

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE TURBINA EÓLICA DE BAIXA POTÊNCIA

Henrique Simonsen

henrique.simonsen@gmail.com

Resumo. O trabalho visa o estudo e aplicação de três diferentes modelos de turbina eólica de pequeno porte para geração de energia. O objetivo é avaliar o funcionamento de cada tipo, verificando experimentalmente a potência mecânica real que pode ser extraída do vento. O trabalho é introduzido com um estudo da demanda de energia mundial e nacional, ressaltando a problemática atual sobre a contribuição do ser humano para um desenvolvimento sustentável do mundo. Foram feitas pesquisas bibliográficas sobre o uso da energia eólica e análises teóricas sobre o funcionamento de cada tipo de turbina a ser testada, adquirindo-se uma base de conhecimento para a execução do projeto. São descritos os aspectos construtivos de cada turbina, a metodologia utilizada para avaliação do desempenho das mesmas e os resultados obtidos experimentalmente para, enfim, expor as conclusões obtidas.

Palavras chave: Energia eólica, turbina.

1. Introdução

Atualmente, os setores industrial, comercial e residencial respondem por mais de 80% de toda a energia elétrica consumida no país. Considerando somente o setor residencial, constata-se que este é o responsável por 22% desse consumo, perdendo somente para o setor industrial, o qual responde por aproximadamente 47%. Dentro deste contexto, o incentivo à colaboração do ser humano a favor do desenvolvimento sustentável é nítido, não se limitando mais às grandes empresas, grupos corporativos e indústrias do mundo. Uma das grandes problemáticas que o mundo enfrenta na atualidade é a questão de como atender ao substancial crescimento da demanda energética diante da disponibilidade limitada de recursos. A procura por fontes alternativas de energia é hoje um objetivo presente em muitas nações e é neste cenário que este artigo técnico se insere, procurando ser um estímulo à criação e à contribuição que cada ser humano pode realizar para um uso mais consciente e sustentável da energia. Nesse âmbito, o enfoque é avaliar a possibilidade de geração de energia através do uso de turbinas eólicas de baixa potência para uso residencial.

A participação da energia eólica na matriz energética brasileira é hoje muito pequena, mesmo sendo um país que possui um potencial eólico elevado: segundo o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro de 2001, documento produzido pelo Centro de Pesquisas de Energia (Cepel) da Eletrobrás, somente o Nordeste possui mais de 75 GW de potencial efetivo para geração eólica, de um total estimado de 143,5GW (dados preliminares do novo Atlas Eólico Nacional apontam para mais de 250 GW).

2. Recurso Eólico

2.1. Energia dos ventos

O princípio de funcionamento de um gerador eólico tradicional é a transformação da energia cinética proveniente do vento. As pás absorvem essa energia, movimentando o rotor da turbina que, por sua vez, pode acionar um gerador elétrico, um conjunto moto-bomba, um pistão hidráulico etc. A absorção da energia dos ventos pelas pás se dá tanto pelas forças de sustentação como de arraste, sendo que a contribuição de cada uma para a rotação do rotor depende do tipo de turbina utilizada.

A energia disponível no vento pode ser obtida considerando-se o escoamento do vento a uma velocidade (v) passando, durante um intervalo de tempo Δt , através de um cilindro oco de área circular (A) e comprimento (ΔL), conforme esquematizado na fig. 1.

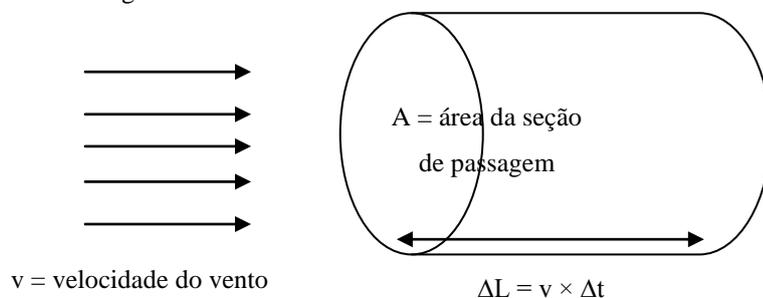


Figura 1: Esquema de passagem do vento através um cilindro oco

A energia E associada ao movimento do fluido de massa específica ρ e com velocidade v no volume $A \times \Delta L$ é dada por:

$$E = \frac{1}{2} \cdot A \cdot \Delta L \cdot \rho \cdot v^2 \quad (1)$$

Mas como:

$$\Delta L = v \cdot \Delta t \quad (2)$$

Temos, considerando que a potência é a quantidade de energia por unidade de tempo, que:

$$P = \frac{dE}{dt} = \frac{1}{2} \cdot A \cdot \frac{dL}{dt} \cdot \rho \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot A \cdot \rho \cdot v^3 \quad (3)$$

2.2. Rendimento Máximo Ideal (Lei de Betz)

Consideraremos, para os cálculos a seguir, o esquema da figura 2:

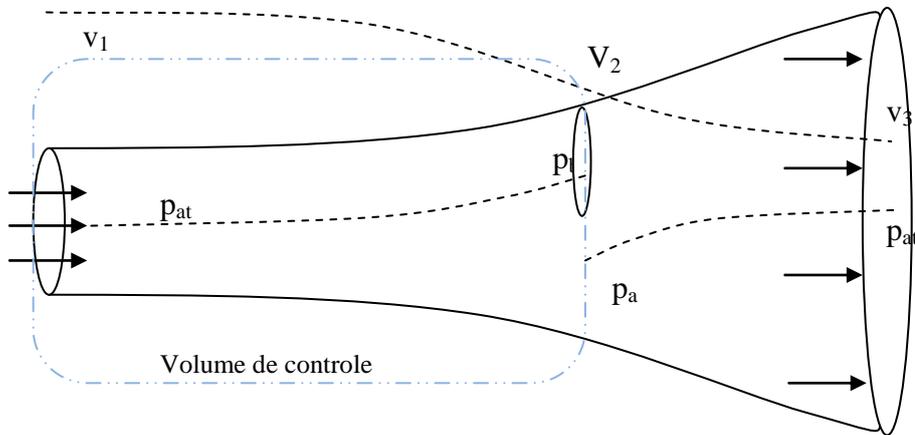


Figura 2: Esquema simplificado do escoamento de ar em uma turbina eólica

Para se avaliar o rendimento máximo da turbina, será inicialmente determinada a velocidade do vento sobre o rotor da turbina, v_2 . Pela equação de conservação de massa:

$$\dot{m} = \rho A_1 v_1 = \rho A_2 v_2 = \rho A_3 v_3 \quad (4)$$

A força exercida pelo rotor sobre o vento pode ser escrito como:

$$F = m \cdot a = m \cdot \frac{dv}{dt} = \dot{m} \cdot \Delta v = \rho A_2 v_2 \cdot (v_1 - v_3) \quad (5)$$

A potência associada à força pode ser então obtida por:

$$P = \frac{dE}{dt} = F \cdot \frac{dx}{dt} = F \cdot v_2 \quad (6)$$

Onde E é o trabalho realizado pela força F . Substituindo I em II, temos:

$$P = \rho A_2 v_2^2 \cdot (v_1 - v_3) \quad (7)$$

A potência pode também ser calculada em termos da energia cinética contida no volume de controle considerado na figura 14:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot (v_1^2 - v_3^2) = \frac{1}{2} \cdot \rho A_2 v_2 \cdot (v_1^2 - v_3^2) \quad (8)$$

Igualando as expressões 2.7 e 2.8:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho A_2 v_2 \cdot (v_1^2 - v_3^2) = \rho A_2 v_2^2 \cdot (v_1 - v_3) \quad (9)$$

Resolvendo-a, obtemos:

$$v_2 = \frac{1}{2} \cdot (v_1 + v_3) \quad (10)$$

O resultado mostra que podemos considerar que a velocidade no rotor é a média das velocidades v_1 e v_3 ao longe do escoamento. Assumindo então que a velocidade final v_3 é uma fração “f” da inicial ($v_3=f \cdot v_1$), teremos:

$$v_2 = \frac{1}{2} \cdot (v_1 + v_3) = \frac{1}{2} v_1 \cdot (1 + f) \quad (11)$$

Aplicando a equação da quantidade de movimento entre 1 e 2, tem-se:

$$F = \dot{m} \cdot (v_1 - v_3) = \rho A_2 v_2 \cdot (v_3 - v_1) \quad (12)$$

De 4 e 5, obtemos:

$$F = \rho A_2 \frac{1}{2} v_1^2 \cdot (1 + f) \cdot (1 - f) \quad (13)$$

O que corresponde a uma potência de:

$$P = F \cdot v_2 = \underbrace{\rho A_2 \frac{1}{2} v_1^3}_{\text{potência vento}} \cdot \underbrace{\frac{1}{2} (1 + f) \cdot (1 - f^2)}_{\text{fração extraída} = \eta} \quad (14)$$

A fração extraída corresponde ao rendimento do rotor, enquanto que a potência do vento é aquela total que passaria pela área do rotor se não houvesse a turbina e a deformação do fluxo de ar.

Derivando o rendimento em função de f e igualando a zero verifica-se que ela será máxima para $f=1/3$. Substituindo:

$$\eta_{\max} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{3}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{3^2}\right) \cong 59,3\% \quad (15)$$

2.3. Tipos de turbinas eólicas

Embora sejam diversas as características que distinguem o tipo de turbina eólica, como o número de pás, o princípio físico utilizado e a orientação do eixo do rotor, os aerogeradores são classificados em dois tipos, segundo a direção do eixo de rotação: rotores de eixo horizontal (HAWT – Horizontal Axis Wind turbine) e rotores de eixo vertical (VAWT – Vertical Axis Wind Turbine).

As turbinas de eixo horizontal são mais comuns em empreendimentos de grande porte e são largamente utilizados no mundo, devido às altas eficiências que podem atingir. A grande maioria das turbinas de eixo horizontal projetadas é baseada nos princípios de sustentação.

Já as turbinas de eixo vertical podem ter projeto baseado tanto no princípio de sustentação como no de arraste. Possuem duas vantagens principais em relação à tecnologia de eixo horizontal: o gerador pode ser posicionado na base da estrutura, reduzindo os custos; e não há a necessidade de um mecanismo de orientação para o vento, tornando-a mais apta para locais onde há variações frequentes na direção do vento. Infelizmente, porém, apresentam rendimentos inferiores às máquinas com rotor horizontal. Exemplos: Savonius, Darrieus e do tipo H (Darrieus H).

O valor de C_p para uma turbina de eixo horizontal está normalmente compreendido entre 0,4 e 0,5 (quando muito eficientes) e, para turbinas de eixo vertical, o exato valor de C_p ainda não é bem definido, dado que poucas turbinas deste tipo estão em operação. Conseqüentemente, valores de C_p para VAWTs ainda merecem muitas pesquisas.

Resultados experimentais chegaram a confirmar coeficientes de potência da ordem de 0,4 para uma turbina do tipo H e Darrieus^[1].

Enquanto que a tecnologia de turbinas de eixo horizontal esteja bastante consolidada para instalações de potência elevada, estudos mostram que o uso de turbinas de eixo vertical apresenta grande potencial para instalações de pequeno porte, em áreas montanhosas, regiões com ventos muito intensos e rajados, ou em áreas urbanas^[2].

3. Projeto básico

3.1. Objetivos

O objetivo do projeto é avaliar experimentalmente a possibilidade do aproveitamento do recurso eólico para atender alguma necessidade residencial, fazendo-se um levantamento comparativo de três tipos diferentes de turbina, sendo uma de eixo horizontal (tipo cata-vento) e outras duas de eixo vertical (rotor do tipo H e Savonius). A aplicação dos modelos será feita em uma residência localizada às margens da represa Guarapiranga, em São Paulo, rua Finisterre, visualizada no ponto “A” na figura 4.

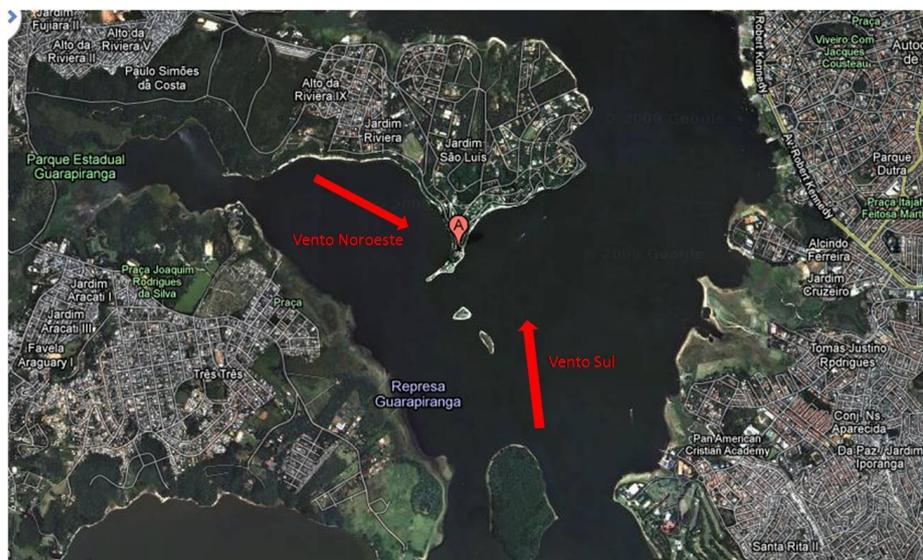


Figura 4: Localização da residência onde serão feitos os experimentos.

Ao contrário da escolha de equipamentos para satisfazer um projeto mecânico, que são determinados de acordo com a necessidade que têm de atender, a idealização dos protótipos eólicos a serem fabricados ficaram limitados às dimensões de seus componentes, já que a intenção deste trabalho era a construção de um modelo através de recursos e investimentos limitados, embasando-se na questão do uso de materiais reaproveitáveis e na sustentabilidade. Desta forma, os protótipos não visam em si atender uma necessidade pré-determinada, mas sim de fornecer dados quanto sua aplicabilidade e desempenho com os recursos disponíveis a nossa volta. No caso de se almejar uma maior captação de energia, isso poderia ser possível através da utilização de uma maior quantidade de turbinas deste tipo. Isso é uma consideração importante, ressaltando-se o fato de que o uso de turbinas de pequeno porte não está restringido a aplicações de baixa demanda energética.

O estudo visa à implantação de três diferentes tipos de turbina e, nesse sentido, procurou-se idealizar um modelo comum que fosse capaz de acomodar essas diferentes configurações. Através de pesquisas bibliográficas de artigos, textos e de servidores de vídeos públicos da internet, chegou-se a um modelo de estrutura que atendesse esse requisito e com relativa facilidade construtiva (vide figuras 5 e 6).

A idéia foi criar uma estrutura de base, feita de madeira peroba devido à disponibilidade do material, que suportasse um eixo através de dois mancais. O único movimento livre para o eixo seria o de rotação.

As pás da turbina seriam arranjadas entre os dois mancais, com o auxílio de rodas de bicicleta reaproveitadas: no caso do cata-vento, apenas uma roda seria utilizada, enquanto que nas outras duas turbinas (de eixo vertical), seriam necessárias duas rodas para a fixação das “pás”.

As rodas possuem um diâmetro de 60 cm, limitando a área de rotor da turbina de eixo horizontal a uma dimensão um pouco maior que esta. Desta forma, foi adotada uma área de varredura semelhante para os outros dois tipos de turbina (eixo vertical), de modo que uma análise comparativa futura da potência mecânica extraída pelas turbinas estivesse condicionada aos mesmos parâmetros. No caso das turbinas de eixo vertical, a área a ser considerada é um retângulo que possui como dimensões o diâmetro da roda e a distância entre elas. A distância entre rodas adotada foi 50 cm, pois:

$$A_{\text{catavento}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cong \frac{\pi \cdot 0,60^2}{4} = 0,28m^2 \quad (16)$$

$$A_{\text{VAWT}} = d \cdot L \cong 0,60 \cdot 0,50 \cong 0,3m^2 \quad (17)$$

A fixação das rodas no eixo deve ser simples, uma vez que estaria sujeita a modificações e manuseio constante. Uma solução simples e satisfatória encontrada para atender este requisito foi utilizar uma barra rosca de aço carbono ASTM A53 de 13 mm de diâmetro e de 1 m de comprimento, encontrado facilmente em qualquer loja de materiais de construção.

Esse eixo foi usinado em suas extremidades para um diâmetro de 10 mm para a inserção de rolamentos do tipo rígido de esferas de uma carreira, com vedantes de contato em ambos os lados, modelo SKF61800-2RS1. Segundo dados do fabricante, a carga axial limite para este tipo de rolamento deve ser inferior a 25% da carga estática C_0 , que no caso é de 0,585 kN. Significa que a carga axial não deverá ser superior a 146,25 N.

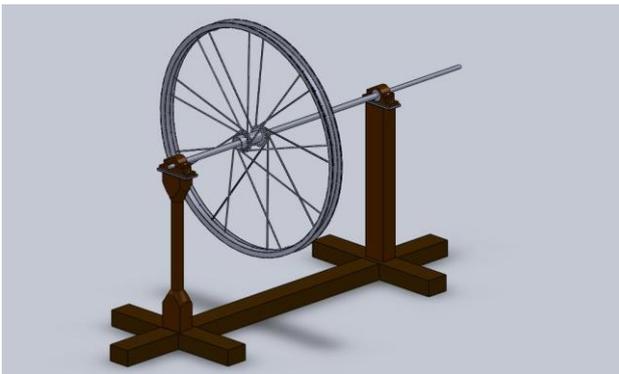


Figura 5: Estrutura utilizada para turbina de eixo horizontal

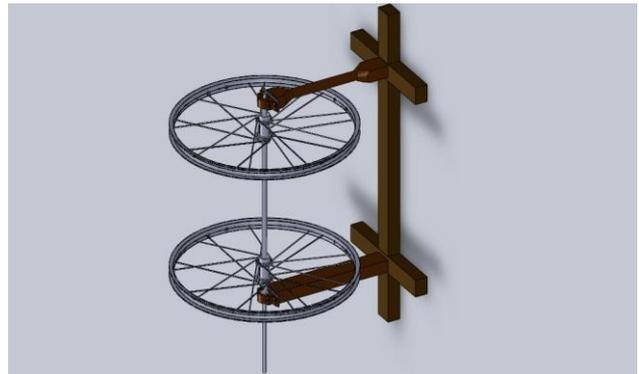


Figura 6: Estrutura utilizada para as turbinas de eixo vertical.

3.2. Estudo teórico e modelos matemáticos

3.2.1. Turbina de eixo horizontal do tipo cata-vento:

O torque em uma turbina eólica surge a partir das forças tangenciais ao movimento rotativo do rotor, que por sua vez são resultantes da decomposição das forças de sustentação e de arraste às quais a pá está submetida. Essas últimas dependem do ângulo de ataque que, no caso de uma turbina de eixo horizontal, depende da velocidade periférica das pás. Surge, portanto, a necessidade de que cada seção possua um ângulo de ataque para otimizar as forças aerodinâmicas presentes na mesma.

Para se estudar a potência teórica que a turbina pode oferecer, considerou-se uma velocidade angular de 2 rps para um vento de 5 m/s, supondo que seria nessas condições o funcionamento da turbina realizando trabalho. Considerou-se também que o vento possui sempre direção paralela ao eixo de rotação.

A representação vetorial das forças atuantes e dos ventos incidentes está ilustrada na fig. 8, assim como uma ilustração da turbina montada pode ser visualizada na fig. 7. As equações pertinentes para o cálculo da potência disponível estão descritas a seguir.

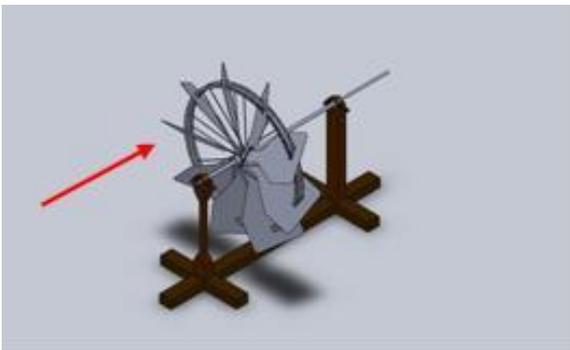


Figura 7: Representação da HAWT – “Catavento”

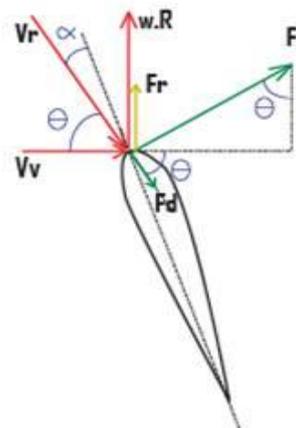


Figura 8: Diagrama vetorial das forças que atuam numa seção da pá da turbina horizontal

Da figura 8:

α : ângulo entre pá (corda) e o fluxo de ar;

θ : ângulo entre a velocidade aparente e a velocidade do vento;

V_r : velocidade aparente (“resultante”);

V_v : velocidade do vento.

Quando a turbina está girando, a pá “enxerga” a velocidade aparente, que é a soma vetorial das velocidades do vento e de rotação ($w.R$) do rotor. As expressões utilizadas para os cálculos foram:

$$\bullet V_{aparente} = \sqrt{(w.R)^2 + V_{vento}^2} \quad (18)$$

$$\bullet \text{Direção de } V_{aparente} = \theta = \arctan\left(\frac{w.R}{V_{vento}}\right) \quad (19)$$

$$\bullet F_r = C_r \cdot \frac{1}{2} \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 \text{ (força de arraste)} \quad (20)$$

$$\bullet F_s = C_s \cdot \frac{1}{2} \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 \text{ (força de sustentação)} \quad (21)$$

A força resultante na direção radial é dada por:

$$\bullet F_R = F_L \cdot \cos(\theta) - F_D \cdot \sin(\theta) \quad (22)$$

O torque em cada seção é obtido multiplicando a força resultante pelo raio (braço), fornecendo-nos o torque resultante em cada pá.

Os resultados teóricos obtidos são mencionados na seguinte tabela.

Potencia real (W)	13,09
Potencia máxima ideal (W)	37,68
Cp (%)	0,35

Tabela 1: Resultados teóricos estimados para a turbina de eixo vertical do tipo cata-vento.

3.2.2. VAWT – Rotor do tipo H (fólios)

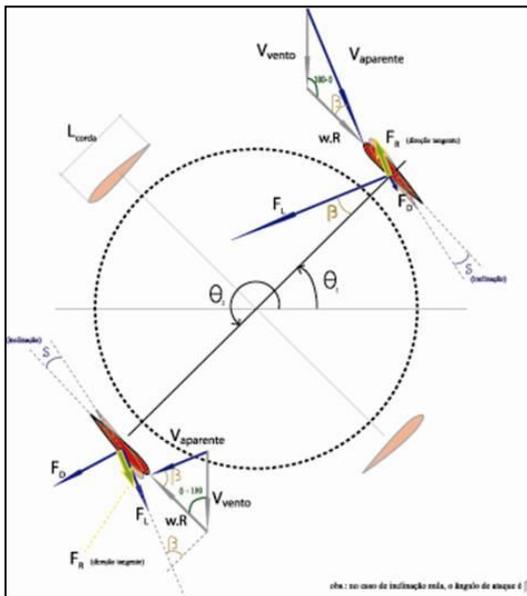


Figura 9: Diagrama de forças (VAWT – Fólhos)

Este tipo de turbina possui uma maior complexidade, seja no modelo matemático, seja na fabricação dos seus componentes. Diferentemente de uma turbina do tipo horizontal, a cada posição que a pá (fólio) se encontra, a mesma enxerga a chegada do vento de uma maneira diferente. Além disso, a fabricação dos fólhos é mais complexa, que no caso foram feitas a base de fibra de vidro e resina. O fólio apresenta formato simétrico, já que se deseja criar sustentação independente da direção da velocidade do vento. O perfil de fólio selecionado foi um NACA 0017. Os coeficientes de sustentação e arraste foram coletados do perfil de NACA0012, devido à indisponibilidade desses dados para o fólio 0017. O esquema ilustrativo do funcionamento de uma turbina VAWT de dois fólhos pode ser visualizado na fig.9.

As principais equações utilizadas para o estudo foram:

$$V_{aparente} = \sqrt{(w.R)^2 + V_{vento}^2 - 2.(w.R)^2.(V_{vento}).\cos(180 - \theta)} \quad (23)$$

$$\beta = a \cos \frac{(w.R)^2 + V_{aparente}^2 - V_{vento}^2}{2.(w.R).(V_{aparente}^2)} \quad (24)$$

$$F_D = C_D \cdot \frac{1}{2} \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 \quad (25)$$

$$F_L = C_L \cdot \frac{1}{2} \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 \quad (26)$$

$$F_R = F_L \cdot \sin(\beta) - F_D \cdot \cos(\beta) \quad (27)$$

$$T = F_R \cdot R \quad (28)$$

Onde “F_R” é a força resultante e “T”, o torque (em cada pá).
É possível calcular a potência mecânica final através de:

$$P_{mecfinal} = \bar{T}_{folio} \cdot \omega \cdot n \quad \text{onde } \bar{T}_{folio} \text{ é o torque médio de um fólio para uma rotação completa.} \quad (29)$$

Os cálculos levaram ao seguinte resultado teórico:

Potencia real (W)	2,75
Potencia máxima ideal (W)	30,98
Cp (%)	0,089

Tabela 2: Resultado teórico para funcionamento da VAWT – Fólios.

3.2.3. VAWT - Savonius

Baseada essencialmente no princípio de arraste, a idéia da turbina Savonius consiste em repartir um cilindro em duas metades ao longo do plano central e deslocá-las ao longo do plano de corte. Segundo o próprio idealizador desse tipo de turbina, sua eficiência já chegou a atingir 31%^[3] com uma configuração ótima. Um estudo teórico não foi realizado neste caso, dada a complexidade da dinâmica do escoamento do ar na turbina.

4. Projeto executivo

4.1. Metodologia



1) Medição do vento real:

A velocidade do vento foi feita por meio de um anemômetro manual, fabricado pela empresa alemã TFA. Esse equipamento permite a medição da velocidade instantânea do vento e também a sua velocidade média para um intervalo de tempo.

No presente estudo, foi adotada a velocidade média apurada durante 30 segundos simultâneos à medição do torque no eixo da turbina.

Figura 50: Embalagem do anemômetro manual utilizado

2) Medição da velocidade de elevação da carga e potência da turbina:

Para a medição da potência gerada pela turbina foi fixada no eixo da mesma uma polia com sulco em V de aço carbono, com diâmetro de 120 mm no fundo do sulco (vide fig. 59).

As turbinas foram montadas na borda de uma plataforma a uma altura de 5,3 metros do nível do solo. Para cada protótipo foi fixada uma carga diversa em um cabo de algodão (barbante) de diâmetro 2 mm. A outra extremidade do cabo foi envolvida sobre a polia de modo frouxo, mas mantendo-se a extremidade livre, de tal modo que, a exemplo do que ocorre em cabrestantes (guinchos manuais de embarcação), o atrito entre o cabo a polia só viesse a tracionar o cabo e içar a carga, com deslocamento positivo (sem arraste entre polia e cabo), no instante em que a extremidade livre do cabo fosse tracionada.

A carga ficou posicionada no solo e a turbina na plataforma. O intervalo de tempo para a turbina, sem carga, atingir uma rotação constante a partir do repouso, é da ordem de 10 segundos para a turbina de eixo horizontal e de 15 segundos para as de eixo vertical.

Com a turbina girando em rotação constante, foi tracionado o cabo e medido o tempo para a carga percorrer os últimos 4,3 metros do desnível de 5,3 m, de modo a minimizar o período de tempo de aceleração da carga. A velocidade de subida da carga é determinada com esse tempo medido. A potência mecânica captada pela turbina foi possível se calculada pelo produto:

$$P[w] = F_{carga}[N] \cdot v[m/s] \tag{30}$$

Onde P é a potência, F_{carga} é o peso da carga e v é a velocidade com que esta última é erguida.

4.2. Resultados experimentais

Para cada protótipo testado, foram feitas 16 medições, fornecendo-nos os seguintes gráficos.

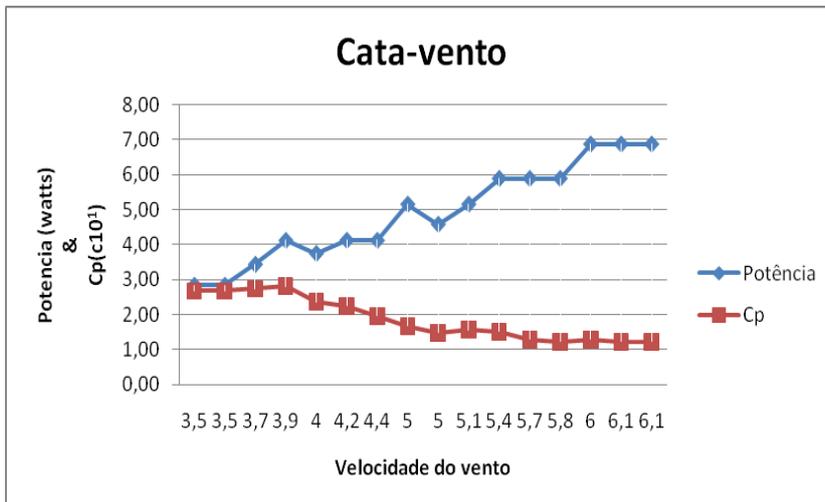


Figura 52: Desempenho da turbina do tipo cata-vento em função da velocidade do vento.

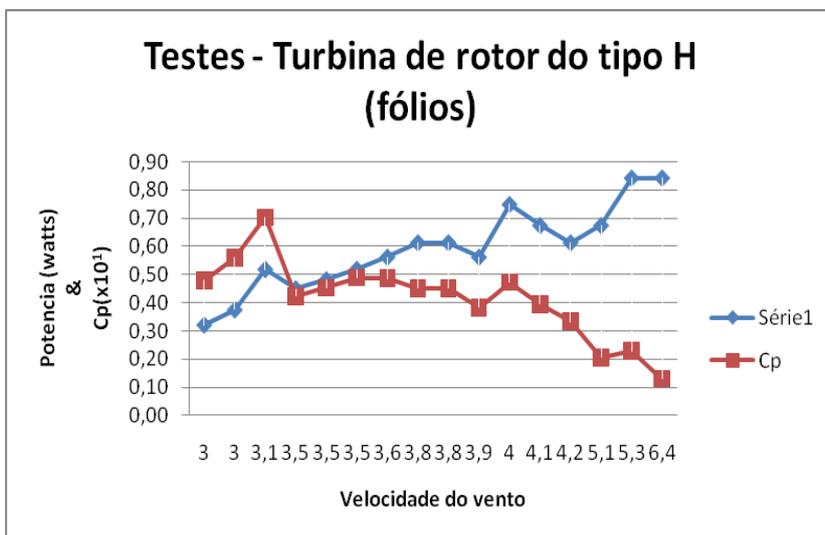


Figura 53: Desempenho da turbina de rotor do tipo H em função da velocidade do vento.

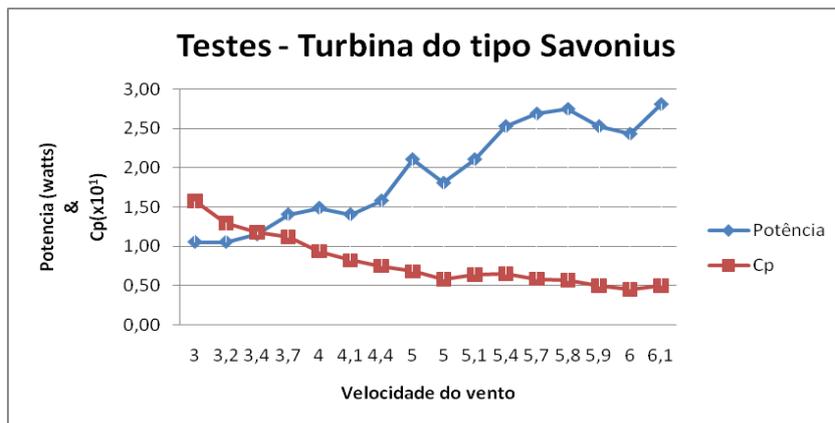


Figura 54: Desempenho da turbina do tipo Savonius em função da velocidade do vento.

5. Conclusão

A necessidade atual por novas fontes de energia estimula o ser humano a contribuir com a economia de energia do mundo, seja pela utilização de fontes alternativas de energia, seja por um comportamento pró-sustentável. O presente trabalho se baseou na possibilidade de que, com um pouco de tempo, dedicação e capital, podemos fazer pequenas contribuições no uso consciente e sustentável da energia. Foram fabricadas e testadas três diferentes tipos de turbina, cada qual apresentando suas características de construção e aplicabilidade. Uma observação importante é que o projeto realizado comporta-se como uma bancada de testes, uma vez que permite ainda muitas medições e experiências para outras configurações de turbina.

Verificou-se experimentalmente que a turbina que apresenta melhor desempenho é a de eixo horizontal do tipo catavento. A desvantagem associada a este tipo de turbina é a dependência de sua eficiência com relação à direção do vento. Isso não chega a ser um problema para o caso estudado, uma vez que as direções do vento da represa Guarapiranga são normalmente constantes; no entanto, para uma aplicação diversa, seria interessante o desenvolvimento de um dispositivo que permitisse o acompanhamento da turbina de acordo com a direção do vento.

Um fato interessante a ser mencionado são as partidas dos três tipos de aerogeradores. A turbina de eixo horizontal do tipo catavento possui uma partida muito intensa, uma vez que um elevado torque é transmitido ao rotor da turbina mesmo quando esta se encontra sem nenhum movimento.

No caso da turbina eólica de eixo vertical de fólios (rotor do tipo H), isso não se verifica: nos experimentos realizados com a mesma foi até necessário um pequeno estímulo para dar início à rotação. Entretanto, observou-se que este tipo de turbina aproveita muito mais os efeitos aerodinâmicos quando o rotor se encontra em elevadas rotações, uma vez que depende essencialmente da velocidade relativa com que os fólios “enxergam” o vento. Em outras palavras, quando em rotação elevada, os fólios aproveitam melhor o efeito da sustentação.

No caso da turbina de eixo vertical Savonius, verificou-se uma rotação muito pequena, mas com um torque considerável. A desvantagem deste tipo de turbina é que, além rotação da mesma estar sempre limitada à velocidade do vento, apresenta um torque resistivo elevado.

No que diz respeito à execução dos protótipos, encontrou-se uma maior dificuldade na fabricação da turbina de eixo vertical de fólios. O uso de fibra de vidro foi uma aplicação interessante e que gerou resultados satisfatórios, provendo elevada resistência mecânica. Acredita-se, no entanto, que outras opções eficazes poderiam ser adotadas e que levariam a resultados qualitativamente bem sucedidos como, por exemplo, realizar a laminação diretamente sobre uma peça com o formato do fólio desejado, a fim de evitar problemas de simetria.

Os resultados empíricos obtidos apresentaram valores um pouco diferentes daqueles esperados e analisados teoricamente. Explica-se isso pelos motivos das aproximações feitas tanto nos experimentos como nos cálculos: assim como a metodologia utilizada para a medição da potência apresentar imprecisões devido às diversas variáveis presentes nas experiências, os cálculos também merecem maior desenvolvimento, no que diz respeito a estudos aerodinâmicos mais profundos sobre o comportamento do escoamento de ar nas turbinas. A utilização de softwares comerciais, como o Fluent, poderia prover um melhor embasamento teórico e informações úteis para o presente trabalho, sendo uma indicação para quem deseja se aprofundar mais sobre o tema.

Finalizando, este trabalho é fruto de uma ambição pessoal no sentido de se criar um dispositivo, à base de recursos limitados, que pudesse oferecer benefícios para o ser humano, no caso uma fonte de energia. O uso deste produto, desta energia, estará sempre disponível desde que haja vento e, mesmo que a quantidade gerada seja pequena, ainda pode ser útil para muitas aplicações. Uma idéia interessante seria a de armazenar energia através do uso de baterias, sendo a energia eólica uma fonte intermitente de energia e que por isso torna seu uso direto um pouco complicado. Assim como este projeto foi estimulado por outros trabalhos realizados neste campo, deseja-se também que este seja útil para outros que queiram explorar o “tema”*.

*Vídeos deste trabalho demonstrando alguns experimentos podem ser visualizados no site de vídeos público www.youtube.com. Caso seja do interesse do leitor, procurar por henriquesimonsen no campo de busca.

6. Referências

- [1] ERIKSSON, Sandra; BERNHOFF, Hans; LEIJON, Mats. "Evaluation of Different Turbine Concepts for Wind Power". Artigo disponível em <www.science direct.com>. Acesso em 22 de novembro de 2009.
- [2] RIEGLER, Hannes. HAWT Versus VAWT. Disponível em <<http://www.victordanilochkin.org/research/turbine/papers/HAWT%20versus.pdf>>.
- [3] Gupta, R. Das and K.K. Sharma, Experimental Study of a Savonius-Darrieus Wind Machine, Dept. of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Silchar, Assam India.

STUDY AND CONSTRUCTION OF SMALL WIND TURBINE

Henrique Simonsen

Escola Politécnica da USP, São Paulo, Brazil
henrique.simonsen@gmail.com

Abstract. This work studies the application of three different small wind turbines for residential use. The intention is to verify the power that can be extracted from the wind for each configuration. Studies about similar equipments were important to inspire the creation of a simple and flexible prototype that could satisfy all the three configurations, through a basic structure made essentially of reused materials. The conclusion is that the energy extracted from the wind is limited in terms of efficiency and highly variable when using small wind turbines, but that doesn't mean it can't be used for several applications. The consciousness and reasonable use of energy is a global issue nowadays, and it is our responsibility to make a better use of it, independent of its quantity.

Keywords : *Wind energy, wind generator ,wind turbine.*