

## ESTUDO DE VIABILIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA EM EDIFÍCIOS ALTOS NA CIDADE DE SÃO PAULO

**Juliana Iwashita (1); Marcelo de Andrade Roméro (2)**

(1) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Rua 24 de outubro, 58 - Ipiranga - CEP 04276-050, fone: (11) 9745-9506 fax: (11) 5062-7388

e-mail: [ju\\_iwashita@hotmail.com](mailto:ju_iwashita@hotmail.com)

(2) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Rua do Lago, 876, Cidade Universitária – CEP 05508-900, Fone: (11)3818-4571 e-mail: [maromero@usp.br](mailto:maromero@usp.br)

### RESUMO

Parte integrante do Trabalho Final de Graduação, cujo tema é o projeto de um Arranha-Céu Bioclimático Sustentável, este trabalho apresenta o estudo de viabilidade de implantação de dois modelos de aerogeradores em um edifício de 200m de altura na cidade de São Paulo. Objetivando avaliar o potencial eólico e sua viabilidade para geração eólica, analisou-se as características do vento local e a possibilidade de sua exploração em condições de alturas elevadas e situações específicas de aceleração em aerogeradores de pequeno porte, com potência nominal de 400W, e de grande porte, com potência nominal de 1,0 MW.

### ABSTRACT

As a integrant part of the Graduation Final Work , which theme is the project of a Sustentable Bioclimatic Skyscraper, this work introduces the implantation viability study of two models of wind turbines in a building of 200m of height in São Paulo's city. Objectifying evaluate the wind potential and its viability for wind generation, it was analyzed the characteristics of local wind and the possibility of its exploration in conditions of risen heights and specific situations of acceleration in small turbines, with nominal power of 400W, and large machines, with nominal power of 1,0 MW.

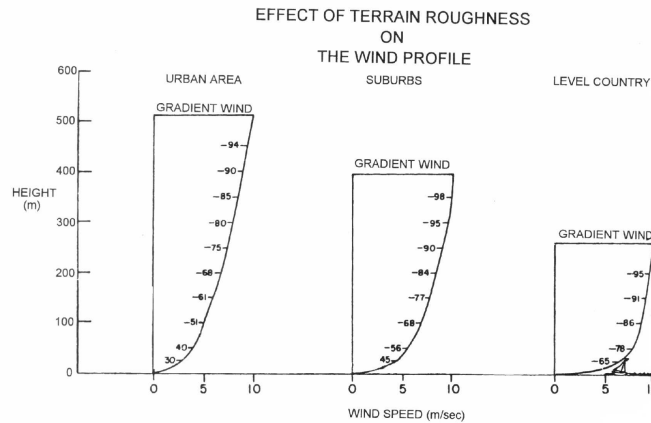
### 1. CARACTERÍSTICAS DO VENTO

O vento é uma condicionante climática muito importante para o projeto arquitetônico, pois é uma das principais formas passivas de resfriamento do edifício. Os dados de vento (direção predominante, velocidade média e persistência) são geralmente obtidos em aeroportos ou em estações meteorológicas.

Estes dados, entretanto, podem sofrer alterações diversas, pois o vento interage no meio por onde passa e é influenciado por três princípios básicos (BROWN, 1985):

- A velocidade do vento varia conforme a presença de obstruções na superfície. Quanto maior a quantidade de obstruções, isto é, a rugosidade, menor a velocidade do vento superficial. E quanto maior a altitude, maior a velocidade do vento, pois conforme se aumenta a altitude menor é o atrito e a fricção.

Chandler apresenta os seguintes diagramas de incrementos da velocidade em função da altura (em porcentagem) para áreas urbanas, subúrbio e campo (GIVONI, 1997).



**Figura 1 – Efeito da rugosidade do terreno na caracterização do vento**

A figura 1 mostra para três tipos de terrenos – área urbana, subúrbio e campo aberto - a altura na qual o gradiente máximo de velocidade é alcançado. Em termos práticos, determinaram-se exponenciais para os principais tipos de rugosidade, que aplicadas na equação 1, resultam as velocidades aproximadas a altura h:

$$u_h = u_{10m} (h/10)^p \quad [\text{Eq. 01}]$$

$U_h$ : velocidade a altura h

$U_{10m}$ : velocidade de referência a uma altura conhecida (geralmente as medições ocorrem a 10m da superfície)

p: expoente empírico relativo a rugosidade de cada tipo de terreno, estabilidade e gradiente de temperatura: Mar = 0,1; Campo Aberto = 0,14; Subúrbio = 0,20; Cidade = 0,28.

- O segundo princípio do vento (BROWN, 1985), é que ele, por inércia, tende a continuar se movendo na mesma direção, mesmo quando encontra uma obstrução. Uma edificação atua para o vento como uma barreira, um obstáculo. O vento, entretanto, ao passar pela obstrução, cria áreas de pressão negativa e positiva e áreas de velocidades mais baixas e mais altas. A zona de ataque do vento torna-se uma área de pressão positiva, enquanto atrás do edifício, cria-se uma pressão negativa, onde podem existir turbulências e áreas de sucção. Em relação a velocidade do vento, esta diminui nas áreas de ataque (zonas de pressão positiva) e nas áreas de pressão negativa. A velocidade aumenta nas laterais e em direção ao topo do edifício.

- O terceiro princípio do vento é que ele ocorre apenas quando há diferença de pressão, fluindo das áreas de alta pressão para áreas de baixa pressão. Este princípio ocorre em áreas próximas a corpos d'água, litoral e leitos de rios. Durante o dia, a terra aquece mais rápido que a água, criando-se uma diferença de pressão. Durante o dia, portanto, a brisa sopra do mar para o continente, ou do vale para as montanhas, enquanto que a noite, a situação se inverte, pois a terra resfria-se mais rápido que a água. De noite, os corpos d'água ficam com uma pressão mais baixa, pois estão mais aquecidos, e conseqüentemente a brisa sopra do continente para o mar, ou das montanhas para o rio.

## 2. ANÁLISE DO VENTO EM SÃO PAULO

Para analisar o regime de vento da cidade de São Paulo, tomou-se como base os dados de medições do Aeroporto de Congonhas, ponto de medição mais próximo ao local de implantação do projeto. Localização geográfica da estação de radiossonda de São Paulo: Latitude: 23°37'S / Longitude: 46°39'W / Altitude: 802m. As tabelas 1 e 2 revelam o regime de ventos deste Aeródromo, em função da direção geográfica, resumindo as médias mensais dos ventos - medições diárias horárias a dez metros da superfície - quanto à frequência e velocidade para o ano de 1999 e 2000.

**Tabela 1 – Frequência e velocidade média do vento em função da direção geográfica.  
Aeródromo de Congonhas. Ano 1999**

		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMO
mês/dir.		340-020	030-060	070-110	120-150	160-200	210-240	250-290	300-330	
Frequência (%)	<b>jan</b>	11,6	8,7	12,5	19,4	14,3	0,1	0,7	8,9	23,9
Veloc. Média (nós)		5,7	4,4	4,9	6,5	7,9	3,0	3,6	5,5	
Frequência (%)	<b>fev</b>	14,1	9,5	11,8	19,1	13,1	1,0	2,8	9,8	18,8
Veloc. Média (nós)		5,8	5,1	5,4	5,9	6,6	3,6	4,9	5,5	
Frequência (%)	<b>mar</b>	4,1	5,4	10,3	27,0	19,7	0,8	2,0	7,7	22,8
Veloc. Média (nós)		5,1	5,2	5,8	7,3	7,6	4,0	4,9	4,7	
Frequência (%)	<b>abr</b>	4,7	3,2	11,7	26,4	22,8	0,6	1,5	5,4	23,6
Veloc. Média (nós)		5,2	5,3	5,2	6,4	7,5	5,8	5,1	5,8	
Frequência (%)	<b>mai</b>	6,6	8,6	9,3	20,4	18,3	0,9	6,0	7,3	22,6
Veloc. Média (nós)		6,5	5,4	6,3	6,7	7,4	5,4	5,4	6,2	
Frequência (%)	<b>jun</b>	6,6	7,1	9,4	16,9	18,4	0,9	3,7	3,7	32,9
Veloc. Média (nós)		6,6	6,6	5,6	6,5	6,0	3,9	6,8	6,4	
Frequência (%)	<b>jul</b>	8,6	11,6	14,9	23,7	16,3	0,5	0,4	2,6	21,4
Veloc. Média (nós)		6,8	5,8	6,9	8,0	6,4	5,3	5,0	4,7	
Frequência (%)	<b>ago</b>	3,5	10,5	12,5	21,5	17,1	0,3	0,8	3,0	30,8
Veloc. Média (nós)		4,4	6,8	7,7	7,9	6,9	5,5	4,2	4,8	
Frequência (%)	<b>set</b>	6,9	7,4	10,9	27,2	18,3	0,2	1,1	3,2	24,4
Veloc. Média (nós)		6,6	6,0	6,6	8,8	9,2	5,5	3,1	6,5	
Frequência (%)	<b>out</b>	2,6	5,0	11,7	37,5	24,4	0,4	0,4	2,3	15,7
Veloc. Média (nós)		5,6	6,7	7,3	9,4	8,9	6,0	5,7	7,2	
Frequência (%)	<b>nov</b>	4,4	5,6	8,6	25,7	28,2	0,6	1,4	5,7	19,9
Veloc. Média (nós)		6,4	5,6	7,3	9,1	8,2	4,0	8,3	7,3	
Frequência (%)	<b>dez</b>	5,6	5,8	11,2	25,3	19,9	0,5	2,7	9,3	19,7
Veloc. Média (nós)		6,3	5,6	6,5	8,7	7,6	7,0	7,9	7,1	
<b>Frequência (%)</b>	<b>média</b>	<b>6,6</b>	<b>7,4</b>	<b>11,2</b>	<b>24,2</b>	<b>19,2</b>	<b>0,6</b>	<b>2,0</b>	<b>5,7</b>	<b>23,0</b>
<b>Veloc. Média (nós)</b>		<b>5,9</b>	<b>5,7</b>	<b>6,3</b>	<b>7,6</b>	<b>7,5</b>	<b>4,9</b>	<b>5,4</b>	<b>6,0</b>	

**Tabela 2 – Frequência e velocidade média do vento em função da direção geográfica.  
Aeródromo de Congonhas. Ano 2000**

		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMO
mês/dir.		340-020	030-060	070-110	120-150	160-200	210-240	250-290	300-330	
Frequência (%)	<b>jan</b>	5,5	5,7	8,2	20,7	18,1	1,2	3,8	8,6	28,2
Veloc. Média (nós)		5,9	5,2	5,2	7,6	6,9	4,8	6,4	4,9	
Frequência (%)	<b>fev</b>	14,2	8,5	6,2	25,0	15,4	0,3	1,1	8,5	20,8
Veloc. Média (nós)		7,0	5,4	5,4	7,7	7,2	7,0	4,9	7,1	
Frequência (%)	<b>mar</b>	6,1	6,0	14,7	26,9	22,0	0,3	0,3	2,6	21,1
Veloc. Média (nós)		7,2	5,3	5,4	7,3	7,9	3,5	5,5	5,8	
Frequência (%)	<b>abr</b>	4,9	9,3	11,4	19,3	19,7	0,8	2,9	6,3	26,1
Veloc. Média (nós)		4,4	2,5	6,0	7,7	7,3	6,7	3,9	7,2	
Frequência (%)	<b>mai</b>	7,3	7,0	10,1	16,8	13,7	0,3	1,9	12,4	30,6
Veloc. Média (nós)		5,2	5,0	6,1	7,1	6,8	4,5	3,8	6,6	
Frequência (%)	<b>jun</b>	9,7	11,9	7,1	14,6	8,2	0,8	1,4	6,4	39,9
Veloc. Média (nós)		6,7	4,9	4,7	6,9	6,0	3,5	4,5	6,6	
Frequência (%)	<b>jul</b>	8,8	10,4	9,5	17,5	10,1	0,4	2,8	9,1	31,4
Veloc. Média (nós)		5,9	5,1	5,2	7,1	6,3	6,0	4,4	5,7	
Frequência (%)	<b>ago</b>	6,8	13,7	11,1	18,4	18,0	0,8	1,2	2,8	27,1
Veloc. Média (nós)		6,1	5,4	6,7	7,5	7,2	3,5	6,3	5,8	
Frequência (%)	<b>set</b>	5,8	10,5	10,8	29,0	18,4	0,5	0,2	3,0	22,0
Veloc. Média (nós)		7,2	5,4	6,4	8,3	7,6	4,5	4,0	8,9	
Frequência (%)	<b>out</b>	3,0	5,0	8,2	29,0	20,0	0,3	1,2	7,7	25,6
Veloc. Média (nós)		5,4	4,8	6,2	8,0	7,7	4,5	4,3	5,8	
Frequência (%)	<b>nov</b>	6,5	7,5	9,3	26,9	15,8	0,4	0,6	7,8	25,1
Veloc. Média (nós)		7,2	6,0	6,5	7,6	7,8	3,3	5,5	6,7	
Frequência (%)	<b>dez</b>	8,1	9,3	7,4	15,7	16,2	0,5	3,0	13,9	26,0
Veloc. Média (nós)		5,8	5,6	5,3	7,5	7,9	5,3	5,0	6,3	
<b>Frequência (%)</b>	<b>média</b>	<b>7,2</b>	<b>8,7</b>	<b>9,5</b>	<b>21,7</b>	<b>16,3</b>	<b>0,6</b>	<b>1,7</b>	<b>7,4</b>	<b>27,0</b>
<b>Veloc. Média (nós)</b>		<b>6,2</b>	<b>5,1</b>	<b>5,8</b>	<b>7,5</b>	<b>7,2</b>	<b>4,8</b>	<b>4,9</b>	<b>6,5</b>	

Fonte: Estação Meteorológica de Superfície (EMS-1) do Aeroporto de Congonhas. Órgão da Força Aérea Brasileira. Ministério da Defesa.

Das tabelas acima é possível determinar que a velocidade média do vento no Aeródromo de Congonhas a dez metros da superfície foi de 2,0 m/s em 1999 e 1,8 m/s em 2000. Adotaremos, desta forma, uma velocidade média ( $u_{10}$ ) de 2,0 m/s para os cálculos de dimensionamento dos aerogeradores.

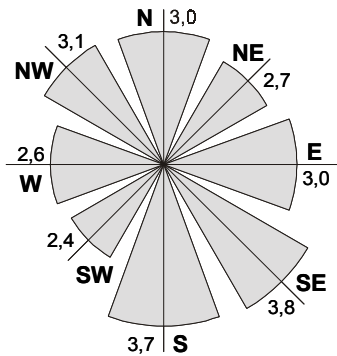


Figura 2- Velocidades médias 1999-2000 (m/s)

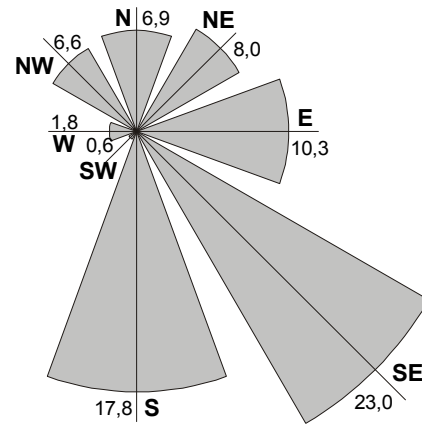


Figura 3 - Freqüências 1999-2000 (%)

Observa-se que a direção predominante dos ventos em São Paulo é sudeste ( $120^{\circ}$ - $150^{\circ}$ ) com uma freqüência de 23%, seguidas das direções sul ( $160^{\circ}$ - $200^{\circ}$ ) com 17,8% e leste ( $70^{\circ}$ - $110^{\circ}$ ) com 10,3% da freqüência do vento. Isto indica que as direções leste, sudeste e sul somam uma freqüência de 51,1% dos ventos em São Paulo.

É interessante notar que a direção predominante dos ventos, a direção sudeste, coincide com as maiores velocidades e com a direção do litoral, o que comprova que São Paulo sofre influência dos ventos alísios vindos do Oceano Atlântico. Desta forma, o vento durante o dia, principalmente a tarde é predominantemente sudeste devido ao efeito da diferença de pressão entre o litoral e o continente, visto anteriormente, com uma velocidade média de 3,8 m/s (7,5 nós) nesta direção.

A velocidade média de 2,0 m/s resulta do elevado percentual de ventos calmos, 25% dos ventos em São Paulo são calmos, isto é, com velocidades de até 1,0 m/s, o que de certa forma prejudica a geração eólica.

### 3. POTENCIAL DE GERAÇÃO EÓLICA

Para avaliar o potencial de geração eólica dos ventos considera-se:

- A massa específica do ar ( $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ )
- O valor da velocidade média do vento elevado ao cubo ( $u^3$ )
- A área da turbina a ser percorrida pelo vento, superfície traçada pelas pás do rotor (A)
- O coeficiente de desempenho da turbina ( $C_p$ ). Este coeficiente gira em torno de 0,25 a 0,60, dependendo da turbina. Para os cálculos adotou-se  $C_p = 0,45$ .
- O coeficiente relativo ao regime de ventos da região ( $K_e$ ). Este coeficiente representa o acréscimo de geração referente aos momentos cujas velocidades instantâneas são superiores à velocidade média. Como a geração de energia eólica é proporcional ao cubo da velocidade, velocidades mais elevadas gerariam muito mais energia. Desta forma, o  $K_e$  compensaria este acréscimo de geração conforme o tipo de vento local, como especificado na tabela 3. No caso do Brasil, adota-se  $K_e \sim 1,6$  e  $K \sim 2,5$ . O coeficiente K refere-se ao parâmetro de forma enquanto  $K_e$ , ao parâmetro de energia.

**Tabela 3 – Valores de K e K<sub>e</sub> para diferentes regimes de vento**

Regime de vento	K	K <sub>e</sub>
Polar	1,0	6,0
Continental, irregular	1,5	2,7
Costeiro Marítimo	2,0	1,92
	<b>2,5</b>	<b>1,57</b>
Alíseos	3,0	1,36
	3,5	1,22

Conhecendo-se todas estas variáveis, a geração eólica é calculada pela fórmula:

$$P = 1/2 \rho u^3 A C_p K_e \quad [\text{Eq. 02}]$$

#### 4. APRESENTAÇÃO DO PROJETO

No intuito de se projetar um edifício “sustentável”, propôs-se a geração de energia limpa e renovável aliada à arquitetura bioclimática e de estratégias para a conservação energética. A opção pela energia eólica decorreu do fato da própria forma aerodinâmica do edifício, fruto da preocupação em se causar o mínimo de turbulências ao entorno, zonas de pressões positivas e negativas e conseqüentemente de criações de fluxos de ventos acelerados. Além da elevada altura do edifício propiciar condições de altas velocidades no seu topo.

Foram idealizadas duas soluções para geração de energia eólica:

- Nas laterais da edificação, através de um canalizador e acelerador de ventos formado por uma parede de vidro dupla orientada para a direção predominante do vento com uma área de entrada de massa de ar de 7,8 h que se converge para uma área de saída de 1,5 h (h = altura). Nesta zona de saída localizam-se pequenos aerogeradores AIR 403 (400W - 1,15m de diâmetro) espaçados a cada 1,60m no sentido vertical e posicionados a partir dos 100m de altura e;
- No topo do edifício, assumindo a altura de 200m da edificação, com um aerogerador de grande porte E-58 (1,0MW - 58m de diâmetro).

A tabela 4 apresenta as principais características das turbinas especificadas no projeto, segundo dados dos fabricantes. Pode-se observar nesta tabela as velocidades nominais de cada turbina (velocidade na qual é gerada a potência nominal) e as respectivas velocidades de partida (velocidade para início da geração).

**Tabela 4 - Descrição das turbinas**

Modelo	AIR 403	E-58
Fabricante	Sothwest Windpower (EUA)	Wobben Windpower/Enercon (Alemanha)
Diâmetro da hélice	1,15 m	58 m
Potência nominal	400W	1.000 kW
Velocidade nominal	12,5 m/s	12 m/s
Velocidade de partida	2,7 m/s	2,5 m/s
Número de pás	3	3
Área varrida pelas pás	1,04 m <sup>2</sup>	2.642 m <sup>2</sup>
Material	Pás em fibra de carbono, corpo em liga especial de zinco-alumínio	Pás em fibra de vidro, reforçado com epoxy, e proteção total contra descargas atmosférica

## 4.1. Cálculo da produção de energia

### 4.1.1. Aerogerador AIR 403

Para o cálculo deste gerador foi necessário inicialmente o pré-dimensionamento do canal de aceleração lateral mencionado anteriormente. Considerando que nem toda massa de ar que chega à entrada do sistema consegue entrar pelo canal de aceleração – segundo SARAIVA apenas um máximo de 60% da massa consegue entrar, sendo que o restante passa por fora do sistema. Desta forma, a área de entrada foi dimensionada considerando-se esta perda e a velocidade do vento a diversas alturas conforme a Equação 1.

Considerando a Lei Fundamental de Conservação de Massa, que admite que a vazão de entrada deve ser igual à vazão de saída, tem-se:

$$A_e u_e = A_s u_s \quad [\text{Eq. 03}]$$

Onde:  $u_e=3,8$  (velocidade média de entrada a 100m de altura);  $A_s=1,5h$  (área de saída) e  $u_s =12$  m/s (velocidade média de saída admitida para o dimensionamento do canal de aceleração).

Pela Equação 3, tem-se uma área de entrada  $A_e= 4,7h$ . Entretanto, como existe uma perda de massa de ar de pelo menos 40% a área de entrada deve ser no mínimo 1,66 maior; isto é,  $A_e = 7,8 h$

Considerando a Equação 2, a geração eólica pode ser calculada como sendo:

$$P = 1/2 \rho u_s^3 A C_p K_e$$

$$P = 0,5 \times 1,2 \times 12^3 \times 1,0 \times 0,45 \times 1,6$$

$$P= 746 \text{ W}$$

A produção média do gerador chega, portanto, a 537 kWh/mês, considerando 720 horas mensais. Considerando o custo desta turbina, segundo representante brasileiro de US\$ 1.000,00 e o Valor Normativo do MWh para fonte eólica de US\$ 57,15, (ANEEL, 2001), tem-se um pay-back de 32,6 meses ou aproximadamente 2 anos e 8 meses.

### 4.1.2. Aerogerador de 1 MW

Atualmente as turbinas mais vantajosas economicamente são as de potência nominal compreendidas entre 800kW e 1300kW, de dimensões da ordem de 58m de diâmetro, devido a relação potência gerada ser proporcional à área varrida pelas pás e ao alto custo das turbinas de última geração (1,8MW / 2,0MW).

É importante justificar a altura escolhida de 200m, pois caso tivéssemos alturas maiores teríamos velocidades médias superiores, o que acarretaria numa maior produção de energia eólica. A determinação desta altura, portanto, é justificada por ser a altura limite edificável para o sítio escolhido segundo o Regulamento de Tráfego Aéreo estabelecido no Plano Específico da Zona de Proteção do Aeródromo de Congonhas. (MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA, 1994).

Considerando os dados do Aeroporto de Congonhas, aeródromo mais próximo ao local do projeto – aproximadamente 10 km – pode-se estimar a velocidade média a esta altura pela Equação 01.

$$u_h = u_{10} (h/10)^p$$

$$u_{200} = 2,0 (200/10)^{0,28}$$

$$U_{200} = 4,6 \text{ m/s}$$

Desta forma, a 200m de altura há uma velocidade média de 4,6 m/s. Calculando-se a geração eólica pela equação 2, tem-se:

$$P = 1/2 \rho u^3 A C_p K_e$$

$$P = 0,5 \times 1,2 \times 4,6^3 \times 2.642 \times 0,45 \times 1,6$$

$$P = 111.093,9W = 111,1 \text{ kW}$$

A produção média de energia gerada pela turbina de 1MW é, portanto de 80 MWh/mês (111,1 kW x 24h x 30 dias) a 200m de altura. Considerando o custo internacional do MW eólico instalado de US\$1.000.000,00 e o Valor Normativo do MWh para fonte eólica de US\$ 57,15, (ANEEL, 2001), tem-se um pay-back de 218,7 meses ou aproximadamente 18 anos e 3 meses.

## 4.2. Retorno do investimento

Nota-se uma grande diferença no período de pay-back de uma turbina de pequeno porte e uma de grande porte. Isto, entretanto é devido às condições a que cada uma é exposta neste projeto. Apesar do pay-back das turbinas AIR 403, cuja vida útil é de aproximadamente 10 anos, mostrarem-se menores (2 anos e 8 meses), observa-se que isto ocorre, pois se admitiu que a velocidade média no canal de aceleração atingisse 12m/s, velocidade próxima a nominal da turbina. Esta estimativa, entretanto ainda não foi aferida em simulações em túnel de vento.

Caso as simulações apontem velocidades médias inferiores ao dimensionado no canal de aceleração, a geração de energia será reduzida e conseqüentemente o tempo de retorno do investimento seja maior. Entretanto, observa-se que o uso destas turbinas pode ser muito viável economicamente, dependendo da altura em que esta for instalada e do acréscimo de velocidade que o canal de aceleração proporcionar.

No caso da turbina de 1MW, apesar do tempo de retorno do investimento ser muito longo (18 anos e 3 meses) comparado a sua vida média de 20 anos, observa-se que este tempo pode ser reduzido, na medida que o custo do investimento deva ser inferior a US\$1.000.0000,00. Estima-se que o custo desta turbina instalada diretamente à rede seja de aproximadamente US\$900.000,00, pois neste caso específico há eliminação de custos de infraestrutura no terreno (abertura de caminhos) e redução no custo de ligações internas por existir apenas uma turbina de grande porte.

Considerando-se o custo de US\$ 900.000,00, o pay-back passa a ser de 196,85 meses ou 16 anos e 5 meses. Se compararmos este pay-back ao de um parque eólico (8 a 12 anos), verificaremos que esse ainda não é interessante economicamente, considerando as condições de vento da cidade de São Paulo.

Entretanto sua instalação pode ser beneficiada através de incentivos internacionais, como o da INCO – Programa Global de colaboração aos países não pertencentes a União Européia que utilizarem tecnologia européia para desenvolvimentos e demonstração do potencial eólico como fonte renovável de energia. Tal programa chega a financiar até 30% dos custos de investimento a fundo perdido.

## 5. CONCLUSÕES

Pode-se concluir deste estudo que apesar das condições de vento na cidade de São Paulo não serem muito favoráveis a geração de energia eólica, pela velocidade média ser muito baixa ( $u = 2,0\text{m/s}$ ), pode-se tentar explorá-la, criando condições para que esta seja elevada. Dessa forma, a exploração do vento em altitudes elevadas e a criação de elementos que criem aumento na diferença de pressão e conseqüente aumento da velocidade podem ser alternativas interessantes para viabilizar a geração eólica.

A energia eólica poderá ser uma alternativa economicamente viável dentro de pouco tempo, pois devido à insuficiência de fontes de energia convencionais, o custo da energia elétrica tende a aumentar nos próximos anos.

A instalação de aerogeradores em centros urbanos, instalados diretamente na rede, poderá suprir parte da demanda energética local, evitando-se perdas nas transmissões e criando condições de sustentabilidade em edificações.

Além disso, por ser uma energia limpa e renovável, é uma fonte alternativa de energia de grande representatividade diante a crescente preocupação ambiental, podendo simbolizar em um grande edifício em São Paulo uma postura de eficiência energética, ecológica e ambiental. A implantação de uma turbina pode, portanto além de gerar energia para o consumo do edifício e condições de vendê-la quando houver excedentes, ser símbolo representativo da necessidade de preservação ambiental.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL (2001) *Valor Normativo*. Nota de Esclarecimento sobre a Resolução Aneel nº22/2001 06/02/2001.

BROWN, G.Z. (1985) *Sun, Wind, and Light. Architectural Design Strategies*. John Wiley & Sons, New York.

GIVONE, Baruch. (1997) *Climate Considerations in Building and Urban Design*. John Wiley & Sons, New York, p 264.

MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA (1994). *Plano Específico da Zona de Proteção do Aeródromo de Congonhas*, Portaria Nº 6/2EM de 11 de fevereiro de 1994, Brasília.

[http://www.energiapura.com/air\\_403.html](http://www.energiapura.com/air_403.html)

<http://www.wobben-windpower.com.br>