicos estimados para os níveis de probabilidade de 25%, 50% e 75%, da velocidade média pentadal, apresentam-se como razoáveis para diversas atividades agrícolas e turísticas em todas as quatro localidades.

As localidades avaliadas comprovaram as indicações de regiões favoráveis ao uso de energia eólica, expressadas no mapa do potencial eólico do Rio Grande do Sul.

Referências bibliográficas

- BAPTISTA DA DILVA, J., LARROZA, E.G., BURGUEÑO, L.E.T. Estimativa do potencial eólico no Campus da Universidade Federal de Pelotas, em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 111-119, 2000.
- BAPTISTA DA DILVA, J., BURGUEÑO, L.E.T. Estimativa do potencial eólico a partir de tabelas de probabilidades da velocidade média pentadal do vento, na Cascata, em Pelotas – RS.
- MACINTYRE, A.J. **Máquinas motrizes hidráulicas**, Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1983, 53 p.
- SHAPIRO, S.S. **How to test normality and other distributional assumptions**. 2^a ed. American Society for Quality Control, Wisconsin, 92 p. 1990 (v.3)
- TUBELIS, A., NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. Editora Nobel, São Paulo, 1980, 374 p.

Agradecimentos

Agradecemos os dados cedidos pela FEPAGRO e pelo 8º DISME.