

ENERGIA EÓLICA: UMA ALTERNATIVA ECOLOGICAMENTE CORRETA E ECONOMICAMENTE VIÁVEL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL E USINAS DE 2 A 50 MW

HAMILTON POZO

Resumo:

O objetivo deste artigo é analisar e fornecer bases da utilização da energia eólica incluindo, uma expectativa da evolução para futuros desenvolvimentos nos próximos anos. Pretende-se ainda, fazer uma apresentação do estado da arte em tecnologia de energia eólica e apresentar uma idéia de seu impacto na economia e no ambiente bem como as perspectivas futuras deste sistema. A energia obtida através da força dos ventos é uma das mais antigas das energias conhecidas e utilizadas pelo homem. Essa concepção de produção de energia voltou a ser avaliada e testada mais objetivamente após os anos 80, principalmente nos USA com forte apoio da ERDA-Energy Research and Development Administration no desenvolvimento de turbinas especiais para captação de energia dos ventos e torná-la economicamente viável. Sua finalidade é de propor a utilização de energia eólica como uma alternativa econômica e ecologicamente correta para uso em pequenas centrais geradoras de energia de 2 a 50 MW.

Área temática: *Gestão de Custos Ambientais e Responsabilidade Social*

Energia eólica: uma alternativa ecologicamente correta e economicamente viável para geração de energia renovável em usinas de 2 até 50 MW.

Resumo

O objetivo deste artigo é analisar e fornecer bases da utilização da energia eólica incluindo, uma expectativa da evolução para futuros desenvolvimentos nos próximos anos. Pretende-se ainda, fazer uma apresentação do estado da arte em tecnologia de energia eólica e apresentar uma idéia de seu impacto na economia e no ambiente bem como as perspectivas futuras deste sistema. A energia obtida através da força dos ventos é uma das mais antigas das energias conhecidas e utilizadas pelo homem. Essa concepção de produção de energia voltou a ser avaliada e testada mais objetivamente após os anos 80, principalmente nos USA com forte apoio da ERDA-Energy *Research and Development Administration* no desenvolvimento de turbinas especiais para captação de energia dos ventos e torná-la economicamente viável. Sua finalidade é de propor a utilização de energia eólica como uma alternativa econômica e ecologicamente correta para uso em pequenas centrais geradoras de energia de 2 a 50 MW.

Palavras-chave: Energia renovável, ecológica e custos.

Área Temática: Gestão de Custos Ambientais e Responsabilidade Social

1. Introdução

A energia produzida pela ação dos ventos passou a partir final da década de 70 e, principalmente nos anos 80 a ter um maior desenvolvimento, principalmente por algumas empresas de porte, nos USA, que estavam desenvolvendo projetos de aproveitamento da energia eólica com objetivos comerciais e com fins econômicos, sendo as principais empresas, muito conhecidas por todos como: Boeing, General Electric, Enercon WindPower, Grumman, Kaman, Zephyr Wind Dynamo e outras. Desde os anos 70 passando pelas décadas de 80, 90 e atualmente, o mundo tem sofrido e passado por várias crises energéticas, principalmente das não renováveis, criando uma grande preocupação em desenvolver fontes renováveis de energia que possibilitem sua utilização economicamente e, também, seja de atuação ecologicamente correta, ou seja, não agrida e não degrade o nosso ecossistema.

Porém, um dos grandes problemas deste sistema é a inconstância da quantidade e da velocidade dos ventos para acionar as hélices que movimentam os geradores na produção de energia. Isto acarreta a necessidade de preparar um sistema de armazenagem de energia que ainda não permite uma maior utilização deste sistema. Entretanto, já podemos ver resultados bastante satisfatórios sendo desenvolvidos em diversos países com muito sucesso, e até mesmo aqui no Brasil em especial no nordeste.

A utilização mundial, já no final de 1994, de sistemas eólicos era em torno de 3700 MW que estavam conectados à rede normal de distribuição de energia, dos quais 1700 MW nos EUA e 1650 MW na Europa. Seis anos depois, em 2000, a utilização mundial de sistemas eólicos passou para um valor próximo a 13.800 MW ligados à rede proporcionando um crescimento real de 270%, sendo que 2.800 MW nos EUA e 6.350 MW na Europa.

Os Estados Unidos e a Alemanha são as duas grandes nações que têm dado especial atenção a este modelo de energia renovável, a eólica, através de programas especiais de incentivo a instalação deste sistema. E tanto organizações como indústrias e empresas de serviços assumem, cada vez mais, um grande interesse na energia eólica como investimento e

solução para os problemas energéticos do futuro, porém, ainda suas ações estão na dependência da distribuição geográfica de seu potencial eólico.

O sistema está vencendo a barreira do fator econômico, que ainda é o grande obstáculo deste projeto, porém, tendo a grande vantagem de não necessitar de combustíveis fósseis, não degradar a qualidade do ar e da água, a quantidade de ruído é muito baixa e causam escassos ou quase nenhum dano à vida humana ou a vida animal e vegetal. E em toda a costa norte e nordeste do Brasil já despontam como pontos de forte atratividade para a implantação comercial deste sistema de geração de energia.

2. O sistema eólico de geração de energia elétrica

A energia elétrica produzida pela ação dos ventos, a partir da década de 70, voltou a ser avaliada e testada mais objetivamente, principalmente nos USA e na Alemanha com o desenvolvimento de novos projetos de turbinas especiais para captação da energia dos ventos e torná-la economicamente viável e, assim a utilização de recursos renováveis. Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade. Assim como a energia hidráulica, a energia eólica é utilizada há milhares de anos com as mesmas finalidades, a saber: bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica. Para a geração de eletricidade, as primeiras tentativas surgiram no final do século XIX, mas somente um século depois, com a crise internacional do petróleo (década de 1970), é que houve interesse e investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial. A primeira turbina eólica comercial ligada à rede elétrica pública foi instalada em 1976, na Dinamarca e atualmente, existem mais de 30 mil turbinas eólicas em operação no mundo.

As recentes pesquisas e novos desenvolvimentos tecnológicos nos sistemas de transmissão, adequada aerodinâmica, e os controles e operação das turbinas têm reduzido custos e melhorado o desempenho e a confiabilidade do sistema. O custo de um projeto e dos equipamentos era um dos principais entraves ao aproveitamento comercial da energia eólica sendo que nos últimos dez anos seus custos reduziram significativamente.

A avaliação do potencial eólico de uma região requer trabalhos sistemáticos de coleta e análise de dados sobre a velocidade e o regime de ventos. Geralmente, uma avaliação rigorosa requer levantamentos específicos, mas dados coletados em aeroportos, estações meteorológicas e outras aplicações similares podem fornecer uma primeira estimativa do potencial bruto ou teórico de aproveitamento da energia eólica. Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m^2 , a uma altura de 50 m, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s (GRUBB; MEYER, 1993).

O potencial bruto mundial de geração de energia eólica é estimado em 500.000 TWh por ano. Porém, devido às restrições ambientais é considerado como válido pó aproveitamento de aproximadamente 53.000 TWh, mas ainda assim esse potencial líquido corresponde aproximadamente a cerca de quatro vezes o consumo mundial de eletricidade.

No Brasil, os primeiros anemógrafos computadorizados e sensores especiais para a avaliação do potencial nacional de energia eólica foram instalados no Ceará e em Fernando de Noronha, no início dos anos 1990. Os resultados dessas medições possibilitaram a determinação do potencial eólico local e a instalação das primeiras turbinas eólicas do Brasil.

Abaixo, na tabela 1, pode-se ter uma visão do desenvolvimento e progresso nas instalações de unidades de geração de energia eólica no mundo nos últimos 12 anos e a previsão para o ano de 2010.

País ou Região	Capacidade instalada em 1994 (MW)	Capacidade estimada para o ano 2000 (MW)	Capacidade estimada para o ano 2010 (MW)
EU	1722	2800	3800
América Latina	10	400	800
América Total	1732	3200	4600
Alemanha	632	2000	3000
Dinamarca	539	1000	1400
Noruega	162	500	800
Reino Unido	170	800	1000
Suécia	40	240	440
Grecia	36	200	300
Itália	22	100	200
Portugal	9	60	100
Irlanda	8	150	250
Europa Total	1723	6350	7490
Índia	201	2900	4000
China	29	730	2000
Ásia Total	237	3630	6000
África	16	225	500
Oceania	6	80	200
TOTAL	3750	13800	18790

Tabela 1. Potência Eólica instalada no mundo em 1994 e 2000 e a previsão para 2010.
Fonte Windpower Monthly, September 2002 - R.D.A.

Existem, atualmente, mais de 30.000 turbinas eólicas de grande porte em operação no mundo, com capacidade instalada da ordem de 15.000 MW. No âmbito do Comitê Internacional de Mudanças Climáticas, está sendo projetada a instalação de 30.000 MW, até o ano 2030. Na Dinamarca, a contribuição da energia eólica é de 12% da energia elétrica total produzida. Na Alemanha (região de Schleswig Holstein) a contribuição eólica já passou de 16% e a União Européia tem como meta gerar 10% de toda eletricidade até 2025. No Brasil, embora o aproveitamento dos recursos eólicos estão sendo realizados com mais ênfase nos últimos dez anos e, recentemente em diversos pontos do território nacional que indicam a existência de um enorme potencial eólico ainda não explorado.

No nordeste brasileiro, principalmente no Ceará, iniciaram os primeiros programas de levantamento e instalações de potencial eólico através de medidas de vento com modernos anemógrafos computadorizados. Porém, não somente a costa do Nordeste tem áreas de grande potencial eólico, em Minas Gerais, uma central eólica está em funcionamento, desde 1994, em uma região afastada mais de 1000 km da costa marítima com excelentes condições de vento. A capacidade instalada no Brasil é de aproximadamente 20,3 MW, com turbinas eólicas de médios e grandes portes conectadas à rede elétrica.

3. Fatores ambientais e sociais

A utilização dos Sistemas Eólicos de Geração de Energia já começa a apresentar vantagens econômicas para uso isolados e para pequenas unidades de geração de energia, principalmente, em regiões onde as condições geográficas são favoráveis para grandes volumes de ventos e sua constância durante o ano todo.

Os custos de um sistema aerogerador (eólico) estão fortemente ligados às características do vento no local de sua instalação sendo diretamente proporcional à sua intensidade, quanto maior a velocidade e as quantidades anuais de vento menor o custo. Também irá influenciar no custo do sistema a irregularidade do terreno com suas dificuldades de instalação. O sistema eólico está se tornando vantajoso, quando há disponibilidade de ventos constantes, tanto no aspecto econômico como no ambiental, traduzindo-se em benefícios para a qualidade de vida e da própria continuidade da sobrevivência do homem em nosso planeta.

Com relação ao impacto ambiental, pode-se dizer que somente dois elementos são os que atuam com mais intensidade e que merecem maior cuidado, um é a emissão de ruídos dos aerogeradores devido ao funcionamento mecânico e ao efeito aerodinâmico. Para aerogeradores com diâmetro do rotor superior a 20 m os efeitos aerodinâmicos são os que mais contribuem para a emissão de ruídos.

O ruído emitido pelos aerogeradores decresce de 50 dB junto aos aerogeradores para 35 dB a uma distância de 450 m das torres. Os efeitos fisiológicos sobre o sistema auditivo somente começam a agir a partir dos 65 db. No entanto, valores mais altos que 40 dB podem provocar efeitos psíquicos sobre o homem sendo o nível de ruído recomendável inferior a 40 db. O ruído de 40 dB corresponde a uma distância dos aerogeradores de 200 m. Sendo essa a distância entre aerogeradores e habitações respeitadas na Europa. Um segundo elemento são as ondas eletromagnéticas refletidas pelos aerogeradores. Isso implica que podem interferir e perturbar sistemas de telecomunicações. Estas interferências não são significativas. No entanto, é necessário efetuar estudos mais detalhados quando o parque situa-se junto de aeroportos ou de sistemas de retransmissões.

A energia dos ventos é uma abundante fonte de energia renovável, limpa e disponível em todos os lugares. A utilização desta fonte energética para a geração de eletricidade, em escala comercial, teve início há pouco mais de 30 anos e através de conhecimentos da indústria aeronáutica os equipamentos para geração eólica evoluíram rapidamente em termos de idéias e conceitos preliminares para produtos de alta tecnologia. No início da década de 70, com a crise mundial do petróleo, houve um grande interesse de países europeus e dos Estados Unidos em desenvolver equipamentos para produção de eletricidade que ajudassem a diminuir a dependência do petróleo e do carvão que não são renováveis e agredem o meio ambiente. Uma grande quantidade de novos empregos foi criada e uma sólida indústria de componentes e equipamentos foi desenvolvida. Atualmente, a indústria de turbinas eólicas vem acumulando crescimentos anuais acima de 30% e movimentando cerca de 2 bilhões de dólares em vendas por ano.

A geração de energia elétrica através turbinas eólicas é uma alternativa para uma gama diversa de níveis de demanda. Pequenas centrais podem suprir pequenas localidades distantes das redes, contribuindo para o processo de melhoria da qualidade de vida. Quanto às centrais de grande porte, estas têm potencial para atender uma significativa parcela do Sistema Interligado Nacional (SIN) com importantes ganhos ambientais tais como: contribuindo para a redução da emissão de poluentes pelas usinas térmicas na atmosfera; diminuindo a necessidade da construção de grandes reservatórios; e reduzindo o risco gerado pela sazonalidade hidrológica.

Entre os principais impactos socioambientais negativos das usinas eólicas destacam-se os sonoros e os visuais. Os impactos sonoros são devidos ao ruído dos rotores e variam de acordo com as especificações dos equipamentos (Araujo, 1996). Segundo o autor, as turbinas de múltiplas pás são menos eficientes e mais barulhentas que os aerogeradores de hélices de alta velocidade. A fim de evitar transtornos à população Os impactos visuais são decorrentes do agrupamento de torres e aerogeradores, principalmente no caso de centrais eólicas com um número considerável de turbinas. Os impactos variam muito de acordo com o local das instalações, o arranjo das torres e as especificações das turbinas. Apesar de efeitos negativos, como alterações na paisagem natural, esses impactos tendem a atrair turistas, gerando renda, emprego, arrecadações e promovendo o desenvolvimento regional.

Outro impacto negativo das centrais eólicas é a possibilidade de interferências eletromagnéticas, que podem causar perturbações nos sistemas de comunicação e transmissão de dados das rádios e televisão (Taylor, 1996). De acordo com o autor, essas interferências variam muito, segundo o local de instalação da usina e suas especificações técnicas, particularmente o material utilizado na fabricação das pás. Também a possível interferência

nas rotas de aves deve ser devidamente considerada nos estudos e relatórios de impactos ambientais.

4. Aspectos técnicos

O sistema eólico é uma tecnologia que atualmente está associada ao uso não só dos conhecimentos da teoria mecânica e da elétrica, mas também, da informática em seu processo de automatização e controle. Os principais componentes de um sistema eólico moderno para aplicações isoladas ou em pequenas unidades de geração de energia e distribuição, são: *rotor, sistema de transmissão, gerador, comando de gerenciamento do sistema e torre de sustentação*.

O rotor, formado por três pás aerodinâmicas, é o componente projetado para captar a energia cinética dos ventos e convertê-la em energia mecânica no eixo que é o sistema de transmissão. O sistema de transmissão é o eixo onde estão fixadas as pás, na extremidade externa, e na parte central está acoplado o gerador. O gerador é o componente que tem a finalidade de converter a energia mecânica, do eixo, em energia elétrica. O comando de gerenciamento do sistema é um microprocessador de controle operacional do sistema, tanto o mecânico como o elétrico, com a finalidade de controlar o processo de geração energético e a segurança e qualidade do produto a ser obtido. A torre de sustentação é o suporte do conjunto rotor-gerador adequando-se à altura necessária para o melhor aproveitamento dos ventos.

Basicamente o custo da energia eólica é determinado pelos seguintes parâmetros: Custo total de investimento; Custos de operação e manutenção; Valor percentual de operação do sistema; Tempo de vida e amortização e o Valor médio da velocidade do vento no local de instalação.

Os dados disponíveis na Alemanha, o país mais desenvolvido em energia eólica e o maior fabricante de equipamentos do mundo, mostram-nos que o custo de fabricação de um gerador eólico acrescido do custo da infra-estrutura é de US\$ 1,20 por kW para conjuntos de 450 a 600 kW de capacidade cada, em terreno plano. Estes preços não incluem a construção de estradas nem os custos da linha de interligação ou reforço de linhas já existentes.

O mais importante parâmetro para o cálculo da viabilidade de um investimento em geração de energia eólica está relacionado com o conhecimento dos recursos eólicos do local. Teoricamente, a energia produzida varia diretamente com o quadrado da velocidade média do vento e sua potência varia com o cubo da velocidade. Na prática, a potência produzida por um aerogerador varia com a velocidade do vento segundo a curva de potência desse mesmo aerogerador e a energia produzida será o integral da potência produzida durante o tempo que estiver em funcionamento.

Dados experimentais recolhidos na Noruega, Alemanha, Dinamarca e no Reino Unido, nos últimos 3 anos, mostram que os sistemas eólicos instalados atualmente em locais com velocidades médias do vento de 4.7 m/s a uma altura de 30 m produzem 800 kWh /m²; com ventos a uma velocidade média de 5 m/s produzem 1000 kWh /m² e com velocidade média de 9 m/s produzem valores anuais de energia superiores a 2000 kWh/m².

No gráfico 1, abaixo, são mostradas as potências geradas em função da velocidade do vento para determinação da capacidade da Usina que se queira projetar.

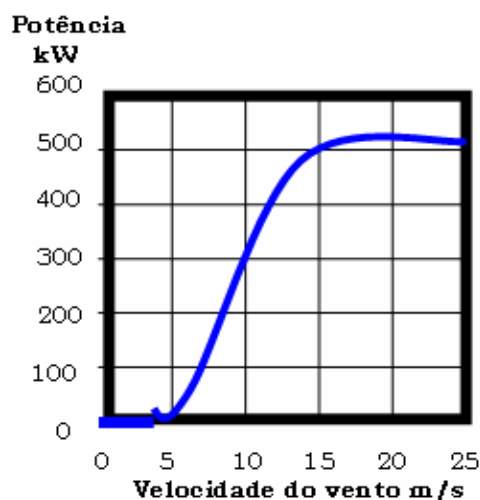


Gráfico 1. Curva de potência com medição média em 10 segundos

No gráfico 2, abaixo, é mostrado a produção anual em MkW de energia em função da velocidade do vento para determinação da capacidade da Usina que se queira projetar.

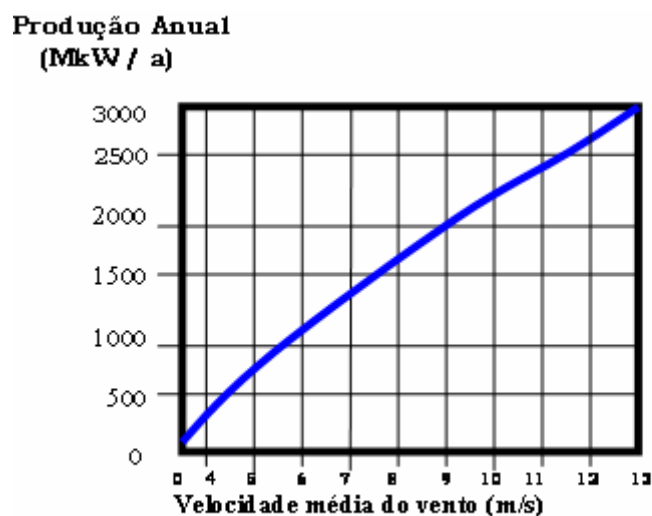


Gráfico 2. Curva do campo anual de energia como função da velocidade média dos ventos na altura do gerador

Para comparação econômica da utilização de energia eólica em pequenas centrais, pode-se alinhar os custos da Usina Eólica de Prainha (10 MW), no município de Aquirás-CE, ver tabelas 2 e 3, que entrou em operação em janeiro de 1999, com os custos de uma pequena usina hidroelétrica existente no Rio Paraíba, a Usina de Tremembé. Na tabela 2, abaixo, são apresentados dados técnicos da Usina de Prainha, e na tabela 3 os dados financeiros com seu custo da mesma usina.

Instalação	10 MW, com geração de 35.000 MWh/ano
Equipamentos	20 aerogeradores EB-40 500 kW cada
Velocidade do vento no local	mínima 4,2 m/s média 9,5 m/s
Constância do vento no local	96,5 % (entre a mínima e as máximas)

Tabela 2. Dados técnicos da Usina de Prainha, fornecido pela COELCE

Os custos analisados da energia gerada por KWh em Prainha estão na tabela 3, abaixo.

Custo dos Aerogeradores		R\$ 11.700.000,00	R\$ 1.170,00 / kW
Custo da Infra-estrutura		R\$ 2.000.000,00	R\$ 200,00 / kW
Custo de Operação e Manutenção (1)		R\$ 623.350,00	R\$ 62,34 / kW
Amortização do Investimento (2)	15 anos		
Operacionalidade do Sistema (3)	96,5 %		
Velocidade Média do Vento (4)	9,5 m/s = 2.000 kWh / m ²		
Fator de capacidade Sistema Eólico (5)	38,4 %		

Tabela 3.. Dados financeiros da Usina de Prainha

Notas:

1. Estimativa fornecida pela EnerconWindpower (4,55 % ao ano) do investimento, nos primeiros 5 anos;
2. Dados fornecido pela EnerconWindpower;
3. Medições da COELCE, no período de 1995/97, a velocidade média do vento, durante todo ano, garantem este percentual de operação durante o ano;
4. Estudo EWEA (European Wind Energy Association) na Europa mostram esta média de rendimento;
5. Dados da Michael Brower & Co. – Andover, Massachusetts-USA. 1996.

Para a elaboração dos cálculos de custo da geração de energia em Reais KWh (R\$/kWh) foi utilizado a fórmula 1, abaixo apresentada. E com os dados apresentados nas tabelas 2 e 3 foram feitos os cálculos de custo de energia gerada pela Usina Eólica de Prainha.

$$CEG = \frac{[CC * TI] + COM}{8760 * FC}$$

Fórmula 1. Cálculo do custo da energia gerada(CEG) em R\$/kWh

Onde:

- CC = Custo do Capital Investido (R\$ / kW)
 TI = Taxa anual para o investimento (% internacional)
 COM= Custo de Operação e Manutenção (R\$ / kW)
 FC = Fator de Capacidade em %

Aplicando os dados na fórmula 1, tem-se o custo de energia gerada em R\$ 0,0511 por KWh, conforme cálculo abaixo.

$$CEG = \frac{[1.370,00 \times 0,08] + 62,44}{8.760 \times 0,384} = \frac{172,04}{3.364} = \text{R\$ } 0,0511 / \text{kWh}$$

A Usina Eólica de Prainha, no município de Aquirás entrou em operação em janeiro de 1999 e foi interligada na linha da COELCE. Esta usina, portanto, não funcionando com nenhum tipo de cogeração visto que o índice de incidência de ventos operacionais no local é de 96,5 %, e o custo da energia aí gerada é de R\$ 0,0511 / kWh.

Conforme dados apresentados por Martinez e Bajay (1996), o resultado da aplicação de seu modelo de pré-dimensionamento para a PCH (Pequena Central Hidroelétrica) de Tremembé de 24 MW, no Rio Paraíba do Sul – SP, é visto os dados na tabela 4, abaixo.

Instalação e Equipamentos	24 MW, com 12 turbinas Francis de 2000 kW cada
Vazão e Velocidade Específica	V = 300 m ³ /s, queda bruta 10 m e V _e = 336 rpm
Custo do Projeto e Energia Gerada	R\$ 95.970.000,00 e 105.120 MWh/ano
Custo de Operação e Manutenção	R\$ 1.885.920,00 = R\$ 78,58 /kW
Custo Unitário de Energia Gerada	R\$ 4.000,00 e R\$ 0,091 kWh

Tabela 4. Dados técnicos da (PCH) Usina de Tremembé.

Também, para a elaboração dos cálculos de custo da geração de energia em Reais KWh (R\$/kWh) da Usina de Tremembé, foi utilizado a fórmula 1. E com os dados apresentados na tabela 4 os cálculos foram elaborados para o custo de energia gerada nessa pequena central hidroelétrica.

$$CEG = \frac{[4.000,00 \times 0,08] + 78,548}{8.760 \times 0,50} = \frac{398,58}{4.380} = \text{R\$ } 0,091 / \text{kWh}$$

E o custo de geração de energia na Usina de Tremembé foi de R\$ 0,091 por kWh.

Comparando-se os dois projetos, tem-se:

- Usina Eólica de Prainha 10 MW , com 35.000 MW ano, tem um Custo de Energia Gerada de R\$ 0,0511/kWh;
- PCH de Tremembé 24 MW, com 105.120 MW ano, tem um Custo de Energia Gerada de R\$ 0,0910/kWh

Deste modo, pode-se constatar a grande diferença de custo da energia gerada pelo sistema eólico confrontada com a uma PCH. Essa diferença de custo mostra queo kwh gerado em Prainha é 44% mais barata que a gerada em Tremembé.

5. Considerações finais

Para atender a grande demanda de energia que o nosso planeta irá requerer nas próximas décadas torna-se necessário desenvolver e tornar adequado os novos recursos de geração de energia. Ao redor do ano 2.010, por exemplo, a energia que será consumida ao redor do mundo terá crescido em 50 % do atual volume, principalmente, pelo aumento de consumo de energia nos países emergentes da América Latina e Ásia.

Sabe-se, entretanto, que os combustíveis fósseis representam valores de reservas que sendo consumidos nas atuais quantidades não poderão atender sua demanda em um futuro próximo. Além do que esses combustíveis produzem poluentes e geram emissões que acarretam valores negativos à atmosfera terrestre. Como resultado, também os países que não estão prevendo um aumento significativo na demanda de sua energia estão buscando alternativas na área de energia renováveis.

Algumas organizações internacionais fizeram estudos para prever cenários para a evolução de sistemas de energia eólica em todo o mundo. A EWEA (European Wind Energy Association) elaborou um documento estratégico, "Time for Action" publicado em 1991, onde estabeleceu metas realísticas para a Europa no ano de 2030. Neste documento prevê-se que sistemas eólicos alimentem 10% do consumo estimado o que equivale a 100000 MW instalados.

O WEC (World Energy Council) elaborou dois cenários: o primeiro enquadra-se numa situação em que não existem alterações significativas nas medidas ambientais. Este cenário prevê uma potência instalada de 18000 a 25000 MW no ano 2010 e 180000 MW no ano 2020. O segundo cenário, cenário ecológico, prevê para o ano 2020 uma potência instalada de energia eólica de 474000 MW.

Para que esta evolução seja possível e para que a energia eólica passe a ser uma energia competitiva com a energia fóssil e nuclear, sem que para tal seja necessário consideras custos sociais e outros custos externos, será necessário que as organizações responsáveis e as entidades governamentais tomem as medidas de incentivo necessárias para que a tecnologia de sistemas eólicos atinja a maturidade e a total viabilidade.

A geração de energia através do vento apresenta vantagens em relação à geração solar por sua capacidade de suprir energia acima do solicitado, sobre os combustíveis fósseis por não poluir e ser inesgotável. É um processo limpo que não polui e nem agride o meio ambiente, além de ser um sistema altamente confiável e, atualmente, com custos de instalação e de geração competitivos.

4. Referências

ABDALAD, R. *Perspectivas da geração termelétrica no Brasil e emissões de CO2*. 2000. 130 f. Dissertação de Mestrado - **Universidade Federal do Rio de Janeiro**,

WIND ENERGY ASSOCIATION. *Global wind energy market report*. Washington, DC, 1999. Disponível em <http://www.awea.org>. Acesso em 29 nov. 2005.

ANDREAZZI, M. A. R. *Impactos de hidrelétricas para a saúde na Amazônia*. Rio de Janeiro: UERJ, 1993. **Série Estudos em Saúde Coletiva**, n. 78.

ARAÚJO, M. S. M. *Relatório de análise do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: MDL: estudos de caso*. Rio de Janeiro: **COPPE, UFRJ**, 2000. 122 p.

BAJAY, S. V.; WALTER, A. C. S. *Geração descentralizada de energia elétrica*. In: **Simpósio brasileiro sobre cogeração de energia na Indústria**, 1. Anais. Campinas: Unicamp, 1989. p.19-42.

BAJAY, S. V.; WALTER, A. C. S.; FERREIRA, A. L. *Integração entre as regulações técnico-econômica e ambiental do setor elétrico brasileiro: relatório técnico - fase 5: otimização das práticas de planejamento e dos procedimentos regulatórios envolvidos no dimensionamento; construção e operação de usinas termelétricas*. Campinas: **UNICAMP**, 2000.

BOYLE, G. . *Renewable energy: power for a sustainable future.*: **Oxford University Press**, Oxford . 1996.

CAHN, M. A. Environmental Deceptions. The tension between Liberalism and Environmental Policymaking in the United States. **State University of New York Press**. Albany. 1995. cap. 8, pag. 121-140

GRUBB; MEYER, Grubb, M., and N.I. Meyer, 1993: *Wind energy: resources, systems, and regional strategies*, chapter 4, pp 157-212, **in Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity**, ed. Thomas B. Johansson, Henry Kelly, Amulya K.N. Reddy, and Robert H. Williams, Island Press, Washington, DC. 1993.

MARTINEZ & BAJAY, *Uso sustentável de energia*, **Unicamp**, 1996

SEVÁ A.O. & BERMANN C, *Energiarenovável*. **VIICBE-Congresso Brasileiro de Energia**, RJ, 1996

Taylor, J.T: 2001: *Economic and market potential of small innovative reactors*, paper presented at the **Workshop on New Energy Technologies: a Policy Framework for Micro-Nuclear Technology**, Houston, TX, 19-20 March 2001.

The European Wind Energy Association and Corporate Group on the European Commission Energy. **Green Paper**. May 1995.

Windpower, **Monthly**, September 1998 – pg. 13-55. RDA.

Windpower, **Monthly**, October 2002 – pg. 21-49. RDA