

PROJETO DE UM AEROGERADOR PARA ATENDER COMUNIDADES DISTANTES DA REDE ELÉTRICA

Saulo de Toledo Gallucci

saulo.gallucci@yahoo.com.br

Resumo. Este trabalho visa obter um projeto básico de um aerogerador de pequeno porte. O equipamento é destinado a gerar energia de forma autônoma a comunidades isoladas, assim, torna-se uma opção à universalização de energia proposto pelo governo no programa “Luz para Todos”. O estudo busca reunir informações, avaliar custos, definir especificações que conduzirão na montagem de um gerador de energia pelo vento, eficiente e de baixo custo. O texto apresenta estudos teóricos conduzidos pelo autor ou por órgãos de pesquisa reconhecidos que auxiliam na obtenção de um projeto mais conciso. Este documento contém informações que demonstram a tendência ao uso de fontes alternativas de energia.

Palavras chave: fontes renováveis de energia, energia eólica, turbinas

1. Introdução

A geração de eletricidade em quantidade sem os impactos ambientais de fontes convencionais pode ser traduzida na energia eólica. Cada vez mais, esse tipo de energia, se torna acessível por todos seus benefícios e pelo decréscimo constante do seu custo de implantação e operação.

A energia eólica é utilizada a milhares de anos de moagem de grãos a bombeamento de água. Somente 20 anos atrás a exploração dessa energia para geração de eletricidade começou a ganhar proporções comerciais, deixando de ser um objeto de estudos. O grande desenvolvimento tecnológico foi responsável pela melhoria da eficiência viabilizando as turbinas eólicas e hoje estão em expansão em todo o mundo.

A busca por alternativas leva vários países a investirem na transformação e complementação de seus parques energéticos, considerando como fator importante o impacto dessas formas de geração ao meio.

O crescimento contínuo da demanda por energia resulta em uma busca por estratégias que visão conciliar o suprimento com as questões ambientais, o que acaba em um planejamento mais rigoroso quanto às novas formas de energia e a busca por alternativas. Assim, as fontes renováveis ganham importância e hoje já participam expressivamente na complementação energética. A energia solar fotovoltaica, energia de biomassa, pequenas centrais hidrelétricas, energia eólica entre outras ganham espaço na busca por alternativas consistentes para diversificação do quadro energético em âmbito mundial.

Nesse contexto, a energia eólica se encaixa muito bem, o único fator limitante está no preço da energia despachada. Ainda é alto o valor, mas já se equivale a outras fontes como a nuclear. Porém, o contínuo aprimoramento das tecnologias disponíveis permite um decréscimo no custo por kWh gerado. O curto período de instalação, não há necessidade de combustíveis, o baixo custo de manutenção e operação imediata são fatores que ampliam a competitividade de sistemas de conversão de energia eólica ou aerogeradores, Fig. (1).



Figura 1. Aerogerador de pequeno porte

No Brasil é ainda incipiente a participação da energia elétrica gerada pela força do vento. Existem diversos projetos em pauta para a implantação de aerogeradores, principalmente, na região nordeste. Esses projetos, são de fazendas de turbinas eólicas, portanto, para produção de energia elétrica em grande escala. Hoje, o principal uso corrente no Brasil é em comunidades carentes isolada dos grandes centros urbanos e da rede elétrica convencional de geração em pequena escala.

A aplicação de aerogeradores no Brasil é interessante devido aos seguintes aspectos:

- As dimensões do país fazem com que grandes distâncias têm que ser percorridas pelas linhas de transmissão dos centros geradores aos consumidores, encarecendo ao ponto de tornar inviável, em curto prazo, a eletrificação das zonas rurais
- Devido a essas distâncias, o transporte de combustível para geração de eletricidade eleva o custo do mesmo, inibindo a sua aplicação
- A diminuição gradual das fontes de combustíveis fósseis em escala mundial encarece esse produto e, assim, a operação de usinas termelétricas
- A busca por fontes renováveis em face as restrições ambientais
- A velocidade média dos ventos em alguns locais, apesar de baixa, não apresentam problemas para aplicações de baixa potência encontradas no meio rural

O presente trabalho se apoiará nesse cenário para desenvolver um aerogerador de pequeno porte para atender parcialmente o consumo de energia de um pequeno estabelecimento comercial ou uma residência de classe média.

2. Material e Métodos

O desenvolvimento deste trabalho será feito em cinco etapas divididas em duas partes, que iniciou com o estudo das regiões que oferecem as condições atmosféricas favoráveis à comercialização do aerogerador e terá a confecção do projeto básico do equipamento como final. A primeira parte trata do contexto nacional para definir uma solução que se encaixe nas particularidades do país, a segunda, do projeto básico.

Inicialmente foram estabelecidas regiões em que são adequadas para a instalação de um sistema de energia eólica e, portanto, os locais mais interessantes para comercialização. Para isso foi utilizado o “Atlas do Potencial Eólico Brasileiro” (CEPEL, 2001) que abrange todo o território do Brasil e contém mapas indicativos do regime dos ventos e fluxos de potência eólica na altura de 50m. Esses mapas foram elaborados com assistência do sistema MesoMap que é um conjunto integrado de modelos de simulação atmosférica por elementos finitos, base de dados meteorológicos e geográficos, redes de computadores e sistemas de armazenamento. Ele simula a dinâmica atmosférica dos regimes de vento e variáveis meteorológicas a partir de amostragens representativas para o período de 1983/1999. O sistema inclui condicionantes geográficas como relevo, rugosidade induzida por classes de vegetação e uso do solo, as interações térmicas entre a superfície terrestre e a atmosfera e efeitos de vapor d’água presente. Há limitações do software como possíveis erros na base de dados, erros no modelo e classificação do uso do solo, erros devido à resolução da malha do modelo e a limitações na formulação das equações do modelo. Mas a validação dos dados revelou um desvio-padrão de 7,5%. Ou seja, a análise deste Atlas é, dentro da literatura técnica, a melhor fonte de informações sobre o potencial eólico brasileiro.

Após a determinação dos locais que condicionam um melhor aproveitamento dos ventos, foi realizada uma análise dos custos de duas fontes alternativas e de uma linha de transmissão. Foram considerados um aerogerador disponível no mercado, um sistema autônomo de energia solar e o custo por quilômetro de uma linha de transmissão. Essas condições foram escolhidas para mostrar a diferença de valores entre sistemas autônomos e o ponto onde é melhor escolher entre levar uma linha de transmissão até uma comunidade ou instalar geradores diretamente nesses locais. Isso reside no fato de que no Brasil existem muitas pessoas sem energia por não estarem perto de redes de distribuição. Porém há esforços governamentais em universalizar a oferta de energia elétrica e nesse sentido que aparecem oportunidades para desenvolver fontes alternativas às convencionais.

O sistema eólico a ser avaliado será um com capacidade de 350W de potência composto por uma turbina Enersud Notus 138, duas baterias de 150A 12V, inversor 12DC-110AC e torre tubular.

O gerador solar de referência está em estudo no IEE (Instituto de Eletrotécnica e Energia) que tem como objetivo suprir comunidades isoladas de energia. Esse equipamento tem também duas baterias de 150A 12V e um inversor 12DC-110AC, mas tem capacidade de 200 Wp.

Os valores relacionados às linhas de transmissão serão tomados a partir das últimas licitações promovidas pela ANEEL, leilões número 005/2006 e 003/2006. Os resultados dos leilões foram retirados do site da ANEEL assim como os mapas com as distâncias dessas linhas. Nesse ponto vale ressaltar que os custos entre regiões oscilam, portanto, faremos a avaliação com os valores da região nordeste do Brasil que se mostrou o de menor valor.

Para determinarmos as características do aparelho foi feito um estudo dos componentes de um aerogerador convencional. Neste ponto, foram avaliados diversos recursos que podem ser encontrados em um sistema de energia eólica. Posteriormente, estabeleceram-se as especificações técnicas funcionais, operacionais e construtivas do equipamento que guiaram a construção da matriz de alternativas para os principais elementos do aerogerador.

A partir dela, foram criadas soluções para serem desenvolvidas no projeto básico. A definição da melhor solução foi feita por uma matriz de decisão levando em conta os seguintes critérios, facilidade de construção, custo/ benefício, manutenção, durabilidade, segurança e eficiência. Para cada critério foram estabelecidos pesos e atribuídas notas de 0 a 5 às soluções propostas. Àquela com a soma maior foi a alternativa escolhida.

Na segunda etapa foi feito o dimensionamento e a seleção dos componentes que compõe a turbina escolhida na matriz de decisão. O foco do trabalho foram as partes principais do equipamento: caracterização do rotor, seu perfil e diâmetro; seleção da caixa multiplicadora; dimensionamento do eixo; seleção dos rolamentos; seleção de um gerador; e, por fim, especificado as dimensões do estabilizador.

2.1.Cálculo da Necessidade Energética

O fornecimento de energia foi determinado para abastecer uma residência de uma comunidade isolada. Portanto, o equipamento deverá suprir a demanda de itens básicos de uma moradia sem infra-estrutura. Para isso, foram coletados os dados sobre a potência média do site do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica-PROCEL Tab. (1).

	Potência média (Watts)	Média Utilização/ dia (h)	Unidades
LÂMPADA INCANDESCENTE	40	5	4
CHUVEIRO ELÉTRICO	3500	0,5	1
BOMBA D'ÁGUA 1/4 CV	420	2	1

Tabela 1. Itens considerados para o cálculo de energia requerida

A tabela sugere que o local a ser instalada a turbina contenha os itens descritos. Porém esse cálculo considerou o que poderia vir a ter em uma residência isolada e suprir uma necessidade como no caso de uma bomba d'água.

2.2.Dimensionamento do rotor

2.2.1.Diâmetro do rotor

Apenas parte da potência contida no vento pode ser extraída por uma turbina eólica, quantificada pelo coeficiente C_p (quantidade extraída pela turbina sobre quantidade total). Esse fator, segundo estudos de Albert Betz, teoricamente é de 59% ou 16/27. Para turbinas tipo hélice o C_p é aproximadamente 0,35.

$$Pot = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot C_p$$

Onde:

V = velocidade do vento

P = potência mecânica extraída pelo rotor

ρ = densidade do ar

A = área “varrida” pelo rotor

Onde:

$$Energia = Pot \times Horas \times FC \Rightarrow FC = \text{fator de capacidade}$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

Com “D” o diâmetro do rotor e, portanto:

$$D = \sqrt{\frac{8 \cdot P}{\eta \cdot \pi \cdot \rho \cdot V^3 \cdot C_p}}$$

2.2.2.Perfil da pá

As turbinas eólicas extraem a potência do vento através das forças de sustentação e arrasto como já mencionado.

A força de arrasto atua na direção do escoamento e provém da ação do fluido sobre um corpo, é composta por um diferencial de pressão entre as partes anterior e posterior do corpo e pelas tensões de cisalhamento do fluido devido a sua viscosidade.

A força de sustentação atua na direção perpendicular do escoamento e ocorre devido a diferença de pressão entre lado superior e o lado inferior do corpo.

$$F = L \cdot \cos(\theta) - D \cdot \sin(\theta)$$

Onde:

L = força de sustentação

D = força de arrasto

θ = ângulo entre plano de rotação e o plano do perfil (ângulo do vento menos ângulo de ataque)

L e D dependem do ângulo de ataque, que é dependente da rotação do rotor, portanto, é necessário que varie o ângulo de ataque ao longo do comprimento da pá uma vez que a rotação varia com ao longo da pá.

Então, conhecendo a curva do aerofólio utilizado, determina-se o ângulo de ataque que se obtém a maior relação entre as forças de sustentação e arrasto.

A partir desse ponto, são determinadas as velocidades na ponta da pá (TSR) e em seções da mesma que servem de base para buscar valores do número de pás, solidez, ângulo de vento e parâmetros de forma em gráficos e tabelas. Com isso foi possível calcular os comprimentos de corda e os ângulos de ataque ao longo da pá.

$$c = \frac{R \cdot PF}{C_l \cdot N}$$

R = raio na seção da pá (m)

PF = parâmetro de forma

C_l = coeficiente de sustentação

N = número de pás

É necessário efetuar um ajuste no ângulo de ataque da pá para obter a melhor relação L/D, assim:

$$a_c = a_0 + \frac{C_l}{0,11} \cdot \left(1 + \frac{3}{AR}\right)$$

Onde:

a_c = ângulo corrigido

a_0 = ângulo onde $C_l = 0$

C_l = coeficiente referente ao L/D máx do perfil 4415

AR = aspect ratio, comprimento da pá dividido pela corda média

Por fim os ângulos das seções são dados por:

$$a_{\text{perfis}} = a_{\text{vento}} - a_c$$

2.3. Seleção da caixa multiplicadora

Pelo catálogo da Bosch, é recomendado que se utilize correias trapezoidais do tipo 3V. É considerado também que a correia está sob serviço normal, caracterizado pelas seguintes características:

- Arranque inicial ou as sobrecargas momentâneas nunca excedem de 150% da carga normal;
- Serviço contínuo (6 a 16 horas por dia)

2.3.1. Diâmetro das polias, comprimento da correia e distância entre centros

Primeiramente,, foi considerado um diâmetro da polia menor de 3,0" com a relação de transmissão a polia maior fica:

$$D = i \cdot d \text{ com distância mínima entre centros } C = \frac{D - d}{2}$$

O comprimento da correia se dá por:

$$L = 2 \cdot C + 1,57 \cdot (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 \cdot C}$$

Este valor servirá de entrada para selecionar uma correia do catálogo 3V-375.

Então, é necessário recalcular a distância entre centros, conforme a relação:

$$C = \frac{b + \sqrt{(b^2 - 32 \cdot e)}}{16} \text{ onde, } b = 4 \cdot L_{cor} - 6,28(D + d) \text{ e } e = (D - d)^2$$

2.3.2. Número de correias

Para saber quantas correias são necessárias para o projeto, é necessário calcular a potência por correia. Para isto, primeiramente calcula-se a velocidade da correia, em pés por minuto:

$$V = d \cdot rpm \cdot 0,262$$

Da tabela do catálogo da Goodyear, vê-se que a capacidade, por correia. Porém, este valor é para um ângulo de abraçamento de 180°, e por isso é necessário utilizar um fator de correção, que pode ser encontrado no mesmo catálogo. O ângulo de abraçamento é:

$$\theta = 180 - \frac{60 \cdot (D - d)}{C}$$

O número de correias necessárias é, então:

$$N_{correias}^0 = \frac{potencia_{requerida}}{potencia_{cor}}$$

2.4. Dimensionamento do Eixo do rotor

Os esforços solicitantes serão maiores quando a chaveita se encontra na posição indicada na Figura 2, pois contribuirá pros esforços nos mancais (B e C). Assim:

$$P_r + V_A + V_B + F_t = 0$$

$$P_r \cdot \overline{AC} - V_A \cdot \overline{BC} - F_t \cdot \overline{DC} = 0$$

onde:

P_r é o peso do rotor

F_t é a força tangencial

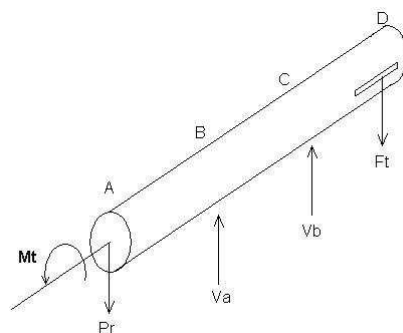


Figura 2. Esforços solicitantes no eixo

Assim, determina-se os esforços nos mancais e traça-se os diagramas de momento. Com isso, o ponto onde os esforços são máximos é identificado e calculado o seu diâmetro mínimo. O cálculo foi realizado pelo critério de Soderberg de fadiga e critério de Von Mises para material dúctil no estado plano de tensões:

$$\sigma_{esc} = \frac{s_{esc}}{\sqrt{3}}$$

$$\sigma_f = \frac{\sigma_{fad}}{\sqrt{3}}$$

$$\sigma_{fadiga} = \frac{s_u}{2} \cdot \frac{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2}{k}$$

2.5. Seleção dos rolamentos

Os rolamentos a serem adotados serão os de rolos, pré-selecionados a partir de uma tabela de seleção do tipo do rolamento presente no catálogo da NSK.

O modelo foi definido pela capacidade de carga que os rolamentos devem suportar. Assim, é necessário encontrar a carga dinâmica equivalente, dada por:

$$C = P \cdot \left(\frac{L_{10h} \cdot 60 \cdot N}{10^6} \right)^p, \text{ onde:}$$

P é a carga dinâmica equivalente;

L_{10h} é a vida nominal, em horas de trabalho;

N é a rotação do mancal, em rpm;

p é o expoente da fórmula de vida, sendo $p = 1/3$, para rolamentos de esferas e $p = 3/10$ para rolamentos de rolos.

2.6. Seleção do gerador

A seleção do gerador foi feita com base em alternadores de carro devido a potência ser baixa, inferior aos geradores de catálogo consultados. Assim, através da curva característica de um alternador foi definido o gerador.

2.7. Determinação do braço do estabilizador

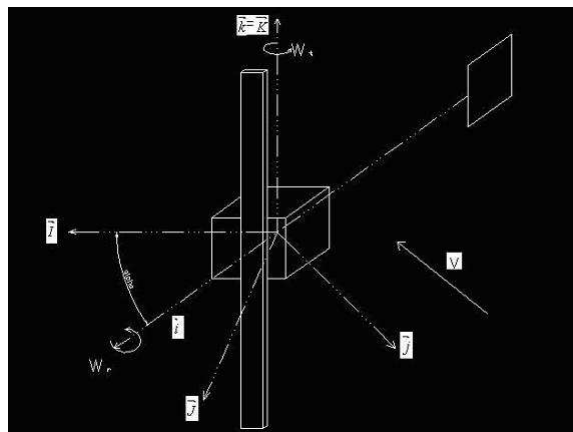


Figura 3. Modelo da turbina

O braço do estabilizador foi determinado aplicando o Teorema do Momento Angular (TMA) no modelo considerado, onde as forças externas atuantes são efeitos do escoamento sobre a projeção lateral da turbina.

$$\dot{\vec{K}}_G = \vec{M}^{ext} \Rightarrow \text{TMA}$$

$\vec{K}_G$ = derivada do momento angular do conjunto

M^{ext} = momento das forças externas

Onde:

$$\vec{K}_G = \frac{d}{dt} (\vec{K}_{G_{rotor}} + \vec{K}_{G_{corpo}} + \vec{K}_{G_{estabilizador}})$$

$$M^{ext} = M_{estabilizador} + M_{corpo} + M_{rotor}$$

e

$$D = 0,5 \cdot C_d \cdot A \cdot \rho \cdot V^2$$

3. Resultados e discussões

3.1. Determinação das melhores regiões para instalação de um aerogerador

A distribuição dos ventos no Brasil é controlada globalmente pelos sistemas de alta pressão Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e do Atlântico Norte e a faixa de baixas pressões da Depressão Equatorial. Com a atuação dessas massas de ar e das particularidades da superfície do território brasileiro o regime dos ventos estabelece o seguinte mapa das velocidades médias anuais, Fig (4).



Figura 4. Mapa das velocidades médias anuais no Brasil.

Deste modo, observa-se boas velocidades médias de vento na região Sul e Nordeste do Brasil. No Sul, grande parte do território tem velocidades maiores ou iguais a 6m/s o que configura, para um sistema aerogerador, uma boa condição. Isso representa um potencial de até 424,7 TWh/ano. Já a região Nordeste, com bom regime de ventos no litoral ao norte (Maranhão ao Rio Grande do Norte), médias de 6m/s a 9m/s, e no interior da Bahia, médias de 6,5m/s a 8m/s, o potencial chega a 649,5TWh/ano. Os potenciais são para aproveitamentos de ventos a partir 6m/s. Com isso ficam definidas as duas regiões para a comercialização da alternativa eólica.

3.2. Análise dos custos

O custo por quilômetro de linha de transmissão, Tab. (2), é bem elevado e por isso alternativas são atraentes quando o consumidor se encontra distante de linhas de distribuição de energia e em locais com baixa densidade populacional.

Leilões	Região	Lote	Voltagem (kV)	Valor	Km	R\$/km
005/2006	NE	Lote E	230	R\$ 3.751.428,00	198	R\$ 18.946,61
003/2006	NE	Lote D	230	R\$ 4.880.000,00	105	R\$ 46.476,19
003/2006	NE	Lote F	230	R\$ 6.654.996,00	315	R\$ 21.126,97
Média						R\$ 28.849,92

Tabela 2. Custos por quilômetro de uma linha de transmissão.

Assim, passam a ser cogitados geradores autônomos de energia. Hoje são duas as alternativas que não necessitam de combustível, a solar e a eólica. Um sistema solar de geração, que utiliza células fotovoltaicas para transformação da energia, de 200Wp, como o descrito anteriormente, tem o custo de R\$5.985,00 Tab (4). Já uma turbina eólica de 350W de potência, esse custo fica em torno dos R\$5.500,00, Tab (3).

Item	Produto	Preço	Quantidade	Total
Bateria	Tudor 12TE150	R\$ 580,37	2	R\$ 1.160,74
Kit Torre	Kit com base, junções, suportes e cabos.	R\$ 850,00	1	R\$ 850,00
Tubos	Tubo 1 1/2" Ferro Galvanizado DIN2440	R\$ 105,00	2	R\$ 210,00
Turbina	Enersud Notus 138	R\$ 2.700,00	1	R\$ 2.700,00
Inversor	Mean Well A301/302 - 600	R\$ 553,00	1	R\$ 553,00
Total				R\$ 5.473,74

Tabela 3. Custos para a instalação de um sistema de geração de energia a partir do vento.

	Item	Produto	Preço
Sistema fotovoltaico SIGFI-13	Controlador de Carga	PHOCOS modelo CX20 20A	R\$ 5.985,00
	Gerador fotovoltaico 200Wp	Células Fotovoltaicas 200Wp	
	Acumulador	150 Ah (24Vcc)	
	Inversor	ISOVETER 250-127W	

Tabela 4. Custos para a instalação de um sistema de geração de energia a partir da radiação solar.

Considerando uma linha de transmissão em favor das fontes autônomas, para distância de 100km seria possível comprar mais de 520 aerogeradores como o proposto. Isso significa abastecer pelo menos 520 famílias de comunidades isoladas. Sem falar que os equipamentos para gerar energia pelo vento são simples de instalar e a manutenção não compromete visto que os componentes são facilmente encontrados no mercado.

Com relação ao sistema fotovoltaico, é fácil perceber a vantagem econômica da geração pelo vento. São R\$15,60 por Watt de capacidade gerado enquanto que o solar o valor é de aproximadamente R\$30,00. Além disso, as células, fotovoltaicas são importadas encarecendo a reposição desse componente.

Portanto, pelas condições observadas, é interessante o desenvolvimento de uma alternativa eólica para a geração de energia.

3.3. Necessidade energética

	Potência média (Watts)	Média Utilização/ dia (h)	Unidades	Consumo médio DIÁRIO (Wh)
LÂMPADA INCANDESCENTE	40	5	4	800
CHUVEIRO ELÉTRICO	3500	0,5	1	1750
BOMBA D'ÁGUA 1/4 CV	420	2	1	840
Total				3390

Tabela 5. Necessidade energética de uma residência em uma comunidade isolada

3.4. Componentes

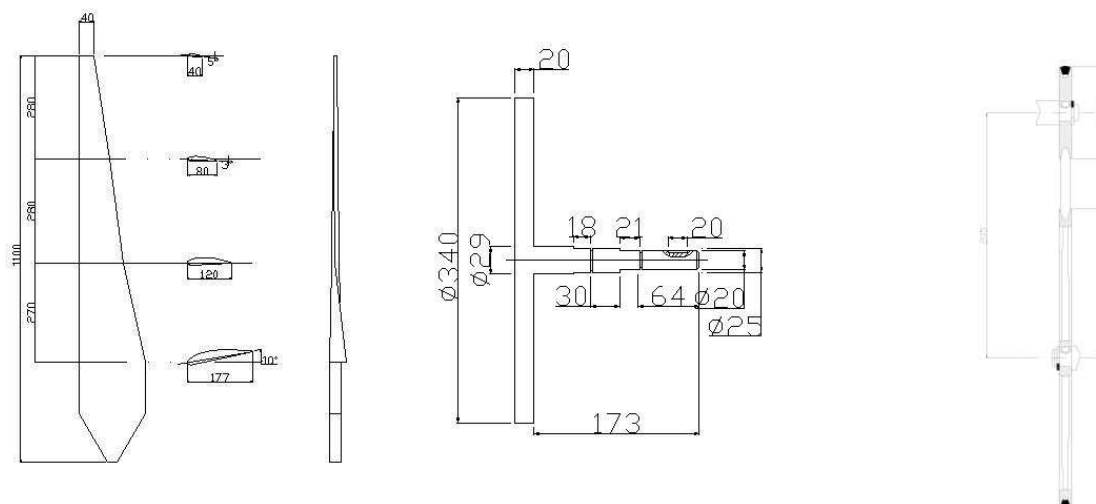


Figura 5. Dimensões da pá, do eixo de entrada e da transmissão

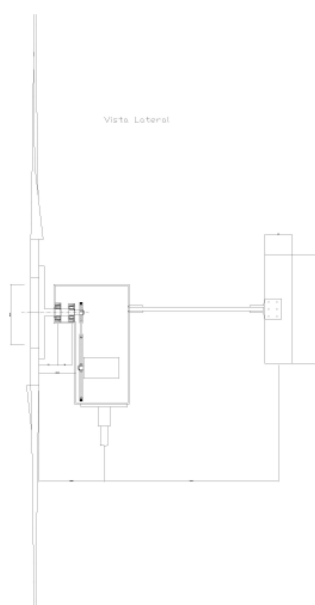


Figura 6. Desenho de conjunto

Componente	Material	Descrição
Pá	PVC	Ver figura 5
Eixo	SAE1020	
Caixa Multiplicadora	-	Macopema H10 redução simples de 3,23 de 3,0 CV
Rolamento	-	NSK NU1005 - 25mm de diâmetro
Rolamento	-	NSK NU2304 EM - 20mm de diâmetro
Gerador	-	Alternador Bosch 14V-23A
Estabilizador	Alumínio	Ver figura 6
Braço do Estabilizador	SAE1020	

Tabela 6. Componentes do aerogerador

A Tab. (6) e as Fig. (5) e Fig. (6) são resultados do dimensionamento e seleção dos componentes descritos no item “Material e Métodos”.

3.6. Custos

Item	Qty	Price	Value
Rolamento	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00
Multiplicador de velocidades	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Sistema de freio	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Eixo	1	R\$ 350,00	R\$ 350,00
Pás	2	R\$ 100,00	R\$ 200,00
Alternador	1	R\$ 600,00	R\$ 600,00
Estrutura	1	R\$ 300,00	R\$ 300,00
Estabilizador	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Outros*	-	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Total			R\$ 2.220,00

*Outros diz respeito a porcas, parafuso, vedadores e afins para a montagem do eixo

Tabela 7. Custos associados aos componentes

4. Conclusão

A proposta em montar um gerador eólico de pequeno porte selecionando componentes presentes no mercado teve o intuito de tornar os custos baixos. O custo total (sem incluir valores de montagem, distribuição e comercialização) é menor que preço final da turbina Enersud Notus 138 discutida na análise de custos.

Portanto, o projeto se mostra interessante demandando um aprofundamento para estabelecer o volume necessário para obter um custo que seja atrativo. Além disso, elaborar um custeio de manutenção e operação. Outro ponto que poderia ser discutido é a parceria com fornecedores no estabelecimento da cadeia produtiva com objetivo de reduzir o valor para a comercialização do equipamento.

5. Referências

- ELETROBRÁS – CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS Atlas do Potencial Eólico Brasileiro CEPEL, Brasília, 2001
- GIACAGLIA, G. E. Mecânica Geral 10a Edição, Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1982
- JUVINALL, R. C.; MARSHEK, K. M. Fundamentals of Machine Component Design John Wiley & Sons, 1991
- MANWELL, J. F.; MCGOWAN, J. G.; ROGERS, A. L. Wind Energy Explained, London, Wiley, 2006
- MUNSON, B. R.; YOUNG, D. F.; OKIISHI, T. H. Fundamentos da Mecânica dos Fluidos Vol.2 2a Edição, São Paulo, Ed. Edgar Blucher Ltda, 1997
- PARK, J. The Wind Power Book, Chesire, Palo Alto, California, 1981
- SAMPY, M. U.; ROCHA, M. M. Aplicações de Turbinas Eólicas como Fonte Alternativa de Geração de Energia Elétrica em Agroindústria Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998
- TOLMASQUIM, M. T. (ORGANIZADOR) Fontes Renováveis de Energia no Brasil CENERGIA, Rio de Janeiro, 2003
- TORRES, H. Projeto de um Gerador Eólico para Uso Residencial Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004
- Bordalo, S.N., Ferziger, J.H. and Kline, S.J., 1989, "The Development of Zonal Models for Turbulence", Proceedings of the 10th Brazilian Congress of Mechanical Engineering, Vol.1, Rio de Janeiro, Brazil, pp. 41-44.

PROJECT OF A SMALL WIND TURBINE FOR ISOLATED COMMUNITIES

Saulo de Toledo Gallucci

saulo.gallucci@yahoo.com.br

Abstract. The main objective of this paper is to obtain a project of a small wind turbine. The equipment is intended to generate energy off the grid to isolated communities as a alternative to the government program "Luz para Todos" that seeks universalization of energy in Brazil. This study looks for gathering information, evaluate costs and define specifications which conduct to mount a wind energy generator efficient and low cost. The text presents studies from the author and from respectable research institutions to help obtain a concise project. This paper is aligned with the current thought which is use renewable sources of energy in order to get a more sustainable way of living. That is what moves developing this work.

Keywords wind energy, wind turbine, renewable energy sources