

Geração Eólico



© Shutterstock / XXLPhoto

Tecnologia em Geração Eólica

Energia eólica é a energia que provém do vento.

O termo eólico vem do latim aeolicus, que pertence a Éolo, o deus dos ventos na mitologia grega. A energia eólica é utilizada desde a antiguidade para mover os barcos impulsionados por velas ou para fazer funcionar a engrenagem de moinhos, ao mover as suas pás.

Nos moinhos de vento a energia eólica é transformada em energia mecânica, que é utilizada para moer grãos ou bombear água. Atualmente utiliza-se a energia eólica para mover aerogeradores, que são turbinas colocadas em lugares de muito vento, para produzir energia. Essas turbinas têm geralmente a forma de um catavento ou moinho.

Existem os parques eólicos, que são concentrações de aerogeradores, utilizados para produzir energia, geralmente para alimentar localidades remotas e distantes da rede de transmissão. É possível ainda a utilização de aerogeradores de baixa tensão quando se trata de requisitos limitados de energia elétrica.

Energia eólica é a transformação da energia do vento em energia útil, tal como na utilização de aerogeradores para produzir eletricidade, moinhos de vento para produzir energia mecânica ou velas para impulsionar veleiros. A energia eólica, enquanto alternativa aos combustíveis fósseis, é renovável, está permanentemente disponível, pode ser produzida em qualquer região, é limpa, não produz gases de efeito de estufa durante a produção e requer menos terreno. O impacto ambiental é geralmente menos problemático do que o de outras fontes de energia.

Os parques eólicos são conjuntos de centenas de aerogeradores individuais ligados a uma rede de transmissão de energia elétrica. Os parques eólicos de pequena dimensão são usados na produção de energia em áreas isoladas. As companhias de produção elétrica cada vez mais compram o excedente elétrico produzido por aerogeradores domésticos. Existem também parques eólicos ao largo da costa, uma vez que a força do vento é superior e mais estável que em terra e o conjunto tem menor impacto visual, embora o custo de manutenção seja bastante superior. Em 2010, a produção de energia eólica era responsável por mais de 2,5% da eletricidade consumida à escala global, apresentando taxas de crescimento na ordem dos 25% por ano. A energia eólica faz parte da infraestrutura elétrica em mais de oitenta países. Em alguns países, como a Dinamarca, representa mais de um quarto da produção de energia.

A energia do vento é bastante consistente ao longo de intervalos anuais, mas tem variações significativas em escalas de tempo curtas. À medida que cresce

a proporção de energia eólica numa determinada região, torna-se necessário aumentar a capacidade da rede de modo a absorver os picos de produção, através do aumento da capacidade de armazenamento, e de recorrer à importação e exportação de eletricidade para regiões adjacentes quando há menos procura ou a produção eólica é insuficiente. As previsões meteorológicas auxiliam o ajustamento da rede de acordo com as variações de produção previstas

A energia eólica tem sido aproveitada desde a antiguidade para mover os barcos impulsionados por velas ou para fazer funcionar a engrenagem de moinhos, ao mover as suas pás. Nos moinhos de vento a energia eólica era transformada em energia mecânica, utilizada na moagem de grãos ou para bombear água. Os moinhos foram usados para fabricação de farinhas e ainda para drenagem de canais, sobretudo nos Países Baixos.

Ao longo de milhares de anos, a força do vento tem sido aproveitada de inúmeras formas, desde o impulso de veleiros e barcos à vela, até à ventilação natural de edifícios. A utilização do vento para produzir energia mecânica surgiu relativamente tarde na Antiguidade. A roda de vento do engenheiro grego Herão de Alexandria, concebida durante o século I d.C., é o mais antigo registro do uso de uma ferramenta destinada a captar a força do vento para alimentar uma máquina.

Os primeiros moinhos de vento apareceram na Pérsia desde, pelo menos, o século IX, provavelmente desde o século VII. O uso de moinhos tornou-se comum no Médio Oriente e na Ásia Central, chegando mais tarde à China e Índia. Por volta do ano 1000, os moinhos eram usados para bombear água do mar até às salinas na China e na Sicília, e a partir do século XI são já usados intensivamente na Europa ocidental na moagem de farinha, e na drenagem de terras alagadas para cultivo ou construção. Os primeiros europeus que vieram à América trouxeram a tecnologia consigo do Velho Continente. Em 1881, William Thomson propôs o uso da energia eólica na ausência de carvão.

Porém, a energia eólica ainda é pouco difundida no mundo, é utilizada apenas pelos países desenvolvidos e em pouca quantidade.

O gerador eólico conta com a turbina que é a principal responsável pela captação da energia eólica e da transformação em energia elétrica, ela é formada por três partes principais.

Para começar, as pás do rotor, que funcionam com as velas do sistema. As pás, são responsáveis por bloquear a passagem do vento, ou seja retê-lo. Assim o vento gera força sobre as pás para que elas se movam, e faz a transferência de parte da energia para o rotor.

O eixo da turbina é essencial para o desempenho do gerador, ele é ligado ao cubo do rotor, assim quando ele gira o eixo também. Com isso, o eixo recebe a energia mecânica transferida pelo rotor, que na outra ponta está conectado ao gerador elétrico.

O gerador é a parte principal responsável pela energia eólica produzida, é um equipamento simples, em geral consiste de um condutor e de imãs. O condutor é um fio enrolado como uma bobina, na parte interna do gerador, o seu eixo é conectado aos vários imãs que circundam a bobina. O gerador eólico utiliza a indução eletromagnética para produzir a tensão elétrica e assim, esse é o processo de produção da energia eólica.

O gerador eólico deve ser construído em parques eólicos, pois com vários geradores juntos é possível aproveitar ainda mais a energia, no entanto isso não impede sua instalação isolada para alimentação de localidades remotas que estejam longe da rede de transmissão.

No Brasil o uso de geradores eólicos é pequeno, e a energia produzida é utilizada para bombar água para irrigação nas áreas rurais.

Por isso no país existem poucos fabricantes de geradores eólicos, entre os que mais se destacam está a subsidiária brasileira da Enercon – empresa alemã que tem sua filial em São Paulo na cidade de Sorocaba. A fábrica, que apenas produzia pás para aerogeradores, desde 2000 produz geradores eólicos brasileiros prontos para exportação. Outro exemplo é o fabricante de turbinas de pequeno porte, Enersud, outra grande empresa do ramo. Destaque a maior fabricante de pás eólicas personalizadas do mundo, a Tecsis, que possui 11 plantas em Sorocaba São Paulo e emprega mais de 5000 trabalhadores.

Energia elétrica

Turbina eólica de Charles Francis Brush em 1888 gerava 12kW.

Em julho de 1887, James Blyth, um engenheiro escocês, construiu uma turbina com pás de tecido no jardim e aproveitou a eletricidade produzida para carregar acumuladores que usava para iluminar a sua casa. A sua experiência daria origem em 1891 a uma patente. No inverno de 1888, o inventor norte-americano Charles Francis Brush produziu eletricidade através de um gerador alimentado a energia eólica, que fornecia eletricidade à sua residência e laboratório. Na década de 1890, o inventor dinamarquês Poul la Cour construiu geradores eólicos para produzir eletricidade, que usava para

produzir hidrogénio e oxigénio através de eletrólise, guardando uma mistura dos dois gases para usar como combustível. La Cour foi o primeiro a descobrir que turbinas que girassem a uma velocidade maior e com menos pás eram as mais eficientes para produzir eletricidade. Em 1904 fundou a Sociedade dos Eletricistas Eólicos.

Em meados da década de 1920, algumas empresas começaram a fabricar aerogeradores elétricos de 1-3 quilowatts, os quais tiveram uma ampla aceitação nas regiões rurais da América do Norte. No entanto, a instalação de redes elétricas públicas durante a década de 1940 e a necessidade de mais energia tornou estes pequenos geradores obsoletos. Em 1931 o engenheiro francês Georges Darrieus obteve uma patente para uma turbina eólica que usava aerofólios ao longo de um eixo vertical para criar a rotação. Desenhou ainda uma turbina de 100 kW, precursora dos geradores horizontais modernos. Em 1956, Johannes Juul, antigo estudante de la Cour, projeta uma turbina com três pás em Gedser, com 200 kW, e que viria a influenciar o desenho das turbinas posteriores.

Em 1975 o Departamento de Energia dos Estados Unidos financiou um projeto de desenvolvimento de turbinas eólicas, gerido pela NASA, com a finalidade de serem incorporadas na rede de distribuição. Estas turbinas experimentais abriram o caminho para grande parte da tecnologia que é hoje usada. Desde então, as turbinas têm aumentado significativamente de tamanho, sendo as maiores capazes de produzir 7,5MW. A potência da turbina é medida em quilowatts (kW) ou megawatts (MW), enquanto que a energia produzida é medida em quilowatts-hora (kWh) e respetivos múltiplos.

A energia eólica é uma fonte de energia renovável, limpa e infinita e cada vez tem tomada mais espaço na matriz energética brasileira e mundial, esclarecer as principais dúvidas, tais como: o que é energia eólica? Como funciona um gerador de energia eólica? Quais as vantagens e desvantagens de energia eólica? O que é um aerogerador e como funciona? É o primeiro passo para nos iterarmos sobre este tipo de geração de energia que será em breve mais próximo de toda a população.

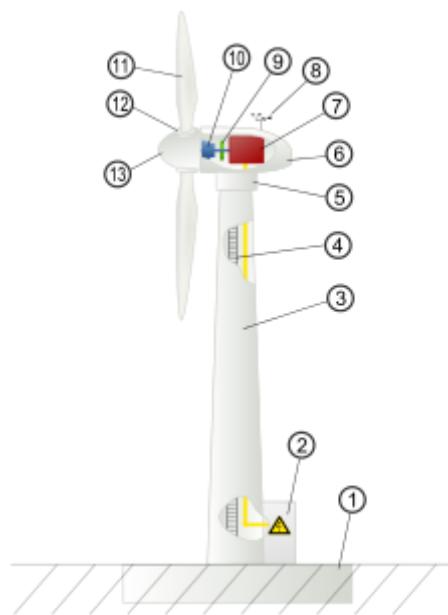
A energia eólica é gerada basicamente através de energia cinética que é transformada em energia elétrica, através de um aerogerador.

O vento é o movimento de ar ao longo da superfície da Terra, sendo afetado por áreas de altas e baixas pressões atmosféricas. O sol não aquece a superfície de forma regular, dependendo de factores como o ângulo de incidência dos raios solares, que difere consoante a latitude e a hora, e se o solo é coberto ou não por vegetação. As grandes massas de água, como os oceanos, aquecem e arrefecem mais lentamente do que em terra. A energia em forma de calor absorvida pela superfície da Terra é transferida para a atmosfera e, uma vez que o ar aquecido é menos denso que o ar frio, sobe

acima do ar arrefecido para formar áreas de elevada pressão atmosférica criando diferenciais de pressão. A rotação da Terra arrasta a atmosfera envolvente, o que provoca turbulência. É a conjugação de todos estes fenómenos que provoca a alteração constante do padrão de ventos.

A quantidade total de potência que é em termos económicos é viável explorar a partir do vento é consideravelmente maior que o atual consumo humano de energia a partir de todas as fontes. O Instituto Max Planck apresentou uma estimativa da quantidade total de energia eólica que existe, concluindo que possam ser extraídos entre 18 e 68 TW. Uma outra estimativa, desta vez baseada em medições reais da velocidade do vento, concluiu que possa haver 1700TW de energia eólica a uma altitude de 100 m acima do mar e da terra. Destes, 72 a 170 TW poderiam ser extraídos de forma prática e economicamente competitiva. Os mesmos autores mais tarde estimaram ser de 80 TW. No entanto, a investigação na Universidade de Harvard estimou uma média de 1 Watt/m² e uma capacidade de 2–10 MW/km² para parques eólicos de grande dimensão, sugerindo que estas estimativas de recursos eólicos totais a nível global estejam sobreestimadas por um factor de 4.

Produção de energia elétrica



Componentes de uma turbina eólica: 1-Fundação, 2-Conector à rede elétrica, 3-Torre, 4-Escada, 5-Controle de orientação (Yaw control), 6-Nacelle, 7-Gerador, 8-Anemômetro, 9-Freio elétrico ou mecânico, 10-Caixa de velocidades, 11-Lâmina, 12-Controle de orientação (pitch control), 13-Roda.

Na atualidade utiliza-se a energia eólica para mover aerogeradores - grandes turbinas colocadas em lugares com muito vento. Essas turbinas têm a forma de um catavento ou um moinho que produz com o movimento da hélice um campo magnético na turbina. Esse movimento, através de um gerador, produz energia elétrica. Precisam agrupar-se em parques eólicos, concentrações de aerogeradores, necessários para que a produção de energia se torne rentável, mas podem ser usados isoladamente, para alimentar localidades remotas e distantes da rede de transmissão. É possível ainda a utilização de aerogeradores de baixa tensão quando se trata de requisitos limitados de energia elétrica.

A energia eólica pode ser considerada uma das mais promissoras fontes naturais de energia, principalmente porque é renovável, ou seja, não se esgota, limpa, amplamente distribuída globalmente e, se utilizada para substituir fontes de combustíveis fósseis, auxilia na redução do efeito estufa. Em países como o Brasil, que possuem uma grande malha hidrográfica, a energia eólica pode se tornar importante no futuro, porque ela não consome água, que é um bem cada vez mais escasso e que também vai ficar cada vez mais controlado. Em países com uma malha hidrográfica pequena, a energia eólica passa a ter um papel fundamental já nos dias atuais, como talvez a única energia limpa e eficaz nesses locais. Além da questão ambiental, as turbinas eólicas possuem a vantagem de poderem ser utilizadas tanto em conexão com redes elétricas como em lugares isolados, não sendo necessário a implementação de linhas de transmissão para alimentar certas regiões (que possuam aerogeradores).

A tecnologia de instalação da geração eólica pode ser onshore (em terra) ou offshore (marítima), na tecnologia offshore o custo de instalação é mais elevado comparado com onshore, contudo na offshore o potencial de geração é maior. Por este motivo a tecnologia offshore é utilizada em países com pequena extensão territorial ou com pouco espaço disponível para as instalações em terra.

O sistema de geração de energia elétrica pode ser on-grid (interligado à rede) ou off-grid (isolado da rede). No sistema on-grid a geração de energia é interligada à rede elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN) o qual é mais utilizado comercialmente. Já no sistema off-grid a geração é isolada da rede convencional trabalhando de forma autônoma, aplicado em regiões rurais ou marítimas afastadas em que não é viável trazer linhas de transmissão.

A produção de energia elétrica através de energia eólica tem várias vantagens das quais podemos ressaltar as principais. É uma fonte renovável, não emite gases de efeito estufa, gases poluentes e nem gera resíduos na sua operação, o que a torna uma fonte de energia de baixíssimo impacto ambiental. Os parques eólicos (ou fazendas eólicas) são compatíveis com os outros usos do terreno como a agricultura ou pecuária, já que os atuais aerogeradores têm

dezenas de metros de altura. O grande potencial eólico no mundo aliado com a possibilidade de gerar energia em larga escala torna esta fonte a grande alternativa para diversificar a matriz energética do planeta e reduzir a dependência ao petróleo. Em 2011 na União européia ela já representa 6,3% da matriz energética, e no mundo mais de 3,0% de toda a energia elétrica. Finalmente, com a tendência de redução nos custo de produção de energia eólica, e com o aumento da escala de produção, deve se tornar uma das fontes de energia mais barata.

No entanto, apesar de todos os pontos positivos, é preciso se não forem feitos estudos de mapeamento, medição e previsão dos ventos, ela não é uma fonte de energia confiável. Não há muitos dados sobre o regime de ventos no Brasil, e eles costumam serem aproveitáveis somente durante parte do ano. Além disso, os parques eólicos produzem poluição sonora e visual. Também podem interferir na rota migratória de pássaros, e os aerogeradores interferem na paisagem do local. Além disso, todo o equipamento é caro, o que pode inviabilizar a criação de parques eólicos. Quanto ao impacto visual, gera poluição visual devido à alteração da paisagem do local, não que as demais fontes não alterem, como para alguns as pás dos geradores é uma poluição visual, para outros pode ser considerado um atrativo turístico como uma bela alternativa às demais fontes de energia. Em relação à poluição sonora, apesar de não ter pesquisas conclusivas indicando impacto na fauna, deve-se ter cuidado para evitar instalação em corredores de migração de aves ou habitats de reprodução de animais silvestres, e se preciso utilizar linhas de transmissão subterrâneas. Como qualquer máquina, também exige manutenção interna dos aerogeradores que deve ser realizada de forma preventiva e constante. A maior desvantagem é a não regularidade da geração (ou intermitênciam da geração), pois a geração depende do vento que não são sempre constantes, e nem sempre há vento quando a eletricidade é necessária. Deste modo, como a disponibilidade de energia diária varia de um dia para outro, a geração eólica pode ser menos confiável que as fontes convencionais. Devendo ser alternativa complementar e não substituta na matriz energética.

Aerogeradores

Os aerogeradores têm função fundamental para a geração da energia eólica, ele é a turbina eólica ou sistema de geração eólica, que é um equipamento que utiliza a energia cinética do vento, convertendo para energia elétrica. Existem basicamente dois tipos de aerogeradores, o com rotor de eixo vertical e com de eixo horizontal.

Os aerogeradores com rotor de eixo vertical são mais seguros, fáceis de construir, podem ser montados mais próximo do solo e lidam muito melhor com condições de turbulência, o seu tamanho facilita as operações de manutenção, possuem uma velocidade de arranque menor em relação aos de eixo horizontal o que traz vantagens no caso de baixa velocidade dos ventos. Ele é indicado para áreas urbanas, por ser mais silencioso e pelo fato de conseguir captar o vento de qualquer direção.

Por serem mais baixos os aerogeradores de eixo vertical são menos eficientes do que os de eixo horizontal, isso porque a intensidade do vento próximo ao solo é menor. Além de geralmente serem mais caros que os de eixo horizontal.

Por país

Em 2012 a capacidade mundial de geração de energia elétrica através da energia eólica foi de aproximadamente 282 gigawatts (GW), o suficiente para abastecer as necessidades básicas de dois países como o Brasil(o Brasil gastou em média 70 gigawatts em janeiro de 2010). Para se ter uma ideia da magnitude da expansão desse tipo de energia no mundo, em 2008 a capacidade mundial foi de cerca de 120 GW e, em 2007, 59 GW.

A capacidade de geração de energia eólica no Brasil vem aumentando ano a ano. Em 2008 era de 341MW, em 2009 passou 606 MW, e em 2010 atingiu o valor de 920MW. O Brasil responde por cerca da metade da capacidade instalada na América Latina, mas representa apenas 0,38% do total mundial.

Até 2005 a Alemanha liderava o ranking dos países em produção de energia através de fonte eólica, mas em 2008 foi ultrapassada pelos EUA.

Desde 2010 a China é o maior produtor de energia eólica. Em 2011 o total instalada nesse país ultrapassava os 62.000MW (62GW), comparado com os 44.000 instalado até 2010, foi um aumento de 41%.

Em alguns países, a energia elétrica gerada a partir do vento representa significativa parcela da demanda. Na Dinamarca esta representa 28% da produção, 19% em Portugal, 16% Espanha, 16% na Irlanda e 8% na Alemanha. Globalmente, a energia eólica não ultrapassa 2,5% do total gerado por todas as fontes, mas com um crescimento anual de 25%. Desde 2011, 83 países usam energia eólica em escala comercial.

O custo da geração de energia eólica tem caído rapidamente nos últimos anos. Em 2005 o custo da energia eólica era cerca de um quinto do que custava no final dos anos 1990, e essa queda de custos deve continuar com a ascensão da tecnologia de produção de grandes aerogeradores. No ano de 2003 a energia eólica foi a forma de energia que mais cresceu nos Estados Unidos.

A maioria das formas de geração de eletricidade requerem altíssimos investimentos de capital e baixos custos de manutenção. Isto é particularmente verdade para o caso da energia eólica, onde os custos com a construção de cada aerogerador podem alcançar milhões de reais, os custos com manutenção são baixos e o custo com combustível é zero. Na composição do cálculo de investimento e custo nesta forma de energia levam-se em conta diversos fatores, como a produção anual estimada, as taxas de juros, os custos de construção, de manutenção, de localização e os riscos de queda dos geradores. Sendo assim, os cálculos sobre o real custo de produção da energia eólica diferem muito, de acordo com a localização de cada usina.

Apesar da grandiosidade dos modernos moinhos de vento, a tecnologia utilizada continua a mesma de há 1000 anos, tudo indicando que brevemente será suplantada por outras tecnologias de maior eficiência, como é o caso da turbovela, uma voluta vertical apropriada para capturar vento a baixa pressão ao passar nos rotores axiais protegidos internamente. Esse tipo oferece certos riscos de colisões das pás com objetos voadores (animais silvestres) mas não interfere na áudiovisão. Essa tecnologia já é uma realidade que tanto pode ser introduzida no meio ambiente marinho uma vez que os animais aquáticos não correm riscos de colisão como no ambiente terrestre.

O Brasil possui grande potencial em energia eólica. Segundo Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, publicado pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica da Eletrobras, o território brasileiro tem capacidade para gerar até 300 gigawatts, mas atualmente a capacidade instalada é de 8.12 GW, o que representa menos de 3% do potencial. Por outro lado, o potencial eólico brasileiro é mais de todo o potencial elétrico instalado no país atualmente, o que representa 5,8% da matriz nacional abastecendo 6 milhões de residências.

A maior fonte de eletricidade do Brasil são as usinas hidrelétricas. Um estudo indica que o país poderia substituir a energia térmica pela energia eólica. Isso porque as usinas termoelétricas só são acionadas durante os períodos de seca, quando os rios ficam mais baixos e as hidrelétricas são insuficientes para produzir toda a energia consumida. Porém, é justamente nesse período que o regime de ventos no Nordeste é mais intenso.

O maior centro de geração de energia eólica do país é o complexo eólico Alto Sertão I, situado na Bahia, com capacidade de gerar até 300MW, seguido do Parque eólico de Osório, localizado no Rio Grande do Sul, com a capacidade de gerar até 150 MW e ainda tem o Parque Eólico Cerro Chato com capacidade de gerar 91 MW localizado em Santana do Livramento - RS.

A previsão é que a participação da fonte de energia eólica na matriz energética brasileira continua crescendo, como vem acontecendo no resto do mundo, apresentando taxas de crescimento médias de potência instalada superiores a 20%.

Os aerogeradores horizontais são baseados nos moinhos de vento, compostos por conjuntos uma a duas pás ou múltiplas, cada conjunto tem no mínimo três pás. Os aerogeradores de eixo horizontal são os mais utilizados pelo seu alto rendimento aerodinâmico bem superiores aos de eixo vertical, pois estão menos expostos aos esforços mecânicos compensando seu custo elevado, além de serem utilizados na produção de eletricidade em grande escala.

O sistema para obtenção de energia elétrica através de um gerador eólico funciona basicamente com um aerogerador, um controlador de carga, uma bateria e um inversor, isto em caso de sistemas off grid, ou seja desconectados da rede elétrica da concessionária, em casos de sistemas on grid, conectados a rede da concessionária, não é usado baterias e o controlador de carga.

As pás do aerogerador são responsáveis por bloquear a passagem do vento, dessa forma o vento exerce uma força sobre as pás forçando o movimento do rotor por estarem conectadas as pás. Para que o movimento do rotor ocorra as pás conectadas ao rotor devem ter uma angulação com relação ao vento e não podem estar perpendicular.

O rotor tem como função transmitir a rotação à caixa de engrenagens do aerogerador, que funcionando em conjunto com um conversor de potência, converte a energia mecânica recebida pela turbina em energia elétrica.

A energia do aerogerador pode ser armazenada em baterias estacionárias, que permitem consumir energia quando não está ventando isto evitando que falte energia elétrica quando o aerogerador não estiver trabalhando, ou em alguns casos injetar a energia produzida diretamente na concessionária, neste caso não são usadas as baterias.

Para a energia produzida pelo aerogerador ser consumida é necessário alterar a corrente elétrica. Isso porque as tensões produzidas no aerogerador não são compatíveis com as que são usadas nas residências ou industriais, porque a corrente produzida é contínua já a corrente para consumo é alternada. Nessa situação é usado um inversor senoidal de corrente que transforma a corrente contínua em corrente alterna.

Aerogerador

Um aerogerador (ou Sistema de Geração Eólica) é um gerador elétrico integrado ao eixo de um cata-vento e que converte energia eólica em energia elétrica. É um equipamento que tem se popularizado rapidamente por ser uma fonte de energia renovável e não poluente.

Mas a geração de energia eólica é ainda muito pequena em relação ao consumo mundial de eletricidade.

O uso de aerogeradores apresenta alguns benefícios, mas também alguns impactos ambientais:

Composição básica de um Aerogerador

Fundaçāo

Conexāo com a rede elētrica

Torre

Escadaria de Acesso

Controle de orientação do vento

Nacela

Gerador

Anemômetro

Freio

Caixa de Câmbio

Pá rotatória

Controle de inclinação da pá

Cubo rotor

Um aerogerador (turbina eólica ou Sistema de Geração Eólica) é um equipamento que utiliza a energia cinética do vento, convertendo-a em energia elētrica. Como no processo é utilizado uma fonte de energia sem fim denomina-se essa energia resultante de energia renovável, e também de energia eólica por ser utilizado o vento nesse processo.

Os aerogeradores têm-se tornado populares rapidamente por ser uma fonte de energia renovável e não poluente.

Existem dois tipos básicos de rotores eólicos: os de eixo vertical e os de eixo horizontal. Os rotores diferem consoante o seu custo relativo de produção, eficiência, e na velocidade do vento em que têm sua maior eficiência.

Os aeroeradores com rotor de eixo vertical são geralmente mais caros que os de eixo horizontal, pois o gerador não gira seguindo a direção do vento, apenas o rotor gira enquanto o gerador fica fixo, mas seu desempenho é inferior.

São exemplos de rotores de eixo vertical os rotores do tipo Savonius e os rotores do tipo Darrieus.

Os aerogeradores com rotor de eixo horizontal são os mais conhecidos e os mais utilizados pela sua maior eficiência, compensando o seu custo mais elevado. Nesta categoria encontram-se os rotores multipás e os de 2 ou 3 pás.

Os rotores constituídos por 3 pás são os mais utilizados para geração de energia elétrica em larga escala são utilizadas como fonte de energia renovável, estes são impulsionados apenas pela força de sustentação.

Estes apresentam também maior eficácia pela sua menor resistência ao ar. A gama de potências dos aerogeradores estende-se desde os 100 W (comprimento das pás da ordem de 1 metro) até cerca de 8 MW (longitude das pás que supera os 80 metros).

Vamos agora perceber como funciona um aerogerador. Como é captada a energia do vento e “transformada” em energia elétrica utilizável. Para isso vamos usar como base e ilustração um aerogerador de rotor de eixo horizontal composto por 3 pás por ser o mais comum atualmente no mercado.

Na composição deste equipamento e falando de uma forma básica encontramos a torre, o rotor, o gerador e as pás.

Estes são os principais componentes mas podem ter outros constituintes como por exemplo sistemas de medição de vento, sistemas de controlo e outros mecanismos mecânicos.

Pás: captam o vento, convertendo sua potência ao centro do rotor. São construídas em processo praticamente artesanal a partir de materiais como o plástico e a fibra de vidro. O desenho das pás emprega as mesmas soluções técnicas usadas pela Aeronáutica nos cálculos de engenharia das asas dos aviões.

Rotor: elemento de fixação das pás que transmite o movimento de rotação para o eixo de movimento lento. Um de seus principais componentes é o sistema hidráulico que permite o movimento das pás em distintas posições para otimizar a força do vento ou parar a turbina por completo.

Torre: elemento que sustenta o rotor e a nacelle na altura apropriada ao seu funcionamento. Embora a maioria das torres sejam de aço, como foram originalmente construídas, hoje já existem outros modelos com diferentes tipos de material.

Nacelle: compartimento instalado no alto da torre composto por caixa multiplicadora, chassis, sistema de yaw, sistema de controlo electrónico e sistema hidráulico. É o componente com maior peso do sistema. Dependendo do fabricante do aerogerador, pode ultrapassar as 72 toneladas;

Gearbox (caixa multiplicadora): tem a função de transformar as rotações que as pás transmitem ao eixo de baixa velocidade (19 a 30 rpm), de modo que entregue ao eixo de alta velocidade as rotações que o gerador precisa para funcionar (1.500 rpm);

Gerador: converte a energia mecânica do eixo em energia elétrica;

Anemómetro: mede a intensidade, a velocidade e a direção do vento. Esses dados são lidos pelo sistema de controle, que garante o posicionamento mais adequado para a turbina.

Catavento: mede a direção do vento, é responsável por transmitir ao sistema de controlo a posição instantânea o vento, permitindo ao aerogerador manter-se orientado ao vento de forma a otimizar a energia cinética do vento, aumentando a potência produzida.

As pás giram com a força do vento, fazendo girar o rotor que por sua vez transmite a rotação multiplicada pela caixa multiplicadora ao gerador, o gerador converte normalmente em conjunto com um conversor de potência a energia mecânica recebida em energia elétrica.

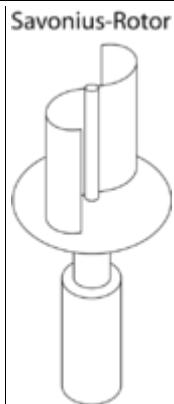
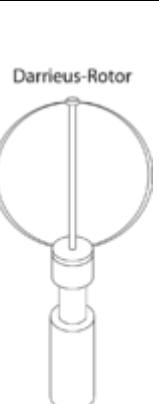
A energia elétrica produzida é injetada na rede elétrica do parque eólico e posteriormente na rede elétrica global.

Tipos de rotores

Existem dois tipos básicos de rotores eólicos: os de eixo vertical e os de eixo horizontal. Os rotores diferem em seu custo relativo de produção, eficiência, e na velocidade do vento em que têm sua maior eficiência.

Rotores de eixo vertical

Os rotores de eixo vertical são geralmente mais caros que os de eixo horizontal, pois o gerador não gira seguindo a direção do vento, apenas o rotor gira enquanto o gerador fica fixo, mas seu desempenho é inferior.

Savonius	<p>Savonius-Rotor</p>  	Darrieus	<p>Darrieus-Rotor</p>  
O rotor do tipo Savonius é um dos mais simples, é movido principalmente pela força de arrasto do ar, sua maior eficiência se dá em ventos fracos e pode chegar a 20%[4]		O rotor do tipo darrieus é constituído por 2 ou 3 pás (como as dos helicópteros), funciona através de força de sustentação tendo assim uma eficiência melhor que a do rotor savonius, podendo chegar a 40%[4] em ventos fortes.	

Rotores de eixo horizontal

Os rotores de eixo horizontal são os mais conhecidos e os mais utilizados pela sua maior eficiência, compensando o seu custo maior.

Multipás		tripá		
Os rotores Multipás são mais utilizados para bombeamento de água de poços artesianos, mas nada impede que sejam utilizados para geração de energia elétrica. Impulsionados tanto por força de arrasto como por força de sustentação, esses rotores têm seu pico de eficiência em ventos fracos, com uma eficiência de 30%[4]		Os rotores tripás são os mais utilizados para geração de energia elétrica em larga escala. São utilizadas como fonte de energia renovável, são impulsionados apenas pela força de sustentação. Apesar dos rotores com dois pás serem mais eficientes, são mais instáveis e propensos a turbulências, trazendo risco à sua estrutura, o que não acontece nos rotores de 3 pás que são muito mais estáveis, barateando seu custo e possibilitando a construção de aerogeradores de mais de 100 metros de altura e com capacidade de geração de energia que pode chegar a 69 MW (megawatts). Seu pico de geração de energia é atingido com ventos fortes e sua eficiência pode passar dos		

	45%.[4]	
--	---------	--

Aero geradores de baixa tensão

Os aero geradores de baixa tensão diferenciam-se dos aero geradores de alta tensão principalmente por terem tamanho e peso reduzidos em relação a estes, que normalmente são instalados nos cumes das montanhas ou em grandes planícies. O peso médio de um aero gerador de baixa tensão é de 100 kg.

Este tipo de equipamento poderá ser definido como um aero gerador doméstico, pois a quase totalidade dos equipamentos é instalada em habitações ou micro-indústrias. Ter um aero gerador a produzir electricidade unicamente para as nossas instalações pode ser uma realidade.

Tipos de sistemas eólicos

Sistemas isolados - São todos os sistemas que se encontram privados de energia eléctrica proveniente da rede pública. Estes sistemas armazenam a energia do aero gerador em baterias estacionárias, que permitem consumir energia nas temporadas em que não se verifique vento, evitando que a energia eléctrica falhe quando o aero gerador para. Mas para se poder consumir a energia que o aero gerador produz tem-se que a alterar, pois as tensões produzidas não são compatíveis com os aparelhos domésticos ou industriais, visto que a corrente produzida é contínua e a corrente pretendida é alternada. Para isso é usado um inversor senoidal de corrente, que faz isso mesmo, transforma a corrente contínua em corrente alterna. Este aparelho designa-se por senoidal porque a energia consumida (na Europa) refere-se a 230 V 50 Hz (para baixa tensão) ou 400 V 50 Hz (para alta tensão). Estes 50 Hz, quando analisados no osciloscópio, revelam um gráfico com uma forma de seno. É esta a função de um inversor, converter para estes 50 Hz de forma a obtermos energia eléctrica igual à dos requisitos dos equipamentos.

Sistemas híbridos - São todos os sistemas que produzem energia eléctrica em simultâneo com outra fonte electroprodutora. Esta fonte poderá ser de origem fotovoltaica, de geradores elétricos de diesel/biodiesel, ou qualquer outra fonte eletroprodutora. Nestes sistemas temos o mesmo funcionamento que nos sistemas isolados, a única alteração é que o carregamento das baterias estacionárias é feito por mais do que um gerador.

Sistemas de injecção na rede - São todos os sistemas que inserem a energia produzida por eles mesmos na rede eléctrica pública. Neste caso, a maioria dos

aero geradores são os de alta tensão, só uma pequeníssima minoria da totalidade de aero geradores instalados para este fim é deste tipo, pois a potência injectada na rede é muito menor que um aero gerador de alta tensão.

Eficiência

A transformação de energia cinética dos ventos em energia elétrica gerada não ocorre de forma integral. Há perdas de energia nas seguintes categorias: mecânicas (relacionadas à questões aerodinâmicas) e eletromecânicas (relacionadas às transformações que ocorrem na turbina geradora).

Lei de Betz

Publicada pelo físico alemão Albert Betz, em 1919, essa lei determina que a fração máxima de energia que pode ser aproveitada em uma turbina eólica é de 16/27 (59,3%). Ou seja, mesmo que o sistema eletromecânico seja ideal, só é possível extrair no máximo cerca de 59,3% da energia cinética dos ventos.

Na forma matemática, temos:

$$E = \frac{16}{27} \frac{\rho A v^3}{2}$$

Sendo:

ρ : densidade da massa do ar que entra na turbina

A : área varrida pela turbina

v : velocidade do vento que chega na turbina

Energia Eólica

O gerador eólico ou turbina eólica é um equipamento que tem a capacidade de captar a energia cinética contida nos ventos e transformá-la em energia elétrica.

Existem dois tipos básicos de sistemas: Sistemas Isolados (Off-Grid) e Sistemas Conectados à Rede (Grid-Tie).

Os Sistemas Isolados são utilizados em locais remotos ou onde o custo de se conectar a rede elétrica é elevado. São utilizados em casas de campo, iluminação pública, telefones de emergência, telecomunicações, bombeamento de água, etc.

Os Sistemas Conectados à rede substituem ou complementam a energia elétrica convencional disponível na rede elétrica.

Sistemas de Energia Eólica e seus Componentes

Os sistemas de energia eólica são capazes de gerar energia elétrica através do vento.

Um sistema eólico possui cinco componentes básicos:

Geradores Eólicos: São responsáveis por transformar a força cinética do vento em eletricidade. Podem ter um ou mais geradores eólicos que são dimensionados de acordo com a energia necessária.

Inversores: São os responsáveis por transformar a corrente contínua (CC) das baterias, no caso de sistema Off-Grid, em corrente alternada (CA) para alimentação dos equipamentos (110 V ou 220 V). No caso de sistemas Grid-Tie, além de transformar a corrente contínua (CC) vinda do retificador, também é responsável por sincronizar a energia gerada com a energia da rede elétrica.

Controladores de Carga: Funcionam como sistema de controle da carga das baterias, evitando sobrecargas ou descargas exageradas na bateria, aumentando sua vida útil e desempenho. Só é necessário em sistemas Off-Grid.

Baterias: Também utilizadas apenas em sistemas Off-Grid, armazenam a energia elétrica para que o sistema possa ser utilizado quando não houver sol.

Enquanto um sistema isolado necessita de baterias e controladores de carga, sistemas eólicos conectados à rede funcionam com retificadores e inversores, já que não precisam armazenar energia.

Torres: A torre é o componente onde o aerogerador é instalado posicionando-o em uma altura suficiente para que a energia gerada pelo vento possa ser aproveitada.

As torres podem ser treliçada ou tubular.

A altura pode variar de 6 m até qualquer altura que se queira. Quanto mais alta a torre, maior o seu custo.

Existem basicamente três tipos de torres:

Estaiada: Possui uma haste central de sustentação de onde saem cabos de aço que são ancorados por bases que suportam toda a força lateral exercida pelo sistema. Normalmente são as torres mais baratas se tornando mais viáveis para aerogeradores pequenos, mas necessitam de espaço para sua instalação.

Autoportante: Pode ser treliçada ou tubular e não há necessidade de cabos de aço. Requer estrutura mais robusta e mais cara, porém não necessitam muito espaço para instalação.

Hidráulica: São torres que possuem um êmbolo hidráulico em sua base para seu levantamento. São pouco utilizadas por serem muito caras.

Gerador Eólico

A energia eólica é considerada uma das tecnologias mais avançadas e inovadoras da atualidade, obtida por meio da força dos ventos, é considerada a energia mais limpa do planeta e está disponível em muitos lugares, com intensidades diferentes, ajudando gerar empregos, turismo em comunidades locais e contribui para o crescimento econômico mundial.

Com o avanço dessa tecnologia, as vantagens de sua implantação ficam ainda mais evidentes, considerando que há a preservação de recursos hidráulicos, auxílio no desenvolvimento econômico rural, uma vez que a instalação pode ser feita em áreas que já existam alguma atividade agrícola. Não produz resíduos sólidos ou gases tóxicos, é uma das fontes de energia mais econômicas na geração de energia elétrica em grande escala, oferecendo ainda, oportunidade de receita aos agricultores que arrendam suas terras.

A evolução da tecnologia resultou em aerogeradores de grande variedade de tamanhos, levando o mercado a segmentar-se em três grupos distintos, de acordo com a potência:

Aerogeradores de pequeno porte: Potências desde 0,1 kW até 100 kW,

Aerogeradores de médio porte: Potências desde 101 kW até 300 kW,

Aerogeradores de grande porte: Potências acima 300 kW.

Existem, basicamente, dois tipos de aerogeradores: de Eixo Horizontal e de Eixo Vertical.

Eixo Horizontal: O aerogerador de eixo horizontal é fisicamente menor, mais eficiente, mas esteticamente deixa a desejar.

A maioria dos fabricantes opta por sistemas com 3 pás pela relação custo x benefício e pelo grau de dificuldade no balanceamento.

Com um maior número de pás talvez fosse possível obter melhores rendimentos, mas não tão melhores que compensasse o custo de produção e a maior dificuldade no balanceamento das pás. Já com um menor número de pás a máquina ficaria mais barata, mais fácil de balancear, mas além de apresentarem uma eficiência menor, a sua operação apresentaria uma vibração indesejada, principalmente nas mudanças de direção do vento.

Eixo Vertical: O aerogerador de eixo vertical é melhor esteticamente, mas fisicamente um pouco maior e menos eficiente.

Podem ter uma quantidade maior de pás, pois, neste tipo de sistema, o balanceamento das pás é menos crítico. A quantidade de pás está relacionada com o projeto do fabricante.

Inversores ou Conversores

Os inversores transformam corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), além de transformar a tensão gerada pelos geradores eólicos e baterias até os

110 V, 220 V ou outra tensão utilizada por um aparelho elétrico.

Os geradores eólicos, quase sempre fornecem energia em corrente alternada (CA), sendo necessário transformar essa energia em corrente contínua (CC), por intermédio de um retificador.

Existem vários tipos de inversores, com relação à forma de onda fornecida:

Inversores de Onda Quadrada: São os inversores mais simples e econômicos, porém não podem ser utilizados com qualquer aparelho, como motores por exemplo.

Inversores de Onda Senoidal Modificada: Muito utilizado e bastante econômico. Produz uma onda intermediária entre a quadrada e a senoidal pura. Atende a maioria das aplicações, com exceção de aparelhos com controle de velocidade ou timers e motores, cada vez mais comuns. Estes inversores são uma boa escolha para pequenas instalações.

Inversores de Onda Senoidal Pura: Produzem uma onda senoidal praticamente perfeita e muitas vezes até mais limpa que a da própria rede elétrica. Podem ser utilizados com qualquer aparelho, apesar de mais caros.

Inversores para Conexão à Rede (Grid-Tie): Caso sua instalação seja conectada à rede, será necessário um Inversor Grid-Tie. Estes inversores, produzem uma onda senoidal pura e sincronizam a frequência com a rede elétrica. Geralmente possuem um mecanismo chamado “ilhamento”, que garante que o sistema não envia energia para rede quando ela estiver desligada, evitando choques elétricos no técnico durante a manutenção.

Inversores para Sistema Isolado (Off-Grid): Quando a instalação não é conectada à rede, será necessário um Inversor Off-Grid. Esses inversores produzem uma onda senoidal modificada ou senoidal pura e têm a função de transformar a energia armazenada em baterias (CC) em corrente alternada (CA) para alimentação dos equipamentos.

Inversor/Controlador de Carga: Tem a função de inversor e também de carregar as baterias. Permitem carregar e proteger as baterias evitando carga ou descarga exagerada.

Os geradores eólicos produzem mais ou menos energia de acordo com a velocidade do vento e as baterias não suportam esta variação. Para resolver este problema e também para melhorar a carga das baterias é que se utiliza o controlador de carga.

Tipos de Controlador de Carga

Controladores PWM: Os controladores PWM (Pulse Width Modulation) são os mais utilizados, pois apesar da menor eficiência se justificam pelo custo.

Controladores MPPT: Os controladores MPPT (Maximum Power Point Tracking), possuem maior eficiência, mas são mais caros.

Baterias

As baterias em um sistema isolado (Off-Grid) servem para garantir o fornecimento de energia quando não houver vento. São as baterias que determinam a autonomia de um sistema isolado. Dependendo do equipamento sendo alimentado, por exemplo, uma geladeira em um posto de saúde com vacinas, não pode deixar de funcionar devido a alguns dias sem geração e por isso as baterias devem ser dimensionadas para mais dias de autonomia, por segurança. Já uma aplicação mais simples ou menos essencial, poderia ser dimensionada para menos dias sem geração. Sistemas conectados à rede não necessitam de baterias já que a não geração é compensada pela energia da rede.

As baterias adequadas para sistemas de energia renovável são as baterias estacionárias ou de ciclo profundo. Estas baterias suportam grandes descargas que uma bateria comum não suportaria e é por isso baterias automotivas não devem ser utilizadas.

Tipos de Baterias

Baterias Automotivas: Estas baterias não devem ser utilizadas, pois foram projetadas para fornecer grandes correntes por curtos períodos de tempo, como durante as partidas do carro, por exemplo. Portanto, não suportam descargas profundas e por isso sua vida útil fica extremamente reduzida se utilizada em sistemas alternativos.

Baterias Estacionárias: Estas baterias utilizam placas mais grossas que as convencionais. Isso permite que suportem descargas profundas. São as mais econômicas e uma boa opção para sistemas pequenos. Sua vida útil é de 4 a 5 anos.

Baterias OPzS: São muito utilizadas para sistemas de energia alternativa e tem preços razoáveis para a sua vida útil. Estas baterias são ventiladas, ou seja,

liberam gás e devem ter reposição de água de tempos em tempos. Os gases são explosivos e, portanto deve permanecer em locais bem ventilados. Sua vida útil é de cerca de 10 anos.

Baterias de Gel: São baterias seladas de gel, que não liberam gás e que, portanto, podem ficar em locais fechados. Também são adequadas para embarcações, pois o gel não se movimenta dentro da bateria, mas não devem ficar em locais muito quentes. Sua vida útil é de mais de 10 anos.

Baterias AGM: A bateria com tecnologia AGM (Absorbent Glass Matt), que em português significa separador de fibra de vidro absorvente, tem como característica principal a absorção total da solução ácida (eletrólito) em seus separadores. Com isso, as placas fazem o contato com a solução ácida através do separador, proporcionando muito mais durabilidade que as baterias convencionais. São mais caras, mas geralmente pagam o investimento. Sua vida útil também é de mais de 10 anos.

As baterias são o primeiro item de desgaste em um sistema de energia alternativa e, portanto, a sua escolha deve levar em conta a dificuldade/custo de manutenção e troca. Sistemas de energia renovável são feitos para durar 30 anos ou mais e economizar em baterias pode não ser a melhor opção no longo prazo.

Energia renovável

Energia renovável é aquela que vem de recursos naturais que são naturalmente reabastecidos, como sol, vento, chuva, marés e energia geotérmica. É importante notar que nem todo recurso natural é renovável, por exemplo, o urânio, carvão e petróleo são retirados da natureza, porém existem em quantidade limitada. Em 2008, cerca de 19% do consumo mundial de energia veio de fontes renováveis, com 13% provenientes da tradicional biomassa, que é usada principalmente para aquecimento, e 3,2% a partir da hidroeletricidade. Novas energias renováveis (pequenas hidrelétricas, biomassa, eólica, solar, geotérmica, biocombustíveis e evaporação de corpos hídricos) representaram outros 2,7% e este percentual está crescendo muito rapidamente. A proporção das energias renováveis na geração de eletricidade é de cerca de 18%, com 15% da eletricidade global vindo de hidrelétricas e 3% de novas energias renováveis.

A energia do Sol é convertida de várias formas para formatos conhecidos, como a biomassa (fotossíntese), a energia hidráulica (evaporação), a eólica (ventos) e a fotovoltaica, que contêm imensa quantidade de energia, e que são capazes de se regenerar por meios naturais.

A geração de energia eólica está crescendo à taxa de 30% ao ano, com uma capacidade instalada a nível mundial de 318 105 mil megawatts(MW) em 2013, e é amplamente utilizada na Europa, Ásia e nos Estados Unidos. No final de 2009, as instalações fotovoltaicas (PV) em todo o globo ultrapassaram 21.000 MW e centrais fotovoltaicas são populares na Alemanha e na Espanha. Centrais de energia térmica solar operam nos Estados Unidos e Espanha, sendo a maior destas a usina de energia solar do Deserto de Mojave com capacidade de 354 MW.

A maior instalação de energia geotérmica do mundo é The Geysers, na Califórnia, com uma capacidade nominal de 750 MW. O Brasil tem um dos maiores programas de energia renovável no mundo, envolvendo a produção de álcool combustível a partir da cana de açúcar, e atualmente o etanol representa 18% dos combustíveis automotivos do país. O etanol combustível também é amplamente disponível nos Estados Unidos.

Exemplos de fontes de energia renovável

Eólica, solar e biomassa são três fontes emergentes de energia renovável.

O Sol: energia solar

O vento: energia eólica

Os rios e correntes de água doce: energia hidráulica

Os mares e oceanos: energia maremotriz

As ondas: energia das ondas

Energia da evaporação da água

A matéria orgânica: biomassa, biocombustível,biogás

O calor da Terra: energia geotérmica

Água salobra: energia azul

O hidrogênio: energia do hidrogênio

Fotossíntese: Fotossíntese artificial

Energia da fissão

Energia da fusão

As energias renováveis são consideradas como energias alternativas ao modelo energético tradicional, tanto pela sua disponibilidade (presente e futura) garantida (diferente dos combustíveis fósseis que precisam de milhares de anos para a sua formação) como pelo seu menor impacto ambiental.

Sistemas Isolados – Off-Grid

Os sistemas isolados ou autônomos para geração de energia eólica são caracterizados por não se conectar a rede elétrica. O sistema é geralmente construído com um propósito local e específico. Esta solução é bastante utilizada em locais remotos já que muitas vezes é o modo mais econômico e prático de se obter energia elétrica nestes lugares. Exemplos de uso são sistemas de bombeamento de água, eletrificação de cercas, geladeiras para armazenar vacinas, postes de iluminação, estações replicadoras de sinal, residências, etc.

A energia produzida é armazenada em baterias que garantem o abastecimento em períodos sem geração.

Os sistemas isolados de geração de energia, de maneira simplificada, são compostos por quatro componentes:

Geradores Eólicos: Geram a energia elétrica que abastece as baterias. Tem a propriedade de transformar a energia cinética do vento em corrente elétrica. Um sistema pode ter apenas um ou mais geradores eólicos, cada um com seu controlador de carga ou ser híbrido, contendo geradores eólicos e painéis fotovoltaicos ou outra fonte de geração de energia simultaneamente.

Controladores de Carga: Os controladores de carga garantem o correto carregamento das baterias evitando sobrecargas elevadas, aumentando sua vida útil.

Inversores: Os inversores têm a função de transformar corrente continua (CC) em corrente alternada (CA), e elevar a tensão, por exemplo, de 12 V para 127 V.

Baterias: As baterias armazenam a energia elétrica para ser utilizada nos momentos em que não haja geração e não haja outras fontes de energia.

Sistemas Conectados - Grid-Tie

Os sistemas de conexão à rede são caracterizados por estarem integrados à rede elétrica convencional. Diferente dos sistemas isolados que atendem a um propósito específico e local, estes sistemas também são capazes de abastecer a rede elétrica com energia que pode ser utilizada por qualquer consumidor da

rede.

Os sistemas conectados têm uma grande vantagem com relação aos sistemas isolados por não utilizarem baterias e controladores de carga. Isso os torna cerca de 30% mais eficientes e também garante que toda a energia seja utilizada localmente ou em outro ponto da rede. Sistemas de conexão à rede são utilizados tanto para abastecer uma residência, ou, no caso da geração ser maior que o consumo, injetar a energia na rede elétrica.

Para residências e empresas estes sistemas também são chamados de sistemas de auto-consumo. Se o proprietário do sistema produzir mais energia do que consome, a energia excedente fará com que o medidor “gire para trás”. Quando produzir menos do que consome, o medidor deverá “girar mais devagar”. Vale observar que o medidor deve ser apropriado para contabilizar o fluxo de energia nos dois sentidos. O medidor adotado no Brasil é o digital bidirecional.

Do ponto de vista dos componentes, um sistema Grid-Tie é composto por geradores eólicos, retificadores e inversores. Os inversores Grid-Tie, além de transformar a corrente contínua em alternada, devem sincronizar o sistema com a rede pública. Pelo fato do sistema estar conectado à rede, a falta de energia é compensada pela mesma, o que elimina a necessidade de baterias.

Energia eólica é a energia produzida a partir da energia cinética do vento (massas de ar em movimento) e do aquecimento eletromagnético do sol (energia solar), que juntos movimentam as pás de captadores.

A energia cinética do vento normalmente é convertida em energia mecânica por moinhos e cataventos, ou em energia elétrica por turbinas eólicas (ou aerogeradores).

A aplicação da energia eólica em trabalhos mecânicos por moinhos e cataventos, como a moagem de grãos e o bombeamento de água, remonta à origem da utilização dessa fonte de energia pela humanidade, a qual só passou a ser considerada uma alternativa para a geração de energia elétrica a partir da crise do petróleo, na década de 70.

A turbina eólica é composta por:

Anemômetro: mede a intensidade e a velocidade do vento. Funciona em média de dez em dez minutos;

Biruta (sensor de direção): capta a direção do vento. A direção do vento deve sempre estar perpendicular à torre para o maior aproveitamento;

Pás: captam o vento, convertendo sua potência ao centro do rotor;

Gerador: item que converte a energia mecânica do eixo em energiaelétrica;

Mecanismos de controle: adequação da potência nominal à velocidade do vento que ocorre com mais frequênciam durante um período determinado;

Caixa de multiplicação (transmissão): responsável por transmitir a energia mecânica do eixo do rotor ao eixo do gerador;

Rotor: conjunto que é conectado a um eixo que transmite a rotação das pás para o gerador;

Nacelle: compartimento instalado no alto da torre composto por: caixa multiplicadora, freios, embreagem, mancais, controle eletrônico e sistema hidráulico;

Torre: elemento que sustenta o rotor e a nacelle na altura apropriada ao funcionamento. A torre é um item de alto custo para o sistema.

Parque Eólico

um primeiro mundo: 7,5 MW de turbinas eólicas Estinnes Bélgica, 20 de julho de 2010, um mês antes da conclusão, ver o rotor em duas partes

7,5 MW de turbinas eólicas Estinnes Bélgica 10 de outubro de 2010, acabada

Um parque eólico ou usina eólica (brasileiro) é um espaço, terrestre ou marítimo, onde estão concentrados vários aerogeradores destinados a transformar energia eólica em energia elétrica.

Para a construção desses parques é necessário, dependendo do entendimento do órgão ambiental estadual, a realização de EIA/RIMA (Estudo e Relatório de Impacto Ambiental) pois a sua má localização pode causar impactos negativos como a morte de aves e a poluição sonora, já que as hélices produzem um zumbido constante. Os fabricantes, no entanto, alegam que os modelos mais recentes não geram mais ruído que o próprio vento que faz girar as turbinas, por não usarem mais engrenagens no acoplamento entre a turbina e o gerador.

Gerador Eólico artesanal

Construir um gerador eólico caseiro envolve uma série de dificuldades, não só técnicas, pois é necessário ter um bom conhecimento elétrico e eletrônico, como também ser um bom artesão, devido a maior parte da confecção do

gerador ser totalmente artesanal, como também a aquisição dos materiais e componentes apropriados impõe um grau de dificuldade bastante grande.

Vamos exemplificar a construção de um pequeno “Gerador de Energia Caseiro”, utilizando componentes mais fáceis de encontrar ou adquirir.

O que vamos ver a seguir é um Gerador para recarregar pequenas baterias ou pilhas recarregáveis.

Quem não tem uma pequena sucata de material elétrico ou eletrônico guardado num cantinho de casa, tal qual um aparelho de vídeo cassete antigo, uma impressora com defeito, um cooler (aquele ventilador pequeno usado para refrigerar as placas mães dos computadores), drive de disquete e outros parecidos?

Todos esses equipamentos têm em seu interior, motores de tamanho reduzido que servem para tracionar os mecanismos adequados ao funcionamento deles. Pois bem, esses motores minúsculos podem ser usados para a construção desse

Gerador.

Basta adaptá-los corretamente para que possam gerar uma corrente suficiente para recarregar as baterias de celular (baixa potência em KW/h) e baterias e pilhas recarregáveis.

Esses pequenos motores são chamados de “Motor Passo a Passo” ou ” Motor de Passo”, que permitem quando devidamente ligados, gerar ENERGIA.

O importante é que se tenha disponível o movimento do ar para impulsiona-lo, ou seja, faze-lo se movimentar através do vento, através é claro de uma hélice adaptada com eixo móvel (posicionamento da hélice de acordo com a direção do vento) ao motor utilizado, através do dispositivo denominado apoio abaixo dos diodos (no desenho) e pá de orientação, fazendo-o girar de um lado para outro.

Observe as medidas que devem ser as mínimas utilizáveis, para que haja uma RPM (rotação por minuto) adequada à produção de energia. As pás devem ser de material leve e resistente e bem centradas para não causar empeno no eixo do motor.

Um exemplo de pás leves e resistentes são as de alumínio de um ventilador de teto que esta com motor queimado e não aproveitável, ou até uma hélice plástica de ventiladores de mesa.

Tudo depende da quantidade de vento existente para impulsionar as pás. O motor também deverá estar protegido contra as intempéries (chuva, sol e poeira), pois ficará instalado externamente.

Esse tipo de motor tem vários enrolamentos (bobinas de campo), e que devem ser identificadas de acordo com os fios a elas ligados. Isso pode ser feito através de um Multímetro.

Essa medição se faz necessária para que sejam ligados corretamente aos Diodos Retificadores que serão acrescentados ao circuito.

A cada dois fios medidos, encontra-se uma medida de resistência ôhmica (Em torno de 4 ohms, e dependendo do tipo de motor pode variar). Essas medidas deverão ser do mesmo valor ôhmico no mesmo motor, visto serem as bobinas com o mesmo número de espiras (uma volta de fio em torno de um eixo imaginário) em cada uma.

Ao funcionar o motor, esses enrolamentos produzem Pulsos Elétricos que precisam ser retificados por uma Ponte de Diodos e filtrados por um Condensador Eletrolítico

As Pontes Retificadoras e os Condensadores produzem uma corrente contínua que pode ser diretamente utilizada para recarregar as Baterias e Pilhas recarregáveis.

Vai depender muito do tipo de motor utilizado a escolha dos componentes eletrônicos para a montagem da ponte retificadora e capacitor eletrolítico, pois dependem dos pulsos elétricos gerados pelo motor.

Se forem motores de driver de disquete ou impressora, os pulsos nunca vão além de 100 volts de tensão e corrente de 1 ampere.

Sendo assim pode-se utilizar na ponte retificadora (D), 4 diodos tipo 1N4001 ou uma ponte retificadora para 100 V/1 ampere.

O capacitor (condensador) eletrolítico pode ser um de 47 mfd ou mais, pois quanto maior a capacidade em micro farads, melhor será a capacidade de filtragem na saída.

Não se devem ligar os fios em uma bateria a ser carregada, sem antes observar a polaridade correta, pois a tensão de saída é CONTÍNUA, e assim tem polos distintos, sendo um positivo e o outro negativo.

A corrente de carga das baterias de níquel cadmio (nicad) não deve ser acima de 1/10 de sua corrente nominal durante um período de carga (em torno de 10 horas). E para esse controle pode-se usar um resistor R1 de valor em 10 ohms (Ω) ou um potenciômetro para variar essa corrente de acordo com a corrente (carga mais rápida ou mais lenta) que flui para as baterias. O capacitor C1 pode ser um de 47 ohms até 470 ohms.

Ao conectar as baterias para carregamento, verifique o posicionamento das mesmas em relação a sua polaridade.

O polo positivo da bateria tem que ser ligado ao polo positivo da saída do Aero Gerador.

Consequentemente o polo negativo ao seu correspondente.

Outra coisa muito importante é à distância dos cabos até a bateria a ser recarregada, pois quanto maior à distância, maior será a perca de corrente devido à resistência dos condutores à passagem da corrente.

Normalmente um sistema de Aero Gerador doméstico, produz picos de tensão em torno de 20 volts e se existir a necessidade de um comprimento de cabo com 150 metros, onde poderá fluir uma corrente com 100 watts de potência, a queda de tensão poderá ser considerável.

Veja o cálculo: vamos supor que seja à distância em 150 metros e com cabo de 1,5 mm².

Todo material metálico tem uma resistência específica a passagem da corrente elétrica, no caso do cobre de que é feito os condutores (fios), essa resistividade é 0,017, ou seja, a cada metro de cobre com 1,0 mm² de seção existe uma resistência de 0,017 ohms (Ω).

Podemos dizer então que a Resistência é igual à resistividade multiplicada pela distância em metros e dividida pela seção ou bitola do condutor.

Teremos assim: $R = 0,017 \times 150 / 1,5 = 1,7$ ohms (Ω)

Se o Aero Gerador produzir 20 volts para uma potência de 100 watts, a intensidade da corrente será de 5 ampères. Então a queda de tensão (perca) será de $1,7 \times 5 = 8,5$ volts.

A intensidade da corrente em ampères é calculada pela lei de OHM com a seguinte fórmula matemática: $I = p/u$ I= corrente p= potência u= tensão

(A corrente é igual à potência dividida pela tensão).

A dedução lógica será diminuir a distância dos cabos condutores o máximo possível, ou aumentar o calibre/bitola do condutor e assim reduzir satisfatoriamente a queda da tensão.

Agora você já tem todos os itens necessários para a montagem do seu Gerador de Energia Caseiro.

Existem outros projetos para modelos de Aero Gerador ou Gerador Eólico e até Foto Voltaico (Energia Solar) para uma potência maior, alimentando assim alguns setores de uma residência através de banco de baterias com inversores de tensão contínua para alternada, possibilitando a alimentação de aparelhos eletro domésticos em 127 ou 220 volts, mas que envolvem um custo mais alto e às vezes tornando quase inviável sua construção devido à descarga rápida das baterias, devido ao uso contínuo dessa energia armazenada e não tendo como repô-la imediatamente.

Mas com grandes investimentos é possível produzir Energia Eólica, até para alimentar um País, sendo o retorno desse investimento em pouco tempo, pois o combustível é à força do vento, depois é somente distribuição e manutenção, e a energia é limpa e não causa danos ao meio ambiente (sem precisar de represas, diesel, carvão, urânio e outros).

Temos como exemplo os Geradores Eólicos nos estados do Norte e Nordeste e até no Sudeste do Brasil e principalmente em outros países que produzem energia em larga escala usando motores geradores de tensão alternada, atendendo a demanda de uma cidade ou região.

Construir os discos magnéticos

Cortar os dois discos de aço de 12" para colocar os imans. Os imans (12) devem ser do tipo n50 e devem ser colocados no bordo dos discos como ilustra a figura. Após isso deve ser criada uma forma para a colocação de resina.

A distância entre os imans deve ser de forma a que as bobinas que irão ser criadas no passo a seguir toque em ambos os imans simultaneamente (pode observar isso na figura que possui uma anilha entre 2 dos imans).

Construir as bobines/enrolamentos

Efectuar o enrolamento das 9 bobinas e soldar estas numa configuração trifásica e preencher com resina segundo as figuras. Usar 35 voltas de 2 cabos em paralelo para um OUTPUT DE 12 VOLT.

Para um OUTPUT de 24 VOLT usar apenas voltas apenas com 1 cabo. O cabo a usar é de secção 0,5 mm² com isolamento em resina.

Construir a estrutura dos rolamentos

Cortar um pedaço de tubo com grande resistência, dentro desse tubo colocar um outro de menor diâmetro e comprimento. Este segundo tubo servirá para sustentar os 2 rolamentos no tubo principal.

Construir as pás

Pode usar um tubo largo para construir as pás com 10º de curvatura aproximadamente. Depois construir a estrutura de fixação das pás ao rotor.

Gerador Eólico

Descrevemos um simples gerador experimental que pode produzir alguns volts para a alimentação de pequenos aparelhos a partir da força do vento. Bastará posicionar o gerador com hélice em local onde ocorra o acionamento pelo vento e depois puxar os fios para a alimentação do aparelho desejado.

A tensão depende das características do motor usado e a corrente da intensidade do vento. O gerador nada mais é do que um pequeno motor de corrente contínua, ou seja, um motorzinho de pilhas do tipo que utiliza imãs permanentes.

Do mesmo modo que tais motores operam convertendo energia elétrica em energia mecânica, ou seja, movimento, eles também operam do modo inversor, como geradores. Neste caso, forçando a sua bobina a cortar as linhas de força do campo magnético dos imãs no seu interior, é gerada uma tensão que pode ser aproveitada num circuito externo.

Como a tensão é pulsante e sua polaridade depende do sentido de rotação do motor, acrescentamos ao projeto um diodo e um capacitor.

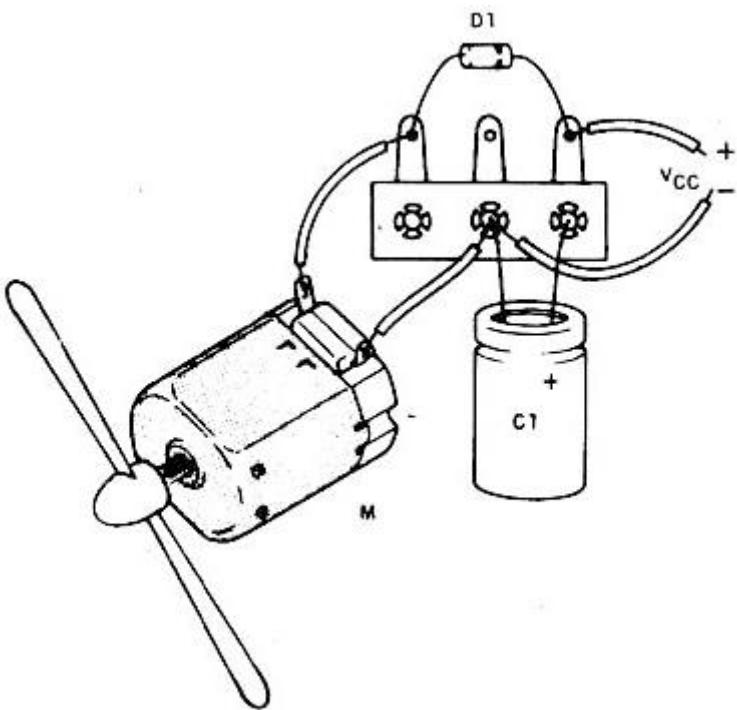
A finalidade do diodo é impedir a descarga do capacitor em caso de parada do sistema e o capacitor funciona como um filtro tornando a tensão de saída mais estável.

Sugerimos que o hélice seja do tipo de pás larga como encontrado em cataventos. O diodo pode ser o 1N4002 ou equivalente de maior tensão. O capacitor deve ter uma tensão de trabalho de pelo menos 16 V.

Prova e Uso

Para a prova basta ligar na saída um multímetro ou mesmo um LED com um resistor em série e girar o hélice. Coloque o gerador diante de um ventilador para experimentar.

Verifique o sentido de rotação que resulte na polaridade correta de saída, invertendo as ligações do motor, se necessário. Se conseguir um bom rendimento com bastante vento, você pode alimentar pequenas lâmpadas ou conjuntos de LEDs.



A maior vantagem do gerador de vento vertical é o fato de que a direção do vento não é um fator preponderante para o sucesso deste tipo de equipamento.

Basicamente, um gerador eólico vertical - ou turbina eólica de eixo vertical, é um tipo de gerador de energia eólica em que o eixo do rotor principal é fixado verticalmente, enquanto os geradores e outros componentes que produzem eletricidade, utilizando a energia mecânica, estão localizados na base.

Como resultado disso, estes tipos de geradores de vento podem ser afixados no chão ou no telhado de um edifício (muitos especialistas sugerem que a chaminé é um lugar ideal para a instalação de uma gerador eólico de modelo vertical).

Já os geradores de vento horizontais possuem o eixo do rotor principal na horizontal, sendo equipamentos montados em uma parte superior da torre. Os modelos de aerogeradores verticais têm percorrido um longo caminho a partir dos modelos de geradores eólicos mais antigos - com uma eficiência de 5 a 10%, para as variações de modelos de geradores de vento modernos e mais recentes, que prometem uma eficiência de cerca de 30%.

Micro e minigeradores eólicos são sistemas de geração elétrica a partir da força dos ventos com potência suficiente para produzir eletricidade para o abastecimento de pequenos consumidores, como casas, comércios ou, até mesmo, um galpão de uma indústria. Microgeradores são sistemas com

potência igual ou de até 75 kW, e minigeradores, acima de 75 kW e até 5 MW, segundo a Resolução Normativa REN 482/2012 da ANEEL, que foi recentemente alterada pela REN 687-2015.

Sistemas eólicos de pequeno porte estão mais próximos do solo do que grandes aerogeradores. Por isso, o terreno e o entorno da edificação deverão ser analisados antes de definir-se o local exato da instalação. Desse modo, será possível identificar obstáculos que possam influenciar o comportamento dos ventos.

De modo geral, a velocidade do vento aumenta com a altura e depende do que está construído nos arredores. Nas alturas mais baixas, ela é afetada pela fricção do vento com a superfície terrestre. Bosques ou áreas urbanas densas, por exemplo, podem abrandar muito o vento, enquanto áreas abertas, como lagoas, têm influência quase nula. Por isso aerogeradores são normalmente instalados em torres elevadas ou no topo de edificações, mantendo-se distantes de outros edifícios, árvores e eventuais obstáculos.

Com materiais simples você pode fazer um gerador eólico residencial de pequeno porte. Com canos de PVC para a construção das hélices, um dínamo de bicicleta, cabos elétricos, porcas, parafusos, arruelas e uma estrutura para servir de torre você pode construir um gerador eólico. Obviamente esse gerador não é capaz de suprir todas as necessidades de energia elétrica em uma residência, mas pode ajudar a reduzir a conta de luz e suprir em caso de falta de energia. Existem diversos projetos de aerogeradores disponíveis na internet.

É preciso advertir que a energia eólica nem sempre é eficiente, já que o gerador necessita da força dos ventos para gerar energia. O ideal é que o gerador eólico residencial seja instalado em uma área plana e aberta e na qual não exista a interferência de árvores e de grandes construções. Também é necessário se certificar de que o local escolhido dispõe de ventos fortes o bastante para manter o gerador eólico residencial em funcionamento para, a seguir, poder estabelecer a direção predominante do vento.

A altura é outro fator a ser levado em conta para fazer o gerador eólico residencial funcionar. É preciso avaliar se a construção de uma torre é necessária para aproveitar a força do vento, pois quanto mais alto, maior será a intensidade e mais livre ele estará das turbulências geradas pelo terreno e por construções próximas. O telhado de uma casa não é um bom local para a construção de um gerador eólico residencial, justamente por isso. É importante alertar que os geradores eólicos residenciais de tamanho maior podem provocar ruídos e interferir na paisagem local.

Outra preocupação existente é quanto à legislação para instalação desse tipo de estrutura, principalmente em áreas urbanas nas quais pode haver restrição

quanto à altura de determinadas estruturas. Não existe uma regulamentação nacional específica quanto à instalação doméstica desses equipamentos. Por aqui ainda não é possível vender o excedente às empresas de energia elétrica produzida por um gerador eólico residencial como em outros países em que a geração de energia nas casas está mais difundida.

A rede elétrica brasileira não está preparada para receber essa carga de energia excedente proveniente de fontes produtoras como, por exemplo, a de painéis solares. O problema pode ser solucionado com a aquisição de baterias para o armazenamento da energia gerada. Outro item a ser adquirido é o relógio medidor de consumo de energia para mensurar a quantidade de energia elétrica gerada pelo gerador eólico residencial. O medidor também é útil para medir a eficiência do aerogerador em determinados períodos.

Gerador eólico portátil para a obtenção de pequenas quantidades de energia, capaz de carregar equipamentos eletroportáteis, cujas baterias operam entre 1 e 5 ampères. sua estrutura permite o uso em locais diversos com segurança e eficiência para absorver o vento em qualquer direção e diferentes condições climáticas. ao contrário dos modelos já existentes, esse gerador utiliza, na sua constituição, quatro ventiladores de computador como dissipadores, auxiliando, também, na redução de resíduos eletrônicos e dos custos de produção. ainda, apresenta um compartimento na parte superior para proteger os dispositivos enquanto são carregados. a carga pode ser armazenada em até quatro baterias de lítio para posterior utilização e apresenta geração de energia comprovada com velocidades de vento a partir de 10 km/h, sendo ampliada conforme a velocidade aumenta.

As pás de um gerador eólico de pequeno porte realizam 300 rotações por minuto. A transformação da energia cinética das pás em energia elétrica pelo gerador tem rendimento de 60%, o que resulta na obtenção de 1 500 W de potência elétrica.

Considerando $\pi = 3$, calcule o módulo da velocidade angular, em rad/s, e da velocidade escalar, em m/s, de um ponto P situado na extremidade de uma das pás, a 1,2 m do centro de rotação. Determine a quantidade de energia cinética, em joules, transferida do vento para as pás do gerador em um minuto. Apresente os cálculos.

Turbinas eólicas verticais são usadas principalmente por ter um melhor comportamento em ventos turbulentos e emitir baixos níveis de ruído em comparação às turbinas eólicas de eixo horizontal. Não menos importante, a estética desse tipo de turbina pode ser mais atrativa. Por essas razões esse tipo de aerogeradores são considerados mais apropriados para regiões urbanas ou semiurbanas.

A velocidade angular no ponto P é dada por:

$$\omega_P = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3 \cdot \frac{300}{60} \Rightarrow \boxed{\omega_P = 30 \text{ rad/s}}$$

A velocidade escalar no ponto P é dada por:

$$v_P = \omega_P \cdot R = 30 \cdot 1,2 \Rightarrow \boxed{v_P = 36 \text{ m/s}}$$

A quantidade de energia cinética (E_c) transferida do vento para as pás em um minuto é dada por:

$$0,6 = \frac{E_{el.}}{E_c} = \frac{P \cdot \Delta t}{E_c} \Rightarrow 0,6 = \frac{1\,500 \cdot 60}{E_c} \Rightarrow \boxed{E_c = 1,5 \cdot 10^5 \text{ J}}$$

A energia eólica é a energia produzida pelo vento resultante das diferenças de pressão atmosférica causadas pelo aquecimento diferencial terrestre provocado pela radiação solar. A deslocação de massas de ar (vento) é influenciada pelas condições atmosféricas (intensidade e direção) por obstáculos e condições do solo. O aproveitamento da energia cinética do vento para produção de energia elétrica é efetuada através de turbinas eólicas acopladas a geradores. A este conjunto turbina-gerador é habitualmente chamado Aerogerador ou Turbina Eólica. Existem vários tipos de turbinas eólicas cujas as diferenças incidem essencialmente na direção do eixo de rotação (vertical e horizontal), forma e número de pás que constituem o rotor.

Quando exposto a vento suficiente, um aerogerador produz corrente alternada (CA) que, depois de retificada, é transformada em contínua (CC). A corrente é usada para carregar de baterias e posteriormente convertida em corrente alternada utilizável (alimentação direta de dispositivos ou para injetar na rede elétrica). Todos os aerogeradores vêm com o seu próprio sistema de controle de carga (A, B).

Tal como a energia solar a energia eólica é uma energia limpa, a sua inclusão em áreas ventosas em ambientes domésticos pode rapidamente trazer o retorno do investimento efetuado. Pode funcionar em simultâneo com módulos energéticos solares. O seu funcionamento não difere substancialmente, a energia captada por um aerogerador carrega um conjunto de baterias ou é injetada diretamente na rede pública.

Produção de energia

A produção de energia elétrica a partir do vento tem vantagens e desvantagens que devem ser ponderadas

Vantagens:

Não gera resíduos e não emite gases poluentes;

É uma fonte de energia inesgotável;

Os parques eólicos podem ser usados para outros fins, agricultura, pastorícia ou criação de gado;

É uma fonte barata de energia que pode competir com as fontes de energia tradicionais em termos de rentabilidade;

Não requer uma manutenção frequente e tem uma manutenção reduzida.

Potencial Eólico

O potencial eólico exige um conhecimento detalhado do comportamento dos ventos. Os dados relativos a esse comportamento que auxiliam na determinação do potencial eólico de um local, são relativos à intensidade da velocidade e à direção do vento. Para obter esses dados, é necessário também analisar os fatores que influenciam o regime dos ventos no local da instalação. Entre eles pode-se citar o relevo, a rugosidade do solo e outros obstáculos (edifícios, por exemplo).

A potência mecânica disponível (P) numa turbina depende grandemente (fator cúbico) da velocidade do caudal de ar que passa através dela, o que faz com que o interesse e o aproveitamento deste recurso varie muito com a intensidade e a direção do vento.

A potência do vento que passa perpendicularmente através de uma área circular $P = 1/2 (rv^3 r^2)$

Onde:

P = potência média do vento em Watts [W]

$r(\rho)$ = densidade do ar seco = 1,225 kg/m³ (PTN)

v = velocidade média do vento [m/s]

(π) =3.1415926535...

r = raio do rotor em m [metros]

Contudo, esta energia não pode ser inteiramente recuperada pelo aerogerador, pois há que evacuar o ar turbinado; introduz-se, de modo a tornar o cálculo mais preciso, o coeficiente C_p no cálculo da potência:

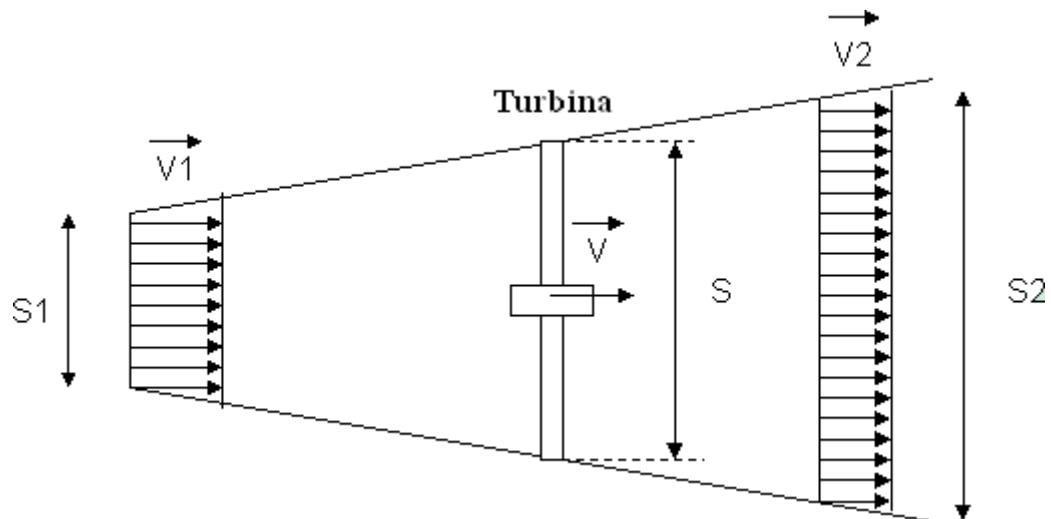
$$P = 1/2 (rv^3 \rho r^2 C_p)$$

O coeficiente de potência foi introduzido pela teoria de Betz. O coeficiente C_p caracteriza o nível de rendimento de uma turbina eólica; pode ser definido pela razão:

$$C_p = \frac{\text{Potência disponível no eixo}}{\text{Potência disponível (recuperável)}}$$

Límite de Betz

O limite de Betz indica que, mesmo para os melhores aproveitamentos eólicos (turbinas de 2 ou 3 pás de eixo horizontal), recupera-se apenas um máximo de 59% da energia do vento, o que significa que C_p máximo (teórico) é 0,59. Para uma aplicação real, este coeficiente é da ordem de 0,3 a 0,4 no máximo. A teoria de Betz coloca em modelo a passagem do ar antes e após a turbina, por um tubo de corrente onde:



V_1 é a velocidade do vento antes das pás da turbina
 V é a velocidade do vento nas pás da turbina, na ordem de 10 m/s
 V_2 é a velocidade do vento após ter transferido energia às pás da turbina
Onde $V_1 > V > V_2$, sendo estas velocidades paralelas ao eixo do rotor.



Para produzir energia elétrica é necessário um gerador eólico. A utilização pode variar, um gerador pode estar desligado da rede elétrica e ter um circuito independente suportado por baterias ou estar ligado diretamente à rede elétrica exterior injetando o sinal na rede. O primeiro caso, necessita de baterias que acumulem a carga, existe uma utilização autónoma. O segundo caso, necessita de um inversor aprovado pelo distribuidor e, nesse caso, o distribuidor pode até comprar essa energia.

Existe um outro tipo de utilização, um gerador autónomo que distribui enquanto as baterias tiverem carga e, no caso de não existir carga suficiente, o sistema comuta automaticamente para a rede elétrica de distribuição.

A maioria das pessoas têm a noção que vivem em locais ventosos, no entanto a maior parte das áreas residências não são adequadas para a produção de energia a partir do vento. As árvores e os edifícios diminuem a velocidade do vento, criam zonas de turbulência que podem ser destrutivas. É fundamental

que a zona de incidência se encontre desobstruída. Verifique os mapas de velocidades do vento.

Os locais abertos ou zonas junto ao litoral podem ser apropriados para colocar as turbinas. Uma torre alta pode ser útil e aumentar a rentabilidade da instalação, não esquecer que a turbina pode ter alguns efeitos nas áreas circundantes, os seus vizinhos podem não partilhar o seu entusiasmo, mas pode partilhar com eles a energia produzida e o trabalho de colocação, certamente os resultados vão ser diferentes.

As zonas de turbulência devem ser evitadas para instalar qualquer tipo de turbina eólica.

As turbinas eólicas funcionam com o ar fino, assim, necessitam de ter dimensões elevadas para produzir potências consideráveis. Um diâmetro de 2 metros (pá da turbina com 1 metro) pode produzir anualmente mais de 500 Kw/h. Um valor considerável para uma habitação média.

A maioria dos aerogeradores pequenos são usados para carregar baterias que posteriormente vão colocar essa energia elétrica transformada no setor normal de 220V. A escolha óbvia para um aerogerador caseiro será o alternador de um veículo automóvel. Mas a utilização de uma alternador tem alguns inconvenientes, o dispositivo funciona apenas com uma rotação elevada +/- 2000RPM a velocidade das pás raramente ultrapassa as 100RPM, existe assim a necessidade de multiplicar mecânicamente este diferencial. Neste processo existem perdas significativas. Em aerogeradores instalados a baixa altitude (em relação ao solo) existe um pequeno aproveitamento energético, existe a necessidade de ter um gerador com uma eficiência muito boa para ter aproveitamento.

Quase todas os aerogeradores pequenos de fabrico comercial usam geradores com ímans permanentes que não são fáceis de construir. O gerador é o componente fundamental para o êxito ou fracasso do projeto. Contenha o entusiasmo mas não desanime existem sempre soluções.

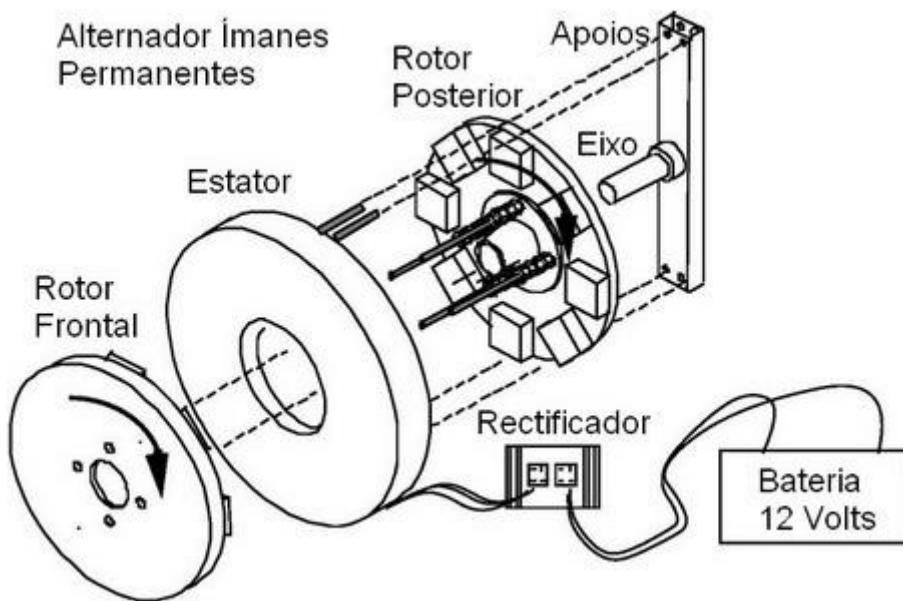
O alternador é constituído por:

Apoios e veios;

Estator que contém bobinas de fio;

Estator que contém imãs permanentes;

Rectificadores de corrente.



O estator inclui seis bobinas de fio de cobre moldada em resina de fibra de vidro. O estator é montado na coluna, mas não se move. Fios das bobinas transportam a eletricidade para o retificadores que transforma o AC em DC para carregar a bateria. O retificador é montado com dissipador de modo a evitar aquecimento excessivo e a sua deterioração.

Os rotores são montados em rolamentos que giram sobre o eixo. O rotor traseiro está por trás e incorporado no estator. A parte frontal é externa, é fixa à parte traseira por veios que passam pela furação no estator. As pás da turbina eólica são suportadas pelos veios que atravessam toda a estrutura. Ao girar, os rotores com ímãs, produzem fluxo magnético que induz nas bobinas. Este fluxo magnético é que produz a energia elétrica.

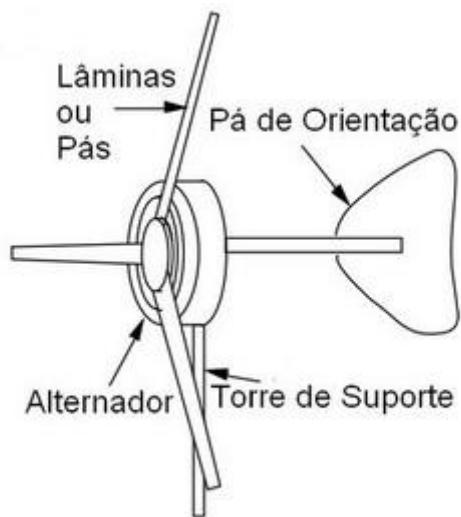
O alternador é concebido para pequenos geradores eólicos, destina-se a produzir energia pela transformação da energia mecânica do movimento giratório das pás em energia elétrica.

Para construir um aerogerador completo é necessário ainda, uma torre: pode ser usado um tubo de aço apoiado com cordas ou cabos, um suporte giratório no topo da torre assegura que, através da orientação de uma pá, esteja sempre em posição frontal em relação ao vento; O conjunto de lâminas destina-se a girar o alternador.

O gerador trabalha com baixas rotações. O gráfico mostra a potência disponibilizada pelo alternador. A 420 rpm que gera 180 watts, que são 15 amperes a 12 volts ($12V \times 15A = 180W$). Em alta velocidade gera mais energia, no entanto, este aumento de velocidade e de produção de corrente provoca aquecimento nas bobinas diminuindo a eficiência. Para velocidades do vento maiores, é melhor mudar as bobinas do estator, usando diâmetros de fio maiores ou alterando a forma como estão ligadas.

Se for utilizado sempre com velocidades de vento elevadas, é melhor usar um fio mais grosso possibilitando assim o transporte de mais corrente sem aquecer excessivamente. Utilizando um fio mais grosso, o número de espiras nas bobinas diminui, não possibilitando a sua utilização com baixas velocidades.

Para usar o alternador em altas e baixas velocidades é possível mudar a forma de como as bobinas são ligadas. Existem duas formas de conectar os fios do estator ao retificador. Podem ser conectados em 'estrela' ou 'delta'.



Alguns dos moldes e apoios podem ser usados posteriormente se pretendermos construir um outro aerogerador.



As bobinas serão feitas num molde de contraplacado (pode usar cartão, plástico ou outro apoio que permita bobinar). Como o número de espiras é reduzido (100 espiras), pode executar a bobinagem manualmente tendo especial cuidado para o fio ficar esticado. Para cada estator são necessárias 6 bobinas, é importante que o molde de bobinagem possa ser re-utilizado. A construção da bobina pode ser executada de várias formas, aqui fica um processo de fácil execução.

A parte que vai suportar o fio pode ser feita com duas peças e o interior com uma espessura de 13mm. A peça interior que vai suportar a bobina, é importante que não tenha arestas para que não danifique o isolamento do fio.

Os rotores para os ímãs são montados num cubo de rolamento (ver figura 10). O cubo tem um falange com furos. Pode haver quatro furos com 102 milímetros (4 polegadas)entre eles, o diâmetro de passo (PCD). Irá utilizar-se 102 milímetros de (PCD).

O Molde PCD será utilizado para furar os rotores e todos os componentes interligados. Os furos devem ser marcadas e perfuradas com muita precisão. (Veja Figura 11).

Corte um pedaço quadrado de 125 milímetros por 125 milímetros de chapas de aço;

Desenhe linhas diagonais entre os cantos e marque o centro exato;

Defina o compasso de 51 milímetros de raio (ou outro valor se o PCD for diferente)

Desenhe um círculo;

O diâmetro do círculo é igual ao PCD dos furos.

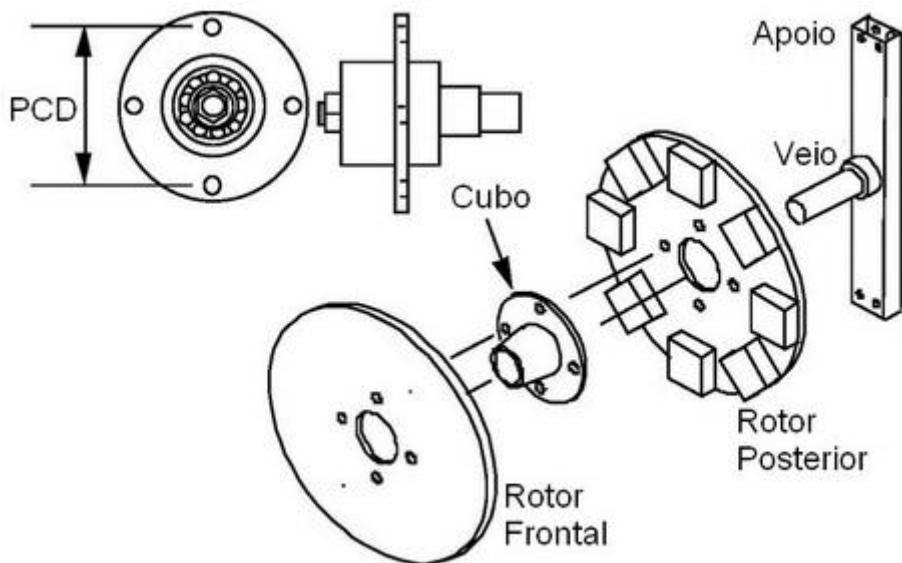
Marque ambos os pontos onde passa a linha do círculo.

Defina o compasso em 72mm

Marcar dois pontos exatamente esta distância das duas primeiras, sobre o círculo. (Se a PCD for diferente, esse tamanho não será 72mm).

Encontre o tamanho por tentativa e erro ou utilize a formula $PCD = d / \text{SIN} (180 / n)$;

Faça quatro furos exatamente a 72 milímetros do centro do círculo. Use uma broca pequena e depois um maior.



Este molde é para colocar os blocos de íman nos lugares corretos sobre os discos de aço. Apenas é necessário um molde. Faça o molde de 250x250 milímetros madeira prensada ou de alumínio (não de aço).

Marcar o centro da peça.(250 x 250mm);

Desenhe três círculos, com diâmetros de 50 milímetros, 102mm e 200mm, no centro;

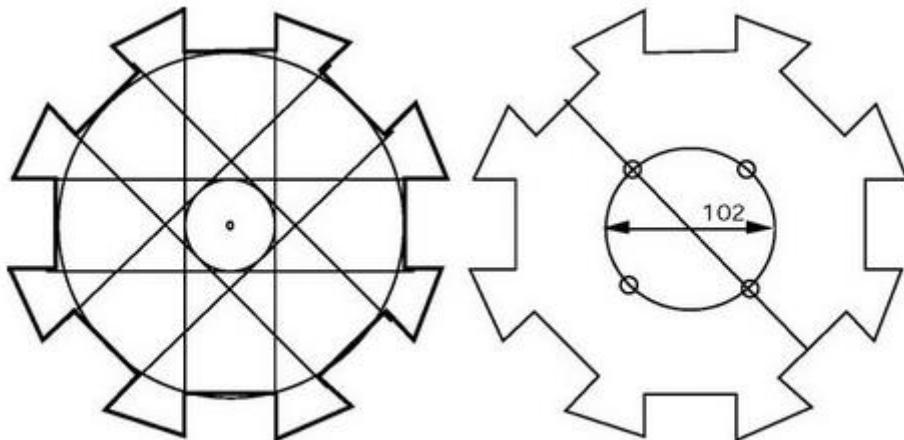
Desenhe um par de retas paralelas, tangentes ao círculo de 50 milímetros, conforme mostrado;

Desenhe mais 3 pares de linhas retas com ângulos de 45 a 90 graus para o primeiro par;

Utilizando estas linhas, marca a posição do ímã, e corte o molde ao longo das linhas em negrito, como mostrado na Figura 12;

Desenhe uma linha ligando os dois centros de cada ímã oposto;

Coloque o molde PCD em cima do círculo de 102 milímetros, alinhados com os centros de ímã, e faça quatro furos para combinar os quatro furos nos discos de aço.



Os moldes para o estator e rotores podem ser feitos de madeira ou alumínio. O formato da forma será a forma do lado de fora do estator. A superfície de cada molde deve ser perfeitamente plana. Os moldes devem ser fortes e leves. Não é fácil separar a "carcaça" do estator a partir dos moldes. Um martelo é geralmente uma boa opção. É importante verificar se as bobinas encaixam corretamente no molde antes de o fazer. Aqui está um dos métodos para fazer os moldes com base em soalho de madeira.

Cortar várias folhas de revestimento, com 500 milímetros de diâmetro.

Deixando uma de fora, em todas as outras corte um furo circular com 360 milímetros de diâmetro ficando um aro exterior;

Desenhe um círculo de 360 mm de diâmetro no disco que resta (o que não foi furado);

Faça um furo de 12 milímetros no centro do disco, para ajudar a centrar;

Cole os aros em cima do disco de modo a que forme uma pilha com 60 milímetros de profundidade do furo. Use uma boa quantidade de cola na parte interna dos aros;

O objetivo é desbastar o rebordo do molde para que fique uma diferença de 7 graus entre a base e o topo do molde.

Para remover a diferença para o aro de topo, pode ser utilizado um torno, motor ou uma simples roda manual que permita a remoção do material excedente. Verifique se as bobinas encaixam facilmente no interior da forma. Execute a furação com as dimensões iguais às anteriores.

Gestão de Riscos

Gestão de Riscos e qual sua importância, descobrir sua relação com a revisão da norma ABNT ISO 9001 de 2015, além de conferir também as 5 principais ferramentas que podem ser empregadas para gerenciar os riscos da sua empresa.

A incerteza da ocorrência de uma falha em determinado processo ou mesmo a possibilidade do aparecimento de um defeito em um produto fabricado não deixam de ser um risco, não é verdade? Ou seja, risco pode ser definido como um potencial não conformidade, ou ainda melhor, uma potencial oportunidade de melhoria.

Afinal de contas, todo processo, independente se fabril ou administrativo, está sujeito a falhas e consequentemente todo produto e resultado deste processo está sujeito ao defeito. Atuar então previamente ao surgimento de não conformidades eleva exponencialmente em longo prazo a confiabilidade deste processo. Isto é Gestão de Riscos.

Aliás, a própria última revisão da norma da ISO 9001 já deixou isto bem mais claro: elaborar procedimentos para executar ações corretivas ainda é essencial, contudo, o enfoque de um Sistema de Gestão da Qualidade deve ser a intervenção preventiva aliada à mentalidade do risco, já que é ela que impedirá que problemas de fato aconteçam.

Apesar desta norma da ISO não exigir documentação, contar com um procedimento para gerenciamento de riscos ou mesmo planilhas uniformes para o desenvolvimento de metodologias e ferramentas pode ser uma decisão muito profícua para propagar e difundir a filosofia de prevenção e melhoria contínua pelo ambiente corporativo.

Ferramenta: Matriz SWOT

A análise SWOT é uma excelente forma de assegurar que o desenvolvimento de futuros projetos para melhoria de desempenho esteja atrelado aos objetivos estratégicos do negócio. Isto é, esta ferramenta auxilia os dirigentes e gestores de uma empresa e/ou processo enxergarem os elos e riscos mais oportunos para atuação.

O termo SWOT é referente às suas 4 perspectivas: strengths, weaknesses, opportunities e threats – em português, forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, respectivamente. Todavia, por ser

um instrumento com forte apelo estratégico, sempre depende de outras para propiciar um gerenciamento de oportunidades mais adequado.

Ferramenta: Mapa de Processos

Assim como contamos com o auxílio de um mapa – físico ou não – para nos orientarmos com maior eficiência durante o percurso de uma viagem, os administradores de um processo também precisam conhecer na íntegra o funcionamento do mesmo. É por esta razão que realizar um mapeamento de processos é tão necessário.

Um simples fluxograma irá permitir conhecer as etapas com mais oportunidades potenciais, e até as atividades manuais mais propensas ao erro, por exemplo. Seu único ponto fraco é a necessidade de intercalar vários membros do processo para desenvolvê-lo, a fim de resultar na interpretação mais próxima possível da realidade.

Ferramenta: Diagrama de Pareto

Esta é uma ferramenta indispensável para a gestão de riscos de uma empresa. Não é a toa que por mais que o foco cultural deva ser a prevenção de não conformidades em todos os processos da organização, é praticamente impossível atuar de maneira integral sobre elas.

Ferramenta: 5W2H

Os aspectos fundamentais para administrar um plano de ação são todos contemplados por meio do 5W2H. Esta técnica possui como finalidade fornecer um compacto dos pontos de vista inevitáveis para coordenar uma ou mais ações. Logo, é extremamente adotado por gestores e coordenadores de projetos – incluindo de riscos.

Ferramenta: FMEA – Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos:

Esta talvez seja a metodologia mais empregada no mundo para gerenciar os riscos de uma companhia. Oriunda do setor militar norte-americano, a FMEA – em inglês, Failure Mode and Effects Analysis – tem como objetivo identificar as causas de falha de um processo para assim propor os meios mais eficientes para resolver ou mitigar todas elas.

Tipos de Sistemas Eólicos

Sistemas isolados – São todos os sistemas que se encontram privados de energia elétrica proveniente da rede pública. Estes sistemas armazenam a energia do aerogerador em baterias estacionárias, que permitem consumir energia quando não ventar, evitando que falte energia elétrica quando o aerogerador parar. Porém, para poder consumir a energia que o aerogerador produz é necessário alterar a corrente elétrica. As tensões produzidas não são compatíveis com os aparelhos domésticos ou industriais, visto que a corrente produzida é contínua e a corrente pretendida é alternada. Para isso é usado um inversor senoidal de corrente que transforma a corrente contínua em corrente alterna. Este aparelho designa-se por senoidal porque a energia consumida (na Europa) refere-se a 230 V 50 Hz (para baixa tensão) ou 400 V 50 Hz (para alta tensão). Estes 50 Hz, quando analisados no osciloscópio, revelam um gráfico com uma forma de seno. Essa é a função de um inversor, converter para estes 50 Hz de forma a obtermos energia elétrica igual à dos requisitos dos equipamentos.

Sistemas híbridos – São todos os sistemas que produzem energia elétrica em simultâneo com outra fonte eletroprodutora. Esta fonte poderá ser de origem fotovoltaica, de geradores elétricos de diesel/biodiesel, etc. Nestes sistemas temos o mesmo funcionamento que nos sistemas isolados, a única alteração é que o carregamento das baterias estacionárias é feito por mais de um gerador.

Sistemas de injeção na rede – São todos os sistemas que inserem a energia produzida por eles mesmos na rede elétrica pública. Neste caso, a maioria dos aerogeradores são os de alta tensão.

A energia de origem eólica é um dos tipos de energia renovável. O aerogerador utiliza a energia cinética do vento para movimentar o veio do rotor, convertendo-a, assim, em energia mecânica que, posteriormente, é convertida em energia eléctrica por um gerador electromagnético acoplado à turbina eólica. Este acoplamento mecânico pode ser feito directamente se a turbina e o gerador tiverem velocidades semelhantes, ou por intermédio de uma caixa de velocidades (multiplicador), caso contrário. A energia eléctrica assim produzida pode ter diversas aplicações: pode ser armazenada em acumuladores, pode ser distribuída aos consumidores através da rede eléctrica ou pode, ainda, ir alimentar cargas isoladas. Este sistema de conversão de energia também produz perdas. A título informativo, pode indicar-se um rendimento de 59 % para o rotor da turbina e 96% para a caixa de velocidades. Há ainda que contabilizar as perdas do gerador e de outros eventuais sistemas de conversão existentes (conversores electrónicos de potência).

A energia de origem eólica é um dos tipos de energia renovável. O aerogerador utiliza a energia cinética do vento para movimentar o veio do rotor, convertendo-a, assim, em energia mecânica que, posteriormente, é convertida em energia eléctrica por um gerador electromagnético acoplado à turbina eólica. Este acoplamento mecânico pode ser feito directamente se a turbina e o gerador tiverem velocidades semelhantes, ou por intermédio de uma caixa de velocidades (multiplicador), caso contrário. A energia eléctrica assim produzida pode ter diversas aplicações: pode ser armazenada em acumuladores, pode ser distribuída aos consumidores através da rede eléctrica ou pode, ainda, ir alimentar cargas isoladas. Este sistema de conversão de energia também produz perdas. A título informativo, pode indicar-se um rendimento de 59 % para o rotor da turbina e 96% para a caixa de velocidades. Há ainda que contabilizar as perdas do gerador e de outros eventuais sistemas de conversão existentes (conversores electrónicos de potência).

O termo energia eólica descreve o processo pelo qual o vento é usado para gerar energia mecânica ou elétrica. As turbinas eólicas convertem a energia cinética do vento em energia mecânica. Esta energia mecânica pode ser usada para tarefas específicas (tais como a moagem de grãos ou bombear água) ou um gerador pode converter esta energia mecânica em energia eléctrica. Para gerar a eletricidade, uma turbina eólica de geração de energia funciona ao contrário de um ventilador. Em vez de usar eletricidade para fazer ventar, como um ventilador, as turbinas eólicas usam o vento para produzir eletricidade. O vento gira as pás, que giram um eixo, que se liga a um gerador, produzindo eletricidade. O gerador são basicamente dois ímãs que, ao girar um sobre outro, produzem carga eléctrica. Essa carga é então direcionada para uma estação de armazenamento, que funciona como um nobreak gigante, e então distribuída pela rede eléctrica.

Tipos de turbinas eólicas

Turbinas eólicas modernas se dividem em dois grupos básicos: a variedade de eixo horizontal, e as de eixo vertical. Turbinas eólicas de eixo horizontal tipicamente possuem duas ou três lâminas. Estas turbinas eólicas de três pás são operados “contra o vento”, com as lâminas de frente para o vento. Outros modelos são instalados “a favor do vento”, mas o princípio de funcionamento é o mesmo. As turbinas eólicas podem ser construídas em terra ou no mar, em grandes massas de água, como oceanos e lagos, ou espalhadas em grandes áreas, onde há um fluxo constante de ar na maior parte do ano.

Potência de geração de energia das turbinas eólicas

As turbinas eólicas de geração de energia variam de 100 kilowatts a potências tão grandes quanto vários megawatts. Turbinas eólicas maiores são mais rentáveis e são agrupadas em parques eólicos, que fornecem grandes quantidades de energia para a rede elétrica. Nos últimos anos, tem havido um aumento em instalações de energia eólica no mundo, em geral, inclusive no Brasil. Isso acontece por esta ser considerada uma das (senão a mais) limpas maneiras de produzir energia elétrica. Engenheiros são cada vez mais exigidos para trabalhar com estes tipos de turbinas, principalmente na agropecuária, que visa economizar na produção.

Turbinas pequenas e simples, abaixo de 100 quilowatts, são usadas para residências, antenas de telecomunicações ou de bombeamento de água. As pequenas turbinas são por vezes usadas em conexão a geradores a diesel, baterias e sistemas fotovoltaicos. Estes sistemas são chamados sistemas eólicos híbridos e são normalmente utilizados em lugares remotos, fora das redes locais, onde uma conexão com a rede elétrica não está disponível.

A energia eólica tem como fonte as movimentações das massas de ar causadas por um conjunto de eventos astronômicos e físicos como as mudanças de temperatura na atmosfera, os movimentos da terra e a radiação solar, sendo o fenômeno conhecido como vento.

Através dos princípios da aerodinâmica se pode obter, mediante a massa de ar e da velocidade do vento, a quantidade de energia cinética contida no vento. Aplicando esse princípio as excentricidades do conjunto eólico, pode-se reescrever os princípios da energia cinética para adequá-la ao projeto eólico. Posteriormente, se obtém a potência disponível pelo vento, sendo este potencial proporcional à densidade do ar, à área de abrangência do aerogerador e ao cubo da velocidade do vento.

Sabe-se que a velocidade dos ventos é muito inconstante e projetar um conjunto eólico para trabalhar em função de uma única velocidade de vento significa perda de energia que poderia ser convertida. Para isso, os geradores eólicos devem funcionar com velocidade de rotação variável para manter o rendimento aerodinâmico em seu valor máximo independente da velocidade do vento.

O rendimento máximo pode ser entendido conhecendo a relação curva e potência e velocidade rotacional.