

ENERGIA RENOVÁVEL COM UTILIZAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA: Tecnologia Ambiental e Avaliação do Crescimento no Âmbito Global com Interface da Produção Brasileira de Energia

Aretha Manoella Queiroz Oliveira¹

José Guilherme Leitão Pinheiro²

Resumo

Este artigo tem por objetivo mostrar o uso da energia eólica no Brasil, sua capacidade instalada e como essa fonte de energia renovável vem crescendo e tornando-se uma forma de benefício ao meio ambiente e como uma nova fonte alternativa de energia. Visa, também, demonstrar o custo de instalação de um parque eólico, o conceito, o funcionamento e os componentes de um aerogerador. Inicialmente, para melhor compreensão é feito um resumo das fontes de geração de energia existentes na matriz energética brasileira, com as vantagens e desvantagens de cada energia. É feito também a classificação dos tipos de aerogeradores, os principais parques eólicos do Brasil acima de 100MW (cem megawatts) e informações a respeito do atual panorama e como a chegada de energias de fontes renováveis tem mudado a nossa sociedade garantindo um crescimento sustentável.

Palavras-chaves: Energia eólica. Fontes alternativas. Aerogeradores.

RENEWABLE ENERGY USING WIND ENERGY: Environmental Technology and Growth Evaluation in the Global Environment with Interface of Brazilian Energy Production

Abstract

This article has the objective of showing the use of wind energy in Brazil, its installed capacity and how this source of renewable energy has been growing, being beneficial to the environment and as a new alternative source of energy. It also aims to demonstrate the cost of installing a wind farm, the concept, operation and components of a wind turbine. First and foremost, for a better understanding a summary of the

¹Graduado em Engenharia Civil pelo UGB/FERP.

²Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense.

existing sources of electrical energy in the Brazilian power matrix is made, with the advantages and disadvantages of this energy. It also classifies the types of wind turbines, the main wind farms in Brazil and the information about the current scenario and how the arrival of renewable energy sources has changed our society assuring sustainable growth.

Keywords: Wind energy. Alternative sources. Wind turbine.

Introdução

Este artigo é um relato breve a respeito da geração de energia nas modalidades hidrelétricas, e termelétricas no Brasil. Portanto, este artigo busca retratar, inicialmente, a geração de energia destacando que no ano de 1889, começou a funcionar a primeira usina hidrelétrica no Brasil chamada Marmelos-Zero da Companhia Mineira de Eletricidade, às margens do Rio Paraibuna na cidade de Juiz de Fora - Minas Gerais.

Já em São Paulo, no município de Santana de Parnaíba a empresa canadense Light & Power iniciou suas atividades de geração e distribuição de energia elétrica em 1899, com a obra da Usina Hidrelétrica Parnaíba. Somente em 1905 eram iniciadas as atividades de geração e distribuição no estado do Rio de Janeiro. Três anos mais tarde foi criada a maior usina do Brasil e uma das maiores do mundo naquela ocasião, chamada usina hidrelétrica Fontes Velhas, situada no município de Pirai com potência nominal de 24.000 KW (vinte e quatro mil quilowatts), fornecendo energia a 800.000 (oitocentos mil) habitantes na cidade do Rio de Janeiro.

Na região do nordeste, a primeira usina hidrelétrica nomeada Angiquinho, localizada às margens da cachoeira de Paulo Afonso, foi criada para o abastecimento de uma indústria têxtil daquela região.

Predominantemente, o sistema de geração de energia no Brasil é através de usinas hidrelétricas, implicando em impacto sócio econômico ambiental e originando diversos problemas na biodiversidade da fauna e flora e alto custo financeiro para construção de novas usinas. Outro ponto negativo é que no processo de geração de energia, gera enormes quantidades de metano, gás carbônico e óxido nitroso, gases esses que provocam o chamado efeito estufa. Em alguns casos, elas podem liberar

mais gases poluentes do que as usinas termelétricas movidas a carvão mineral ou a gás natural, denominados gases quentes.

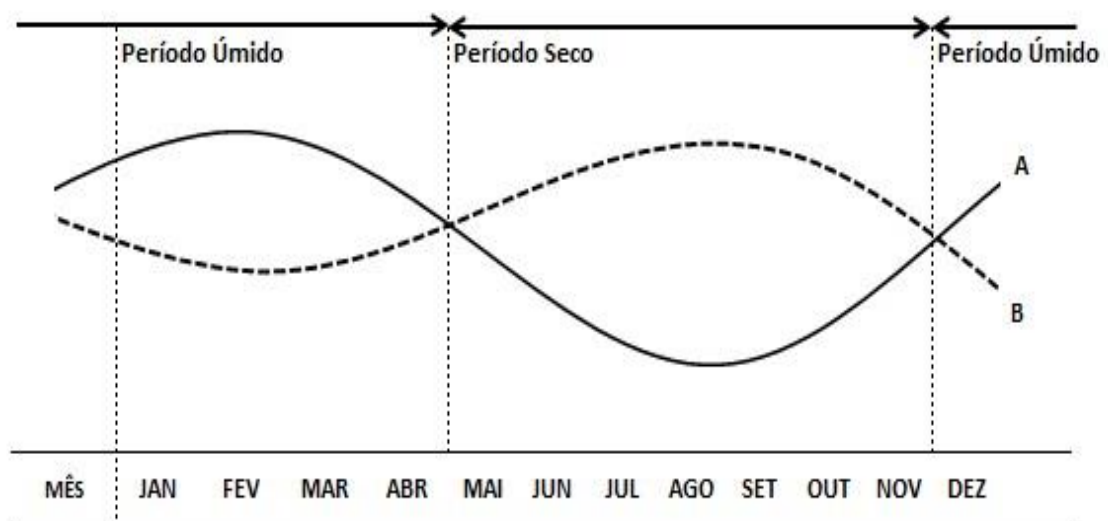
Três fatores são responsáveis pela produção dos gases quentes numa usina hidrelétrica:

- ✓ A decomposição da vegetação pré-existente, ou seja, das árvores atingidas pela inundação de áreas usadas na construção dos reservatórios;
- ✓ A ação de algas primárias que emitem CO₂ (dióxido de carbono), nos lagos das usinas;
- ✓ O acúmulo nas barragens de nutrientes orgânicos trazidos por rios e pela chuva.

A disponibilidade de água devido às chuvas, conforme demonstrado no gráfico 1, durante o ano varia em período úmido e período seco, conhecido como período sazonal. O consumo no período úmido é menor que a demanda de carga disponível, já no período seco o consumo é maior que a demanda.

Desta forma, o comportamento do mercado de eletricidade ao longo do ano tem características próprias, que podem ser visualizadas no Gráfico 1.

Gráfico 1. Comportamento do Consumo/Demanda de energia ao Longo do Ano



Fonte: Revista Light

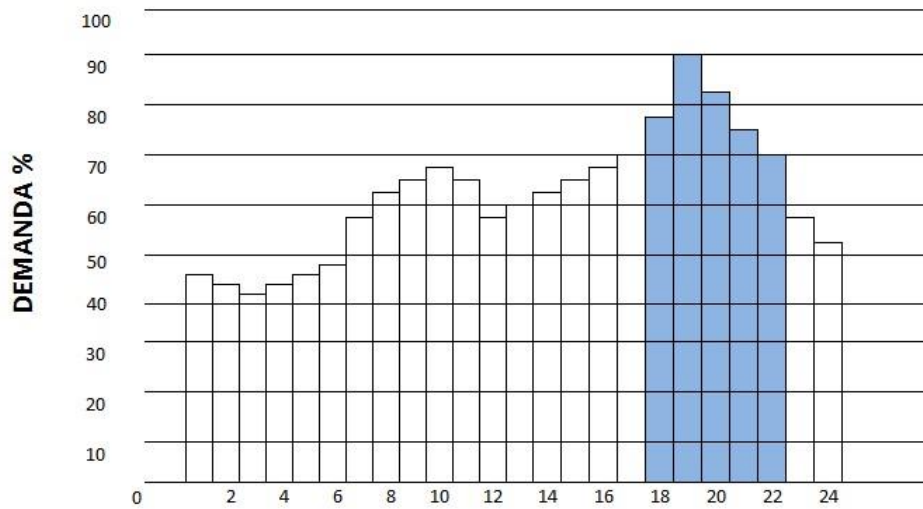
A curva A representa a disponibilidade média de água nos mananciais a ser representada nos reservatórios das usinas hidrelétricas, constituindo o potencial predominante de geração de eletricidade. A curva B representa o comportamento médio do mercado de energia elétrica a nível nacional, assumindo um valor máximo justamente no período em que a disponibilidade de água fluente nos mananciais é mínima.

Esse fato permite identificar, em função da disponibilidade hídrica, uma época do ano denominada “período seco”, que é compreendido entre maio e novembro de um ano, e outro denominado “período úmido”, de dezembro de um ano até abril do ano seguinte. O atendimento ao mercado no período seco só é possível em virtude da capacidade de acumulação dos reservatórios das usinas que estocam a água afluenta durante o ano. Assim, o fornecimento de energia no período seco tende, também, a ser mais caro, pois leva à necessidade de se construir grandes reservatórios e, eventualmente, operar usinas térmicas alimentadas por energéticos importados.

Era indiferente para o consumidor utilizar a energia elétrica durante a madrugada ou no final da tarde, assim como consumir durante o mês de junho ou de dezembro. O governo brasileiro através das concessionárias de distribuição de energia elétrica instituiu o modelo de tarifa sazonal e horário de ponta e fora de ponta, onde há valores diferentes de tarifa, fazendo com que os clientes passassem a usar a energia elétrica de forma inteligente, considerando os horários em períodos diferentes.

O Gráfico 2 mostra o comportamento médio do mercado de eletricidade, ao longo de um dia.

Gráfico 2. Curva de Carga do Sistema (Dia útil)



Fonte: Revista Light

No horário das 17 às 22hs, há uma intensificação do uso da eletricidade variando em várias classes de consumo que normalmente compõem o mercado, ou seja: industrial, comercial, residencial, iluminação pública, rural e outras. O horário de maior uso, acima identificado, é denominado “horário de ponta” do sistema elétrico, e é justamente o período em que as redes de distribuição assumem maior carga, atingindo seu valor máximo aproximadamente às 19 horas, variando pouco este horário de região para região.

Devido à escassez d’água, na década dos anos 50, direcionaram-se estudos para outras fontes alternativas de energia, assim foi criada em 1954 a primeira usina termelétrica à combustão de grande porte chamada Usina Termelétrica Piratininga com dois geradores de 200 MW (duzentos megawatts). Em 1960 foram instaladas duas novas turbinas ampliando a geração de energia para 472 MW (quatrocentos e setenta e dois megawatts).

Com o crescimento da população mundial novos equipamentos eletroeletrônicos surgiram, portanto, atualmente se consome mais de 50% (cinquenta por cento) da energia que o planeta é capaz de produzir, por isso é importante não só a mudança de hábito, mas criar outras fontes geradoras de energia que não prejudique o meio ambiente, conhecidos como fontes alternativas.

As alternativas tecnológicas ou fontes alternativas de energia são aquelas que não dependem de combustível disponível na natureza, independentemente da fonte de produção de energia. O governo instituiu através da Eletrobrás programas que visam à redução de consumo, tais como o Programa de Conservação de Energia – PROCEL e o Etiqueta Nacional de Conservação de energia – ENCE, que tem como objetivo prestar informações sobre o desempenho dos produtos no que se diz respeito à sua eficiência energética.

A ENCE classifica os equipamentos, veículos e edifícios em faixas coloridas como “A” (mais eficiente) e “E” (menos eficiente). Apesar da energia de fontes alternativas é sempre bom racionalizar de forma inteligente, visando menor consumo de energia na compra de aparelhos eletrodomésticos que tenham o selo “verde” e o uso de lâmpadas e luminárias mais econômicas.

Referencial Teórico

Os recursos naturais ou artificiais produzem energia direta ou indiretamente, movimentando a indústria, agricultura, transportes e outros. Devido ao desenvolvimento sócio econômico precisa-se sempre buscar novos recursos para a geração de energia.

No Brasil em 2001 devido à crise energética, houve um incentivo nos empreendimentos de geração por outras fontes, entre elas a de energia eólica criando o Programa Emergencial de Energia Eólica - PROEÓLICA, com objetivo de contratar empresas para a produção de energia nesse seguimento. Não tendo o resultado esperado, foi substituído pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA a partir da aprovação da lei 10.438, revisada pela lei 10.762, com o objetivo de buscar pequenos empreendimentos termelétricos, hidrelétricos e de biomassa sem vínculos concessionários a participar de fontes alternativas renováveis.

Em 2002 foi criada a Associação Brasileira de Energia Eólica - ABEEólica, uma associação sem fins lucrativos que tinha como objetivo ampliar as matrizes

energéticas gerando menos impactos ambientais, promovendo a divulgação dessa energia limpa e mostrando sua eficiência. No início apenas pessoas comprometidas com o meio ambiente ligadas às empresas do setor e empreendedores que buscavam essa renovação no setor elétrico eram associados, hoje conta com mais de cem associados entre o poder público e a iniciativa privada através de leilões e concessões públicas para empresas interessadas. Os leilões começaram a acontecer em 2009 envolvendo empreendimentos na região do Nordeste.

A História da Energia Eólica

Os moinhos de ventos se popularizaram nos Países Baixos (região da costa Europeia ocidental, aonde a maior parte é localizada na Holanda e na Bélgica), onde além de bombeamento de água os moinhos de ventos passaram a ter outras funções que era produzir óleos vegetais, drenagem de terrenos alagados, produção de pigmentos e tinturas, entre outras. Com a criação da mília em papel e a vasta necessidade de produção foi construído um moinho para alavancar a produção de papel.

As leis para a construção de moinhos instituem que seja proibida a plantação de árvores próximas às usinas eólicas, favorecendo o “direito ao vento”. Com o desenvolvimento do sistema de controle, eixos e pás as atividades foram otimizadas devido à força motriz produzida pelo vento.

No final do século XIX iniciou o ajuste dos cataventos para produção de eletricidade. O primeiro catavento, que gerou 12 KW (doze quilowatts) em corrente contínua foi projetado por Charles F. Bruch para alimentação de um campo contendo trezentos e cinquenta lâmpadas através de baterias armazenadoras de energia um marco do uso do catavento na geração de energia elétrica.

Fontes De Energia - Classificação

A geração de energia é classificada em fontes de energias renováveis e não renováveis mencionadas abaixo e fazem parte da matriz energética brasileira compreendendo as seguintes fontes geradoras:

- ✓ Hidrelétrica
- ✓ Biomassa
- ✓ Gás Natural
- ✓ Eólica
- ✓ Petróleo
- ✓ PCH (Pequena Central Hidrelétrica)
- ✓ Carvão Mineral
- ✓ Nuclear

Energia Hidrelétrica

Energia produzida através do aproveitamento da força das águas. A água entra pela tubulação em alta velocidade e com grande força chamada de energia potencial, ela passa pelas turbinas fazendo-as girar, transformando a energia potencial da água em energia mecânica. Essas turbinas estão ligadas a um gerador que transforma essa energia mecânica em energia elétrica.

O processo de geração dessa energia causa um impacto sócio econômico ambiental, uma vez que dependem da construção de uma barragem, sendo que a água é armazenada em um reservatório, que implica em desmatamento com eliminação de fauna e flora, causando um desequilíbrio no meio ambiente. Resaltando, ainda, que essa energia terá que ser transportada por centenas de quilômetros, com elevado valor, não só na construção, mas, também na transmissão.

O custo de construção de uma usina hidrelétrica dependendo do porte pode variar entre 20 (vinte) e 30 (trinta) bilhões de reais.

Vantagens: Fonte renovável, coleta água das chuvas que é considerada potável, a qual pode ser também utilizada para consumo humano e para irrigação em lavouras.

Desvantagens: destruição do ecossistema, extinção de espécies e a desocupação de comunidades ribeirinhas, quilombolas e indígenas e alto custo de construção e transmissão.

Energia da Biomassa

Obtida através do sol. As árvores e plantas que recebem a luz solar, a partir do processo de pirólise, quando a matéria orgânica é retirada na natureza ou se decompõe essa energia acumulada é liberada e os resíduos são coletados das fazendas ou fábricas, logo após são queimados para aquecer a água e gerar vapor, esse vapor gira uma turbina que fornece energia a um gerador produzindo assim eletricidade.

Vantagens: baixo custo, não contribui para o efeito estufa, menos agressiva ao meio ambiente, baixa corrosão dos equipamentos.

Desvantagens: desmatamento, ruim armazenamento e baixa quantidade de calor liberado.

Gás Natural

Formado por uma combinação de hidrocarbonetos. Ele não tem cor nem cheiro, considerado fonte de energia esgotável, limpa, derivado do petróleo e do carvão.

Vantagens: Não polui o ar, reduz o desmatamento, rápida construção de Usinas, flexibilidade operacional.

Desvantagens: Não renovável, contribui para o efeito estufa.

Petróleo

Composto por hidrocarbonetos, enxofre, oxigênio e nitrogênio. O petróleo é a principal fonte de energia em todo mundo, retirado a partir de matéria orgânica que se

acumula no fundo dos oceanos, fica impregnados nas rochas sedimentares permeáveis permitindo seu deslocamento para o interior da crosta terrestre.

Vantagens: uma pequena quantidade do óleo produz uma grande quantidade de energia, para o atendimento da Infraestrutura de Transportes.

Desvantagens: Emissões de Gases de Efeito Estufa, Poluição da Água e da Terra, chuva ácida.

PCH (Pequena Central Hidrelétrica)

Usina hidrelétrica de pequeno porte com baixa carga instalada variando de 1 (um) a 30 MW (trinta megawatts), sua área de reservatório precisa ser inferior a 3km² (três quilômetros quadrados).

Vantagem: menor impacto ambiental e social, não gera gás do efeito estufa e fonte renovável.

Desvantagem: desmatamento, ainda que menor que as grandes usinas hidrelétricas.

Carvão Mineral

Extraída por processo de mineração, é um mineral não metálico com capacidade combustível que libera energia quando queimado. Constituído de carbono e magnésio. Sua maior utilização é em indústrias químicas, fabricação de explosivos e nas termoelétricas, suas maiores reservas estão na Rússia, Estados Unidos da América e China. No Brasil é encontrado nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo.

Vantagens: é uma das fontes de energia mais fartas do mundo e pode ser convertido tanto na forma líquida quanto na gasosa.

Desvantagens: é a maior fonte de poluição do ar, representa um risco à saúde, em particular para pessoas com problemas respiratórios.

Energia Eólica

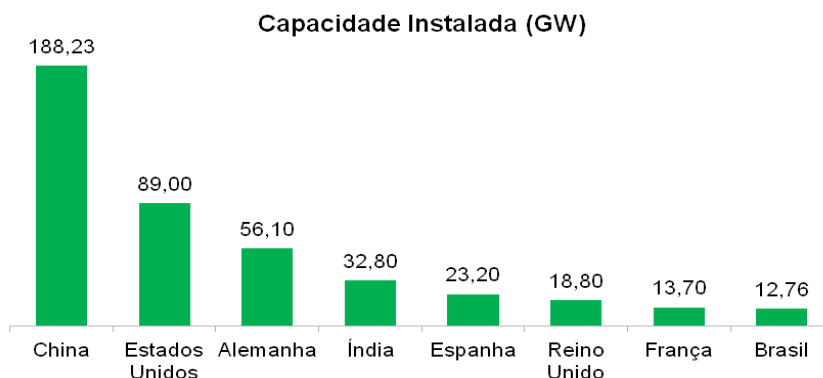
Tem por objetivo a conversão do vento em energia elétrica. Pode ser obtida de várias formas. O mais convencional é por meio de aerogeradores. O aerogerador é um tipo de gerador de eletricidade colocado junto a um catavento, convertendo assim a energia eólica (energia dos ventos) em energia elétrica. É implantado em parque eólico na terra ou mar (offshores), com presença de vento mais abundante, nele é acomodado um conjunto de centenas de aerogeradores conectados a uma rede de transmissão de energia elétrica.

Vantagens: Inesgotável, não produz resíduo, não emite gases poluentes, baixo custo.

Desvantagens: por necessitar de um fenômeno da natureza ela pode não gerar energia em momentos necessários, causa desconforto sonoro e pode afetar o hábito migratório das aves.

Para melhor ilustração, nos gráficos 3 e 4 demonstram, uma análise comparativa do ranking mundial de Energia Eólica e da Matriz Energética Brasileira, respectivamente. É representada no gráfico 3 a capacidade produzida de energia eólica e de países, estando o Brasil se despontando em oitavo lugar com capacidade de 12,76 GW (doze vírgula setenta e seis gigawatts) e tendência de crescimento, devido a ventos excepcionais e razoavelmente constantes na região do nordeste, características da costa brasileira, que se encontra com potencial de vento entre os maiores países do mundo. Segundo o Atlas Eólico, o Brasil possui 7.367 km de extensão litorânea, com o oceano Atlântico compondo um complexo indutor de mecanismos de mesoescala ao longo dos quais ocorrem brisas marinhas de variadas amplitudes diurnas e sazonais.

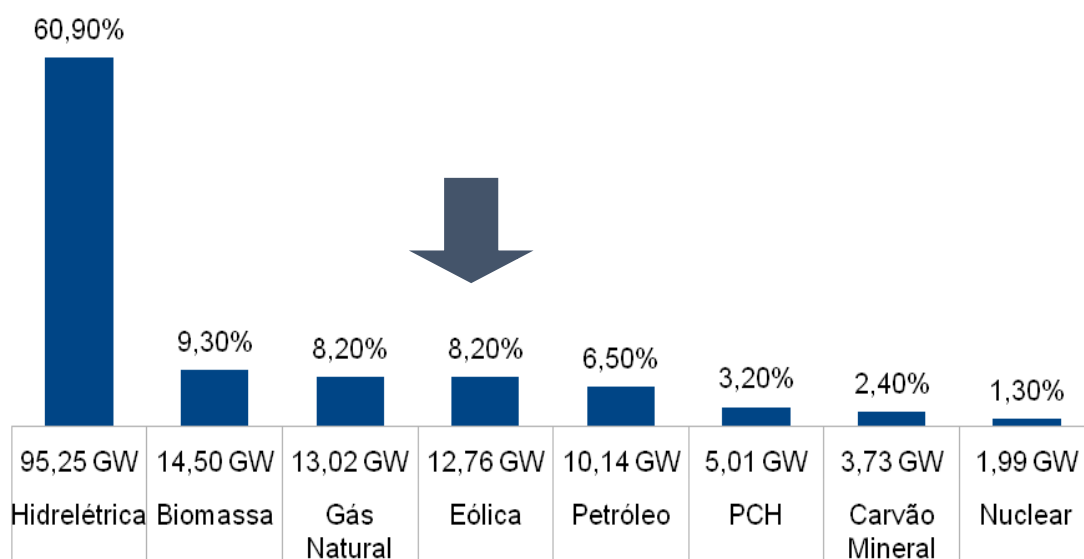
Gráfico 3. Ranking Mundial de Energia Eólica



Fonte dos dados: g1.com

No gráfico 4 a matriz energética brasileira com o percentual de geração e distribuição de energia.

Gráfico 4. Matriz Energética Brasileira 2018



Fonte: abeeolica.org.br

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), o potencial de 1GW (um gigawatt) é suficiente para abastecer uma cidade com população de 1,5 milhão de habitantes. Conforme apresentado no Gráfico 3, considerando que a capacidade instalada de 12,76 GW (doze vírgula setenta e seis gigawatts) de energia eólica no Brasil é capaz de suprir uma população de um pouco mais de 19.000.000 (dezenove milhões) de habitantes, bem superior à população da cidade de São Paulo, que é de 12.011.000 (doze milhões e onze mil) de habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE de 2017.

Considerando como referência, o local onde estou desenvolvendo o meu trabalho acadêmico, cito o município de Nova Iguaçu, localizado no estado do Rio de Janeiro, com uma população de 798.647 (setecentos e noventa e oito mil e seiscentos e quarenta e sete) habitantes, de acordo com o IBGE/2017, que poderia ser suprido com apenas 1GW (um gigawatt) de energia e sobriaria para abastecer outra cidade de mesmo porte.

Componentes do Aerogerador

Aerogeradores

São turbinas conforme mostra a Figura 1 que convertem a energia do vento (energia cinética) em energia mecânica rotacional, através da movimentação das hélices, que é retransmitida até um gerador elétrico, sendo que este é um equipamento simples, composto de um condutor e de ímãs utilizando a indução eletromagnética para produzir a tensão elétrica, já integrada, para fazer a conversão da energia eólica em energia elétrica. A energia elétrica é produzida e transportada para a rede elétrica

Na Rússia foi desenvolvida a primeira turbina eólica de grande porte com aerogerador de 100KW (cem quilowatts) de potência conectado a uma usina termelétrica de 20MW (vinte megawatts), conseguindo gerar duzentos e 80.000kWh (oitenta mil quilowatts hora) ao ano com sucesso.

Uma contribuição importante para o desenvolvimento dos geradores eólicos de médio e grande porte foi a segunda guerra mundial. Os países reduziram o gasto dos combustíveis fósseis aumentando a produção de aeronavegadores. Um novo aerogerador foi construído nos Estados Unidos da América ligado à rede elétrica com corrente alternada, mas devido ao peso de suas pás metálicas ela rompeu por fadiga funcionando durante quatro anos ininterruptos.

Hoje com mais de 95% de produção de energia de fontes renováveis, a Alemanha trouxe uma inovação tecnológica entre os anos de 1955 e 1968 construindo aerogerador operando a ventos de 8 m/s (oito metros por segundo) com potencia de 100KW (cem quilowatts), feito de material mais leves, reduzindo assim a fadiga causada pelo peso das pás aumentando seu tempo de uso. No Brasil a primeira empresa a fabricar aerogeradores foi uma empresa alemã.

Considerado com grande potencial na produção de energia eólica foram criados aerogeradores de grande porte chegando 1GW (um gigawatt) de potência, com especialistas na operação, manutenção e assistência técnica, contribuindo para a redução de 1.200.000 toneladas (um milhão e duzentas mil) de emissão de dióxido de carbono ao ano, gerado pelas demais usinas. Contando com três fábricas só no Brasil, ela chegou a atingir índices de nacionalização de 60%.

Figura 1. Modelo de Aerogerador



Fonte: energiaeolicapai.blogspot.com

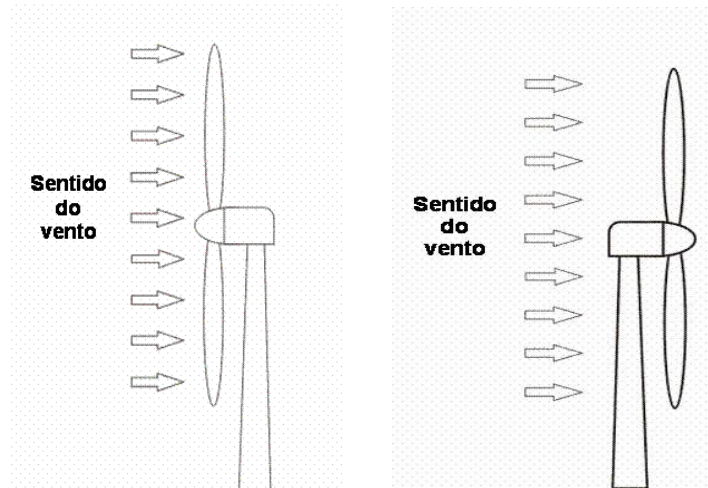
Há dois tipos básicos de aerogeradores, eles são divididos em eixo horizontal e vertical, conforme mostrado a seguir:

Eixo Horizontal

É dependente diretamente da sua geometria e ângulo, composto de uma a três pás ou múltiplas pás (acima de três) e perfil aerodinâmico, o mais utilizado é o de três pás por ter custo baixo ele também é capaz de gerar cinco megawatts e é 45% mais eficiente em comparação aos outros. Os rotores de duas pás são eficientes, porém são instáveis com possível turbulência colocando em risco sua estrutura. Os rotores de múltiplas pás são mais bem utilizados em poços artesianos para o bombeamento de água, não impedindo sua utilização na geração de energia. Comparado ao de eixo vertical ele tem maior produtividade e menor exposição a esforços mecânicos, a turbina no topo é mais simples e proporciona grandes resultados em potências elevadas sem contar que ele tem melhor estabilidade. Esse rotor tipo hélice é muito usado na produção de eletricidade em grande escala. Com as categorias divididas em upwind e downwind conforme mostrado na figura 2.

Upwind (Frontal) → O aerogerador é posicionado de forma que o vento seja recebido pela frente, com pás rígidas a orientação do rotor é feita conforme a direção do vento. Downwind (Retaguarda) → O aerogerador é posicionado de forma que o vento seja recebido pela parte traseira, rotor flexível e auto-orientável.

Figura 2. *Upwind/Downwind*



Fonte: evolucaoenergiaeolica.wordpress.com

Eixo Vertical

Não precisa de mecanismos para acompanhar as variações de direção do vento, reduzindo assim a complexidade do projeto e dos esforços, tem capacidade inferior a 50 KW (cinquenta quilowatts). Mais fáceis de construir, manutenção mais acessível por seu gerador estar próximo ao solo, a baixa velocidade de arranque também é um fator positivo em caso de pouco vento. Indicado para meios urbanos, pois não necessita de vento constante afetando diretamente seu desempenho, baixo custo e gerador fixo.

Existem dois tipos de aerogeradores de eixo vertical, o rotor Savonius e o rotor Darrieus:

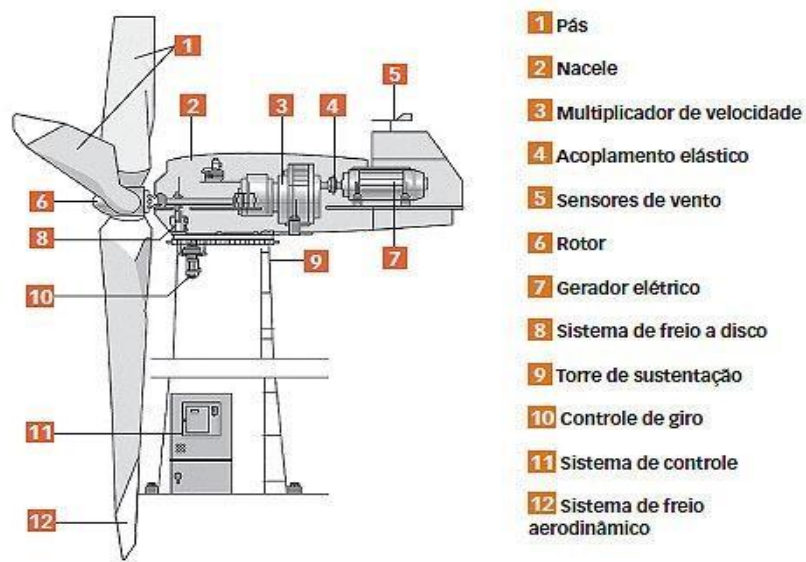
Rotor de Savonius - Têm relativamente alto momento de partida, embora em baixa velocidade.

Rotor de Darrieus - É o mais forte concorrente aos cataventos convencionais tipo hélices, pode ser combinados a outros rotores para aumentar o momento de partida

e alta eficiência. É composto por duas ou três pás funcionando através de força de sustentação, tornando ele 40% mais eficiente que o rotor savonius.

Mecanismos de Funcionamento do Aerogerador

Figura 3. Desenho técnico de um Aerogerador



Fonte: infraestruturaurbana17.pini.com.br

Pás do Rotor

São responsáveis pela captação da energia cinética do vento e convertendo em trabalho mecânico. No início eram fabricadas em alumínio, hoje são fabricadas em fibras de vidro reforçadas com epóxi, são presas por flanges em estrutura metálica a frente do aerogerador chamado de cone.

Nacele

Local onde está o gerador, a caixa de engrenagens (quando utilizada), todo o sistema de controle, medição do vento e motores para o melhor posicionamento de acordo com o vento e para a rotação do sistema, fica montada acima da torre.

Multiplicadores de Velocidade

Composta por eixos, engrenagens de transmissão e acoplamentos, fazendo com que a baixa velocidade do rotor seja adequada à velocidade de rotação fazendo o gerador elétrico funcionar.

Acoplamentos elásticos

É suma importância evitar os efeitos vibratórios da turbina.

Sensores de Vento

Composto por um anemômetro que mede ou registra a velocidade e a direção do vento, esses dados são enviados ao sistema de controle, dando início ao funcionamento do gerador quando a velocidade do vento está entre 3m/s e 5m/s, quando essa velocidade supera 25m/s ele faz com que o gerador pare seu funcionamento preservando a mecânica do equipamento.

Cones do Rotor ou Rotor

Material em aço ou liga de alta resistência. Os aerogerados que utilizam controle de velocidade o cone além de acomodar as pás acomoda os mecanismos e motores para ajustar o ângulo de ataque de todas as pás.

Gerador. Transforma a energia mecânica em energia elétrica através de equipamentos de conversão eletromecânica. Hoje existem vários modelos de motogeradores, são eles: geradores de corrente contínua, geradores síncronos,

geradores assíncronos e geradores de corrente alternada, todas com vantagens e desvantagens devendo ser analisadas de acordo com a necessidade ao sistema de conversão de energia eólica.

Sistemas de Freios a Disco

Ele é acionado quando o freio aerodinâmico das pás ou da partida do aerogerador entra em colapso.

Torres de Sustentação

Item estrutural de grande porte, inicialmente de treliças metálicas, mas com o crescimento do uso dos geradores de potências cada vez mais elevadas e naceles sustentando um peso muito maior tanto do gerador quanto das pás, era necessário dar mais mobilidade e segurança para suportar todo peso em alturas maiores, hoje utilizamos torres de metal tubular ou de concreto, sustentadas ou não por cabos tensores fazendo assim com que posicionando o rotor fique em uma altura adequada para que funcione perfeitamente.

Controles de Giro

Controla a orientação do rotor, velocidade e carga. Os aerogeradores mais atuais utilizam o princípio de controle aerodinâmico que faz com que a extração da potencia seja limitada à potencia nominal do aerogerador. Com o crescimento dos pesos das maquinas, os fabricantes usam o sistema de controle de passo, por ser mais flexível na operação das turbinas. Toda vez que a potência nominal do gerador é ultrapassada, devido a um aumento da velocidade do vento, as pás do rotor mudam o seu ângulo de passo diminuindo a extração do vento.

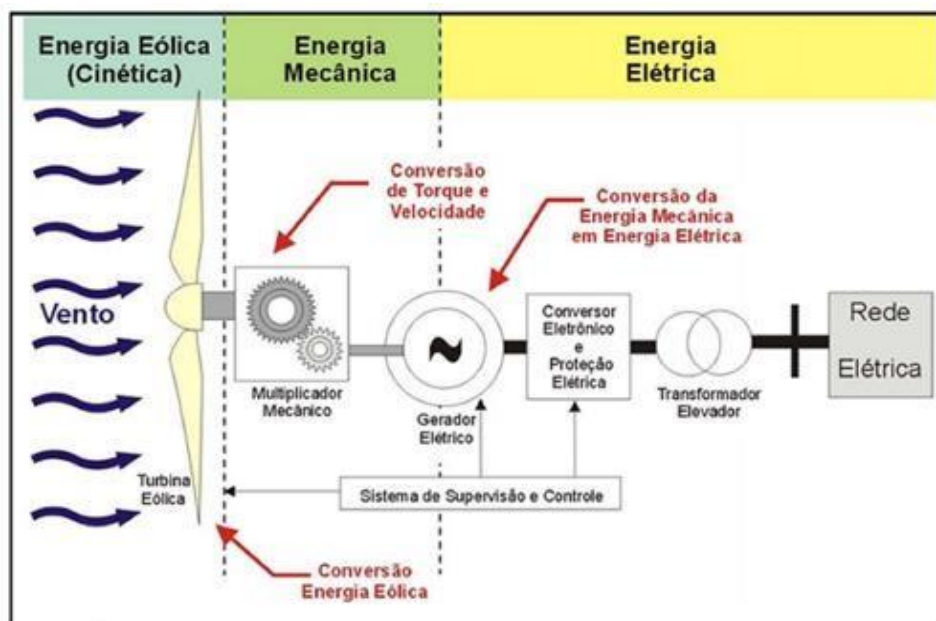
Sistemas de Controle.

Verifica as condições em que o aerogerador está operando, sobrecarga, elevação da temperatura ou algum erro no funcionamento através de um microprocessador emitindo um sinal para que o gerador pare monitorando as operações mecânica e elétrica do mesmo.

Sistemas de Freio Aerodinâmico

O controlador do sistema envia a informação ao sistema de freio sempre que a velocidade do vento aumenta e a potencia nominal do gerador é ultrapassada girando as pás do rotor e mudando seu ângulo de passo, reduzindo assim o ângulo de ataque, logo as forças aerodinâmicas atuantes e a extração da potência diminuem. Quando a velocidade do vento for superior à velocidade nominal o ângulo é escolhido para a que a turbina produza só potência nominal. As fases da transformação da energia em eólica em energia elétrica através de um aerogerador são mostradas na figura 4.

Figura 4. Funcionamento de um Aerogerador Fonte:



Fonte: eletricaemsuavida.blogspot.com

Dimensões de um Conjunto se Equipamento - Torre/Aerogerador

As dimensões variam de acordo com o projeto. Para melhor ilustração, segue detalhamento do Complexo Eólico de Osório, localizado em: Osório Rio Grande do Sul (RS), com as seguintes especificações: as torres têm aproximadamente 98m (noventa e oito metros) de altura e pesa cerca de 810 t (oitocentos e dez toneladas), constituída de 24 (vinte e quatro) partes de concreto pré-moldado e aço que são montados no local. Cada torre está firme em uma base de concreto de aproximadamente 430 m³ (quatrocentos e trinta metros cúbicos), sustentada por 32 (trinta e duas) estacas de aproximadamente 35 m (trinta e cinco metros) de profundidade e 50 cm (cinquenta centímetros) de diâmetro.

As pás possuem cerca de 35 m (trinta e cinco metros) de comprimento.

Principais Parques Eólicos Brasileiros

Parque Eólico de Osório

Localização: Osório (RS) - Capacidade instalada: 375,4 MW. A energia produzida anualmente resulta em quantidade equivalente ao consumo residencial de aproximadamente 525.000 (quinhentos e vinte e cinco mil) famílias.

Complexo Eólico do Alto do Sertão I

Localização: Caetité, Guanambi e Igaporã (BA) - Capacidade instalada: 293,6 MW. A energia produzida anualmente resulta em quantidade equivalente ao consumo residencial de aproximadamente 410.000 (quatrocentos e dez mil) famílias.

Parque Eólico Geribatu

Localização: Santa Vitória do Palmar (RS) - Capacidade instalada: 258 MW. A energia produzida anualmente resulta em quantidade equivalente ao consumo residencial de aproximadamente 360.000 (trezentos e sessenta mil) famílias.

Contextualização Histórica da Energia Eólica no Brasil

Além de ser de baixo custo, o Brasil tem uma tendência de crescimento, para a geração de energia eólica, devido às condições favoráveis de ventos fortes e contínuos. No ano de 2016, por exemplo, a média da relação entre a capacidade instalada nas usinas eólicas no país e a efetiva geração de energia foi de 40,7%, enquanto a média mundial foi de apenas 23,8%.

A matriz energética nacional fundamentalmente amparada nas hidrelétricas, vem dando espaço para novas alternativas, como a energia eólica. Respondendo por apenas 8,20% da produção, os parques eólicos espalhados pelo Brasil têm geração de energia superior à capacidade da usina hidrelétrica Belo Monte, localizada na Bacia do Rio Xingu, no sudoeste do estado do Pará, com potência instalada de 11.2GW.

Até o ano 2020, mais 287 (duzentos e oitenta e sete), parques vão operar e gerar mais 7GW (sete gigawatts) de energia e, assim, garantir 10% do abastecimento de energia do país. Segundo a ABEEólica em dezembro de 2017 o Brasil contava com mais de 500 parques eólicos instalados por todo o país. Em 2016, ultrapassou a Itália no ranking e conseguiu avançar, ocupando o 9º (nono) lugar.

No ano seguinte, passou a ocupar o 8º (oitavo) lugar, no ranking mundial, com a produção de 12,76GW (doze vírgula setenta e seis gigawatts). Embora no Brasil a produção de energia eólica seja pouco representativa, é possível ver a sua evolução. Com relação à matriz energética brasileira ocupa a 4º (quarta) colocação de fonte produtora, que correspondente a 8,2% (oito vírgula dois por cento) de energia sendo produzida por origem eólica, conforme os gráficos 3 e 4.

Atualmente, a maior fonte geradora de energia no Brasil continua sendo a de origem hidrelétrica, cuja produção é de 95,25GW (noventa e cinco vírgula vinte e cinco gigawatts), corresponde a 60,90 % (sessenta vírgula nove por cento).

Devido às condições geográficas, o Brasil é um país privilegiado, devido à costa litorânea possuir extensão de 7.367 km (sete mil e trezentos e sessenta e sete quilômetros), banhado a leste pelo oceano Atlântico, tendo uma tendência de produção de energia eólica de 500 GW (quinhentos gigawatts), porém é necessário investimento no processo de implantação dessa fonte de geração energética e buscar meios para a implantação de linhas de transmissão, para captar futuros clientes em potencial, conscientizando-os para uma utilização de uma energia limpa e oferecendo valor de tarifa competitivo.

Benefícios ao Meio Ambiente

Trata-se de uma forma de produção de energia que assegura nossa fauna e flora das regiões próximas, além de não poluir o ar ou o meio ambiente com qualquer emissão de elementos ou produção de resíduos de qualquer natureza, reduzindo significativamente a poluição por chuva ácida. Caso seja adotada em maior escala, essa fonte geradora poderá substituir outras fontes, pois ao contrário da água e do petróleo, o vento (ar em circulação) não se esgota e não tem restrição para seu aproveitamento. Outro fator importante é a geração de um novo mercado de trabalho, devido ao crescimento da economia local, com essa mudança.

A preocupação com a emissão de gases, em vários países tem criado um ambiente muito oportuno quanto ao uso da energia eólica como uma fonte renovável.

Estima-se que com apenas 1.000KW (um mil quilowatt) de carga instalada é possível deixar de emitir duas mil toneladas de dióxido de carbono em um ano equivalente a 2.589.987,83 m² (dois milhões e quinhentos e oitenta e nove mil e novecentos e oitenta e sete e oitenta e três metros quadrados) de área florestal, tornando o parque um gerador de energia mais eficiente.

Custo e Viabilidade

Para a utilização da energia eólica o custo para produção de um aerogerador de alta potencia pode ser elevado, como exemplo: O Parque Eólico de Osório no Rio Grande do Sul que custou R\$ 670.000.000,00 (seiscentos e setenta milhões de reais), ou seja, R\$ 4.460.000,00 (quatro milhões e quatrocentos e sessenta mil reais) por MW (megawatt) instalado e R\$ 13.100.000,00 (treze milhões e cem mil reais) por MW (megawatt) efetivo. Em comparação com as usinas hidrelétricas, cujo custo, pode se em torno de R\$ 20 (vinte) a R\$ 30 (trinta) bilhões de reais, a energia eólica apresenta um custo mais baixo.

É valido ressaltar que o custo de um parque eólico vai variar de acordo com a localização e dimensão do empreendimento refletindo no retorno financeiro. Com o crescimento de indústrias especializadas e de mão de obra, a construção de um parque eólico é de aproximadamente dezoito meses.

Outro aspecto econômico é que os aerogeradores não necessitam de outros combustíveis para o seu funcionamento e a manutenção é de baixo custo, Os equipamentos em geral requerem pouca manutenção, de 6 (seis) em 6 (seis) meses. O retorno do investimento na produção de energia eólica é em longo prazo.

Considerações Finais

O objetivo, deste trabalho científico, foi demonstrar que o Brasil possui alto potencial para produzir energia eólica, principalmente nas áreas litorâneas da região nordeste e também em algumas zonas do interior da Bahia e de Minas Gerais.

Embora esteja se despontando para essa iniciativa, ainda faltam investimentos para intensificar a instalação de maior quantidade de parques eólicos, que representam muito pouco, no âmbito nacional. Destacando, ainda, que essa fonte renovável de energia elétrica, é uma fonte limpa, diferente de outros recursos energéticos, evitando o agravamento dos impactos ambientais a nível global.

Trata-se de uma fonte renovável, pois o vento nunca se esgota com a sua utilização na forma de combustível para os aerogeradores, ele é renovável e também não emite poluentes na atmosfera.

Buscou, ainda, definir o que é um aerogerador, os modelos e capacidades existentes em locais distintos no Brasil. Destacando, de acordo com o PROINFA, a colocação dessa produção de energia alcançando o 3º (terceiro) no ranking da matriz energética brasileira, bem como as diversas formas de produção de energia elétrica, sobretudo, a tendência de crescimento da energia eólica no mercado brasileiro e mundial.

Essa fonte de energia alternativa é uma das opções para países que estão em constante preocupação com o meio ambiente e com o risco de longas secas, por eventual falta de chuva.

Referências

ATLAS DO POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf. Acesso em: 01 maio 2018.

BENEFÍCIOS DA ENERGIA EÓLICA PARA A HUMANIDADE. Disponível em: <http://meioambiente.culturamix.com/noticias/beneficios-da-energia-eolica-para-a-humanidade>. Acesso em: 30 2018.

BRASIL É O OITAVO PAÍS DO MUNDO EM PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2018-02/brasil-e-o-oitavo-pais-domundo-em-producao-de-energia-eolica> . Acesso em: 26 mar. 2018.

CARVALHO, Eduardo. **Brasil alcança marca de 1 gigawatt de potência instalada de energia eólica.** Disponível em: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2011/07/brasil-alcanca-marca-de-1-gigawatt-depotencia-instalada-de-energia-eolica.html>. Acesso em: 01 maio 2018.

CARVÃO MINERAL. Disponível em: <http://fontes-de-energia.info/carvao-mineral.html> 24 abr. 2018.

DADOS MENSALIS. Disponível em: <http://www.abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2018/01/Dados-Mensais-ABEEolica01.2018.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2018

ENERGIA INTELIGENTE. Disponível em: <http://energiainteligenteufjf.com/como-funciona/como-funciona-energia-eolica/>. Acesso em: 01 abr 2018.

HIDRELÉTRICAS EMITEM GASES DO EFEITO ESTUDA, REVELA ESTUDO DA COPPE. Disponível em: Revista Light 24 de maio de 2018 <https://ciencia.estadao.com.br/noticias/geral,hidreletricas-emitem-gases-do-efeitoestufa-revela-estudo-da-coppe,20020109p58567>. Disponível em: 25 maio 2018.

HISTÓRIA DA ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em <https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/eficiencia-energetica/usoconsciente/historia-da-energia/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 17 de mar. 2018.

HISTÓRIA DA LIGHT. Disponível em: <http://www.light.com.br/grupo-light/Quem-Somos/historia-da-light.aspx>. Acesso em 22 abr.2018.
<http://www.pucrs.br/ce-eolica/2006/2006-3-conem.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2018

O QUE É UM GERADOR EÓLICO?. Disponível em: <https://www.industriahoje.com.br/o-que-e-um-gerador-eolico>. Acesso em: 02 de jun. 2018.

OTTO VON GUERICKE (1602 - 1686). Disponível em: <https://www.grupoescolar.com/pesquisa/otto-von-guericke-1602--1686.html>. Acesso em: 17 mar. 2018.

PCH, MODELO DE SUCESSO NA GERAÇÃO DE ENERGIA. Disponível em: <http://www.cesbe.com.br/pch-modelo-de-sucesso-na-geracao-de-energia>. Acesso em 27 abr. 2018.

USINA DE FONTES. Disponível em: <http://www.light.com.br/Repositorio/CCL/Usina%20de%20Fontes.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2018.

UZINA DE MARMELOS ZERO. Disponível em: <http://www.jfminas.com.br/portal/pontos-turisticos/usina-de-marmelos-zero>. Acesso em: 09 maio 2018.