

UMA VISÃO DO ESTADO DA ARTE DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA OFFSHORE

Lucas Prado Mattos, lucaspradomattos@gmail.com¹

Marina Harduim Sant'Anna Campos, marina-harduim@hotmail.com¹

José Marcio do Amaral Vasconcellos, jmarcio@peno.cope.ufrj.br²

¹ UFRJ, Centro de Tecnologia - Bloco I/Sala 205- LabECO - Cidade Universitária - Ilha do Fundão - Rio de Janeiro/RJ

² Coppe/UFRJ, Programa de Engenharia Naval Oceânica, 21941-972 - Rio de Janeiro – RJ

Resumo: *Com a crescente demanda na diversificação da matriz energética de modo a possibilitar o suprimento nacional de energia e reduzir o impacto no meio ambiente causado pelos modos convencionais de geração de energia elétrica, existe a cada dia mais o estímulo de que esta seja feita a partir de fontes renováveis. Dentre estas fontes, o vento se destaca por ser inesgotável e por sua mínima emissão de gás carbônico. Ao longo dos últimos anos, com o Proinfa - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - e um leilão específico no setor de energia eólica que movimentou mais de 19,5 bilhões de reais, o Brasil entrou definitivamente no mapa mundial dos produtores de energia elétrica a partir da força dos ventos, mas um tipo de energia eólica ainda é pouco discutido neste país: a offshore. Estas Plantas de geração de energia são similares às onshore, mas possuem algumas vantagens: O vento geralmente é mais forte e mais estável no mar do que na terra, podendo assim produzir mais energia. Essa planta também deixa de ocupar um espaço em terra que poderia estar sendo usado com outras finalidades, e pode estar situada perto de cidades costeiras que tem grande necessidade de energia. Este trabalho tem como objetivo fornecer uma visão geral sobre o que já está sendo feito na geração de energia eólica offshore em todo o mundo, além de discutir sua eficiência levando em conta dificuldades no projeto, como o fato de cabos para transmissão elétrica sob o mar por unidade de distância serem mais caros que o cabo para transmissão de energia sobre a terra sustentado por linhas de transmissão, além de avaliar o potencial brasileiro nesta área.*

Palavras-chave: Energia; Eólica; Offshore

1. INTRODUÇÃO

A resistência da sociedade ao uso de combustíveis e tecnologias poluentes devido ao receio em relação ao efeito estufa aliada às projeções que apontam que o consumo de energia crescerá nas próximas décadas a taxas superiores às das últimas faz com que em todo o mundo a cada dia mais se invista na busca de uma matriz energética menos dependente de fontes não-renováveis de energia, investindo em fontes renováveis tais como biocombustíveis, geotérmicas, hidroelétricas, solar, maré e dos ventos, sendo que cada uma dessas tem características únicas que influenciam como e onde elas serão usadas.

No Brasil a energia eólica pode se apresentar como uma alternativa na diversificação da matriz energética nacional, que atualmente é baseada na produção hidroelétrica. O foco desse artigo é a energia eólica, mostrar o que já vem sendo feito nessa área e quais são os projetos que estão sendo desenvolvidos, em especial o uso *offshore*, uma vez que as tendências apontam para uma crescente importância da energia eólica no mar.

2. HISTÓRIA

Há 5500 anos já se utilizava a energia eólica para movimentar saveiros e veleiros, arquitetos a utilizavam como ventilação natural de edifícios e por volta de 300 AC os antigos Cingaleses usavam os ventos monções para construir fornos. A utilização da energia eólica para fornecer energia mecânica só aconteceu no século 17 AC quando o imperador babilônico Hamurabi planejou usar energia eólica para o seu ambicioso projeto de irrigação. Os primeiros exemplos de máquinas movidas a partir da energia do vento foram utilizados na Pérsia em 200aC. Os primeiros moinhos utilizados foram construídos em Sistan, no Irã, a partir do século VII. Estes moinhos eram utilizados na colheita, para moer o milho, na indústria de cana e para extração de água. Eles foram mais tarde usados extensivamente no noroeste da Europa para moer a farinha no início década de 1180, onde ainda existem muitos moinhos holandeses. Em 1900, na Dinamarca, existiam cerca de 2500 moinhos de vento para cargas mecânicas, gerando uma potência

estimada em cerca de 30MW. No meio-oeste americano entre 1850 e 1900 um número grande de pequenos moinhos foram instalados em fazendas para operar bombas de irrigação.

O primeiro moinho de vento para produção de eletricidade foi construído na Escócia em julho de 1887 no quintal da casa de férias do Professor James Blyth, que teve a primeira casa no mundo a ter sua iluminação fornecida por energia eólica. Blyth ofereceu o excedente de eletricidade à população da Maykirk para a iluminação da rua principal, porém, a oferta foi recusada, pois se pensava que a eletricidade era "obra do Diabo." Enquanto isso, em Cleveland, Ohio, uma máquina maior foi construída pela empresa de Charles F. Brush em sua casa. A turbina eólica Brush tinha um rotor de 17 m de diâmetro e foi montada em uma torre de 18 m. Embora grande pelos padrões de hoje, a máquina era capaz de gerar apenas 12 kW, pois girava de forma relativamente lenta uma vez que tinha 144 lâminas! A máquina caiu em desuso quando a eletricidade tornou-se disponível no estado, em 1900.

Na Dinamarca, em parte devido a Poul la Cour e seu primeiro desenvolvimento prático em 1891, em 1908 existiam 72 geradores elétricos movidos pelo vento com capacidade de 5 kW a 25 kW. As maiores máquinas tinham torres de 24 m com quatro pás de 23 m de diâmetro. O desenvolvimento dinamarquês da energia eólica salientou as melhorias incrementais na capacidade e eficiência com base na produção em série de aerogeradores, em contraste com os modelos de desenvolvimento que requerem medidas de tamanho extensas baseadas principalmente em extrapolação teórica. A consequência é que todos os aerogeradores comerciais lembram o modelo dinamarquês, com um design de três lâminas.

Nos anos 30, moinhos de vento já eram amplamente utilizados para a geração de energia em fazendas dos EUA onde o sistema de distribuição ainda não havia sido instalado, sendo normalmente utilizados para a iluminação e carregamento de bateria. Além de fornecer energia para a fazenda, eles também eram usados em aplicações isoladas, tais como passar eletricidade por pontes para evitar corrosão. O gerador de energia a partir dos ventos mais usados pelas fazendas americanas nessa época tinha apenas duas pás. Em 1936, os Estados Unidos iniciaram um projeto de eletrificação rural que matou o mercado natural para a energia eólica, já que a distribuição de energia de rede se caracterizava como uma fonte mais confiável.

Durante a Segunda Guerra Mundial, pequenos geradores de vento a partir de um aerogerador eram usados em navios alemães para recarregar a bateria dos submarinos como uma maneira para economizar combustível. Em 1946 o farol e as residências na ilha Insel Neuwerk eram parcialmente providas por uma turbina eólica de 18 kW de 15 metros de diâmetros para economizar combustível. Esta instalação funcionou durante 20 anos antes de ser substituída por um cabo submarino para a terra firme.

Na década de 1970 muitas pessoas começaram a buscar um estilo de vida auto-sustentável. As células fotoelétricas eram muito caras para produção de energia elétrica em pequena escala, de modo que muitos buscaram a energia eólica. Os primeiros projetos foram construídos utilizando madeira e peças de automóveis, mas não funcionou muito bem e muitos resgataram os aerogeradores de fazendas de 1930. Durante a década de 90, a estética e a durabilidade se tornaram mais importantes e as turbinas começaram a ser colocadas no topo de aço tubular ou torre de concreto reforçado.

No início do século XXI, combustíveis fósseis ainda eram relativamente baratos, mas crescentes preocupações sobre segurança energética, o aquecimento global e seu eventual esgotamento levou a uma expansão de interesse de todas as formas disponíveis de energia renovável. A indústria de energia comercial a partir do vento começou a crescer a uma taxa de crescimento robusto de cerca de 30% ao ano, impulsionado pela grande disponibilidade de recursos eólicos, e pela redução dos custos devido à melhor tecnologia e gestão de parques eólicos. O constante aumento dos preços do petróleo após 2003 levou a um receio crescente de que o pico era iminente, aumentando o interesse em energia eólica comercial. Mesmo que a energia eólica gere eletricidade em vez de combustíveis líquidos e, portanto, não seja um substituto imediato para o petróleo na maioria dos aplicativos (especialmente transportes), os temores sobre a escassez de petróleo aumentam a urgência de investimentos nessa área. Anteriores crises do petróleo já haviam levado muitas indústrias e consumidores dependentes de petróleo a trocar por carvão ou gás natural. Quando o gás natural começou a ter os seus próprios problemas de abastecimento, a energia eólica mostrou ter potencial para substituir o gás natural na geração de eletricidade.

3. VANTAGENS E DESVANTAGENS

3.1. Vantagens

As principais vantagens da energia eólica estão ligadas ao impacto ambiental, muito menor que o causado pelas fontes tradicionais de energia: a energia do vento é limpa e renovável. Energia eólica não gera poluição nem de água nem de ar que possa contaminar o ambiente porque não existem processos químicos envolvidos na produção de energia eólica, não havendo assim liberação de produtos, tais como o dióxido carbono ou óxidos de nitrogênio, além dos ventos serem uma fonte de energia inesgotável. Energia eólica também pode ser útil para pessoas que vivem permanentemente ou temporariamente em áreas remotas, para onde pode ser difícil transportar eletricidade através de fios. Assim, ao invés de levar a energia elétrica da usina onde foi produzida, os aerogeradores podem ser montados nesses lugares.

3.2. Desvantagens

3.2.1. Instabilidade

Os aerogeradores nem sempre funcionam com 100% da potência, como muitas outras fontes energéticas, já que a velocidade do vento é variável. Como o vento é uma fonte de energia relativamente pouco confiável, os operadores de

usinas eólicas precisam ter um sistema de reserva com uma pequena quantidade de energia confiável e não-renovável, para as vezes em que a velocidade do vento diminui. Algumas pessoas argumentam que o uso de energia poluente para sustentar a produção de energia limpa anula os benefícios, mas a indústria eólica clama que a quantidade de energia poluente necessária para manter um fornecimento estável de eletricidade em um sistema eólico é insignificante.

3.2.2. Pássaros

O perigo contra pássaros geralmente é o maior motivo de reclamações contra a instalação de aerogeradores. Um artigo da revista inglesa *Nature* de janeiro de 2008 declarou que cada aerogerador mata em média 4,27 pássaros por ano. Energia eólica mata por volta de vinte vezes menos pássaros que combustíveis fósseis, e um número comparado com o número de pássaros mortos por energia nuclear. O número de pássaros mortos por aerogeradores também é pequeno quando comparado com outras atividades humanas, tais como o tráfego de automóveis, a caça, a transmissão elétrica e edifícios arranha-céus, além do impacto causado pela sobrevida ganha por gatos quando eles são criados em casa. Também é importante considerar o impacto positivo na natureza causado pelo uso de fontes não-limpas de energia.

Um exemplo positivo é a planta de energia Peñascal localizada no Texas, nos EUA, que está situada no meio de uma grande rota de pássaros migratórios, por isso usa um radar de avião originalmente desenvolvido pela NASA para a força aérea americana para detectar pássaros a partir de 6 km de distância. Se o sistema julgar que a revoada corre o risco de se chocar contra as lâminas rodando, ele desliga os aerogeradores e os religa automaticamente depois que os pássaros tiverem passado.

3.2.3. Morcegos

O número de morcegos mortos por plantas localizadas em terra ou perto da costa também tem causado preocupação, estima-se que 2200 morcegos tenham sido mortos por 63 aerogeradores em apenas seis semanas. Já foi sugerido que morcegos voam em direção aos aerogeradores em busca de um lugar para repousar e estudos recentes mostram também que morcegos podem ser mortos quando passam por uma região de baixa pressão em volta de uma das lâminas do aerogerador. A baixa pressão prejudica os pulmões dos morcegos, o que não acontece com os pássaros, que têm os pulmões mais rígidos. Como morcegos evitam lugares onde exista sinal de radar, posicionar transmissores de microondas em aerogeradores pode reduzir o número de colisões de morcegos.

3.2.4. Acidentes

Qualquer operação de conversão de energia elétrica apresenta ameaças à segurança. Apesar de aerogeradores não consumirem combustível e não produzirem poluição durante sua operação normal, elas ainda possuem ameaças associadas com sua construção e operação. Houve no mínimo 40 mortes na história da construção, operação e manutenção de aerogeradores, incluindo tanto trabalhadores quanto pessoas comuns. A maioria das mortes de trabalhadores envolve quedas ou sofrer algum acidente no maquinário enquanto realizavam alguma reforma dentro do aerogerador. Falhas em hélices e gelo caindo também ajudaram com um grande número de mortes e ferimentos. Mortes registradas de pessoas comuns incluem a colisão de um pára-quedista e de um pequeno avião contra estruturas de suporte.

Quando o freio de um aerogerador falha, ele pode girar livremente até que ela se desintegre ou pegue fogo. Hélices do aerogerador podem falhar espontaneamente devido também a falhas na sua fabricação. Raio também é uma causa de acidente comum, causando danos no motor e incêndios.

Controladores eletrônicos e subsistemas de segurança monitoram vários diferentes aspectos do aerogerador e do ambiente para determinar se o aerogerador está operando de maneira segura e nos limites prescritos. Esses sistemas podem temporariamente desligar o aerogerador devido a fortes ventos, cargas elétricas não balanceadas e outros problemas. Problemas significantes ou recorrentes travam o sistema e notificam um engenheiro para que ele inspecione e repare. Além disso, a maioria dos sistemas inclui múltiplos sistemas de segurança passivos que param a operação mesmo se o controle eletrônico falhar.

Diferentemente das estações de combustível fóssil ou de energia nuclear, que circulam ou evaporam grandes quantidades de água para refrigeração, aerogeradores não necessitam de água para gerar eletricidade. Apesar disso, vazamentos de óleos lubrificantes ou fluidos hidráulicos pelas hélices do aerogerador podem ser espalhados por toda a área em volta dos aero geradores, podendo até contaminar a água consumida na região.

3.2.4. Poluição

As experiências com aerogeradores invasivos podem criar poluição visual e sonora e gerar resistência aos moradores de áreas onde se pretende implantar as fazendas. Os aerogeradores podem ser barulhentas para pessoas que vivem próximas a elas. Essas pessoas também podem reclamar de uma “sombra piscando” causada pelas hélices rodando. Além disso, aerogeradores requerem luzes de aviso para aviões, que criam uma incômoda poluição luminosa. Questões estéticas e o impacto visual são importantes para plantas localizadas na costa e em terra firme, uma vez que a parte visível pode ser muito grande comparada a outras fontes de energia industrial (que ainda podem ser localizadas

em áreas industriais). Construir os aerogeradores a pelo menos 10 km de distância para dentro do mar evita esse transtorno.

4. ENERGIA EÓLICA *ONSHORE* x ENERGIA EÓLICA *OFFSHORE*

Como discutido na sessão anterior, plantas de vento *onshore* estão geralmente sujeitas a restrições e objeções, estas baseadas no seu impacto negativo com poluição visual e sonora, restrições ligadas a obstruções (prédios, montanhas, etc.), disputa do uso da terra onde há pouco espaço disponível... Além disso, estudos mostram que em média ventos *offshore* chegam a ser 90% mais fortes que os ventos em terra. Essas razões podem explicar parte da cada dia maior importância dos aerogeradores localizados mar adentro. Apesar disso, plantas eólicas em terra têm vantagens sobre plantas eólicas localizadas no mar, principalmente ligadas ao seu custo, como:

- Fundações mais baratas;
- Integração mais barata com a rede elétrica local;
- Instalação e acesso mais baratos durante a fase de construção;
- Acesso para operação e manutenção mais barata e mais fácil...

Além disso, aerogeradores menores (que, necessariamente, são usados em aplicações *onshore*) cobrem certos objetivos e necessidade que as utilizadas *offshore* não cobrem. Ou seja, a possibilidade de construir esses aerogeradores mar adentro e suas vantagens não eliminarão as plantas construídas em terra, porém, quando a produção se dá em larga escala, a energia produzida no mar leva vantagem. Por isso, a maioria das metas mais elevadas na produção de energias renováveis são baseadas em sistemas *offshore*, envolvendo um grande número de enormes aerogeradores e recursos em grande escala e investimentos. Em setembro de 2009, a Dinamarca, o país que transformou o vento em alternativa para a geração de eletricidade limpa, inaugurou o maior campo de energia eólica offshore do mundo. O Horns Rev 2 tem 91 aerogeradores espalhados numa área de 35 quilômetros quadrados no Mar do Norte. Quando estiver em plena capacidade, produzirá 210 megawatts de eletricidade por ano, energia equivalente ao consumo de uma cidade de 200 mil habitantes. O investimento foi de 469 milhões de euros. Além da grandeza da construção, seus aerogeradores são o que há de mais moderno já concebido pelo homem para a produção de energia com o vento, instaladas em 13 linhas de sete geradores, interconectados por uma rede de 70 quilômetros de cabos de fibra ótica, também são um feito em si. Gigantes, têm entre 30 e 40 metros abaixo do nível do mar e até 114,5 metros acima, considerando-se a extremidade da hélice mais alta. Para se sustentar no fundo de um mar arenoso e sujeito à erosão, cada uma foi erguida sobre uma fundação de toneladas de rochas, depositadas no fundo, em profundidades que variam de 9 a 17 metros. Tão importante quanto o feito que essa planta representa para a engenharia, é o valor que ele representa para quem acredita em fontes mais limpas de energia.

5. ENERGIA EÓLICA *OFFSHORE*

5.1. O que influencia o lugar onde serão implantados os aerogeradores?

Quando se trata de aerogeradores, a localização é tudo. A eficiência de um aerogerador, além de depender de especificações do projeto como o aerofólio, o diâmetro do rotor da turbina, o número de hélices, o ângulo de ataque do vento, o coeficiente de sustentação, o coeficiente de arrasto, a espessura da corda e da altitude do aerogerador; varia também com condições do local onde ela será instalada, como a viscosidade do ar, sua temperatura e, principalmente, sua velocidade nesse local e sua estabilidade. A potência de um aerogerador é função do cubo da velocidade do vento, assim com o aumento da velocidade do vento, a potência aumenta dramaticamente. Saber quanto vento existe em uma área, qual sua velocidade e duração são fatores decisivos e fundamentais para a construção de uma fazenda eólica eficiente. Por isso, locais onde os ventos são mais fortes e mais estáveis, como *offshore* e em regiões altas, são tipicamente preferíveis. Pode-se saber onde os ventos no oceano são mais potentes através de mapas desenvolvidos especificamente com esse propósito: localizar uma planta onde sua eficiência será máxima. Nos últimos anos, foram desenvolvidos também *softwares* que permitem modelar desde um único aerogerador até plantas inteiras, além do escoamento do vento e da análise das informações disponíveis, o que permite que seja analisada a viabilidade ou não de uma planta antes até que ela comece a ser construída.

5.2. Em águas muito profundas, é possível implantá-los?



Figura 1: Windfloat: Turbinas eólicas flutuantes.

As plantas para a geração de energia eólica que já estão em funcionamento são incorporadas utilizando aerogeradores cuja coluna está enterrada no chão do mar, os fixando e mantendo no lugar. Como consequência, para que sejam economicamente viáveis, os aerogeradores não podem ser instalados em águas muito profundas, o que faz com que sejam visíveis da costa, causando problemas com proprietários costeiros, além de se tornarem uma ameaça às aves que habitam essas regiões. Vem sendo desenvolvido um projeto que visa possibilitar a implantação em águas mais profundas utilizando conceitos da plataforma flutuante para extração de petróleo e gás, a *Windfloat*, como mostrada na figura 1 (retirada do site pcouncil.org). Este projeto permitirá que eles sejam instalados em lugares antes inacessíveis, onde a profundidade da água exceda 50 m e os recursos eólicos sejam superiores. Além disso, a eficiência econômica é aumentada reduzindo a necessidade de operações *offshore* durante a montagem e instalação.

Uma outra possibilidade é o conceito de design de uma turbina que é suportada no ar sem uma torre. Os “aerogeradores aerotransportados” podem operar em baixas ou altas altitudes. Quando o gerador está no alto, então um tirante condutor seria utilizado para transmitir energia para o solo, ou a energia pode ser transmitida para receptores usando microondas ou laser. Esses sistemas teriam a vantagem de receber um vento praticamente constante, sem necessitar para isso de anéis ou mecanismo de guinada, e sem o custo de construção da torre. Pipas e helicópteros tendem a descer quando não há vento suficiente para manter a sustentação; *kytoons* (palavra vinda da mistura de *kites*, pipas, e *balloons*, balões, esses dispositivos são geralmente utilizados para sinais de alerta ou antenas) e dirigíveis poderiam resolver essa questão. Porém, o mau tempo, como tempestades ou trovoadas, podem fazer com que seja suspenso temporariamente o uso das máquinas, possivelmente exigindo que eles sejam trazidos de volta para o chão e cobertos. Alguns sistemas exigem um cabo de energia longo e, se o aerogerador for alto o suficiente, essa precisará ser uma zona de exclusão de aeronaves. Desde 2008, já existem aerogeradores deste tipo no ar, mas ainda com finalidade não comercial.

6. PERSPECTIVAS PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA OFFSHORE NO BRASIL

6.1. Matriz energética brasileira

Em 2008 a oferta de energia elétrica no país mostrou crescimento de 3,2% em relação a 2007, atingindo montante de 498,8 TWh, incluídos 50,1 TWh de geração de autoprodutores (10% de participação) e 42,1 TWh de importação líquida (8,4%). Houveram incrementos na geração por gás natural (91%); por carvão mineral (20,4%) forte incremento da geração por gás de coqueria; por derivados de petróleo (17%), e por biomassa (10,6%).

Apesar desses crescimentos a energia hidráulica continua com supremacia na matriz de oferta de energia elétrica, representando 81% do total (incluindo a importação). Em seguida aparece a geração a gás natural, com 5,9% e a biomassa na terceira posição, com 4,8% de participação. A geração eólica repetiu a performance de 2007, gerando 557 GWh - incluída em biomassa na Figura 4.

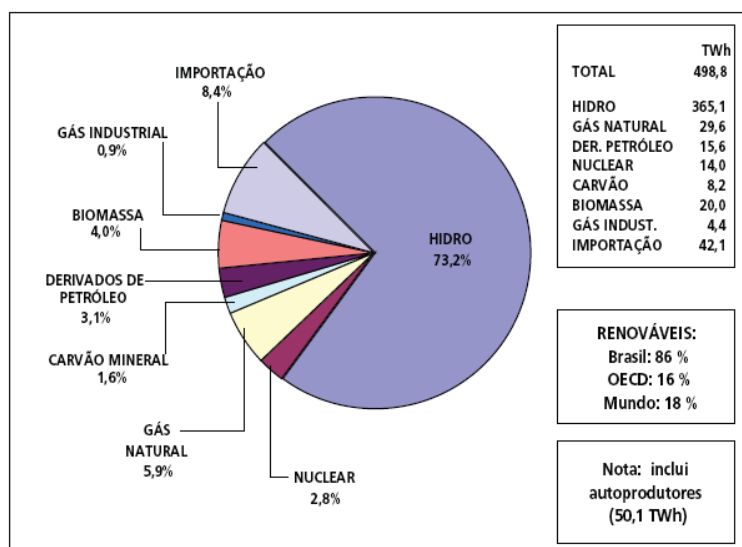


Figura 2: Gráfico da matriz energética brasileira

Comparativamente ao mundo, nota-se que o Brasil apresenta uma significativa diferença na participação da energia hidráulica na Matriz de Oferta de Energia Elétrica, de 81% contra um pouco mais de 16% no mundo. Tal dinâmica contrasta com baixas participações no Brasil da geração a energia nuclear, a gás natural e a carvão mineral.

A composição da matriz mundial passou por significativas alterações no período de 1973 a 2006, com fortes reduções de participação da geração por derivados de petróleo (de 24,7% para 5,8%) e da geração hidráulica (de 21% para 16%). Estas reduções foram compensadas por acréscimos nas participações do gás natural e do urânio.

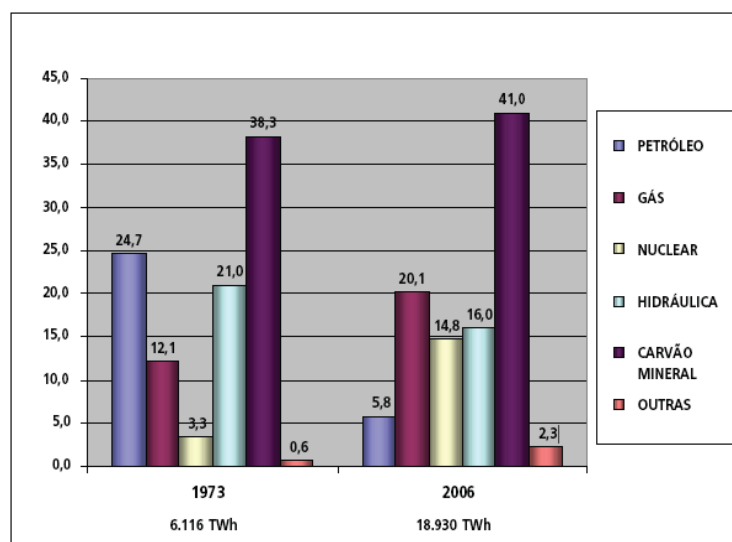


Figura 3: Gráfico da matriz energética mundial

6.2. Panorama da energia eólica no Brasil

O primeiro aerogerador do Brasil foi instalado em Fernando de Noronha em 1992. Atualmente existem 15 usinas em operação no país. Dados do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro apontam que o potencial eólico brasileiro indicativo é de 143.000 MW, sendo que 7.694,05 MW já foram autorizados. Atualmente, as usinas em operação têm capacidade instalada para gerar apenas 26,8 MW - o Ceará participa com quase 65% desta capacidade. As áreas com maior potencial eólico encontram-se nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste.

A energia eólica no Brasil tinha uma capacidade instalada de 602 MW no final de 2009, suficiente para abastecer uma cidade de cerca de 300 mil residências. Os 36 parques eólicos e fazendas eólicas do país, em 2009, estavam localizadas no Nordeste (5 estados), Sul (3 estados) e Sudeste (1 estado).

Tabela 1: Matriz Energética Eólica Brasileira

Usina	Potência Fiscalizada (kW)	Município
-------	---------------------------	-----------

Eólica de Prainha	10.000	Aquiraz - CE
Eólica de Taíba	5.000	São Gonçalo do Amarante - CE
Eólica-Elétrica Exp. Morro do Camelinho	1.000	Gouveia - MG
Eólico - Elétrica de Palmas	2.500	Palmas - PR
Eólica de Fernando de Noronha	225	Fernando de Noronha - PE
Parque Eólico de Beberibe	25.600	Beberibe - CE
Mucuripe	2.400	Fortaleza - CE
RN 15 - Rio do Fogo	49.300	Rio do Fogo - RN
Eólica de Bom Jardim	600	Bom Jardim da Serra - SC
Foz do Rio Choró	25.200	Beberibe - CE
Praia Formosa	104.400	Camocim - CE
Eólica Olinda	225	Olinda - PE
Eólica Canoa Quebrada	10.500	Aracati - CE
Lagoa do Mato	3.230	Aracati - CE
Parque Eólico do Horizonte	4.800	Água Doce - SC
Eólica Icaraizinho	54.600	Amontada - CE
Eólica Paracuru	23.400	Paracuru - CE
Eólica Praias de Parajuru	28.804	Beberibe - CE
Pedra do Sal	18.000	Parnaíba - PI
Macau	1.800	Macau - RN
Canoa Quebrada	57.000	Aracati - CE
Eólica Água Doce	9.000	Água Doce - SC
Parque Eólico de Osório	50.000	Osório - RS
Parque Eólico Sangradouro	50.000	Osório - RS
Taíba Albatroz	16.500	São Gonçalo do Amarante - CE
Parque Eólico dos Índios	50.000	Osório - RS
Bons Ventos	50.000	Aracati - CE
Millennium	10.200	Mataraca - PB
Presidente	4.500	Mataraca - PB
Camurim	4.500	Mataraca - PB
Albatroz	4.500	Mataraca - PB
Coelhos I	4.500	Mataraca - PB
Coelhos III	4.500	Mataraca - PB
Atlântica	4.500	Mataraca - PB
Caravela	4.500	Mataraca - PB
Coelhos II	4.500	Mataraca - PB
Coelhos IV	4.500	Mataraca - PB
Mataraca	4.500	Mataraca - PB

O potencial da energia eólica no Brasil é mais intenso de junho a dezembro, coincidindo com os meses de menor intensidade de chuvas. Isso coloca o vento como uma potencial fonte suplementar de energia gerada por hidrelétricas. Em 2009, 10 projetos estão em construção, com uma capacidade de 256 MW, e em 2010, 45 iniciaram sua construção para gerar 2.139 MW, em vários estados. A empresa estadunidense General Electric tem uma indústria no Brasil, na cidade de Campinas, e uma parceria com a Tectis em Sorocaba, para atender a demanda dos novos projetos.

6.3. Crescimento da produção de energia eólica nacional

A capacidade de geração de energia eólica no Brasil aumentou 77,7% em 2009, em relação a 2008. Com isso, o país passou a ter uma capacidade instalada de 606 megawatts (MW), contra os 341 MW de 2008.

Os dados, divulgados pelo Conselho Global de Energia Eólica (em 03 de fevereiro de 2010), mostram que o Brasil cresceu mais do que o dobro da média mundial, que foi de 31%.

O crescimento brasileiro foi maior, por exemplo, que o dos Estados Unidos, que teve aumento de 39%; o da Índia (13%) e o da Europa (16%), mas menor que o da China, cuja capacidade de geração ampliou-se em 107%.

O Brasil também cresceu menos do que a média da América Latina, cujo aumento foi de 95%, puxado, em grande parte, pelas expansões de capacidade do México (137%), Chile (740%), da Costa Rica (67%) e Nicarágua (que saiu de zero para 40 MW).

De acordo com a pesquisa, a capacidade da América Latina passou de 653 MW para 1,27 gigawatt (GW ou 1.270 MW), enquanto a capacidade do mundo ampliou-se em 37,5 GW, chegando a 157,9 GW. Em termos absolutos, os Estados Unidos têm uma capacidade de 35 GW, a China, de 25 GW, a Índia, de 11 GW e a Europa, de 76 GW. O Brasil responde por cerca da metade da capacidade instalada na América Latina, mas representa apenas 0,38% do total mundial.

Em dezembro de 2009 a Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica) realizou o segundo Leilão de Compra de Energia de Reserva, exclusivo para fonte eólica. Foram contratados 753 lotes de 71 empreendimentos de geração, acrescendo ao Sistema Interligado Nacional (SIN) 1.805,7 MW de potência, que devem demandar investimentos de R\$ 9,4 bilhões.

As usinas deverão começar a ser construídas a partir de 2012, sendo uma no estado de Sergipe, vinte e uma no Ceará, vinte e três no Rio Grande do Norte, dezoito na Bahia e oito Rio Grande do Sul. Os contratos valem por 20 anos.

6.4. Sobre o Proinfa

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) foi instituído com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos concebidos com base em fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCH) no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN). De acordo com a Lei n.º 11.943, de 28 de maio de 2009, o prazo para o início de funcionamento desses empreendimentos encerra em 30 de dezembro de 2010.

O intuito do programa é promover a diversificação da Matriz Energética Brasileira, buscando alternativas para aumentar a segurança no abastecimento de energia elétrica, além de permitir a valorização das características e potencialidades regionais e locais.

Ele prevê a implantação de 144 usinas, totalizando 3.299,40 MW de capacidade instalada, sendo 1.191,24 MW provenientes de 63 PCHs, 1.422,92 MW de 54 usinas eólicas, e 685,24 MW de 27 usinas a base de biomassa. Toda essa energia tem garantia de contratação por 20 anos pela Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás).

O Programa impulsionou essas fontes, mas em especial a energia eólica. O Brasil passou, em pouco mais de 3 anos, de cerca de 22 MW de energia eólica instalada, para os atuais 414 MW instalados.

Atualmente, estima-se que até o final de 2010, 68 empreendimentos entrarão em operação, o que representa a inserção de mais 1.591,77 MW no Sistema. Serão mais 23 PCHs (414,30MW), 02 usinas de biomassa (66,50MW) e 43 usinas eólicas (1.110,97MW).

6.5. Vantagens do uso da energia eólica offshore no Brasil:

O sistema eólico offshore concorre para algo estratégico para o Brasil, que é o aproveitamento do espaço marítimo e oceânico. Tal aproveitamento está associado a fatores como a ocupação efetiva desse espaço, com o desenvolvimento de pesquisas sobre ecossistemas marítimos, do conhecimento de condições meteorológicas e de oceanografia física, desenvolvimento de infraestrutura submarina e desenvolvimento tecnológico e industrial correlato. Além disso o Brasil possui 8.450km de litoral, ao longo do qual muitos locais possuem ventos perenes com médias superiores a 5,5m/s .

Outro ponto fundamental na produção eólica offshore no país diz respeito à localização das fontes energéticas. Enquanto os centros de geração de energia elétrica se localizam no interior, os centros de demanda estão no litoral. Com isso 11% da eletricidade produzida se dissipa na transmissão e 27% do custo que chega ao usuário se refere ao transporte.

Outra possibilidade para uso da energia eólica seria em plataformas de petróleo. Instalados nas plataformas os aerogeradores contribuiriam para racionalizar o transporte e armazenamento de combustível, fornecendo energia para o funcionamento desta.

7. REFERÊNCIAS

- Juleff, G., 1996, "An ancient wind powered iron smelting technology in Sri Lanka", Nature.
- Drachmann, A.G., 1961, "Heron's Windmill", Centaurus, pp. 145-151
- Lohrmann, Dietrich, 1995, "Von der östlichen zur westlichen Windmühle", "Archiv für Kulturgeschichte", Vol. 77, pp.1-30.
- Routledge Hill, Donald, Ahmad Y Hassan, 1986, "Islamic Technology: An illustrated history", Cambridge University Press, p. 54.
- Shackleton, Jonathan, "World First for Scotland Gives Engineering Student a History Lesson", RGU.
- Anon, 1890, "Mr. Brush's Windmill Dynamo", Scientific American, pp. 54

8. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

A VISION FOR THE STATE OF THE ART OF OFFSHORE ELECTRICITY GENERATION

Lucas Prado Mattos, lucaspradomattos@gmail.com¹

Marina Harduim Sant'Anna Campos, marina-harduim@hotmail.com¹

José Marcio do Amaral Vasconcelos, jmarcio@peno.cope.ufrj.br²

¹ UFRJ, Centro de Tecnologia - Bloco I/Sala 205- LabECO - Cidade Universitária - Ilha do Fundão - Rio de Janeiro/RJ

² Coppe/UFRJ, Programa de Engenharia Naval Oceânica, 21941-972 - Rio de Janeiro – Rj

Abstract: *With the growing demand in diversifying the energy matrix in order to enable the national energy supply and reduce the environmental impact caused by conventional ways of generating electricity, there is increasingly the stimulus that it is made from renewable sources. Among these sources, the wind stands out because it is inexhaustible and has minimal carbon emissions. Over the years, with Proinfa - Incentive Program for Alternative Sources of Energy - and one auction in particular, in the wind energy sector with sales of over 19.5 billion reais, Brazil entered on the map of world producers of electricity from the winds, but a kind of wind is still little discussed in this country: the offshore. These plants are similar to those onshore, but have some advantages: The wind is usually stronger and more stable at sea than on land, and thus produce more energy. This plant also does not occupy a place on the land that could be being used for other purposes, and may be located near coastal cities that have large energy needs. This paper aims to provide an overview of what is being done in the generation of offshore wind power in the world, and discuss its efficiency taking into account difficulties in the design as the fact of cables for power transmission under the sea per unit distance are more expensive than cable for transmission of energy on the land held up by transmission lines, beyond evaluate the Brazilian potential in this area.*

Keywords: *Energy; Wind; Offshore*