

DISPONIBILIDADE DE ENERGIA EÓLICA NO LITORAL ANAZÔNICO

THEREZINHA XAVIER BASTOS¹, TATIANA D. de A. SÁ DINIZ¹, ROBÉRIO ALEIXO A. NOBRE² e ELEN MARIA CÂMARA CUTRIM³.

RESUMO - Na Amazônia brasileira vem crescendo o interesse no meio rural, pela utilização do vento, com vistas ao bombeamento de água através de cata-vento e turbinas. Um dos pontos que vêm limitando a expansão do emprego desses equipamentos na região, é a reduzida informação sobre a velocidade do vento e, consequentemente, de seu potencial eólico. O presente trabalho avalia o potencial eólico da localidade de Soure-PA, que pela sua posição geográfica (limitada ao Norte com o oceano Atlântico e a Este com a baía de Marajó), atribui-se a hipótese de dispor de energia eólica favorável para o emprego de máquinas movidas a vento. Os dados analisados foram obtidos na Estação Meteorológica do INEMET e referem-se ao período de 1970 a 1979 nos horários de 9h, 15h, e 21h, tendo sido evidenciada a possibilidade de utilização de máquinas eólicas em considerável período do ano, principalmente nos meses de setembro, outubro e novembro.

WIND ENERGY DISPONIBILITY IN THE AMAZON BASIN LITTORAL

ABSTRACT - It is increasing, in country communities of Brazilian Amazon Region, the interest on wind machines, specially for pumping purposes. The spread of this technology is, however, limited partially due to the lack of information on wind velocity and consequently on its aeolian potential. This paper is concerned to aeolian potential assessment for Soure county, State of Pará, which by its geographical situation (limited northerly by Atlantic ocean and easterly by Marajo bay) is expected to offer aeolian energy suitable to wind machine utilization. The data analyzed

1 - Eng.^a M.Sc. EMBRAPA-CPATU, Caixa Postal 48, CEP 66000-Belém, PA

2 - Meteorologista. Bolsista da EMBRAPA-CPATU, Caixa Postal 48 .
CEP 66000 - Belém, Pa.

3 - Eng.^a Civil Campus Universitário do Guamã. Caixa Postal 917 .
CEP 66000 - Belém, PA.

were obtained from 1970 to 1979 at the meteorological station of Brazilian Meteorological Bureau (INEMET), from observations done three times a day (9h, 15h and 21h) and allowed to identify a considerable period suitable to aeolian machines utilization which refers mainly to the months of September, October and November.

INTRODUÇÃO

É sabido que o vento de superfície é uma das mais abundantes e economicamente viáveis formas de utilização de energia solar para fins agrícolas, envolvendo principalmente a geração de eletricidade e o bombeamento de água (Flavin, 1982).

Atualmente, na Amazônia brasileira, vem crescendo o interesse, no meio rural, pela utilização do vento, com vistas ao bom bombeamento de água através de cata-ventos e turbinas (Bastos et al. 1984), o que vem sendo favorecido pelo empenho da indústria nacional em desenvolver e produzir modelos de custo reduzido e capazes de serem utilizados em considerável percentual dos dias do ano, mesmo em áreas onde predominam ventos relativamente fracos (Mattos, 1981).

Outra utilidade da informação do vento de superfície, de relevância para esta região, é o seu uso como possível indicador de áreas de escape e de controle à proliferação de doenças fúngicas, como no caso do "mal das folhas" em seringueira (Bastos, 1972; Bastos & Diniz, 1980; Falesi, 1976).

Um dos pontos que vêm limitando o uso desse elemento climático na região é a reduzida informação sobre a sua direção e velocidade (Bastos et al., 1984). Sensível a esse problema, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), através do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU) vem efetuando trabalhos de levantamento de variabilidade temporal e espacial da velocidade do vento na Amazônia, bem como o monitoramento desse elemento em áreas da pesquisa da EMBRAPA com a finalidade de avaliar a potencialidade eólica da região para fins agrícolas.

O presente trabalho aborda a etapa inicial desse programa, onde é avaliado o potencial eólico da localidade de Soure Pará, que pela sua posição geográfica, limitada ao Norte com o

oceanos Atlântico e a Este com a baía de Marajó, atribui-se a hipótese de dispor de energia eólica favorável para o emprego de máquinas movidas a vento.

MATERIAL E MÉTODO

Os dados obtidos foram provenientes da estação meteorológica do INEMET, situada a $0^{\circ}40'$ da latitude Sul, $48^{\circ}33'$ de longitude a Oeste de Greenwich, a 11m de altitude, e correspondem a três horários de observação: 9h, 15h e 21h, e relativos ao período de 1970-1979. Os dados dos oito primeiros anos resultaram de leituras em cata-vento Wild, enquanto que os referentes aos dois últimos anos, são resultantes de registros em anemógrafo universal de fabricação Fuess. Os dados foram agrupados por dia/hora, tendo sido calculados médias, valores extremos, amplitude, desvios padrão, coeficientes de variação, variâncias, curtoses e distribuições de frequência univariada para períodos mensais, utilizando-se o pacote estatístico SAEST, em microcomputador POLYMAX modelo Poly 101, de 60K:

A velocidade do vento foi convertida para a altura de 2m, utilizando-se a equação $\frac{U_1}{U_2} = \left(\frac{Z_2}{Z_1}\right)^{1/7}$ e a tabela de conversão de valores $(Z_2/Z_1)^{1/7}$, em função de Z_2/Z_1 (Tubelis & Nascimento, s.d).

Os resultados obtidos de velocidade do vento a 10m, foram comparados com as condições térmicas e pluviométricas do local.

O potencial de energia eólica disponível foi calculado a partir da velocidade do vento a 10m, considerando que a energia eólica é a própria energia cinética dos ventos, que é proporcional ao quadrado da sua velocidade, e através da expressão:

$$EV = \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$EV = \frac{1}{2} \rho a \ell v \cdot v^2 t$$

$$\frac{EV}{t} = \frac{a}{2} \rho v^3$$

$$P = \frac{a}{2} \rho v^3$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra as condições de temperatura, insolação e precipitação pluviométrica da localidade de Soure e a Tabela 2 sumariza os valores mensais médios, extremos e coeficientes de variação da velocidade do vento obtidos para a referida localidade.

TABELA 1 - Condições térmicas e pluviométricas de Soure - PA. Período: 1970 - 1979.

Mês	Temperatura do ar (°C)			Insolação (h)	Precipitação (mm)
	média	máxima	mínima		
jan	26,9	30,6	23,8	145,4	312,3
fev	26,6	30,1	23,4	106,8	513,8
mar	26,5	30,1	23,4	104,2	639,2
abr	26,7	30,3	23,6	116,7	497,0
maí	26,8	30,6	23,8	162,1	305,6
jun	27,4	31,0	24,4	212,6	174,1
jul	27,3	30,8	24,3	253,6	143,6
ago	27,6	31,2	24,5	257,7	89,9
set	28,1	31,6	25,2	267,4	32,4
out	28,5	32,1	25,9	271,5	15,4
nov	28,4	32,1	25,7	235,3	29,2
dez	27,9	31,5	24,8	232,2	122,9
ANO	27,4	31,0	24,4	2.365,5	2.875,4

Pela Tabela 1 verifica-se que a região em estudo apresenta pequena variação anual térmica, mantendo-se relativamente elevada o ano inteiro, e acentuada oscilação pluviométrica, iniciando o período das chuvas a partir de dezembro e prolongando -

TABELA 2 - Valores médios e extremos e coeficientes de variação referentes à velocidade do vento à altura de 10m, no período de 1970 - 79, em Soure - PA.

Meses	9 horas			15 horas			27 horas			Média dos três horários		
	Média	Máxima	C.V. (%)	Média	Máxima	C.V. (%)	Média	Máxima	C.V. (%)	Média	Máxima	C.V. (%)
jan	1,6	3,8	54,4	2,1	5,3	47,3	7,7	4,5	53,0	1,3	3,9	39,2
fev	1,6	7,0	57,7	2,0	5,0	48,7	7,6	4,6	57,7	1,3	4,2	39,8
mar	1,5	4,0	57,4	1,8	4,6	45,9	1,9	8,0	61,1	1,6	3,8	35,5
abr	1,3	3,3	67,5	1,3	4,3	47,7	1,4	3,6	60,6	1,5	3,7	38,4
mai	1,6	4,1	54,1	1,8	4,1	42,8	1,4	4,1	63,1	1,6	3,2	38,9
jun	1,8	4,1	49,2	2,0	5,5	41,3	1,4	5,0	63,6	1,7	3,7	33,9
jul	2,0	4,6	41,3	2,2	5,3	39,3	1,3	5,2	32,7	2,0	4,2	28,4
ago	2,0	4,6	40,6	2,4	4,6	37,6	1,9	4,8	51,3	2,1	3,9	31,5
set	2,3	6,0	38,4	2,5	5,1	34,3	2,2	5,0	44,1	2,4	4,7	30,0
out	2,3	4,0	31,0	2,6	4,0	29,5	2,3	4,0	31,0	2,4	3,7	18,1
nov	2,2	5,0	41,8	2,7	6,1	41,5	2,1	5,3	46,4	2,3	4,5	35,3
dez	1,9	5,1	51,4	2,7	6,0	41,3	2,0	4,1	48,0	2,2	4,6	37,8

-se até maio. De junho a dezembro, os totais pluviométricos atingem valores bastante reduzidos, em comparação aos observados no período chuvoso, caracterizando nítido período de estiagem.

A Tabela 2 mostra que a velocidade média mensal do vento oscilou entre 1,3m/s e 2,3m/s às 9h; entre 1,8m/s e 2,8 m/s às 15h e entre 1,4 m/s e 2,3m/s às 21h e as velocidades máximas entre 3,3m/s e 7,0m/s, 4,0m/s e 6,1m/s e 3,6m/s e 8,0m/s, nos horários de 9h, 15h e 21h, respectivamente.

A Figura 1 mostra a marcha anual da velocidade média do vento obtida a 10m e 2m de altura e a Tabela 3 os valores da potência gerada pela energia eólica disponível, onde pode-se ve

rificar a possibilidade de utilização de máquinas eólicas em considerável período do ano, principalmente nos meses de setembro e novembro.

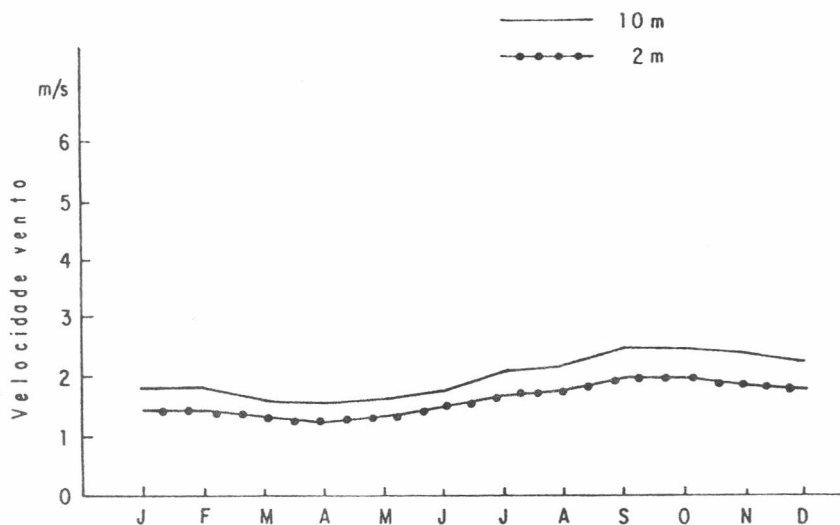


FIG. 1 - Curso anual da velocidade média do vento a 10m e a 2m de altura - Source-PA.

As Figuras 2, 3 e 4 mostram os valores médios de velocidade do vento a 10m, comparados com as condições térmicas e pluviométricas da área em estudo, onde pode-se verificar que os valores médios mais elevados da velocidade do vento, registraram-se por ocasião da época de maior disponibilidade de energia solar e de menor intensidade de chuva, correspondente ao período de julho a dezembro. Em termos de velocidade máximas, verifica-se a ocorrência de valores relativamente elevados igualmente nos meses mais e menos chuvosos, registrando-se o máximo observado no mês de março.

TABELA 3 - Potência gerada pela energia eólica-Soure-PA com ventos a partir de 10m.

Mês	P(KW)m ²
jan	0,24 x 10 ⁻³
fev	0,24 x 10 ⁻³
mar	0,19 x 10 ⁻³
abr	0,15 x 10 ⁻³
mai	0,15 x 10 ⁻³
jun	0,24 x 10 ⁻³
jul	0,36 x 10 ⁻³
ago	0,43 x 10 ⁻³
set	0,60 x 10 ⁻³
out	0,60 x 10 ⁻³
nov	0,15 x 10 ⁻³
dez	0,42 x 10 ⁻³

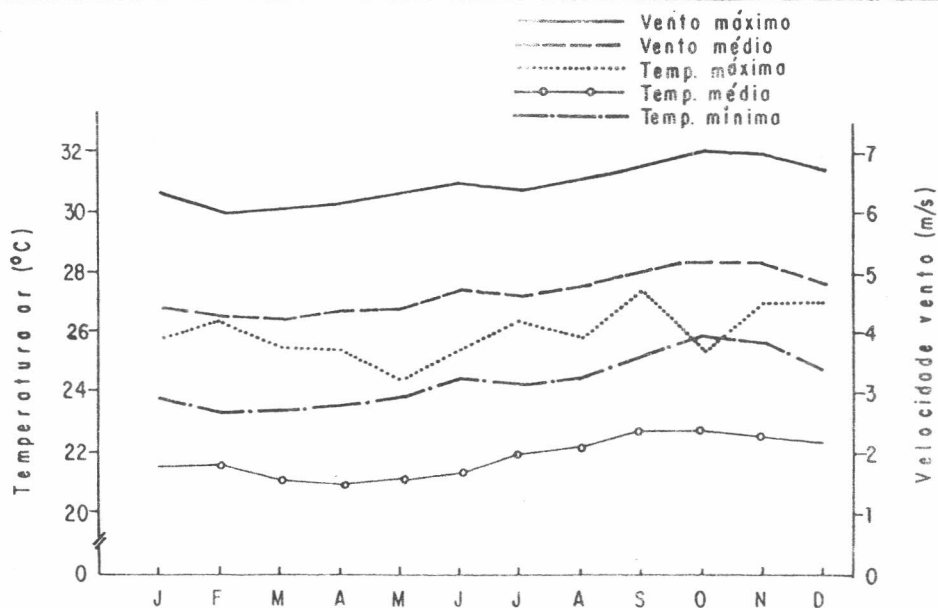


FIG. 2 - Curso anual da velocidade do vento a 10m e da temperatura do ar - Soure-PA.

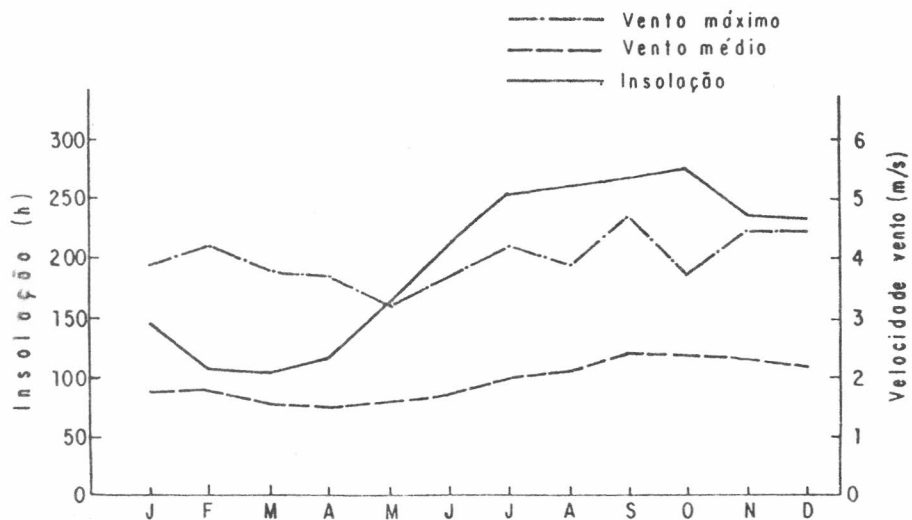


FIG. 3 - Curso anual da velocidade do vento a 10m e da insolação - Soure-PA.

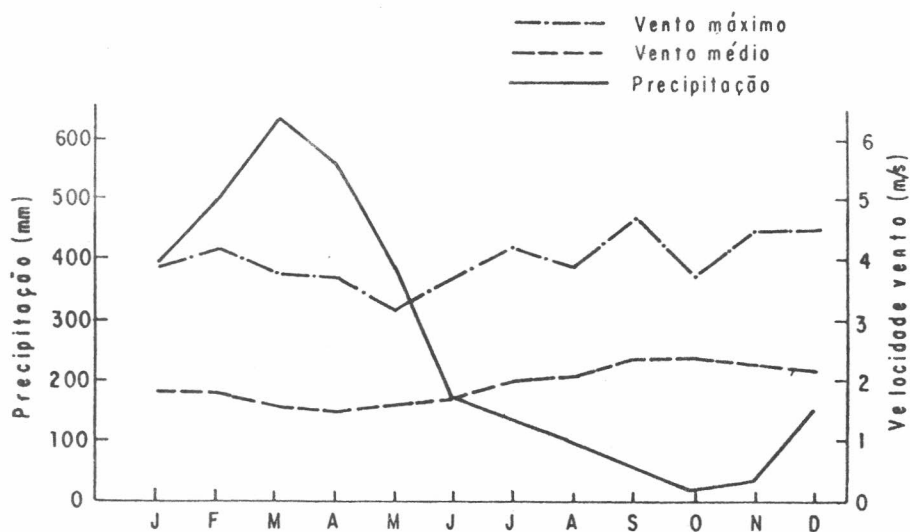


FIG. 4 - Curso anual da velocidade do vento a 10m e da precipitação pluviométrica - Soure-PA.

Pela Tabela 4 observa-se em cinco meses do ano (agosto a dezembro), que a velocidade do vento às 15:00 horas, apresenta-se superior a 2m/s em mais de cinquenta por cento dos dias de cada mês, sendo essa velocidade a requerida, para alguns modelos de cata-vento de custo reduzido fabricados no Brasil, utilizados no bombeamento de água, com vazão de 80 l/h.

TABELA 4 - Potência gerada pela energia eólica-Soure-PA com ventos a partir de 2m.

Mês	P(KW/m ²)
jan	0,14 x 10 ⁻³
fev	0,14 x 10 ⁻³
mar	0,11 x 10 ⁻³
abr	0,09 x 10 ⁻³
mai	0,11 x 10 ⁻³
jun	0,14 x 10 ⁻³
jul	0,21 x 10 ⁻³
ago	0,25 x 10 ⁻³
set	0,35 x 10 ⁻³
out	0,35 x 10 ⁻³
nov	0,30 x 10 ⁻³
dez	0,21 x 10 ⁻³

TABELA 5 - Frequência de valores de velocidade do vento 2m/s

Mês	h o r a			Média
	9	15	21	
jan	17,2	34,6	15,5	30,1
fev	11,7	29,8	16,0	22,7
mar	9,7	18,1	6,8	12,3
abr	9,6	18,3	7,1	10,4
mai	14,3	18,3	10,0	12,9
jun	23,3	19,6	7,5	19,6
jul	25,4	36,2	22,2	36,5
ago	28,2	49,5	28,3	46,0
set	40,7	61,0	39,0	65,3
out	33,1	51,3	27,3	63,6
nov	38,1	57,6	31,6	38,4
dez	38,5	53,4	31,5	33,7

CONCLUSÃO

Embora os dados analisados não representem um inventário detalhado da energia produzida pelo vento em face do tamanho da série, da natureza do aparelho utilizado na maioria das medições e do reduzido número de horários de leitura ou de registro, a informação apresentada é encorajadora, uma vez que permitiu visualizar que a área em estudo apresenta energia eólica favorável à utilização de máquinas de pequeno porte movidas a energia do vento, para bombeamento de água, notadamente no período menos chuvoso, possibilitando, dessa forma, a minimização de gastos com armazenamento de água para uso doméstico e agrícola.

REFERÊNCIAS

BASTOS, T.X. Condições climáticas em seringais às margens dos

- rios largos. In: SEMINÁRIO NACIONAL DA SERINGUEIRA, 1, Cuiabá, 1972. Anais. . . Cuiabá, Ministério da Agricultura. p.79 - 81. 1972.
- BASTOS, T.X. & DINIZ, T.D. de A.S. Microclima ribeirinho, um controle do Microcyclus ulei em seringueira. Belém, EMBRAPA - CPATU. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 13). 1980.
- BASTOS, T.X., DINIZ, T.D. de A.S. & ARAUJO, J.E. Levantamento climático da Amazônia brasileira. Disponibilidade de energia eólica em Soure-Pará. EMBRAPA-CPATU. 4p. (EMBRAPA-CPATU. Pesquisa em andamento, 136). 1984.
- BASTOS, T.X., ROCHA, E.J.P. da, ROLIM, P.A.M., DINIZ, T.D. de A. S., SANTOS, E.C.R. dos, NOBRE, R.A.A., CUTRIM, E.M.C. & MENDONÇA, R.D. O estado atual dos conhecimentos de clima da Amazônia brasileira com finalidade agrícola. Belém, EMBRAPA-CPATU. 35p Trabalho apresentado no Simpósio do Trópico Úmido, 1, Belém , 1984.
- FALESI, I.C. Condições edáficas de seringais localizados às margens de rios largos: Rio Branco, s.ed, 21p. Trabalho apresentado no II Seminário Nacional de Seringueira. 1976.
- FLAVIN, C. The worldwide potential of wind energy. Inter-ciencia, 7(1): 9-18. 1982.
- MATTOS, S. A força dos moinhos de vento. Agric. de hoje, 7(70) : 12-6. 1981.
- TUBELIS, A. & NASCIMENTO, F.J.L. do. - Meteorologia descritiva. Fundamentos e aplicações brasileiras. Nobel, São Paulo, 374 p. s.d.