

ESTUDO DA VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA EÓLICO RESIDENCIAL

Resumo: Este artigo tem como objetivo estudar formas de viabilizar um sistema residencial de geração de energia por aerogeradores com a máxima conversão da energia mecânica do vento em energia elétrica de qualidade. A primeira parte consiste em analisar as estruturas do aerogerador, estudando as melhores formas de posicioná-lo no ambiente. Também são propostas formas para que haja o melhor aproveitamento da incidência do vento e a menor perda de energia no sistema de conversão da energia das turbinas em energia elétrica disponível para o consumo. Por fim, é feita a análise de mercado, procurando modelos de aerogerador para cada tipo de situação, visando ao melhor modelo para um sistema residencial viável e eficiente.

Palavras-chave: Aerogerador. Eficiência. Viabilidade. Análise. Mercado.

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é de grande importância na vida moderna, principalmente por ser propulsor da sociedade já que seu uso faz parte de todas as áreas do desenvolvimento, como indústria, comércio, serviços e domicílios. Porém as fontes de energia elétrica são algo que deve receber uma atenção maior no cenário atual devido aos grandes impactos, tanto ao meio ambiente quanto ao setor econômico.

No ano de 2001, o Brasil enfrentou uma grande crise energética: reservatórios chegaram a um quarto da capacidade, o que levou as autoridades políticas e regulatórias a tomarem medidas rigorosas para contornar esta crise. O governo decretou racionamento de energia em grande parte do país e, caso esta medida não fosse cumprida pelos consumidores, haveria multas e até desligamentos compulsórios na rede elétrica.

Nesse ínterim, houve no Brasil, um grande aumento de incentivos para a geração de energia que não estivessem relacionadas aos recursos vulneráveis à escassez, como é o caso das energias hidrelétricas, que dependem da abundância da água para a sua geração. Nessas circunstâncias, houve um grande apoio por parte do governo, órgãos reguladores e bancos públicos sobre geração eólica, tendo em vista que esta é uma energia limpa (não acarreta poluição, impactos ambientais), barata e renovável.

Há algum tempo, tem ocorrido uma redução de custos de mais de 300% impulsionada por novas tecnologias na fabricação de turbinas eólicas. Em 2004, foi editado um decreto que estabelecia o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), um programa cuja fonte de financiamento é um encargo cobrado na conta de energia de todos os consumidores no país, exceto os de baixa renda. O programa tem como objetivo aumentar a participação das fontes de energia renováveis na matriz energética brasileira, por meio de incentivos financeiros. Desde

sua criação, o programa tem privilegiado a geração de energia proveniente dos ventos, a energia eólica.

O Brasil é o país onde a tarifa de energia elétrica residencial é a 14ª mais cara em relação aos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), comprometendo em quase 15% o orçamento das famílias. Uma das causas é que, na matriz energética brasileira, cerca de 20% da energia é gerada por termelétricas que, em suma, são mais caras do que as outras fontes. Dentre as fontes de energia sustentáveis, a eólica é que apresenta melhores preços competitivos. No leilão de geração A-4 de empreendimentos feitos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), a energia eólica teve um preço de R\$67,60/MWh contra R\$118,07/MWh da energia solar, mostrando que é a fonte de energia sustentável mais competitiva no momento. Sendo ótima alternativa para a substituição das usinas termelétricas.

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (Inmet), o litoral brasileiro, de forma geral, apresenta ventos propícios ao aproveitamento da energia eólica. O litoral das regiões Nordeste e Sul é considerado o mais apropriado para a utilização dessa energia, tendo ventos fortes em grande parte do dia.

Aerogeradores são recomendáveis em regiões onde há grande incidência de ventos por longos períodos do ano. A grande vantagem do uso desta tecnologia comparado aos painéis fotovoltaicos é a produção de energia em qualquer horário, diferente da energia solar que é ativa apenas durante o dia, ou seja, somente quando há luz do sol.

Este artigo tem como objetivo estudar as melhores formas para a viabilizar a construção de aerogeradores e de como aproveitar o máximo da energia gerada por eles.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os primeiros relatos da utilização da energia eólica foram em embarcações por volta de 4000 a. C., devido a um barco naufragado que foi encontrado num túmulo na região da Mesopotâmia. Mais tarde, cerca de 1000 a. C., a energia mecânica dos ventos já estava sendo utilizada em uma escala maior de embarcações, com destaque para as Caravelas europeias que auxiliaram no descobrimento de vários territórios. Elas conseguiam obter uma boa velocidade de navegação em dias de vento forte e se manter em sua rota conforme o vento lhes favorecia.

De acordo com Stano Júnior e Tiago Filho (2007), o sol é o grande responsável pela criação dos ventos. O vento sobre os continentes e oceanos ocorre devido às diferenças de temperatura ao redor da Terra. Alguns locais, principalmente aqueles próximos do Equador, recebem maior incidência da luz solar direta do que aqueles próximos dos polos Norte e Sul. Como resultado, o ar sobre as áreas mais quentes se aquece e se eleva. O ar frio das áreas próximas se movimenta de forma a preencher o espaço deixado pelo ar que se elevou, criando assim o vento de superfície.

A energia eólica também era utilizada para o bombeamento de água e moagem de grãos por meio de cata-ventos. Esse tipo de moinho de eixo vertical veio a se espalhar pelo mundo islâmico sendo utilizado por vários séculos (DUTRA, 2008). Há cerca de 150 anos, estudos científicos vêm sendo desenvolvidos para a conversão da energia cinética dos ventos em energia elétrica no curto prazo, considerando os fatores de segurança e eficiência energética, as questões de custo socioambiental e as problemáticas da viabilidade econômica.

Segundo Dutra (2008), com o avanço da rede elétrica, foram feitas, no início do

século XX, várias pesquisas para o aproveitamento da energia eólica em geração de grandes blocos de energia. Enquanto os Estados Unidos estavam difundindo o uso de aerogeradores de pequeno porte nas fazendas e residências rurais isoladas, a Rússia investiu na conexão de aerogeradores de médio porte diretamente na rede. Porém, mais tarde, as fontes de energia começaram a se tornar algo preocupante ao se fazerem previsões futuras sobre o desenvolvimento do planeta e o cenário pós-Guerra Mundial. Grandes esforços foram realizados no sentido de economizar combustíveis fósseis, o que acabou contribuindo para o desenvolvimento de pesquisa no setor eólico (GAVINO, 2011). A Dinamarca foi um dos países com o maior crescimento no setor de energia eólica. O país foi pioneiro no desenvolvimento de modelos de turbinas de pequeno porte em torno de 45kW, que eram utilizadas para fornecer energia a soldados em áreas isoladas.

Além disso, com o passar dos anos, a demanda por energia elétrica nas áreas mais industrializadas sofreu um grande crescimento, assim como nos últimos anos também. Este fato tem deixado os governos mais preocupados em pensar sobre uma linha de raciocínio na qual houvesse um fornecimento de energia a curto e longo prazos, incentivando a inclusão de fontes renováveis (ANEEL..., 2012). A consequência de todos os fatos foi a rápida expansão, desde a década de 1990, da produção de energia por meio de fontes alternativas como a eólica.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias e a necessidade do aumento da produção de energia, surgem no mercado diversos modelos de turbinas eólicas, ajustados para as mais variadas condições de uso e instalação. Um sistema eólico pode ser utilizado em sistemas isolados, híbridos e conectados a uma rede.

Sistema isolado ocorre quando o aerogerador não está conectado à rede de distribuição. Em sua maioria, a energia gerada é consumida pelo local onde está instalado e o excedente é armazenado em banco de baterias para que o fornecimento de energia não seja interrompido durante momentos em que não há incidência de vento. Nesse tipo de sistema, são necessários dispositivos que controlem a carga e descarga da bateria. O controlador de carga tem como objetivo evitar danos à bateria como sobrecarga ou uma descarga muito intensa devido a uma grande demanda. Além disso, precisa-se de um inversor para que faça a conversão da energia gerada pela turbina, que tem frequências e tensões variadas, para um padrão de tensão e frequência que possa ser utilizada em equipamentos domésticos.

Os inversores têm certa eficiência, ou seja, é analisada a energia que chega até o aparelho e a energia que ele disponibiliza para o sistema. Então, se o inversor apresentar baixa eficiência, a energia produzida estará sendo desperdiçada ao ajustar a amplitude e frequência aos padrões da rede residencial instalada. A energia será desperdiçada também se os condutores forem mal dimensionados.

O aerogerador é de baixa tensão e se diferencia daqueles de alta tensão principalmente por ter tamanho e peso reduzido em relação a estes, que usualmente são instalados nos cumes das montanhas ou em grandes planícies. O peso médio de um aerogerador de baixa tensão é de 100 Kg. Este tipo de equipamento pode ser definido como um aerogerador doméstico, pois a quase totalidade dos equipamentos é instalada em habitações ou microindústrias. São usados isoladamente para alimentar localidades remotas e distantes de rede de transmissão.

Se a instalação da geração de energia eólica pelo sistema isolado não for viável para o campo e não conseguir atender aos objetivos para determinada área, têm-se uma

opção distinta que é a implementação de sistemas interligados à rede. Tais sistemas, interligados à rede de transmissão, no caso do Brasil, ocorrem quando há mais de 100 turbinas eólicas. Nesse caso, as turbinas ficam instaladas, quase sempre, a 200 m umas das outras, de forma a não atrapalhar no escoamento do vento entre elas.

Nesse sistema, não há necessidade de armazenamento da energia gerada, já que toda a produção é escoada à rede de transmissão de energia e esses sistemas podem ser instalados, tanto no solo, quanto no mar. A instalação de aerogeradores no mar requer uso de grandes estruturas de sustentação e suporte para as torres, exigindo condições especiais de transmissão de energia. O custo desse empreendimento é mais caro, mas a velocidade média do vento chega a ser 20% maior do que em terra, e a energia resultante pode ser até 70% maior (UM NOVO..., 2012). Além desse benefício, há outro que é a não necessidade de desapropriação de terras.

O grande diferencial deste último sistema para o primeiro é a não necessidade do uso de banco de baterias já que, no momento em que a energia é produzida, ela é fornecida à rede pública o que traz maior aproveitamento de todo o sistema.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido com uma pesquisa bibliográfica a partir da consulta a fontes que apresentassem estudos especialmente mais recentes acerca da produção de energia por aerogeradores.

Posteriormente, foram levantadas as características de cada sistema assim como as suas vantagens, conforme exposto na Seção 2 deste estudo.

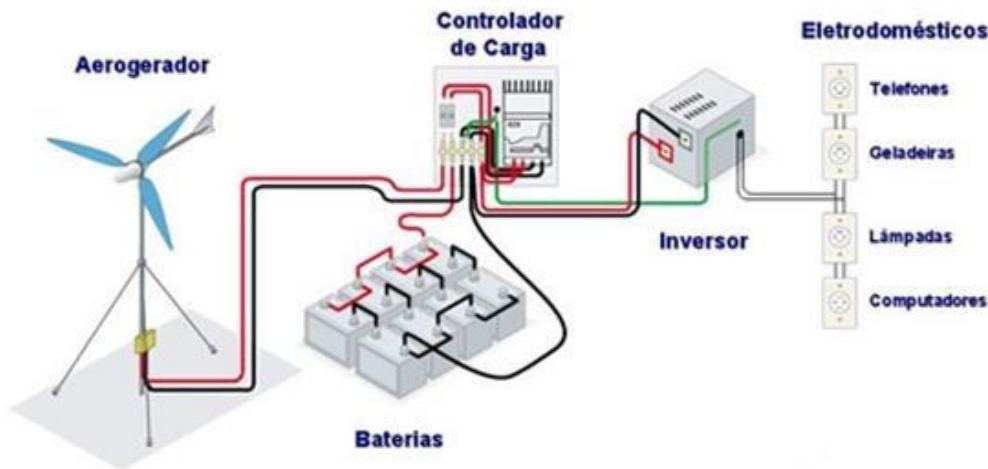
Para validar os procedimentos, foram analisados, teoricamente, os dois principais modos de instalação (*On-grid* e *Off-grid*) cujos resultados estão expostos na Seção 4.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Um sistema de pequeno porte de geração elétrica residencial é composto por geradores (podem ser desde painéis solares a turbinas eólicas), os controladores de carga e inversores. Os aerogeradores têm a função de transformar a energia mecânica dos ventos em energia elétrica por meio de indução magnética em seu motor. Essa energia gerada por ele apresenta variações e instabilidades na frequência e tensão, necessitando de um inversor que faça as correções na entrada para que ela seja normalizada e utilizada em outros fins.

No *off-grid*, a energia gerada pelos aerogeradores é consumida no local de estabelecimento do sistema, seja uma casa ou algum estabelecimento de médio porte. Porém, quando houver baixa demanda, a energia produzida em excesso será armazenada em bancos de baterias para uso posterior, quando houver demanda acima da oferta. Esse tipo de sistema pode ser ilustrado pelo diagrama da Figura 1 que conta com um gerador eólico, controlador de cargas, banco de baterias e um inversor de frequência instalados.

Figura 1 - Sistema de geração eólica residencial *off-grid*



Fonte: Dutra (2008, p. 48)

A vantagem desse sistema é a sua fácil instalação, principalmente em locais isolados onde não há redes de distribuição de energia. Mas a grande desvantagem de usá-lo é seu alto custo de implementação ocasionado pelo banco de baterias que têm vida útil pequena e devem ser trocadas periodicamente de acordo com a intensidade da demanda energética sofrida pelo sistema. Este período de troca pode ser menor se o local onde elas se encontram forem insalubres, quentes e estiverem mal dimensionados.

O sistema *off-grid* se depara com uma outra desvantagem, a saber: ele fica limitado a baixas potências devido, novamente, ao seu custo de implementação. Por isso é interessante que mais empresas se especializem na área a fim de que o mercado se torne mais competitivo e os preços mais acessíveis. A qualidade do serviço prestado também seria algo que receberia maior atenção devido a este tipo de concorrência.

Para amenizar o alto investimento inicial nesse tipo de projeto, empresas como a Solar City desenvolveram uma nova abordagem e logística sobre a instalação deste sistema. Primeiro é feita uma consultoria ao cliente e elaborado o projeto que mais o atende de forma eficiente. Em seguida, a proposta de financiamento do projeto é apresentada sem custo inicial ao proprietário. Devido à geração alternativa em sua residência, o cliente terá menor custo com a conta de energia da sua casa. Inicialmente o proprietário não terá que pagar nada à empresa contratante e esta dívida será paga com o valor que virá a menos na conta de energia do proprietário do imóvel onde o sistema foi instalado. E isso acontece por meio de um contrato até que a dívida seja paga por completo.

Esta é uma logística interessante que as empresas estão adotando hoje em dia para contornar o alto custo inicial da instalação e aumentar cada vez mais o número de clientes. Outro ponto interessante é que famílias de baixa renda passam a ter acesso a este tipo de tecnologia e possam também contribuir para um desenvolvimento sustentável. A ideia ainda abrange os sistemas que são interligados à rede; a ideia é trazer para a realidade das pessoas uma tecnologia que promova benefícios para a população e de modo que provoque maior competitividade no mercado energético entre as concessionárias de energia.

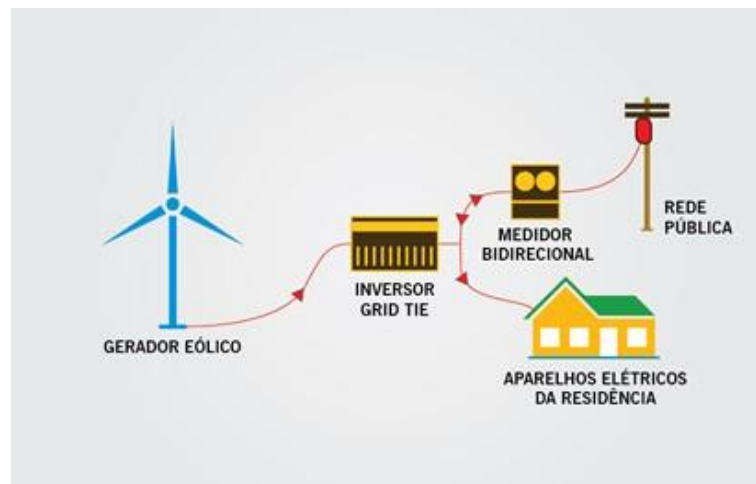
Outro sistema bastante utilizado é o *on-grid*, no qual a energia gerada pelos aerogeradores é consumida no local e, se houver excedente, é transferida para a rede de

transmissão gerando créditos para o gerador. Esses créditos podem ser desde créditos tarifários ou energia elétrica que pode ser consumida posteriormente quando o sistema não conseguir suprir a demanda.

Esse sistema é vantajoso para ser instalado em zonas onde há rede de distribuição de energia elétrica. No Brasil, em 2015, a Aneel lançou a primeira regulamentação que permitiu que consumidores residenciais vendessem energia para a sua concessionária de distribuição de energia. O grande ponto positivo de usar o *on-grid* é a possibilidade de ter um sistema com alta disponibilidade de energia a qualquer horário e a extinção do uso de baterias, diminuindo custos e proporcionando ao projeto uma vida útil maior, e isso os torna 30% mais eficiente. Mas a desvantagem em destaque é no Brasil, a forte burocracia que diz respeito a esse sistema. Por ser de suma importância a presença de uma rede de transmissão, deve-se ter um engenheiro eletricista responsável por assinar o projeto, este ser aprovado pela concessionária, além de ser cadastrado na Aneel e analisado.

O sistema *on-grid* é mais apropriado a pessoas que pretendem alimentar toda a sua residência ou empresa, levando em consideração que tenha disponível uma rede de distribuição. Para esses casos, percebe-se que é mais comum o uso desse sistema em zonas urbanas. A Figura 2 apresenta o esquema de um sistema *on-grid* (interligado com a rede elétrica de distribuição).

Figura 2 – Esquema de um sistema *on-grid*



Fonte: (GERAÇÃO..., [200-])

Portanto, o retorno benéfico com o uso de um sistema desse tipo é diretamente relacionado ao custo. A produção em excesso é enviada à rede de transmissão e convertida em créditos de energia, podendo ser utilizada em outras unidades do proprietário. Se este estiver regularizado com a distribuidora de energia elétrica da região, todo aquele excesso contado no medidor será descontado do valor total da fatura. Caso contrário, todo esse remanescente será doado para a companhia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto neste estudo, percebe-se que o sistema de geração de energia renovável *on-grid* apresenta melhor custo benefício ao consumidor, por ser um sistema que não necessita de um banco de baterias, o que diminui consideravelmente o custo do projeto. Além disso, a energia gerada em excesso pode ser vendida à concessionária em forma de créditos o que tornaria a conta de energia ainda mais barata.

Entretanto, alguns cuidados devem ser tomados quanto a esse tipo de sistema, principalmente na parte da implementação. Todas as normas vigentes que regem este tipo de projeto interligado à rede devem ser seguidas com minúcia; caso contrário o proprietário estará sujeito a multas, suspensões temporárias no fornecimento de energia e todos os preceitos previstos na legislação vigente.

Ainda assim, a possibilidade de se instalar um sistema que não esteja interligado à rede de distribuição (*off-grid*) é muito relevante, principalmente em regiões onde a energia fornecida é muito instável ou ainda não é disponibilizada. Em regiões isoladas, como fazendas muito ao centro de vegetações fechadas ou até mesmo em tribos indígenas, esse tipo de sistema é muito recomendado. Vale ressaltar que o estudo do índice de vento anual, semestral e mensal deve ser feito da mesma forma e o banco de baterias e controladores deve ser dimensionado de acordo com a demanda local da instalação. Nesses casos, é ainda mais imprescindível que todo o sistema seja muito bem feito por se tratar de regiões afastadas da civilização e de difícil acesso para uma eventual manutenção.

Ainda há casos em que determinadas regiões possam aproveitar de sistemas híbridos de geração renovável. Esta é uma alternativa que deve ser levada em consideração de acordo com a necessidade energética do local. Sistemas híbridos apresentam uma eficiência muito satisfatória e contam com maior durabilidade pelo fato de o consumo de energia não sobrecarregar apenas uma fonte de geração.

Sendo assim, o consumidor deve sempre optar pelo sistema mais eficiente para a sua necessidade e sem dúvidas o retorno financeiro virá por consequência da melhor escolha a ser feita no momento da implementação do projeto.

REFERÊNCIAS

ANEEL aprova regulamentação para energia solar fotovoltaica. **HTForum**, 2012. Disponível em: <<http://www.htforum.com/forum/threads/aneel-aprova-regulamentacao-para-energia-solar-fotovoltaica.189676/>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

DUTRA, Ricardo (org.). **Energia Eólica: Princípios e Tecnologia**. Rio de Janeiro: CRESESB, 2008.

GAVINO, N. A. **Energia Eólica: uma análise dos incentivos à produção (2002-2009)**. 2011. 117 f. Monografia de Conclusão de Curso (graduação)-Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

GERAÇÃO de energia alternativa. **Captovento Engenharia Eólica e Alternativa**, [200-]. Disponível em: <<http://www.captovento.com.br/geracao-alternativa>>. Acesso em: 22 out. 2017.

STANO JÚNIOR, Ângelo; TIAGO FILHO, Geraldo Lúcio. **Energias Renováveis**. Itajubá: Fapepe, 2007. (Série Energias Renováveis). Disponível em: <<http://cerpch.unifei.edu.br/wp-content/uploads/cartilhas/cartilhas-energias-renovaveis-renovaveis.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2017.

UM NOVO vento para os parques eólicos offshore. **ABB**, 2012. Disponível em: <<http://www.abb.com.br/cawp/seitp326/d4331fa87bc75752c12578f5002f29c2.aspx>>. Acesso em: 21 out. 2017.

STUDY OF THE FEASIBLE OF INSTALLATION OF A RESIDENTIAL WIND SYSTEM

Abstract: *This article aims to study ways to make feasible a residential power generation system by wind turbines with the maximum conversion of mechanical wind energy into quality electric energy. The first part consists of analyzing the structures of the wind turbine, studying the best ways to position it in the environment. Also proposed are ways to have the best use of wind incidence and the least loss of energy in the system to convert energy from turbines into electricity available for consumption. Finally, the market analysis is made, looking for wind turbine models for each type of situation, aiming at the best model for a viable and efficient residential system.*

Keywords: *Wind turbine. Efficiency. Viability. Analyze. Marketplace.*