



UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS

INSTITUTO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS E SEQUENCIAIS DE JUIZ DE FORA

**RÔMULO COSTA MARTINS
JONAS DE CEZAR MARTINHO**

ENERGIAS RENOVÁVEIS

**JUIZ DE FORA - MG
Dezembro de 2015**

RÔMULO COSTA MARTINS
JONAS DE CEZAR MARTINHO

ENERGIAS RENOVÁVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, da Universidade Presidente Antônio Carlos – UNIPAC, como um dos requisitos para obtenção de título de Tecnólogo em gestão ambiental.

ORIENTADOR: Josenid Ferezini Vasconcellos Junior – Esp.
Instituto de Estudos Tecnológicos e Sequenciais de Juiz de Fora - UNIPAC

JUIZ DE FORA - MG
Dezembro de 2015

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em nossas vidas, autor do nosso destino e nosso guia, aos nossos pais, irmã(s), colegas e Amigos que sempre nos apoiaram.

Agradecimentos

A todos os professores da Universidade Presidente Antônio Carlos pela sabedoria e pela rica aprendizagem que findaram em uma incrível experiência no decorrer do curso, e aos colegas de sala pelo companheirismo e comprometimento para discutir sobre temas abordados por nossos orientadores.

“Só dê ouvidos a quem te ama. Não te preocupes tanto com o que acham de ti. O que te salva não é o que os outros andam achando, mas é o que Deus sabe a teu respeito.”

Pe. Fabio de Mello

Resumo

A importância do uso das energias renováveis está na preservação do meio ambiente. A crescente exploração dos combustíveis fósseis e a preocupação com seu possível esgotamento além da poluição gerada por sua queima assim como o alagamento de grandes áreas produtivas e até habitadas, para a formação dos lagos artificiais das hidrelétricas e os altos custos de implantação e manutenção, além dos riscos das usinas nucleares, nos levam a pensar na busca e o aprimoramento por novas matrizes energéticas que utilizam meios naturais abundantes e reaproveitáveis para produção. A economia gerada com a utilização de recursos mais baratos, pode ser decisiva no combate ao efeito estufa e na redução da dependência de fontes energéticas tradicionais.

Os compromissos assumidos no âmbito do Protocolo de Quioto de diminuição da liberação de gases que causam o efeito estufa. Tudo isto faz com que cada vez mais se estude fontes de energias renováveis.

Em nosso planeta existem inúmeras fontes de energias renováveis e não renováveis disponíveis. Energia renovável é aquela em que a sua utilização e uso pode se manter e ser aproveitado ao longo do tempo sem possibilidade de esgotamento. Existem vários tipos de energias renováveis e cada vez mais se descobrem novas formas que podem ser aplicadas na produção de energia elétrica utilizando como fonte os fenômenos e recursos naturais. Como exemplo, a energia solar que faz uso dos raios solares para gerar energia, não polui, é renovável e existe em abundância. Em contrapartida, os custos para a sua obtenção podem superar seus benefícios. Também, a energia eólica que é gerada através da força dos ventos que são abundantes na natureza, captados por aerogeradores, produz energia a preços relativamente competitivos.

A energia renovável também favorece o desenvolvimento econômico local, pois permite explorar os recursos, gerando empregos e renda para a população.

Palavras chave: Energia renovável. Energia eólica e solar. Sustentabilidade. Aproveitamento.

SUMÁRIO

1-	Introdução	10
2-	Energia Renovável	11
2.1-	Energia Solar	11
2.1.1-	Características da Luz Solar	12
2.1.2-	Vantagens da Energia Solar	12
2.1.3-	Desvantagens da Energia Solar	13
2.1.4-	Módulos Solares	14
2.1.5-	Utilidade dos Painéis Solares	14
2.1.5.1-	Aplicações de Baixa Potência	14
2.1.5.2-	Painéis Solares no Espaço	15
2.1.5.3-	Manutenção dos Painéis	15
2.1.6-	Inversores	16
2.2-	Energia Eólica	17
2.2.1-	Energia Eólica no Brasil	18
2.2.2-	Potencial Eólico Brasileiro	19
2.2.3-	Aproveitamento da Energia Eólica no Brasil	20
2.2.4-	Projetos da Energia Eólica no Brasil	21
2.2.5-	O Custo da Energia Eólica no Brasil	21
2.2.6-	Ventos	22
2.2.7-	Funcionamento	22
2.2.7.1-	Sistema de Energia Eólica	22
2.2.7.2-	Aplicações do Sistema Eólico	25
2.2.7.3-	Sistemas Isolados	25
2.2.7.4-	Sistemas Híbridos	26
2.2.7.5-	Sistemas Interligados à Rede	26
2.2.7.6-	Relação entre Velocidade do Vento e Altura	27
2.2.7.7-	Circulação Global do Vento	27
2.2.8-	Vantagens e Desvantagens da Energia Eólica	28
2.2.8.1-	As Principais Vantagens da Energia Eólica	28
2.2.8.2-	Vantagens para a Sociedade em Geral	28

2.2.8.3-	Vantagens para as Comunidades onde se Inserem os Parques Eólicos	29
2.2.8.4-	Vantagens para o Estado	29
2.2.8.5-	Vantagens para os Promotores	29
2.2.8.6-	Principais Desvantagens da Energia Eólica	30
3-	Conclusão	31
4-	Referências	32

Lista de Figuras

Figura 1	Painel Solar instalado para geração de energia.....	14
Figura 2	Painéis solares no espaço da elétrica norte-americana PG&E.....	15
Figura 3	Inversor serve pra transformar energia continua e alternada.....	16
Figura 4	Parque eólico com vários aerogeradores.....	19
Figura 5	Nova estrutura de produção elétrica localizada no litoral oeste do Ceará...	20
Figura 6	Foto de funcionamento de aerogerador.....	23
Figura 7	Circulação atmosférica	27

1- INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é analisar o aproveitamento da energia eólica e da energia solar, suas vantagens e desvantagens. Ambas são fonte de energia renovável e podem ser utilizadas para o fornecimento de energia para pequenas populações onde não há uma distribuição direta. Assim, dar ênfase aos estudos dos ventos e da luz solar, que são fontes naturais para o fornecimento de energia.

O aproveitamento destes tipos de energias segundo os avanços tecnológicos do setor contribuiu bastante para a definição deste tema. Com isso, o foco desse projeto é ressaltar a importância do uso de fontes renováveis e demonstrar o diferencial entre a energia proveniente dos ventos e dos raios solares.

A partir da crise internacional do petróleo, na década de 1970, a busca por energias renováveis para geração de eletricidade em escala comercial nos EUA e em alguns países da Europa se intensificou. A energia captada do Sol é uma das tecnologias mais importantes para o desenvolvimento sustentável.

A facilidade na implantação, o baixo custo de manutenção, o fato de ser uma fonte renovável e ideal para locais onde as radiações solares são abundantes, tem feito a energia solar ganhar cada vez mais espaço. A radiação solar e os outros recursos secundários de alimentação são responsáveis por grande parte da energia renovável disponível na terra, porém apenas uma minúscula fração da energia solar é utilizada.

No Brasil, existe um atraso nesta área em relação a outros países. Observando sua área, geografia e localização, entre outros fatores, é potencialmente favorável para o desenvolvimento de sistemas fotovoltaicos.

2- Energia Renovável

O principal fator que nos levaram a desenvolver um trabalho relacionado à energia renovável foi a primeira visão que se tem sobre a distribuição de energia juntamente com a maior economia envolvida. Através desse conhecimento aponta-se a energia eólica como um tipo de energia bem diferenciado dos demais e que vem indicando resultados significativos de crescimento tanto em países desenvolvidos como em países emergentes. Esta vantagem pode ser explorada por pessoas que queiram montar um módulo de energia próprio ao redor de suas casas sem precisar se filiar às empresas.

As principais desvantagens são o barulho que só não vai ser muito elevado se acaso o módulo for frequentemente monitorado, a área ocupada ser específica (sem muitas elevações e habitações por perto), e, principalmente, se a tecnologia ainda não estiver totalmente desenvolvida e seu custo ainda for um pouco elevado. Isto torna muito difícil uma população ter seu próprio fornecimento de energia elétrica gerada por meios eólicos e de seu aproveitamento ainda não ser satisfatoriamente elevado. Entretanto esses fatos podem ser superados com o desenvolvimento desta tecnologia.

2.1- Energia Solar

Energia solar é a designação dada a qualquer tipo de captação de energia luminosa (ou energia térmica) proveniente do sol, após transformação em uma forma utilizável pelo homem, diretamente para aquecimento de água ou ainda como energia elétrica ou mecânica. Durante o movimento de translação ao redor do Sol, a Terra recebe $1\,410\text{ W/m}^2$ de energia (medição feita numa superfície normal, em ângulo reto, com o Sol). Disso, a atmosfera absorve aproximadamente 19% e 35% é refletido pelas nuvens. Ao passar pela atmosfera terrestre, a maior parte da energia solar está na forma de luz visível e luz ultravioleta.

2.1.1- Características da Luz Solar

A geração de energia elétrica através da luz se dá pelo uso de células fotossensíveis, comumente chamadas de células solares, agrupadas em módulos que compõem os painéis solares fotovoltaicos.

Assim, forma-se um sistema composto pelo painel, controlador de carga, acumulador e acessórios, denominado como Gerador Fotovoltaico. Estes geradores são muito seguros e simples, não necessitam do controle humano funcionam automaticamente e uma vez instalados, não causam acidentes que possam trazer danos.

Eles geram energia na presença da luz, não precisando da incidência direta da luz solar, mesmo sendo recomendável para obter o melhor rendimento do painel, o que implica na geração elétrica mesmo em dias nublados. O rendimento altera conforme a intensidade da luz, e, a geração só se interrompe na redução quase total de luz.

A corrente gerada é de forma contínua e pode ser guardada em acumuladores elétricos (baterias), para uso quando necessário. O sistema é modular, ou seja, vários módulos podem ser conectados entre si fornecendo a quantidade de energia necessária para o uso podendo ser expandida, reduzida ou transferida de local conforme uma nova necessidade. Não há limite da capacidade de geração.

2.1.2- Vantagens da Energia Solar (PENA, Rodolfo F. Alves)

- A energia solar não polui durante seu uso;
- A poluição decorrente da fabricação dos equipamentos necessários para a construção dos painéis solares é totalmente controlável utilizando as formas de controles existentes atualmente;
- As centrais necessitam de manutenção mínima;
- Os painéis solares são a cada dia mais potentes, ao mesmo tempo que seu custo vem decaindo. Isso torna cada vez mais a energia solar uma solução economicamente viável;

- A energia solar é excelente em lugares remotos ou de difícil acesso, pois sua instalação em pequena escala não obriga a enormes investimentos em linhas de transmissão;
- Em países tropicais, como o Brasil, a utilização da energia solar é viável em praticamente todo o território, e, em locais longe dos centros de produção energética, sua utilização ajuda a diminuição da demanda nestes e conseqüentemente a perda de energia que ocorreria na transmissão.

2.1.3- Desvantagens da Energia Solar

- Um painel solar consome uma quantidade enorme de energia para ser fabricado, podendo ser maior do que a energia gerada por ele.
- Os preços são muito elevados em relação aos outros meios de energia.
- Existe variação na quantidade de energia produzida de acordo com a situação atmosférica, além de não produzir energia alguma durante a noite, o que obriga a existência de outros meios de armazenamento da energia produzida durante o dia em locais onde os painéis solares não estejam ligados à rede de transmissão de energia.
- Locais de latitudes médias e altas sofrem quedas bruscas de produção durante os meses de inverno devido à menor disponibilidade diária de energia solar. Locais com frequente cobertura de nuvens tendem a ter variações diárias de produção de acordo com o grau de nebulosidade.
- As formas de armazenamento da energia solar são pouco eficientes quando comparadas aos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás), a energia hidrelétrica (água) e a biomassa (bagaço da cana ou bagaço da laranja).

Um sistema de microprodução ocupa cerca de 30 metros quadrados e pode permitir o abastecimento de uma residência, e um possível excedente pode ser vendido ou trocado por créditos, de acordo com critério de cada país. Em Portugal, por exemplo, é possível produzir energia e vendê-la a rede elétrica nacional, desde que produzida a partir de fontes renováveis (Eólica e Solar).

2.1.4- Módulos Solares

Painéis ou módulos solares fotovoltaicos são dispositivos utilizados para converter a energia da luz do Sol em energia elétrica. Os painéis solares fotovoltaicos são compostos por células solares, assim designadas já que captam, em geral, a luz do Sol. Estas células são, por vezes, e com maior propriedade, chamadas de células fotovoltaicas, ou seja, criam uma diferença de potencial elétrico por ação da luz (seja do Sol ou não). As células solares contam com o efeito fotovoltaico para absorver a energia do sol e fazem a corrente elétrica fluir entre duas camadas com cargas opostas.



Figura 1 – Painel Solar instalado para geração de energia

Fonte: <http://www.ecocasa.com.br/>

2.1.5- Utilidade dos Painéis Solares

2.1.5.1- Aplicações de Baixa Potência

Os painéis solares contribuem muito pouco para a produção de energia elétrica mundial, devido ao elevado custo por watt, cerca de dez vezes maior que o dos combustíveis fósseis. São essenciais em algumas aplicações, tais como as baterias de suporte, alimentação de boias, antenas, dispositivos em estradas ou desertos, crescentemente em parquímetros e semáforos. De forma experimental são usados para alimentar automóveis em corridas como a World Solar Challenge através da Austrália. Programas em larga escala, oferecendo redução de impostos e incentivos, têm rapidamente surgido em vários países, entre eles a Alemanha, Japão, Estados Unidos e Portugal.

2.1.5.2- Painéis solares no espaço

Provavelmente o uso mais bem sucedido de painéis solares é em veículos espaciais (maioria das naves que orbitam a Terra e Marte) e naves viajando rumo a regiões mais internas do sistema solar.

Além de usada para propulsão, tem sido utilizada em satélites artificiais que orbitam outros planetas. Como exemplo, as sondas Magellan em órbita de Venus, e a Mars Global Surveyor, de Marte fazem uso da energia solar, da mesma forma que muitos artefatos que orbitam a Terra, como o Telescópio Espacial Hubble.

É desejável reduzir a massa dos painéis solares e aumentar a potência gerada por unidade de área, reduzindo a massa total da nave, e possibilitará operações a distâncias maiores do Sol. A sonda espacial Rosetta, lançada em 2 de março de 2004, usou painéis solares nas proximidades de Júpiter (5,25 Unidades Astronômicas - UA); anteriormente, o uso mais distante de painéis solares foi com a espaçonave Stardust, à distância de 2 UA.



Figura 2 – Painéis solares no espaço da elétrica norte-americana PG&E

Fonte: <http://www.astropt.org/>

2.1.5.3- Manutenção dos Painéis

Os painéis solares requerem manutenção mínima. Devem ser mantidos livres de poeira ou detritos sólidos acumulados. A única restrição é quanto ao uso de produtos químicos e ou abrasivos. Para remoção de manchas ou crostas que impeçam a absorção da luz solar, recomendam-se o uso de detergente ou sabão neutros e pano ou esponja macios. É recomendável uma inspeção a cada seis meses ou anual para averiguar terminais e apertos.

2.1.6- Inversores

Muitos equipamentos elétricos, principalmente eletrodomésticos, estão disponíveis apenas em corrente alternada, usualmente na faixa de 127 V e 220 V – 60 Hz. O mercado ainda não disponibiliza em corrente contínua toda a gama de equipamentos que podem ser usados em sistemas fotovoltaicos, tais como televisores, DVD, etc.

A função do inversor é transformar a energia elétrica contínua das baterias em energia elétrica alternada adequada para estes equipamentos. Outra vantagem de se trabalhar com inversores é que se eleva o nível de tensão de trabalho reduzindo-se o diâmetro dos cabos elétricos e as perdas ôhmicas já que se trabalha com correntes menores.

Assim, conclui-se que o sistema de energia solar é um investimento com retorno em longo prazo, uma alternativa vantajosa para locais isolados, onde não chega a rede de transmissão das hidrelétricas, mas o mais importante é a contribuição para o desenvolvimento sustentável.



Figura 3 – Inversor serve pra transformar energia continua e alternada

Fonte: <http://www.lcpower.pt/>

2.2- Energia Eólica

A energia eólica é produzida a partir da força dos ventos, portanto, é abundante, renovável, limpa e disponível em muitos lugares. Gerada por meio de aerogeradores, nos quais a força do vento é captada por hélices ligadas a uma turbina que aciona um gerador elétrico.

A quantidade de energia transferida é em função da densidade do ar, da área coberta pela rotação das pás (hélices) e da velocidade do vento. A avaliação técnica do potencial eólico exige um conhecimento detalhado do comportamento dos ventos.

Os dados relativos a esse comportamento auxiliam na determinação do potencial eólico de uma região e são relativos à intensidade da velocidade e à direção do vento. Para tanto, é necessário também analisar os fatores que influenciam o regime dos ventos na localidade do empreendimento, entre eles pode-se citar o relevo, a rugosidade do solo e outros obstáculos distribuídos ao longo da região.

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 metros, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s (GRUBB; MEYER, 1993). Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m, em apenas 13% da superfície terrestre. Essa proporção varia muito entre regiões e continentes, chegando a 32% na Europa Ocidental.

Como o Brasil possui um grande potencial para atender o Sistema Interligado Nacional (SIN), as grandes centrais eólicas podem ser conectadas à rede elétrica. As pequenas centrais são destinadas ao suprimento de eletricidade para comunidades ou sistemas isolados, contribuindo para o processo de universalização do atendimento de energia. Em relação ao local, a instalação pode ser feita em terra firme (on-shore) ou no mar (off-shore).

2.2.1- Energia Eólica no Brasil

O Brasil é hoje um dos maiores consumidores de energia no mundo, superando alguns países desenvolvidos da Europa, como a Itália e Espanha. Sua utilização ocorre com a finalidade de gerar energia elétrica para bombear água, aquecer ambientes, ligar máquinas diversas, moer grãos, usos domésticos ou de pequenas empresas, entre outros. Isso ocorre pelo fato da eletricidade ser uma forma muito cômoda e usual de distribuição de energia.

Embora o aproveitamento dos recursos eólicos tenha sido feito tradicionalmente com a utilização de cata-ventos múltiplos para bombeamento de água, algumas medidas precisas de vento, realizadas recentemente em diversos pontos do território nacional, indicam a existência de um imenso potencial de energia eólica ainda não explorado.

De acordo com pesquisas realizadas, a energia gerada no Brasil está acima de 20 MW, com turbinas eólicas de médios e grandes portes conectadas à rede elétrica. Além disso, existem dezenas de turbinas eólicas de pequeno porte funcionando em locais isolados da rede convencional para aplicações diversas, tais como bombeamento, carregamento de baterias, telecomunicações e eletrificação rural.

No Ceará um fato chama muita atenção, por ter sido um dos primeiros locais a realizar um programa de levantamento do potencial de energia eólica através de medidas dos ventos com modernos sensores especiais. Podemos destacar a usina energia eólica de Taíba, inaugurada em 1999, no Ceará como a primeira do mundo construída sobre dunas de areia, com capacidade instalada de 5 MW.

Em Minas Gerais, uma central de energia eólica está em funcionamento, desde 1994, em um local (afastado mais de 1000 km da costa), com excelentes condições de vento.



Figura 4 – Parque eólico com vários aerogeradores.

Fonte: portaenergia.com

2.2.2- Potencial Eólico Brasileiro

A avaliação precisa do potencial de vento em uma região é o primeiro e fundamental passo para o aproveitamento do recurso eólico como fonte de energia. No Brasil, assim como em várias partes do mundo, quase não existem dados dos ventos com qualidade para uma avaliação do potencial eólico.

Os primeiros sensores especiais para energia eólica foram instalados no Ceará e em Fernando de Noronha, no estado de Pernambuco, apenas no início dos anos 90. Os bons resultados obtidos com aquelas medições favoreceram a determinação precisa do potencial de energia eólica daqueles locais e a instalação de aerogerador. Vários estados brasileiros seguiram os passos de Ceará e Pernambuco e iniciaram programas de levantamento de dados de vento.

A análise dos dados dos ventos de vários locais no Nordeste confirmou as características existentes na região. Velocidades médias de vento altas, pouca variação nas direções dos ventos e pouca turbulência durante todo o ano. Diante da importância da caracterização dos recursos eólicos no Brasil, foi lançado o Atlas eólico brasileiro. Este atlas tem como objetivo principal desenvolver modelos atmosféricos, analisar dados dos ventos e elaborar mapas eólicos.



Figura 5 - Nova estrutura de produção elétrica localizada no litoral oeste do Ceará

Fonte: GDF Suez

2.2.3- Aproveitamento da Energia Eólica no Brasil.

Com o crescimento da demanda e do consumo de energia em todo o mundo, a crescente escassez de combustíveis fósseis e não renováveis, as necessidades de controle ambiental, de preservação da natureza e de crescimento autossustentado, o desenvolvimento da tecnologia Eólica e a constante redução de custos, o aproveitamento da força dos ventos é um dos setores de tecnologia de ponta que apresenta um dos maiores índices de crescimento relativo na economia global, com um enorme potencial de criação de riquezas ainda inexplorado.

O Brasil possui um dos maiores potenciais para aproveitamento Eólico em todo o mundo, já comprovado em diversos estados, bem como pelo desempenho e produção das Usinas Eólicas de Taíba, Prainha e Mucuripe (Ceará), Palmas (Paraná) e Bom Jardim da Serra (Santa Catarina).

O Fator de Capacidade das Usinas Eólicas em regiões de ventos médios anuais superiores a 8m/s, atinge 40% e, em alguns locais como no litoral nordeste do Brasil, em alguns meses chega a atingir até 60%.

No Brasil, os períodos de menor capacidade dos reservatórios das hidrelétricas, coincidem exatamente com os períodos de maiores ventos e, portanto de maior geração de energia nas Usinas Eólicas. Essa complementaridade já comprovada entre as fontes eólicas em nosso país potencializa uma maior confiabilidade e estabilidade do Sistema Elétrico Brasileiro. Mesmo assim, ainda possui uma produção de energia eólica muito pequena em relação a sua capacidade, dos quais (91%), operam

comercialmente desde o início de 1999, com grande sucesso, fornecendo energia para o consumo de cerca de duzentas mil pessoas, no Ceará, no Paraná e em Santa Catarina.

No caso da energia eólica, o local de maior exploração desse tipo de fonte no Brasil é o litoral do Nordeste, onde a intensidade e direção do vento são constantes. O norte da Bahia e de Minas Gerais, o oeste de Pernambuco, o estado de Roraima e o Sul do país também são regiões propícias para a geração de energia a partir do vento.

2.2.4- Projetos de Energia Eólica no Brasil

Apesar de vários trabalhos e pesquisas científicas realizadas nas décadas de 70 e 80, a geração de energia a partir de turbinas eólicas no Brasil teve início apenas em julho de 1992, com a instalação de uma turbina de 75kw na ilha de Fernando de Noronha, através de iniciativa pioneira do Centro Brasileiro de Energia Eólica – CBEE.

No Brasil, embora o aproveitamento dos recursos eólicos tenha sido feito tradicionalmente com a utilização de cata-ventos multipás para bombeamento d'água, algumas medidas precisas de vento, realizadas recentemente em diversos pontos do território nacional, indicam a existência de um imenso potencial eólico ainda não explorado.

2.2.5- O Custo da Energia Eólica no Brasil

Considerando o grande potencial eólico existente no Brasil, é possível produzir eletricidade a custos competitivos com centrais termoelétricas, nucleares e hidrelétricas. Análises dos recursos eólicos medidos em vários locais do Brasil mostram a possibilidade de geração elétrica com custos da ordem de US\$ 70 - US\$ 80 por MWh.

O custo da energia elétrica gerada através de novas usinas hidrelétricas construídas na região amazônica será bem mais alto que os custos das usinas implantadas até hoje. Quase 70% dos projetos possíveis deverão ter custos de geração maiores do que a energia gerada por turbinas

eólicas. Outra vantagem das centrais eólicas em relação às usinas hidrelétricas é que quase toda a área ocupada pela central eólica pode ser utilizada (para agricultura, pecuária, etc.) ou preservada como habitat natural.

Os primeiros sensores especiais para energia eólica foram instalados no Ceará e em Fernando de Noronha/Pernambuco apenas no início dos anos 90. Os bons resultados obtidos com aquelas medições favoreceram a determinação precisa do potencial eólico daqueles locais e a instalação de turbinas eólicas.

2.2.6- Ventos

O vento é a principal característica da movimentação das massas de ar existentes na atmosfera e o seu surgimento está diretamente relacionado às variações das pressões de ar que por sua vez é originada termicamente através da radiação solar e das fases de aquecimento das massas de ar.

Em torno de 1 a 2% da energia solar é convertida em energia dos ventos. As regiões onde esse tipo de conversão de energia inicia-se são nas regiões existentes na linha Equador, onde a latitude é 0° e ocorre um maior aquecimento nas massas de ar e posteriormente é estendida para as regiões norte e sul do planeta.

2.2.7- Funcionamento

2.2.7.1- Sistema de Energia Eólica

Um sistema eólico é constituído por vários componentes que devem trabalhar em harmonia de forma a propiciar um maior rendimento final. Para efeito de estudo global da conversão eólica devem ser considerados os seguintes componentes:

- Vento: Disponibilidade energética do local destinado à instalação do sistema eólico.
- Rotor: Responsável por transformar a energia cinética do vento em energia mecânica de rotação.

- Transmissão e Caixa Multiplicadora: Responsável por transmitir a energia mecânica entregue pelo eixo do rotor até a carga. Alguns geradores não utilizam este componente; neste caso, o eixo do rotor é acoplado diretamente à carga.
- Gerador Elétrico: Responsável pela conversão da energia mecânica em energia elétrica.
- Mecanismo de Controle: Responsável pela orientação do rotor, controle de velocidade, controle da carga, etc.
- Torre: Responsável por sustentar e posicionar o rotor na altura conveniente.
- Sistema de Armazenamento: Responsável por armazenar a energia para produção de energia firme a partir de uma fonte intermitente.
- Transformador: Responsável pelo acoplamento elétrico entre o aerogerador e a rede elétrica.

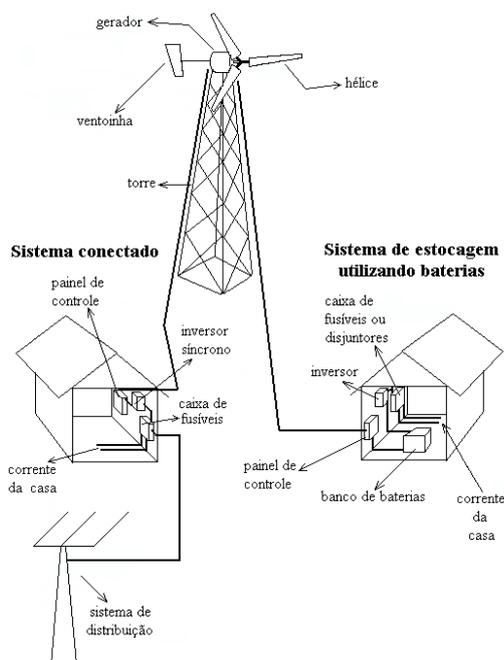


Figura 6 - Foto de funcionamento de aerogerador

Fonte: unicamp

O rendimento global do sistema eólico relaciona a potência disponível do vento com a potência final que é entregue pelo sistema.

Os rotores eólicos ao extraírem a energia do vento reduzem a sua velocidade; ou seja, a velocidade do vento frontal ao rotor (velocidade não perturbada) é maior do que a velocidade do vento atrás do rotor (na esteira do rotor).

Uma redução muito grande da velocidade do vento faz com que o ar circule em volta do rotor, ao invés de passar através dele, 59,3% da energia contida no fluxo de ar pode ser teoricamente extraída por uma turbina eólica. Na prática, entretanto, o rendimento aerodinâmico das pás reduz ainda mais este valor.

Para um sistema eólico, existem ainda outras perdas, relacionadas com cada componente (rotor, transmissão, caixa multiplicadora e gerador). Além disso, o fato do rotor eólico funcionar em uma faixa limitada de velocidade de vento também irá contribuir para reduzir a energia por ele captada.

Todo sistema eólico somente começa a funcionar a partir de certa velocidade, chamada de velocidade de entrada, que é necessária para vencer algumas perdas. Quando o sistema atinge a chamada velocidade de corte um mecanismo de proteção é acionado com a finalidade de não causar riscos ao rotor e à estrutura.

Para os sistemas eólicos, a velocidade de rotação ótima do rotor varia com a velocidade do vento. Um sistema eólico tem o seu rendimento máximo a uma dada velocidade do vento (chamada de velocidade de projeto ou velocidade nominal) e diminui para velocidades diferentes desta.

Projetar um sistema eólico, para um determinado tamanho de rotor e para uma carga pré-fixada, supõe trabalhar no intervalo ótimo de rendimento do sistema com relação à curva de potência disponível do vento local. Isto requer encontrar uma relação de multiplicação, de maneira que se tenha um bom acoplamento rotor/carga. É necessário também, ter mecanismos de controle apropriados para melhorar o rendimento em outras velocidades de vento e aumentar o intervalo de funcionamento do sistema eólico.

Um exemplo de mecanismo de controle é a utilização de rotores com ângulo de passo variável. Com este controle, à medida que a velocidade

do vento varia, as pás mudam de posição, variando o rendimento do rotor. Com isto, pode-se aumentar o intervalo de funcionamento do sistema eólico e ainda manter uma determinada velocidade de rotação, que corresponde a eficiência máxima do gerador.

Como uma primeira aproximação, o rendimento global de um sistema eólico simples pode ser estimado em 20%.

2.2.7.2- Aplicação do Sistema Eólico

Um sistema eólico pode ser utilizado em três aplicações distintas: sistemas isolados, sistemas híbridos e sistemas interligados à rede. Os sistemas obedecem a uma configuração básica, necessitam de uma unidade de controle de potência e, em determinados casos, conforme a aplicação, de uma unidade de armazenamento.

2.2.7.3- Sistemas Isolados

Os sistemas isolados de pequeno porte, em geral, utilizam alguma forma de armazenamento de energia. Este armazenamento pode ser feito através de baterias ou na forma de energia potencial gravitacional com a finalidade de armazenar a água bombeada em reservatórios elevados para posterior utilização. Alguns sistemas isolados não necessitam de armazenamento, como no caso dos sistemas para irrigação onde toda a água bombeada é diretamente consumida.

Os sistemas que armazenam energia em baterias necessitam de um dispositivo para controlar a carga e a descarga da bateria. O controlador de carga tem como principal objetivo não deixar que haja danos ao sistema de bateria por sobrecargas ou descargas profundas. Para alimentação de equipamentos que operam com corrente alternada é necessário a utilização de um inversor. Este inversor pode ser de estado sólido (eletrônico) ou rotativo (mecânico).

2.2.7.4- Sistemas Híbridos

Os sistemas híbridos são aqueles que apresentam mais de uma fonte de energia como, por exemplo, turbinas eólicas, geradores Diesel, módulos fotovoltaicos, entre outras. A utilização de várias formas de geração de energia elétrica aumenta a complexidade do sistema e exige a otimização do uso de cada uma das fontes. Nesses casos, é necessário realizar um controle de todas as fontes para que haja máxima eficiência e otimização dos fluxos energéticos na entrega da energia para o usuário.

Em geral, os sistemas híbridos são empregados em sistemas de médio porte destinados a atender um número maior de usuários. Por trabalhar com cargas em corrente alternada, o sistema híbrido também necessita de um inversor. Devido à grande complexidade de arranjos e multiplicidade de opções, a forma de otimização do sistema torna-se um estudo particular a cada caso.

2.2.7.5- Sistemas Interligados à Rede

Os sistemas interligados à rede não necessitam de sistemas de armazenamento de energia, pois toda a geração é entregue diretamente à rede elétrica. Estes sistemas representam uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual estão interligados. Os sistemas eólicos interligados à rede apresentam as vantagens inerentes aos sistemas de geração distribuída tais como: a redução de perdas, o custo evitado de expansão de rede e a geração na hora de ponta quando o regime dos ventos coincide com o pico da curva de carga.

2.2.7.6- Relação entre Velocidade do Vento e Altura.

A velocidade do vento em um determinado local aumenta drasticamente com a altura. A extensão pela qual a velocidade do vento aumenta com a altura é governada por um fenômeno chamado "wind shear". Fricção entre ar mais lento e mais rápido conduz ao aquecimento, velocidade do vento mais baixa e muito menos energia de vento disponível perto do solo.

2.2.7.7- Circulação Global do Vento

Os ventos aliviam a temperatura atmosférica e as diferenças de pressão causadas pelo aquecimento irregular da superfície da Terra. Enquanto o sol aquece o ar, água e solo de um lado da Terra, o outro lado é resfriado por radiação térmica para o espaço.

Diariamente a rotação da Terra espalha esse ciclo de aquecimento e resfriamento sobre sua superfície. Mas, nem toda superfície da Terra responde ao aquecimento da mesma forma. Por exemplo, um oceano se aquecerá mais lentamente que as terras adjacentes porque a água tem uma capacidade maior de "estocar" calor.

Da diferença dentre as taxas de aquecimento e resfriamento são criadas enormes massas de ar com temperatura, mistura e características de massas de ar oceânicas ou terrestres, ou quentes e frias. A colisão destas duas massas de ar, quente e fria, geram os ventos da Terra.

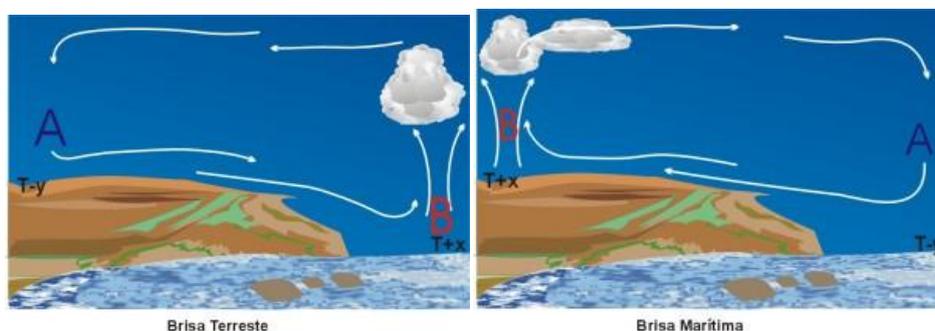


Figura 7 – Circulação atmosférica

Fonte: <http://www.fpcolumbofilia.pt/meteo/escola06.htm>

2.2.8- Vantagens e Desvantagens da Energia Eólica

2.2.8.1- As Principais Vantagens da Energia Eólica

A utilização da energia eólica comporta numerosas vantagens face às energias tradicionais e mesmo em comparação com outros tipos de energias renováveis, em função do seu maior desenvolvimento.

Apesar das aparentes vantagens no uso de energia eólica para a produção de energia elétrica, este tipo de aproveitamento energético eólico apresenta também desvantagens e impactos significativos principalmente no uso de grandes aerogeradores, parques e usinas eólicas.

O seu aproveitamento para encher as velas dos barcos coincide com o começo das grandes civilizações e, marcou, substancialmente, a diferença entre elas.

Fenícios, Gregos, Romanos, e mais tarde os portugueses utilizaram-no para mover, total ou parcialmente, os seus barcos, visando o comércio, conquistando novos domínios ou explorando mares desconhecidos.

Foi a partir do século V que a utilização desta forma de energia se estendeu a terra firme e, mais concretamente, nos séculos XII e XIII com a aparição dos primeiros moinhos hidráulicos e de vento (que tanto caracterizaram a paisagem).

Posteriormente, desempenhou um papel fundamental no sistema industrial do século XVI. O vento convertia-se, assim, numa das principais fontes de energia, não animal, da humanidade, até à aparição dos primeiros motores a vapor e de combustão no início do século XIX.

Hoje em dia, a aparição deste elemento foi impulsionada com fins lúdicos ou comerciais, numa simbiose da tecnologia de vanguarda e a antiga sabedoria.

2.2.8.2- Vantagens para a Sociedade em Geral

- É inesgotável;
- Não emite gases poluentes nem geram resíduos;
- Diminui a emissão de gases de efeito de estufa (GEE).

2.2.8.3- Vantagens para as Comunidades onde se Inserem os Parques Eólicos

- Os parques eólicos são compatíveis com outros usos e utilizações do terreno como a agricultura e a criação de gado;
- Criação de emprego;
- Geração de investimento em zonas desfavorecidas;
- Benefícios financeiros (proprietários e zonas camarárias).

2.2.8.4- Vantagens para o Estado

- Reduz a elevada dependência energética do exterior, nomeadamente a dependência em combustíveis fósseis;
- Poupança devido à menor aquisição de direitos de emissão de CO₂ por cumprir o protocolo de Quioto e diretivas comunitárias e menores penalizações por não cumprir;
- Possível contribuição de cota de GEE para outros sectores da atividade económica;
- É uma das fontes mais baratas de energia podendo competir em termos de rentabilidade com as fontes de energia tradicionais.

2.2.8.5- Vantagens para os Promotores

- Os aerogeradores não necessitam de abastecimento de combustível e requerem escassa manutenção, uma vez que só se procedem à sua revisão em cada seis meses.
- Excelente rentabilidade do investimento. Em menos de seis meses, o aerogerador recupera a energia gasta com a sua fabricação, instalação e manutenção.

2.2.8.6- Principais Desvantagens da Energia Eólica

- A intermitência, ou seja, nem sempre o vento sopra quando a eletricidade é necessária, tornando difícil a integração da sua produção no programa de exploração;
- Pode ser ultrapassado com as pilhas de combustível (H₂) ou com a técnica do bombeamento hidrelétrica;
- Provoca um impacto visual considerável, principalmente para os moradores ao redor, a instalação dos parques eólicos gera uma grande modificação da paisagem;
- Impacto sobre as aves do local: principalmente pelo choque destas nas pás, efeitos desconhecidos sobre a modificação de seus comportamentos habituais de migração;
- Impacto sonoro: o som do vento bate nas pás produzindo um ruído constante. As habitações mais próximas deverão estar no mínimo a 200m de distância.

3- Conclusão

Com base nas pesquisas realizadas, a enorme preocupação com as questões ambientais e a sustentabilidade vem estimulando a realização de pesquisas de desenvolvimento tecnológico para se encontrar novas possibilidades de geração de energia mais barata. Mesmo diante da abundância que o país tem em produzir energia solar e eólica, os gestores do sistema elétrico sempre insistiram no fato de serem fontes caras, portanto inviáveis economicamente, quando comparadas com as tradicionais. A verdade é que a política energética simplesmente renega estas fontes de energia.

A geração descentralizada, ou aquela feita pelos sistemas instalados nos telhados das residências, praticamente não recebe nenhum apoio e consideração governamental, apesar do enorme interesse que desperta. Em janeiro de 2013, a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), através da Norma Resolutiva 482/2012, estabeleceu regras para a micro e a mini geração que permitiu aos consumidores gerar sua própria energia e trocar o excedente por créditos e terem desconto em contas de luz futura.

O Brasil ocupa uma posição destacada em função de sua liderança nas frentes de negociação e da significativa participação das fontes renováveis na sua matriz energética. Comparando com outras fontes geradoras, as energias eólica e solar, levam grande vantagem visto que o impacto ambiental é quase nulo. Além do fato de a matriz energética não ser totalmente dependente das fontes geradas através da água, que diante de grandes secas podem sofrer colapsos, altos preços dos combustíveis utilizados nas termelétricas ou ainda o alto custo e a tecnologia envolvidos nas usinas nucleares.

A Oferta Interna de Energia (OIE) renovável é de 43,9%, o que representa toda a energia disponibilizada para ser transformada, distribuída e consumida nos processos produtivos do País, enquanto nos países desenvolvidos a média é de apenas 6% (segundo a ANEEL). Este tipo de iniciativa pode aumentar os ganhos de escala, a aprendizagem tecnológica, a competitividade industrial, a identificação e apropriação dos benefícios técnicos, ambientais e socioeconômicos na competitividade de projetos de geração de energia que utilizem fontes limpas e sustentáveis.

4- Referências

Em sites:

Portal da Energia – Energias renováveis (PENA, Rodolfo F. Alves)

Disponível em <http://www.portal-energia.com/>

Portal das Energias Renováveis (PENA, Rodolfo F. Alves)

Disponível em <http://energiasrenovaveis.com/>

Brasil escola – Energias Renováveis

Disponível em <http://www.brasilecola.com/geografia/energia-solar.htm>

Sua Pesquisa.com – Energia Solar

Disponível em http://www.suapesquisa.com/o_que_e/energia_solar.htm

Neo Solar Energia

Disponível em <http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energia-solar>

Portal da Energia – Energias renováveis / Solar (PENA, Rodolfo F. Alves)

Disponível em <http://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>

Info Escola – Energia Solar

Disponível em <http://www.infoescola.com/tecnologia/energia-solar/>

Portal Solar

Disponível em <http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-energia-solar.html>

Info Escola - Eólica

Disponível em <http://www.infoescola.com/tecnologia/energia-eolica/>

Sua Pesquisa.com – Energia Eólica

Disponível em http://www.suapesquisa.com/o_que_e/energia_eolica.htm

Portal da Energia – Energias renováveis / Eólica (PENA, Rodolfo F. Alves)

Disponível em <http://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-da-energia-eolica/>

ANEEL – Agencia Nacional da Energia Elétrica

Disponível em [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)

Planeta Sustentável

Disponível em

http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/educacao/conteudo_224740.shtml

Energias Renováveis

Disponível em <http://energiasalternativas.webnode.com.pt/energias-renovaveis/energia-eolica>