

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ECONOMIA
MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**DESAFIOS PARA O CRESCIMENTO SUSTENTÁVEL E
INTEGRAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL**

DANIEL VIANA FERREIRA
Matrícula nº: 109105989
E-mail: danielviana.f@gmail.com

ORIENTADORA: Prof^ª. Clarice Campelo de Melo Ferraz

MARÇO 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE BACHARELADO

**DESAFIOS PARA O CRESCIMENTO SUSTENTÁVEL E
INTEGRAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL**

DANIEL VIANA FERREIRA

Matrícula nº: 109105989

ORIENTADORA: Prof^a. Clarice Campelo de Melo Ferraz

MARÇO 2014

As opiniões expressas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do autor.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Luis Carlos Ferreira e Lezir Viana Bastos e aos meus irmãos Rodrigo, Luciana, Luísa e Renata pelo apoio prestado em todas as etapas da minha vida.

Ao meu cunhado Alberto Cerqueira pelo apoio e pela amizade.

A minha namorada Kesia Braga, pela compreensão e pela motivação.

A minha orientadora Clarice Ferraz, pela atenção e pela compreensão que dedicada durante os últimos dois anos, em especial durante o período de elaboração da monografia.

Aos colegas do GESEL/UFRJ e do GEE/UFRJ, em especial ao pesquisador Guilherme Dantas e ao Prof. Nivalde de Castro, pela atenção e pela paciência prestaram a mim durante o início da minha graduação.

À Prof. Gabriela Podcameni pelos conselhos e pela ajuda prestada.

Aos meus amigos do IE/UFRJ pela fidelidade e pela força, em especial para Hugo Oliveira, João Vítor Amaral, Vinicius Santos, Getúlio Vargas, Gabriel Mizrahi, Matheus Assaf e Tomaz Hamdan.

A todos os professores e funcionários do IE/UFRJ, em especial à Anna Lúcia, pela eficiência e paciência.

À Agência Nacional do Petróleo (ANP) que, através do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás (PRH 21), viabilizou a execução deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho busca identificar através de quais mecanismos deu-se a evolução da fonte eólica na matriz elétrica brasileira, os aspectos técnicos e os impactos socioambientais desta expansão, a atual configuração do setor eólico brasileiro e os principais desafios apresentados ao desenvolvimento deste setor. Para tanto, realizou-se uma revisão bibliográfica que auxilia a esclarecer o processo de amadurecimento do setor no país, além de um levantamento de dados sobre os motivos dos atrasos na entrega da energia contratada por parte dos projetos eólicos. A partir da avaliação da experiência internacional e das especificidades do Setor Elétrico Brasileiro (SEB) conclui-se que as principais barreiras à integração desta fonte estão ligadas a aspectos regulatórios e que, portanto, a penetração da fonte na matriz elétrica nacional poderia ocorrer de forma mais acelerada e favorecer a manutenção do equilíbrio energético nacional de forma menos poluente e a menores custos. Para isto será necessária uma maior sintonia entre o governo e o setor eólico nacional, tal como acontece em outros países.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
CAPÍTULO I - Aspectos técnicos, sociais e ambientais para a inserção da energia eólica nos sistemas elétricos	11
I.1 - Aspectos sociais e ambientais da geração eólica;	11
I.2- Aspectos técnicos da geração eólica	17
CAPÍTULO II - Cenário internacional e perspectivas para geração renovável no mundo	23
II.1- Breve histórico da expansão dos projetos eólicos no mundo;	23
II.2 –Incentivos existentes à fonte eólica	24
II.2.1 - Sistema de Tarifa <i>Feed-In</i> (FIT).....	24
II.2.2 - Leilões de Energia	25
II.2.3 - Sistemas de Cotas Verdes.....	25
II.2.4 - Outros Incentivos.....	26
II.3- O papel dos incentivos na expansão da energia eólica no mundo.....	27
CAPÍTULO III - Cenário nacional e perspectivas para a expansão de fontes alternativas no SEB.....	31
III.1- Surgimento dos projetos eólicos no Brasil.....	31
III.1.1 - O PROEÓLICA	31
III.1.2 - O PROINFA	32
III.1.3 - Leilões	33
III.1.4 – O Funcionamento do modelo de leilões no SEB.....	35
III.1.4.1 - Leilões de Energia Nova	36
III.1.4.2 - Leilões de Energia Existente	36
III.1.4.3 - Leilões de Energia Reserva	37
III.1.4.4 - Leilões de Transmissão	37
III.2 Atual situação do setor eólico nacional	37
III.2.1 Configuração do setor eólico nacional	38
III.2.2 Atrasos.....	39
III.2.3 Dependência de fabricantes internacionais de equipamentos eólicos	42
III.2.4 Mudanças regulatórias	42
III.2.4.2 Mudanças no índice de nacionalização	43
III.2.4.3 Mudanças na repartição dos custos de transmissão.....	44
III.2.5 Geração Eólica e Desenvolvimento Regional	45
CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXO	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cinco dimensões da sustentabilidade.....	12
Figura 2: Sistema de transmissão nacional x número de empreendimentos eólicos.....	20
Figura 3: Evolução tecnológica das turbinas eólicas comerciais entre 1980 e 2002.....	21
Figura 4: Evolução prevista da matriz elétrica nacional por fonte (em GW e em %).....	38
Figura 5: Mapa do Brasil por IDHM – 2010.....	46
Figura 6: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro.....	47

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Custos das Externalidades de Fontes de Geração de Energia na União Europeia ..	12
Gráfico 2: Emissão anual de CO ₂ para geração de 615 MW médios	13
Gráfico 3: Energia Gerada x Velocidade do Vento	17
Gráfico 4: Curva de geração eólica média diária para o mês de abril de 2013 no Rio Grande do Sul.....	18
Gráfico 5: Demonstração da diferença em medias anuais e as possíveis perigos de um histórico limitado de observações para o exame.	18
Gráfico 6: Capacidade eólica instalada total – dezembro de 2012.....	24
Gráfico 7: Evolução da capacidade instalada eólica no Brasil (MW)	34
Gráfico 8: Evolução no preço das eólicas no Brasil.....	35
Gráfico 9: Complementariedade entre energia eólica e hídrica* * Eólicas PROINFA X Armazenamento hídrico na Bacia do S. Francisco.....	39
Gráfico 10: Potência instalada eólica em atraso (causas; em %) - Maio 2013.....	41
Gráfico 11: Geração esperada de empregos eólicos – 2010-2020Fonte: Simas (2013).....	45

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Impactos bióticos, físicos e socioeconômicos da geração eólica	15
Tabela 2: Principais mecanismos de política e esquemas de suporte utilizados em 12 países.	29
Tabela 3: Incentivos previstos para a implementação de projetos no PROEÓLIC	32
Tabela 4: Potência contratada por fonte no PROINFA	33
Tabela 5: Resumo do cronograma do atraso das eólicas em maio de 2013	40
Anexo 1: Resumo do cronograma do atraso das eólicas em maio de 2013 (valores de dezembro de 2012)	55

INTRODUÇÃO

O Brasil é apontado como um caso de sucesso no desenvolvimento do setor de energia eólica. Desde 2003, a fonte eólica apresenta um crescimento exponencial e, desde 2009, tem apresentado uma contratação média de aproximadamente 2GW de capacidade instalada por ano. Partindo de um patamar de 22 MW de capacidade instalada em 2002, em um intervalo de 10 anos a fonte eólica apresentou um crescimento superior a 12.000%. Entretanto, em 2012 verificou-se uma baixa contratação de projetos eólicos de 281,9 MW indicando a existência de entraves à entrada desta fonte na matriz elétrica nacional. Além disto, atrasos de projetos eólicos e das centrais que os conectam à rede em 2013, um ano de baixo volume dos reservatórios, tornaram evidente a contribuição da fonte como alternativa menos poluente e menos custosa à geração termelétrica.

Sendo assim, o presente trabalho busca identificar através de quais mecanismos deu-se a evolução da fonte eólica na matriz elétrica nacional, os aspectos técnicos e os impactos socioambientais desta expansão, a atual configuração do setor eólico brasileiro, assim como os principais desafios apresentados ao desenvolvimento deste setor. Para tanto, realizou-se uma revisão bibliográfica que auxilia a esclarecer o processo de amadurecimento do setor no país, além de um levantamento de dados sobre os motivos dos atrasos verificados na entrega da energia contratada por parte dos projetos eólicos.

A presente monografia está dividida em três capítulos. O primeiro capítulo trata dos aspectos técnicos e socioambientais da geração eólica. O segundo capítulo faz um breve resumo da evolução do mercado de aerogeradores e descreve as políticas de incentivo à fonte eólica praticadas no mundo. Por fim, o terceiro capítulo analisa o surgimento e a atual situação dos projetos eólicos no Brasil.

CAPÍTULO I - ASPECTOS TÉCNICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS PARA A INSERÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NOS SISTEMAS ELÉTRICOS

I.1 - Aspectos sociais e ambientais da geração eólica;

Utilizado pela primeira vez no Relatório Brundtland, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, o conceito de desenvolvimento sustentável carrega um caráter de responsabilidade intergeracional. Busca-se um desenvolvimento econômico e social que seja ambientalmente sensível e sustentável, de forma a não prejudicar as futuras gerações.

Dentro deste contexto, há uma pressão cada vez maior de setores da sociedade para que os governos e as empresas atribuam mais importância para os impactos sociais e ambientais de seus projetos no processo de tomada de decisão. Um exemplo nacional de como a sociedade tem valorizado estes outros aspectos tem sido a dificuldade encontrada pelo governo em viabilizar grandes usinas hidrelétricas, como a de Belo Monte, no Pará. A pressão pela preservação de áreas florestadas acabou fazendo com que o projeto original sofresse várias alterações ligadas a redução da área alagada.

Sachs (1993) estudou as dimensões da sustentabilidade e a partir de sua análise as subdivide em cinco, são elas: (i) Econômico/estratégica; (ii) Ecológica; (iii) Social, (iv) Territorial; e (v) Cultural. Esta não é uma separação exaustiva, posto que muitos aspectos de cada uma destas dimensões estão interconectados. Souza (2010, p. 23), a partir do trabalho de Sachs, elaborou uma figura que sintetiza as cinco dimensões abordadas.

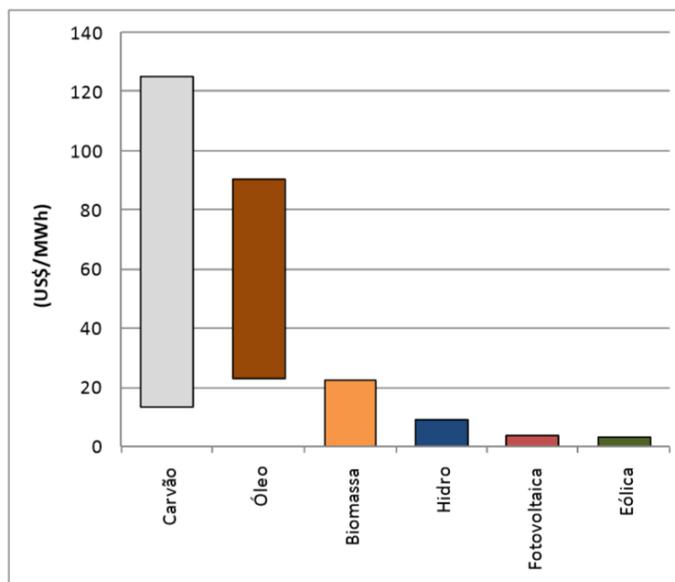
Figura 1: Cinco dimensões da sustentabilidade



Fonte: Retirado de Souza (2010, p. 23)

A baixa resistência à implantação de projetos eólicos está associada aos impactos relativamente menores desta fonte em relação a outras fontes tradicionais. No Gráfico 1, encontra-se uma análise comparativa entre os custos econômicos das externalidades geradas por fontes selecionadas de geração calculados para os países pertencentes à União Europeia .

Gráfico 1: Custos das Externalidades de Fontes de Geração de Energia na União Europeia



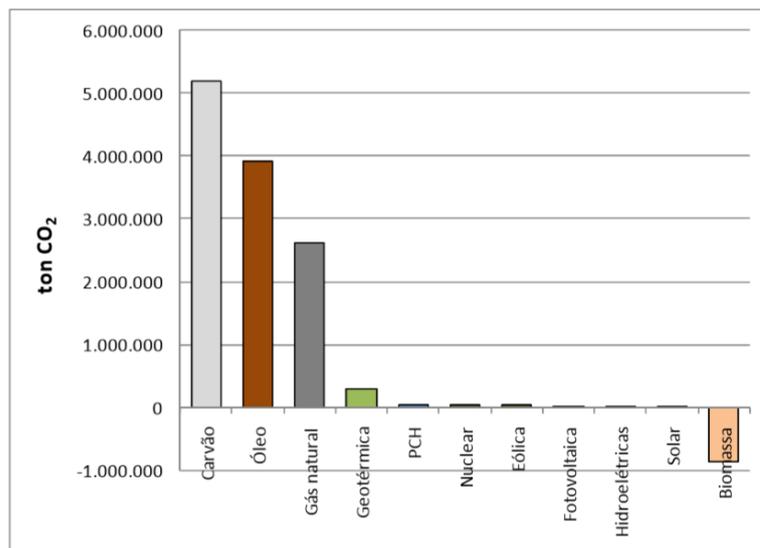
Fonte: Souza (2010, p. 84)

O baixo custo das externalidades associadas à geração eólica combinado à alta disponibilidade de locais para sua geração sem dúvida tem sido levado em consideração nos

planos de expansão elétrica dos países europeus. O mesmo acontece no Brasil, onde a baixa resistência de setores da sociedade a implantação de projetos eólicos, associada à disponibilidade de regiões propícias para este tipo de geração (Nordeste e Sul), também funcionaram como catalisadores do processo de expansão eólioelétrica no Setor Elétrico Brasileiro desde o PROINFA.

Ao mesmo tempo, o uso de fontes fósseis de geração, especialmente as mais poluentes como o carvão e o óleo diesel, tem sido tema de fortes críticas devido a seu alto nível de emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE). O Quarto Relatório de Avaliação do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) defende que o aquecimento global está se tornando mais evidente nas observações que medem alterações na média de temperaturas médias do ar e do oceano. Tais observações mostram que o efeito líquido das atividades humanas desde 1750 sobre o clima é significativo num intervalo de 90% de confiança. As projeções do IPCC mostram uma tendência ao aumento da temperatura média no globo terrestre até o fim do século XXI (Souza, 2010). A fonte eólica, assim como outras fontes alternativas e a fonte hídrica, possui um baixo nível de emissão de dióxido de carbono (CO₂), como é possível observar no Gráfico 2.

Gráfico 2: Emissão anual de CO₂ para geração de 615 MW médios



Fonte: Souza (2010, p. 89)

Uma saída menos poluente que entre a década de 1990 e a primeira década dos anos 2000 foi considerada para mitigação dos níveis de emissão de GEE nas matrizes elétricas nacionais foi a geração nuclear. Entretanto o gravíssimo acidente de 2011 em Fukushima, no Japão, tem mudado a pauta de planejamento de diversos países.

Dada a dificuldade na expansão da oferta de eletricidade de forma a atender a crescente demanda energética mundial, o uso de fontes alternativas tem ganhado importância cada vez maior nos planos nacionais de expansão elétrica. Neste contexto, o forte crescimento experimentado pela fonte eólica trouxe consigo a percepção de novas dificuldades ambientais e sociais na implantação de novos empreendimentos. Apesar de possuir muitas vantagens, o uso da energia eólica trás consigo impactos para sociedade, para o meio ambiente e para o setor elétrico, como qualquer outra forma de geração. Custos e benefícios devem ser considerados durante processo de criação de novas usinas eolioelétricas ou na substituição de usinas antigas. A seguir são definidos alguns impactos conhecidos da geração eólica.

Tabela 1: Impactos bióticos, físicos e socioeconômicos da geração eólica

	Efeito	Descrição
Impactos sobre o meio biótico	Supressão da vegetação	Durante o processo de instalação de um parque eólico pode haver impactos na fauna e na flora locais. Isto acontece devido principalmente a remoção da vegetação no local em que o parque é instalado e à compactação do terreno devido ao uso de máquinas.
	Impacto sobre a fauna	Colocadas em uma área de migração de aves, uma planta eólica pode levar à colisão de aves com os aerogeradores e com as linhas de transmissão. A rotação das turbinas também afeta os morcegos, gerando uma queda pressão atmosférica na área próxima á pá, fazendo com que morcegos que passem no local sofram uma expansão repentina dos pulmões e morram de hemorragia. Por fim, a implantação de usinas eólicas também pode interferir na fauna terrestre, que é afugentada devido ao ruído e, principalmente, devido às obras.
Impactos sobre o meio físico	Degradação da área afetada	O processo de instalação das usinas eólicas pode degradar a área ao redor do empreendimento devido ao desmatamento, a mudanças na topografia e à atividades de terraplanagem. Outra possibilidade é a interferência do projeto em sítios arqueológicos.
	Alteração do nível hidrostático do lençol freático	Atividades de terraplanagem podem influenciar no fluxo subterrâneo de água através de cortes e aterros submetidos a obras de engenharia e do consumo de água para fabricação de concreto para as torres eólicas.
Impactos sobre o meio socioeconômico	Emissão de ruído	<u>Ruído mecânico</u> : emitido pelas engrenagens e pelo aerogerador, este ruído tem sido eliminado pelo uso de materiais de isolamento. Dependendo de seu volume pode trazer transtornos a populações (de pessoas e animais) residentes na área. <u>Ruído aerodinâmico</u> : produzido pela rotação das pás. Projetos modernos tem buscado reduzir este tipo de ruído. Embora seja menos incomodo, pode incomodar certos grupos de pessoas.

Impacto visual	O tamanho dos aerogeradores, que podem superar 100m de altura, faz com que os projetos eólicos tenham um impacto significativo na paisagem. Características de design e implantação podem ser identificadas para minimizar o impacto de potencial visual dos projetos.
Corona visual ou Ofuscamento	É a quantidade de radiação eletromagnética deixando ou chegando a um ponto sobre uma superfície. Pode ser minimizado por meio de pinturas opacas nas torres e pás.
Interferências eletromagnéticas	Em alguns casos os aerogeradores podem refletir ondas magnéticas, afetando a qualidade de rádio e telecomunicações no local. Para evitar que este problema afete aeronaves é desejável que o projeto contemple uma distância mínima do aeroporto e uma área de servidão radioelétrica de ação da torre eólica em relação à rota de navegação da aeronave.
Efeito estroboscópico	O efeito estroboscópico é criado devido à rotação das pás quando o sol está mais baixo no seu. O efeito é um sombreamento intermitente sobre áreas determinadas, que pode causar incômodo e prejudicar moradores locais.
Interferências locais	A população situada no entorno da área de influência direta do empreendimento eólico é impactada tanto pela interferência durante as obras quanto pela expectativa gerada em razão da efetivação do empreendimento. É necessário que as construtoras elaborem um plano que minimize o impacto das obras sobre a população local.

Fonte: Elaboração própria a partir de Filho & Azevedo (2013)

A tabela acima sintetiza alguns efeitos negativos provenientes da construção de um empreendimento eólico. Estes devem ser levados em consideração antes da decisão de instalação dos parques. Por vezes, dada a dificuldade de comunicação entre o governo, as empresas, a população e os órgãos responsáveis pela avaliação de impacto dos projetos, problemas surgem durante e após a construção do empreendimento. Isto leva a prejuízos ambientais, sociais e econômicos que poderiam ter sido evitados e, portanto, faz-se necessário que os diversos setores da sociedade tenham participação durante o processo de planejamento de um empreendimento eólico.

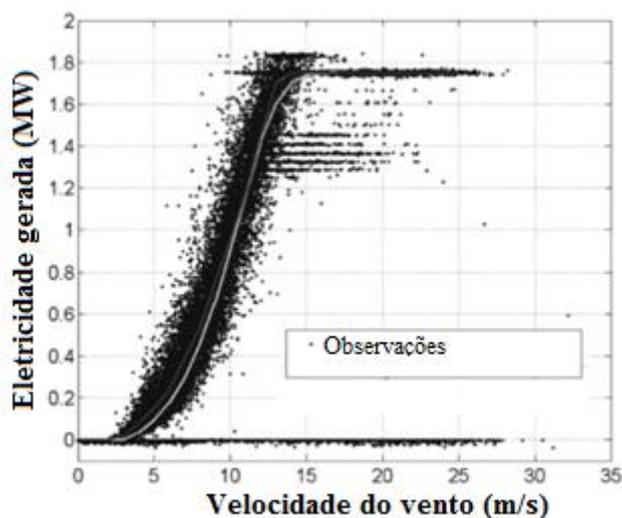
1.2- Aspectos técnicos da geração eólica

A produção de eletricidade eólica é realizada através de um aerogerador, onde a energia cinética existente no vento¹ movimenta as pás do rotor e é transformada em energia elétrica pelo gerador. A potência contida no vento (P) é uma função da velocidade (u), da área de interceptação das hélices (A) e da densidade do ar. A equação da potência eólica se dá da seguinte forma:

$$P = \frac{1}{2} \rho A u^3$$

Através da análise da equação acima, pode-se observar a importância da velocidade do vento como fator de geração de potência eólica. Desse modo, o fator locacional é extremamente relevante na instalação de aerogeradores. Esta contribuição exponencial advinda da velocidade do vento é evidenciada no Gráfico 3, a seguir:

Gráfico 3: Energia Gerada x Velocidade do Vento

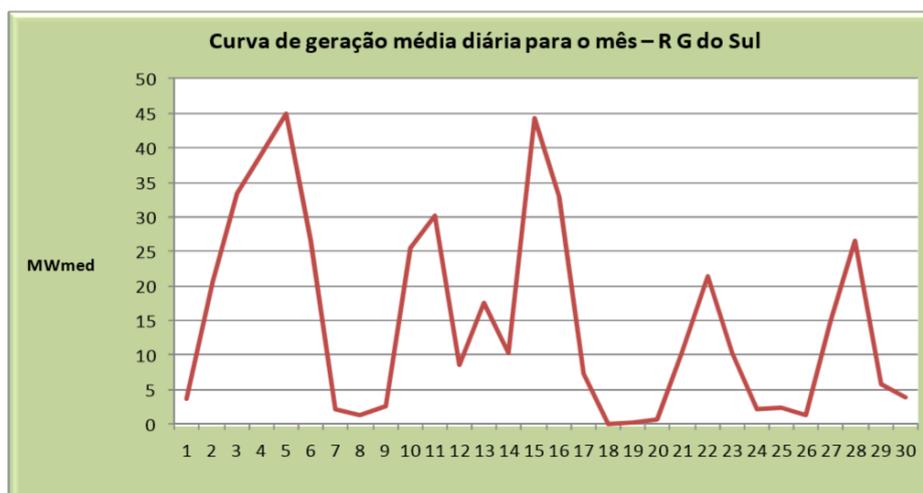


Fonte: (Potter & Gil, 2007, p.3)

¹ O vento é um fenômeno físico que pode ser definido da seguinte forma: O movimento de parcelas de ar, nas atmosferas planetárias, é denominado vento. Embora o ar possa mover-se na direção vertical, a denominação “vento” é comumente aplicada apenas ao movimento horizontal, paralelo à superfície do planeta. Na meteorologia, a velocidade e a direção do vento, juntamente com a temperatura, a umidade e a pressão do ar atmosférico, são as variáveis mais importantes empregadas na descrição meteorológica da atmosfera terrestre. O vento, como agente meteorológico, atua nas modificações das condições do tempo, sendo responsável pelo transporte de umidade e de energia na atmosfera. [...] o vento pode ser empregado como uma fonte alternativa de energia por meio da conversão de sua energia cinética em outras formas de energia, especialmente eletricidade. (Martins, Guarnieri, & Pereira, 2008, p. 3)

A intermitência característica dos ventos trás consigo um aspecto negativo para a geração de eletricidade a partir desta fonte de energia dada a maior volatilidade na geração, como o Gráfico 4 exemplifica a seguir.

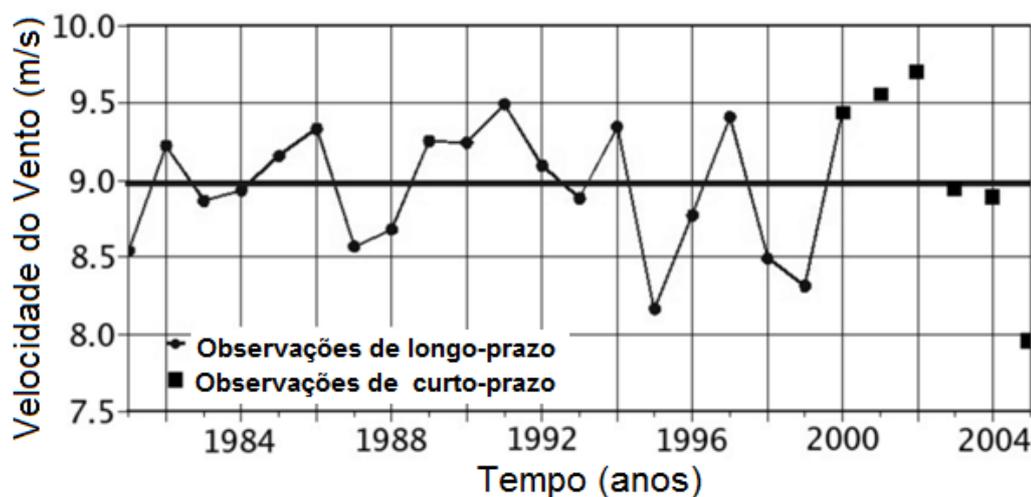
Gráfico 4: Curva de geração eólica média diária para o mês de abril de 2013 no Rio Grande do Sul



Fonte: (ONS, 2013, p. 11)

Mesmo em horizontes maiores de tempo a velocidade dos ventos numa mesma região pode variar bastante, como pode ser observado no Gráfico 5, que considera a variação dos ventos encontrada no trabalho de Potter & Gil (2007). No gráfico, os círculos representam as observações de longo prazo e os quadrados as de curto prazo.

Gráfico 5: Demonstração da diferença em medias anuais e as possíveis perigos de um histórico limitado de observações para o exame.



Fonte: Adaptado de Potter & Gil (2007, p.2)

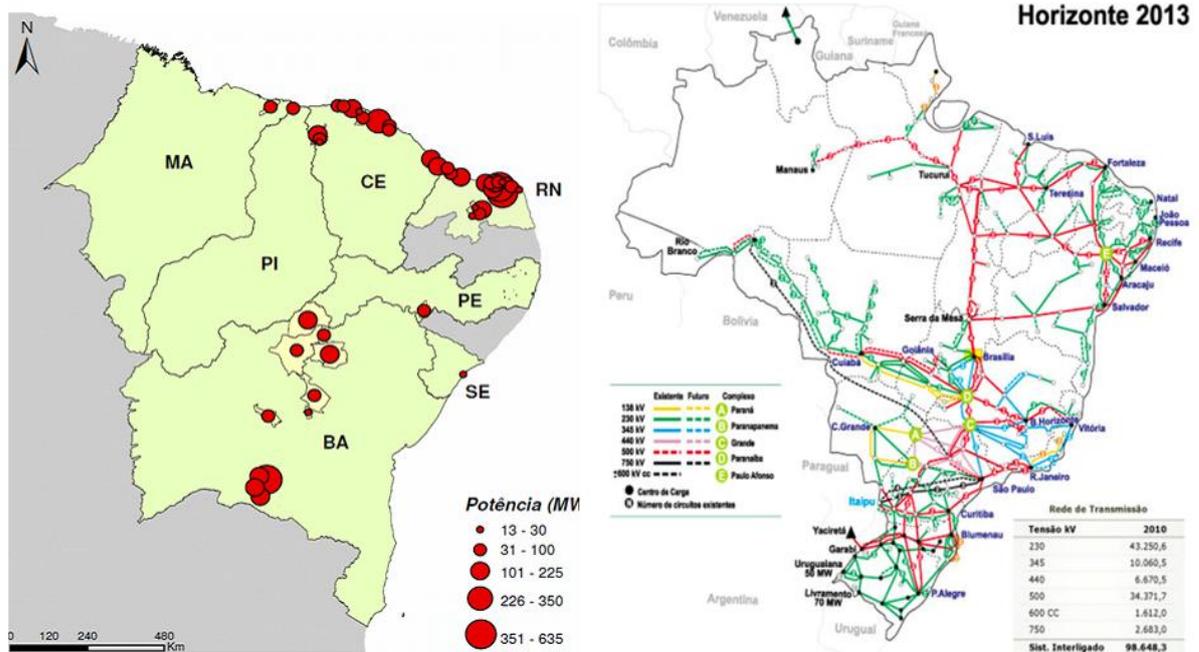
Nesse caso, torna-se importante para o planejamento da inserção eólica na matriz elétrica o número de observações disponíveis na localidade onde se planeja instalar um aerogerador. Caso isto não aconteça, uma parcela ainda maior de incerteza será adicionada, tanto à matriz quanto aos investimentos eólicos. A observação de “pontos fora da curva” que podem comprometer a segurança do suprimento elétrico também deve ser levada em consideração no planejamento da inserção de um novo empreendimento eólico, de forma a delimitar com um maior grau de confiança uma margem sustentável de penetração eólica.

Segundo Leão (2010), é incorreto dizer que a energia eólica é inerentemente não confiável porque é variável, pois o vento é variável, mas não imprevisível. Os sistemas de potência desde a sua origem lidam com incertezas tanto no consumo quanto na produção. Para gerenciar oscilações na geração, reservas são mantidas no sistema elétrico. As reservas são então usadas durante a operação para manter o balanço entre consumo e produção. Como o sistema de potência consiste de milhares de consumidores individuais e unidades de produção é o desequilíbrio líquido que precisa ser controlado.

A integração em grande escala da geração eólica pode acontecer em duas condições principais: grandes usinas eólicas conectadas ao sistema de transmissão ou vários parques eólicos de médio e pequeno porte conectados aos sistemas de distribuição em uma área do sistema de potência. Um dos maiores desafios enfrentados pelo setor de energia elétrica é como integrar eficientemente uma significativa quantidade de energia eólica ao sistema elétrico. Para isto, de acordo com Leão (2010), devem ser observados os seguintes aspectos:

1. A infraestrutura da rede elétrica - as plantas eólicas são construídas em áreas de alta velocidade média de ventos, em geral, distantes dos principais centros de carga, tornando necessária a construção de novas linhas de transmissão. Utilizando como exemplo o caso brasileiro na Figura 2, que representa a distribuição geográfica dos empreendimentos eólicos e da rede de transmissão nacional, pode-se observar a concentração dos empreendimentos eólicos em áreas com uma malha de transmissão menos densa.

Figura 2: Sistema de transmissão nacional x número de empreendimentos eólicos



Fonte: Adaptado de EPE (2012, p.88 e p.124)

Entretanto, em relação aos outros países, o Brasil tem uma vantagem no que diz respeito aos custos de integração à rede, pois o sistema já é interligado.

2. O balanço entre consumo e produção de energia elétrica – é preciso assegurar o suprimento energético, através de reservas que possam compensar eventuais desequilíbrios. Para este fim, geralmente são utilizadas a geração através de fontes com alto grau de disponibilidade e de potência reativa, como a térmica. Desta forma, a fonte eólica, assim como outras energias alternativas, atua conjuntamente com as fontes convencionais nos sistemas elétricos ao redor do mundo.

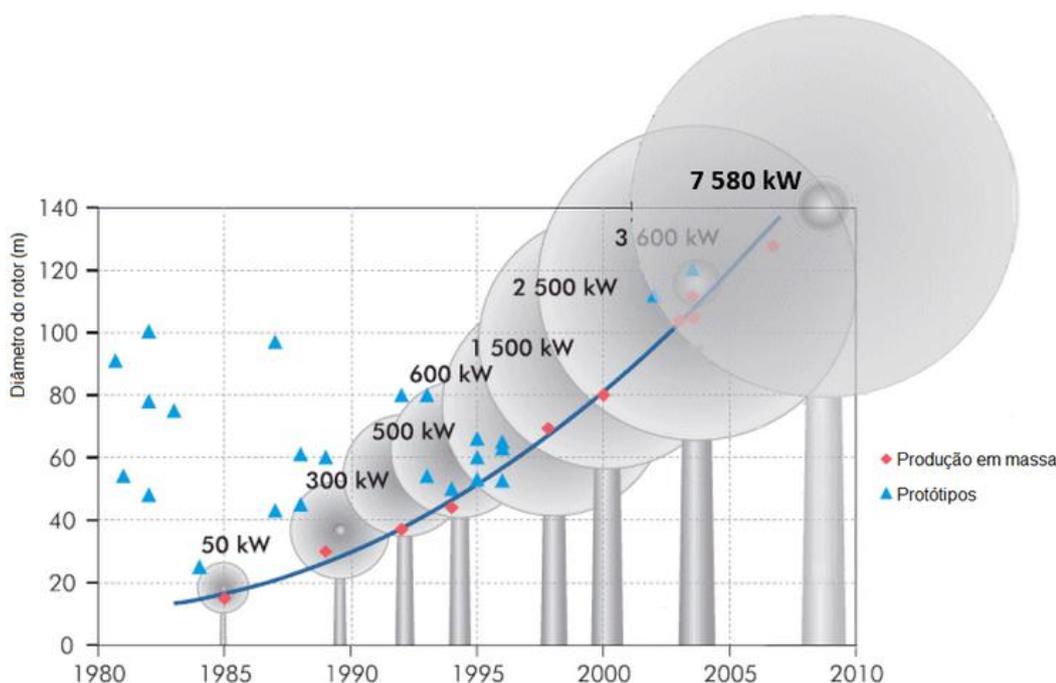
3. A suportabilidade dos aerogeradores - estes devem permanecer conectados mediante afundamentos de tensão na rede. Para garantir isto, a regulamentação tem sido revisada para incluir especificações quanto à sobrevivência à falha (FRT – *Fault Ride-Through*) nos sistemas de conversão eólioeletricas. Estas mudanças podem levar a um aumento considerável no custo dos equipamentos eólicos.

4. O controle de frequência na rede - os aerogeradores devem ser capazes de aumentar e diminuir a potência produzida, assim como gerar ou absorver potência reativa em resposta às variações de frequência na rede. Isto é essencial para garantir a segurança da rede em regiões com grande número de plantas eólicas instaladas.

Ao longo das últimas décadas, passou-se a aumentar área de interceptação das hélices como um meio de aumentar a potência do aerogerador. Na Figura 3, pode-se observar

a evolução da potência dos equipamentos eólicos como uma função do diâmetro de seus rotores.

Figura 3: Evolução tecnológica das turbinas eólicas comerciais entre 1980 e 2010



Fonte: Adaptado de IEA

Evoluções recentes nos equipamentos eólicos e nos métodos de previsão têm permitido uma diminuição na incerteza e uma maior confiabilidade na geração. Entretanto, a determinação de um nível ideal de penetração da energia eólica na matriz energética é um tema bastante complexo, que deve levar em conta as especificidades de cada sistema elétrico - a infraestrutura da rede, a capacidade de backup, a suportabilidade dos aerogeradores e as características climáticas de cada região. Apesar de não existir um nível ideal exato de penetração desta fonte, Holttinen (2009) sugere que um nível de participação de 20% na geração total pode ser feito sem aumentar significativamente os custos operacionais.

Alguns países apostam em uma penetração eólica ainda maior, como é o caso da Dinamarca, que pretende atender 50% da demanda elétrica através desta fonte até 2020 (Lund, 2010). Já a Alemanha, em seu ambicioso programa de transição energética, *Energiewende*, visa alcançar uma participação de renováveis de 85%, com forte participação da energia eólica até 2050. Para garantir a segurança de seu sistema, a Siemens estima que seria necessário uma capacidade de estocagem de 30 TWh (Bullis, 2013) até 2050, ano no qual é estimado uma carga de 500 TWh (Weiß & Schulz, 2013). Atualmente o Brasil possui uma capacidade de estocagem de 208 TWh, o que equivale a 60% do consumo de eletricidade

em 2012 (Losekann, 2013), além de apresentar fatores de capacidade médios para geração eólica de mais de 30%². Portanto, é possível que o Brasil tenha capacidade de expandir a fonte eólica sem de forma relativamente mais simples que outros países. Cunha (et al,2013), propõe um modelo bastante conservador e, com base em simulações computacionais, estima que a inserção eólica que permite atingir um ponto ótimo seria composto por 15% de geração eólica (40GW).

Planos mais ambiciosos necessitam em grande parte da evolução tecnológica do setor eólicoelétrico para que se concretizem. Abaixo são citadas algumas das principais tecnologias que estarão mais desenvolvidas ou mais disseminadas nas próximas décadas. Entre elas podemos destacar: (i) evolução dos aerogeradores, que permitiria uma geração maior, mais confiável e com menores impactos econômicos e socioambientais; (ii) introdução de redes inteligentes (*Smart Grids*) que permitiriam uma economia um aproveitamento melhor da energia produzida ;(iii) ampliação da geração distribuída, que possibilita um melhor aproveitamento dos potenciais de geração locais ; (iv) carros elétricos, que poderiam funcionar como um fator de minimização da volatilidade da carga;(v) sistemas de armazenamento de energia nas plantas eólicas, que permitiriam uma maior segurança na geração de fontes intermitentes ; e (vi) evolução dos métodos de previsão, permitindo um melhor aproveitamento dos recursos solares e, principalmente, eólicos.

² Os fatores de capacidade médios por usina e por região podem ser encontrados através do endereço http://www.ons.org.br/resultados_operacao/boletim_mensal_geracao_eolica/index.aspx.

CAPÍTULO II - CENÁRIO INTERNACIONAL E PERSPECTIVAS PARA GERAÇÃO RENOVÁVEL NO MUNDO

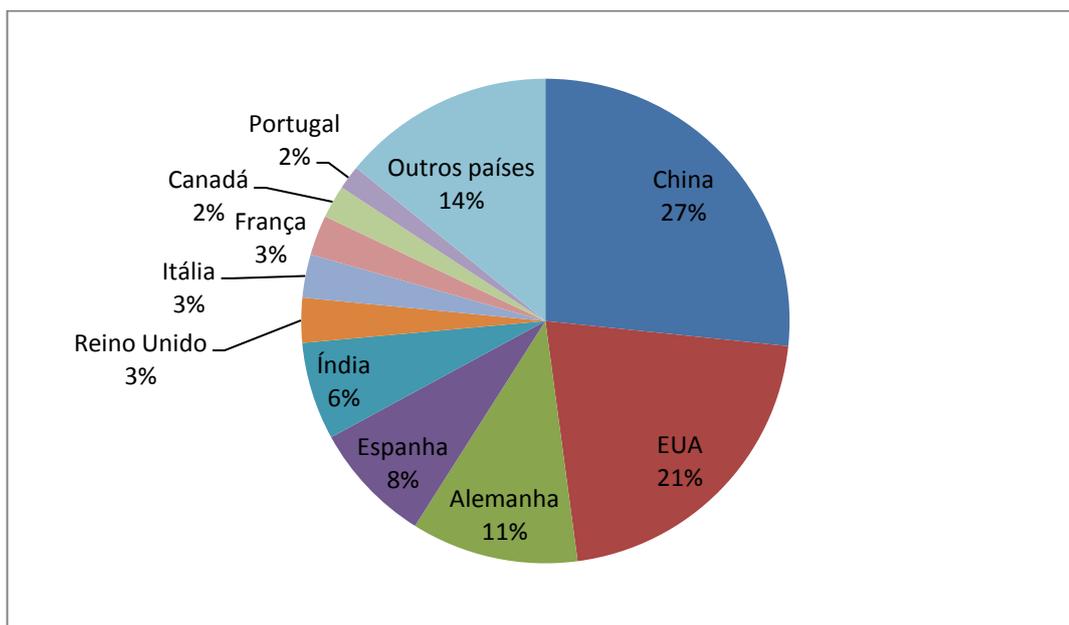
II.1- Breve histórico da expansão dos projetos eólicos no mundo;

A primeira grande máquina eólica para geração de eletricidade foi instalada em Cleveland, Ohio, em 1888. Durante o fim da 1ª Guerra Mundial, o uso máquinas eólicas de 25 kW estava disseminado na Dinamarca (Kaldellis, 2011). Mesmo assim, a energia eólica só ganhou grande visibilidade após a crise do petróleo de 1973. No norte europeu, altos preços de eletricidade e condições climáticas favoráveis viabilizaram o crescimento sustentado desta fonte. Já nos EUA, um forte programa de investimentos federais em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e concessão de créditos para empreendimentos eólicos propiciou uma explosão na instalação de equipamentos eólicos no estado da Califórnia, onde entre 1973-1986 foram adicionados aproximadamente 1,7 GW de capacidade instalada (Kaldellis, 2011).

Durante a década de 1990, houve um crescimento contínuo da fonte eólica. Nos anos 2000, a Europa já possuía 12,8 GW de capacidade eólica instalada, cerca de 70% do total mundial. O comprometimento dos países da União Europeia com as diretrizes do Protocolo de Quioto associada à necessidade de diversificação da matriz elétrica regional favoreceu o fortalecimento da indústria eólica na Europa. No nível local, os países realizaram políticas de incentivo à expansão eólica, onde se destacam sistemas de tarifa *feed-in*, investimentos em P&D e a criação de projetos pilotos. De acordo com Hatziargyriou (2001), ao final da década de 1990, 2/3 de toda a demanda mundial de turbinas eólicas era suprida por quatro grandes empresas europeias.

A indústria europeia de aerogeradores seguiu como líder mundial até o fim da década passada, quando passou a enfrentar forte concorrência dos produtos chineses. Mais recentemente, a China também passou por um rápido desenvolvimento de projetos eólicos em seu próprio território e, atualmente, possui a maior potência instalada eólica mundial, como ilustra o gráfico abaixo.

Gráfico 6: Capacidade eólica instalada total – dezembro de 2012



Fonte: Elaboração própria com base em dados do Global Wind Report 2012

II.2 –Incentivos existentes à fonte eólica

A observação das experiências mundiais de incentivo à penetração eólica nas matrizes elétricas nacionais é bastante ampla. Os mecanismos são diversos e não precisam ser utilizados de forma excludente. A experiência internacional mostra que a maior a combinação de incentivos é mais eficiente em alcançar o objetivo de expandir a geração eólica. A seguir são apresentados os principais incentivos existentes destacados na bibliografia existente sobre estas experiências.

II.2.1 - Sistema de Tarifa *Feed-In* (FIT)

A FIT é uma política de promoção de fontes renováveis que paga um preço garantido pela geração de energia renovável. Normalmente, para cada unidade de eletricidade colocada na rede pelo produtor, e usualmente por um período de longo-prazo (geralmente 20 anos). A FIT também pode ser desenvolvida através de unidades de calor fornecidas pelas fontes de biomassa, solar térmica, ou geotérmica (REN21, 2011, p.57). No sistema FIT, é possível que as tarifas sejam discriminadas por fonte de forma a permitir que fontes alternativas menos maduras possam competir no mercado de venda de eletricidade. No longo prazo, a diferença de remuneração possibilita que todas as tecnologias possam se tornar competitivas. Outra possibilidade é a diferenciação por tamanho ou por localização, permitindo que o regulador adapte a FIT aos seus objetivos.

O pagamento da FIT é usualmente administrado pela a concessionária ou pelo operador da rede e é derivado de uma cobrança adicional por kWh de eletricidade (ou outra unidade energética), imposta aos consumidores nacionais ou regionais, normalmente rateado igualmente para minimizar os custos aos indivíduos.

Uma das variações do uso da FIT desenvolvida principalmente pela Espanha, mas aplicada por outros países é a chamada tarifa *feed-in premium*. Este é um mecanismo dependente do mercado (em oposição à FIT considerada básica, que poderia ser considerada um mecanismo que independente do mercado). Na FIT *premium* dois componentes de remuneração existem ao invés de um, respectivamente, um pagamento de FIT reduzido e o preço horário do mercado de eletricidade. Com isto, busca-se minimizar a ocorrência de sobreganho e subganho pelos produtores. (REN21, 2011, p.57)

A desvantagem no uso do sistema FIT reside no alto custo de geração das tecnologias que fazem uso da tarifa. Além disto, se usada isoladamente, não estimula a eficiência na geração e, caso seja mal fixada, a tarifa pode gerar uma oferta de energia indesejada.

II.2.2 - Leilões de Energia

Dutra (2007) define este mecanismo, desenvolvido principalmente no Reino Unido, como um processo mais competitivo no qual o regulador define uma quantidade de energia de fontes renováveis para ser comprada e organiza um leilão para sua venda, de modo a gerar um ambiente mais competitivo entre os produtores. As propostas são, então, classificadas em ordem crescente de custo até que se alcance o montante contratado determinado pelos órgãos de governo. Assim, a concessionária adquire um contrato de longo prazo e fica obrigada a pagar aos produtores vencedores o montante estabelecido no leilão.

II.2.3 - Sistemas de Cotas Verdes

Segundo Costa (2006), o Sistema de Cotas Verdes, conhecido também como *Renewable Portfolio Standard* (RPS) ou Meta de Energia Renovável (*Renewable Energy Targets*), se baseia na determinação legal de que uma cota de geração de energia vendida deva ser gerada por fontes alternativas de energia. Esta obrigação é imposta geralmente sobre o consumo (através de empresas de rede), mas a obrigação também pode ser aplicada sobre a produção. Os Certificados Verdes adquiridos com este tipo de geração podem ser comercializados no mercado, promovendo assim receita adicional às vendas de energia.

Utilizado principalmente em alguns países da Europa (Áustria, Dinamarca, Bélgica, dentre outros) e em alguns estados americanos, com a quantidade fixada, o preço é determinado pelo mercado. As concessionárias podem cumprir suas metas comprando energia “verde” de produtores independentes, comprar Certificados Verdes ou construir sua própria planta de geração com base nas tecnologias previstas pelo órgão regulador. Normalmente, uma multa é aplicada às concessionárias que não cumprirem suas metas, podendo sendo revertida em um fundo que retorna para aquelas que foram bem sucedidas em atingir suas obrigações.

A desvantagem do Sistema de Cotas para renováveis reside na não distinção entre fontes contempladas, aquelas com maior grau de maturidade e menor custo tendem a ser beneficiadas em detrimento daquelas ainda incipientes e com maior custo. Além disto, segundo Dutra (2007), o sistema de cotas necessita de uma infraestrutura administrativa mais sofisticada, levando a maiores custos de transação, e não incentiva pesquisa e desenvolvimento.

II.2.4 - Outros Incentivos

Além dos incentivos já mencionados acima, em Salino (2011) podem ser encontrados outros tipos de incentivos além dos três já mencionados acima, são eles:

Incentivos Fiscais de Investimento: Créditos ou dedução de imposto para uma fração do investimento realizado ou no custo de equipamentos e instalação de sistemas;

Incentivos Fiscais de Produção: Fornece crédito ou deduções de imposto a uma taxa definida por kWh produzido por instalações de energia renovável;

Redução de Imposto sobre Propriedade: Proprietários de terrenos ou imóveis utilizados para produção de energias renováveis podem ter os impostos eliminados ou reduzidos;

Redução de Imposto sobre o Valor Adicionado (IVA): Reduz ou isenta o IVA entre a compra de insumos e a venda de produtores de energias renováveis;

Redução de Impostos de Importação: Redução ou eliminação de impostos sobre produtos e materiais importados usados em usinas de energia renovável;

Depreciação Acelerada: Permite que os investidores em plantas de energia renovável possam depreciar seus equipamentos em uma taxa mais rápida que a

normal permitida, deste modo reduzindo o rendimento declarado para o efeito de imposto de renda;

Créditos para pesquisa, desenvolvimento e fabricação de equipamentos:
Créditos oferecidos para as instituições de desenvolvimento em energia renovável, incluindo pesquisas e processos de fabricação;

Investimento Público, Empréstimos ou Doações: Mecanismo de apoio financeiro que permite o desenvolvimento de projetos de infraestrutura através do uso de fundos, empréstimos e outras opções de financiamentos públicos;

II.3- O papel dos incentivos na expansão da energia eólica no mundo

Analisar as políticas de incentivo à fonte eólica no mundo é algo bastante complicado, dado a diversidade de experiências existentes. Felizmente, a literatura é bastante extensa neste assunto, principalmente no que diz respeito aos países desenvolvidos. Mais recentemente, com o avanço da NFRs nas matrizes dos países em desenvolvimento, países como China, Índia e Brasil passaram a ganhar a atenção dos estudiosos do setor a nível internacional.

Segundo (Camillo, 2013), na Alemanha, Dinamarca e EUA, países pioneiros no desenvolvimento de aerogeradores, a trajetória eólica se iniciou de duas formas. Nos EUA e na Alemanha as políticas adotadas foram primeiramente focadas na oferta de tecnologia e pesquisa básica. Na Dinamarca houve, através da combinação de políticas tecnológicas, de políticas de mercado e de políticas industriais, uma política mais ajustada ao processo de desenvolvimento incremental da tecnologia. Portanto, na primeira década da trajetória da fonte eólica nos países pioneiros, a política tecnológica foi a mais relevante política de inovação no setor. Políticas de mercado ganharam relevância quando a tecnologia entrou na fase de desenvolvimento experimental ou de projetos demonstrativos. A escala foi essencial para o desenvolvimento tanto de projetos de geração elétrica quanto de produção de turbinas eólicas. Nesta fase, também houve proteção da indústria nascente na Alemanha e na Dinamarca. As políticas de mercado se tornaram a esfera central das políticas de inovação em energia eólica nos países em pioneiros apenas quando a tecnologia entrou em processo de difusão acelerada. No atual contexto de maturidade da tecnologia de aproveitamento eólico, os países pioneiros caminham numa trajetória de redução dos incentivos, ressurgindo em momentos de aparecimento de uma nova fronteira tecnológica, como a geração offshore.

Camillo (2013) aponta que no caso da China, Índia e Espanha, que passaram a se destacar posteriormente como *players* importantes no setor eólico mundial, a trajetória da

energia eólica se iniciou pelo acesso à tecnologia importada. Neste caso, foram políticas industriais que predominaram nas fases iniciais, posto que o objetivo principal era a constituição de uma estrutura produtiva local e a criação de bases para formação de uma indústria doméstica de turbinas. As políticas tecnológicas centraram-se, num primeiro momento, em prover canais de acesso e facilitar a introdução da tecnologia importada no país. Em seguida, as políticas tecnológicas caminharam no sentido de prover uma estrutura de apoio ao aprendizado e a adaptação dessa tecnologia ao contexto local, no que se pode chamar de fase da absorção da tecnologia. Nesta fase, as políticas industriais introduziram meios de proteger a indústria nascente. As políticas tecnológicas alcançaram um novo patamar quando a necessidade de se equiparar aos níveis de competitividade estabelecidos pelos países líderes no mercado internacional se tornou premente.

Nesses países as políticas de mercado só começaram a aparecer de forma mais consistente quando já havia uma estrutura mínima de produção de turbinas. Especialmente para os casos da China e da Índia, o ajustamento das políticas de mercado e o destaque dado a esta esfera de intervenção no conjunto das políticas de inovação de energia eólica é recente. Também se observou que na falta dos instrumentos básicos relacionados à criação de mercado para energia eólica, os entraves à geração de energia se fizeram evidentes, mas não necessariamente impediram a expansão da capacidade instalada ou da ampliação da oferta de energia eólica. Disso, pode-se concluir que o crescimento da energia eólica nesses países não deve ser atribuído somente ao aprimoramento do marco regulatório de promoção às fontes renováveis, mas principalmente ao desenvolvimento da estrutura produtiva local. Foi esta estrutura que possibilitou a redução dos custos de capital da energia eólica nestes países ao longo do tempo.

Na tabela a seguir, encontra-se uma adaptação feita a partir do relatório “*30 Years of Policies for Wind Energy*”, publicado em 2012 pela Agência Internacional de Energia Renovável. Nesta tabela estão sistematizados os principais instrumentos de política para o desenvolvimento da fonte eólica utilizados pelos países mais relevantes no uso da energia eólica.

Tabela 2: Principais mecanismos de política e esquemas de suporte utilizados em 12 países

		Remuneração								Objetivos		Permissão		Integração à rede		
		Tarifa Feed-in	Tarifa Premium	Sistema de leilões	Medidas Fiscais	Mercado Spot	Subsídio ao investimento	Certificados Verdes	Financiamento governamental	Desoneração de II*	Obrigação de compra ou Padrão de portfólio renovável	Metas Federais ou estaduais	Diretrizes para escolha de sítios	Processo de licenciamento de projetos	Acesso Prioritário à rede	Código de rede
Países	Brasil	X		X					X	X			X		X	
	China	X		X					X	X		X		x	X	
	Dinamarca	X	X				X	X				X	X	x	X	X
	Alemanha	X	X				X		X			X	X		X	X
	Grécia	X					X					X	X	x	X	X
	Índia	X					X	X	X	X	X	X		x		X
	Irlanda			X			X					X		x	X	
	Itália						X		X			X		x	X	
	Portugal						X					X		x	X	
	Espanha	X	X	X			X			x		X	X	x	X	X
	Reino Unido	X		X			X				X	X	X	x	X	
	EUA				X		X	x	x		X	X	X	x		

*Impostos sobre a importação

Fonte: Adaptado de IRENA (2012)

A Tabela 2 ilustra como por trás da evolução da inserção da fonte eólica nos países existe sempre um aparato de incentivos, atuando direta ou indiretamente. Nesse estudo, o Brasil é o único dos 12 países analisados que não possui uma política de metas para inserção de fontes renováveis, mostrando o baixo comprometimento do país com as políticas de mitigação dos gases do efeito estufa no setor elétrico. Isto pode ser explicado pela matriz elétrica fortemente baseada em hidroelétricas, o que o torna um dos países com a geração de eletricidade mais limpa.

CAPÍTULO III - CENÁRIO NACIONAL E PERSPECTIVAS PARA A EXPANSÃO DE FONTES ALTERNATIVAS NO SEB

III.1- Surgimento dos projetos eólicos no Brasil

Segundo Dutra (2007), o interesse do Brasil no uso de fontes alternativas iniciou-se após a Reunião das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, realizada em 1992 no Rio de Janeiro. O evento possibilitou a criação de vários projetos pilotos de fontes alternativas no país, com destaque para as fontes solar e eólica. Entretanto, apenas em abril de 2002 os esforços feitos durante a década de 1990 puderam ser consolidados na forma do Programa de Incentivos a Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), um mecanismo de remuneração garantida que marcou o início da produção em larga escala de energia eólica no Brasil. Nesta seção, além do PROINFA, serão abordados aspectos do PROEÓLICA, programa que antecedeu o PROINFA, e o atual modelo de leilões que vigora no Sistema Elétrico Brasileiro (SEB).

III.1.1 - O PROEÓLICA

O Programa Emergencial de Energia Eólica (PROEÓLICA) foi criado pela Resolução nº 24 da Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE), em 5 de julho de 1995. Seu objetivo era conseguir, até dezembro de 2003, uma produção de 1050 MWh através de um sistema de remuneração garantida com base num percentual sobre Valor de Compra (VC) da eletricidade. Entretanto, programa não foi regulamentado, o que dificultou sua execução. Já no artigo primeiro da Resolução, existia o objetivo de promover a complementaridade sazonal com os fluxos hidrológicos nos reservatórios do sistema interligado nacional.

Até o ano de 2003, foram mantidos os incentivos do PROEÓLICA. Ficou estabelecido pela Resolução nº 25, de 05 de julho de 2001, que o VC da energia seria equivalente ao valor de repasse para as tarifa, relativo à fonte eólica, estabelecido conforme regulamentação da ANEEL, aplicando-se ao VC os incentivos previstos para os projetos que iniciassem operação nos prazos da tabela abaixo.

Tabela 3: Incentivos previstos para a implementação de projetos no PROEÓLICA

Data de Implementação do projeto	Incentivo
até 31 de dezembro de 2001	1,2 x VC
até 31 de março de 2002	1,175 x VC
até 31 de junho de 2002	1,15 x VC
até 30 de setembro de 2002	1,125 x VC
até 31 de dezembro de 2002	1,1 x VC

Fonte: Adaptado de Dutra (2007)

O VC da energia gerada seria equivalente ao valor de repasse das tarifas, referente ao Valor Normativo da fonte eólica estabelecido conforme a regulamentação da ANEEL. Os custos relacionados ao volume de energia comprada pela Eletrobras seriam repassados às concessionárias de distribuição do sistema interligado de forma compulsória na proporcionalidade dos seus mercados realizados no ano anterior. (Silva 2006, em Dutra 2007).

Por fim, Dutra (2007) mostra que o programa falhou em atrair investidores, não havendo nenhum projeto eólico implantado no âmbito do PROEÓLICA. O reduzido período entre o lançamento do programa (julho de 2001) e os prazos de habilitação para os agentes conseguirem os benefícios associados aos índices dos valores de compra são fatores responsáveis pelo fracasso do programa. Além disso, não houve uma regulamentação do programa que apresentasse uma consistente definição e clareza aos agentes dos benefícios do PROEÓLICA, fazendo com que o programa tivesse fim no ano de 2003.

III.1.2 - O PROINFA

Foi um dos mais importantes programas para o desenvolvimento das fontes alternativas no Brasil. O programa foi criado através da Lei Federal nº 10.438 e regulamentado através dos decretos nº 4.541 e nº 5.025/2004, sendo dividido em duas etapas, voltadas respectivamente para a implementação de projetos em curto e médio prazos. O programa seria gerenciado pela Eletrobras e coordenado pelo MME (Dutra, 2007, p.183).

E sua primeira fase o programa previa a contratação de 3300 MW em projetos de biomassa, eólicos e solares, com uma cota de 1100 MW para cada um deles. Os contratos de compra de energia de longo prazo (PPAs) possuem a duração de 20 anos e garantem ao

produtor uma receita mínima de 70% da energia contratado durante o período de financiamento, que pode chegar a até 20 anos. Nesta primeira fase, devido à baixa participação dos produtores interessados em projetos de geração através da biomassa, a energia eólica ganhou espaço e contrata 1422 MW, que posteriormente tiveram o prazo de entrega postergado do final de 2006 para o final de 2008.

Tabela 4: Potência contratada por fonte no PROINFA

Fonte	Expectativa	Contratação Final
Biomassa	1100 MW	685 MW
PCH	1100 MW	1191 MW
Eólica	1100 MW	1422 MW
Total	3300 MW	3299 MW

Fonte: (Cebolo, 2005), em Dutra (2007, p. 189)

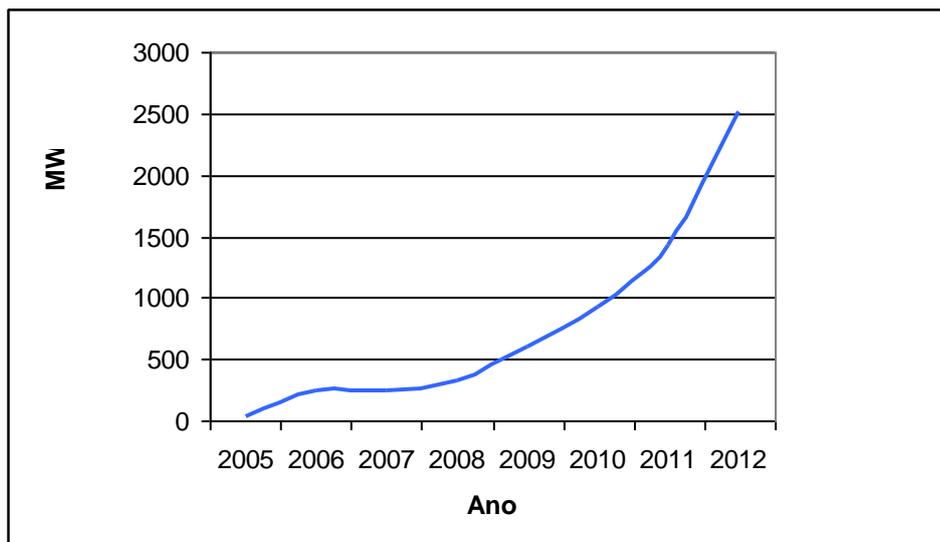
Em sua segunda fase, o PROINFA estipulava regras para que a participação das fontes contempladas pelo programa fornecessem 10% de toda a demanda de energia elétrica nacional em 2026. Entretanto, problemas com o programa e o sucesso do modelo de leilões levaram ao fim do uso do modelo de contratação do PROINFA nos novos projetos eólicos.

III.1.3 - Leilões

Em dezembro de 2009, o governo brasileiro passou a contratar energia de fontes alternativas através de leilões específicos. A criação de um leilão específico permitiu a viabilização dessas fontes quando não eram capazes de competir via preço com as fontes tradicionais. O resultado do leilão superou as expectativas dos analistas da época. Foram contratados 1,8 GW de energia eólica com um desconto médio de 21% em relação ao preço inicial do leilão.

Desde a criação do PROINFA, a capacidade instalada de energia eólica brasileira tem crescido de forma exponencial, como é observado no Gráfico 7 a seguir.

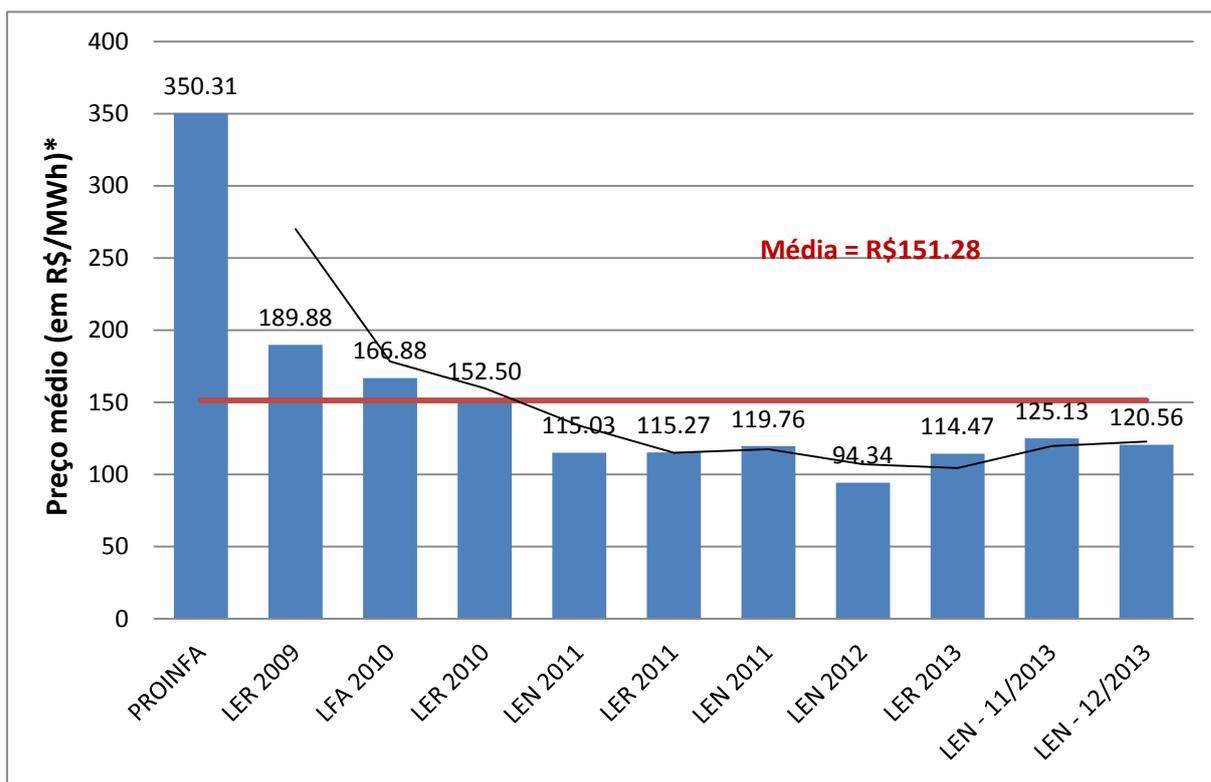
Gráfico 7: Evolução da capacidade instalada eólica no Brasil (MW)



Fonte: Elaboração própria com base em dados da ANEEL e da ABEEólica

A evolução da curva de aprendizagem da energia eólica foi rápida, os preços dos aerogeradores e dos empreendimentos caíram rapidamente. A fonte se tornou competitiva em relação às fontes tradicionais nos leilões. Em parte, isto foi possível pela baixa verificada nos preços internacionais dos equipamentos eólicos a crise financeira de 2008-2009 (Porrúa, 2010). Esta redução se deu principalmente através da queda no preço das commodities e da queda na demanda por equipamentos eólicos no período que se sucedeu à crise (Friz-Morgenthal, et al, 2009). A partir do leilão de energias renováveis de 2011, os preços mantiveram-se mais estáveis, apresentando um pequeno aumento somente nos leilões de 2013. Esta evolução é observada no gráfico abaixo.

Gráfico 8: Evolução no preço das eólicas no Brasil



* Corrigido pelo IPCA para reais de fevereiro de 2014

Fonte: Fonte: Elaboração própria com base em dados da CCEE

O aumento no patamar de preços ocorrido em 2013 está associado a mudanças regulatórias ocorridas no biênio 2012/2013, como será observado na seção III.2.4.

III.1.4 – O Funcionamento do modelo de leilões no SEB³

A expansão da capacidade instalada no setor elétrico brasileiro se dá principalmente via leilões reversos, organizados no mercado regulado⁴. O sistema de leilões do sistema elétrico brasileiro foi estabelecido pela Lei nº 10.848, de 2004, que regulamenta a expansão do SIN e a comercialização de energia elétrica os para consumidores que se encontram dentro do Ambiente de Contratação Regulada (ACR) - compreende a contratação de energia para o atendimento aos consumidores regulados por meio de contratos regulados com o objetivo de assegurar a modicidade tarifária (Dutra, 2007).

Existem dentro do novo modelo quatro tipos de leilões: (i) Leilões de Energia Nova (LEN); (ii) Leilões de Energia Existente (LEE); (iii) Leilões de Energia Reserva (LER); e (iv)

³ Uma análise mais detalhada do funcionamento do modelo de leilões no SEB pode ser encontrada em Acende Brasil (2012).

⁴ Para mais informações ver Rego & Parente (2013).

Leilões de Transmissão(LT). No caso dos LEN dos LEE existem algumas submodalidades onde o tipo de energia a ser ofertada e o tempo de entrega dos projetos pode ser alterado.

III.1.4.1 - Leilões de Energia Nova

São responsáveis por expandir o parque de geração através da concorrência entre empreendedores. Dos projetos apresentados, são escolhidos aqueles que apresentaram a menor tarifa (R\$/MWh). Ao final do leilão, os vencedores firmam Contratos de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado (CCEARs).

Existem três modalidades de Leilões de Energia Nova:

Leilões de Projetos Estruturantes: Leilões específicos para contratação de energia de projetos que o CNPE considere estratégicos e de interesse público.

Leilões A-5: Possuem prazo de cinco anos para entrega da energia contratada e o prazo do contrato de compra da energia varia de 15 a 30 anos;

Leilões A-3: Possuem prazo de três anos para entrega da energia contratada e o prazo do contrato de compra da energia varia de 15 a 30 anos;

Leilões de Fontes Alternativas: Leilão específico para fontes alternativas, onde os empreendedores ficam limitados a ofertarem projetos de energia alternativa. Os prazos estabelecidos para entrega da energia contratada variam de um a cinco anos. Os projetos podem tanto ser de Energia nova quanto de Energia Existente, existindo neste caso uma interseção entre LEN e LER.

III.1.4.2 - Leilões de Energia Existente

Os LEEs visam promover recontração de energia proveniente de empreendimentos em operação comercial para atendimento ao ACR. Essa recontração de energia é realizada anualmente para entrega no ano seguinte mediante contratos de 3 a 15 anos de duração (Leilões A-1), ou de alguns meses (Leilões de Ajuste). Podem ser de dois tipos:

Leilões de Ajuste: Tem por objetivo complementar os montantes de energia contratados com uma antecedência maior (um a cinco anos). Serve como um mecanismo de mitigação de risco para as distribuidoras, de forma a impedir que sua carga fique descoberta. O montante de energia contratada em leilões de ajuste não pode superar 1% da carga total das distribuidoras.

Leilões A-1: É limitado à reposição de contratos de energia vencedores. Apresentam menor antecedência e menor duração dos contratos e servem como um meio de permitir que as distribuidoras reduzam o montante contratado para compensar uma eventual redução na carga devido a migração de consumidores para o ACL. Além disto, é possível uma adaptação de até 4% da carga total de forma a permitir a adequação em relação a desvios nas projeções de demanda.

III.1.4.3 - Leilões de Energia Reserva

Regulamentada pelo Decreto nº 6.353, de 2008, possibilita a contratação de Energia Reserva de forma a aumentar a segurança do suprimento elétrico. Os vencedores dos LER firmam Contratos de Energia Reserva (CER) com a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). O CER prevê uma remuneração fixa pela disponibilidade da energia, que pode ser alterada devido a diferenças no montante efetivamente gerado ou devido a punições devido à indisponibilidade da energia. O custo é pago por consumidores do ACR e do ACL, através do Encargo de Energia de Reserva. O LER também tem sido utilizado como mecanismo de promover leilões de fontes específicas, tais como as fontes alternativas e a fonte nuclear.

III.1.4.4 - Leilões de Transmissão

Utilizados para expansão da rede de transmissão do SIN, permitem que empreendimentos de transmissão sejam remunerados por meio da Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST), que recai sobre todos os usuários da Rede Básica de transmissão do SIN.

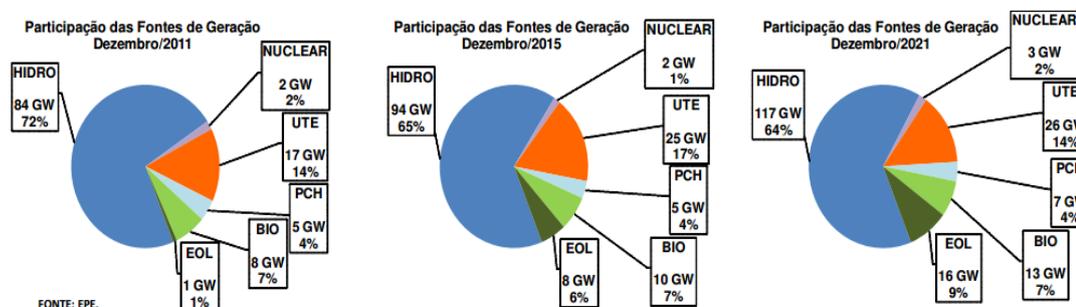
Existem também instalações – Demais Instalações de Transmissão (DITs) - que apesar de sua importância para o bom funcionamento da rede básica não são caracterizadas como instalações de transmissão, mas que também participam dos leilões de transmissão, sendo remuneradas separadamente pela Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão de Fronteira (TUSTFR) rateado apenas por usuários que utilizam tais instalações. Dentre as DITs, se encontram as Instalações de Transmissão de Interesse Exclusivo de Centrais de Geração para Conexão Compartilhadas (ICGs), que são instalações de transmissão em qualquer tensão, destinadas a permitir a conexão de centrais eólicas, à biomassa e Pequenas Centrais Hidrelétricas à rede.

III.2 Atual situação do setor eólico nacional

III.2.1 Configuração do setor eólico nacional

No Brasil, a partir da análise das projeções do Plano Decenal de Energia - 2021 (EPE, 2013) apresentados no gráfico abaixo, nota-se que a evolução da participação eólica na matriz elétrica nacional até 2021 é de somente 9%, como é demonstrado na figura a seguir.

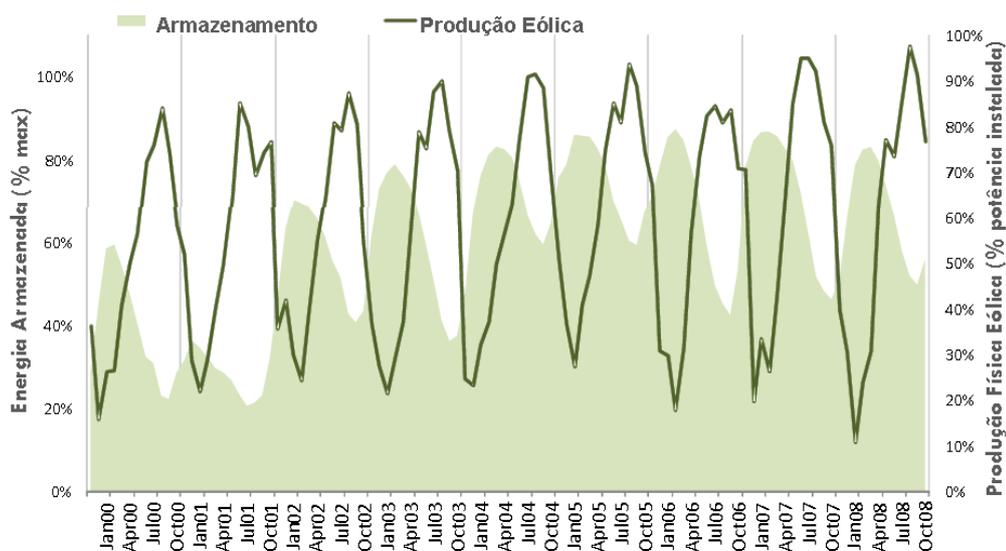
Figura 4: Evolução prevista da matriz elétrica nacional por fonte (em GW e em %)



Fonte: EPE (2012)

Portanto, a participação eólica na matriz elétrica nacional ainda se encontra longe da projeção conservadora de 15% estimada por Cunha, et al (2013). Além disso, como já foi discutido no primeiro capítulo, além dos bons ventos que permitem um fator de capacidade médio de mais de 30% das usinas, o Brasil conta com 208 TWh de estocagem de energia em seus reservatórios, mais de 6,5 vezes o que se estima necessário para garantir a estabilidade e segurança do sistema elétrico alemão. A perspectiva de inovações tecnológicas futuras, a maior integração do sistema elétrico nacional e a complementariedade entre esta e a fonte hídrica faz com que a contribuição da energia eólica possa ser ainda mais aproveitada nos próximos anos. Uma ilustração desta complementariedade pode ser encontrada no Gráfico 9.

Gráfico 9: Complementariedade entre energia eólica e hídrica*



* Eólicas PROINFA X Armazenamento hídrico na Bacia do S. Francisco

Fonte: Retirado de Yamamoto (2012)

III.2.2 Atrasos

O bom resultado das eólicas nos leilões passados foi amortecido pelos atrasos verificados na entrega dos projetos eólicos e das Estações Coletoras (ICG)⁵ que os conectam a rede de transmissão. Uma análise feita com base no Cronograma das Eólicas em operação da Aneel, relativo ao mês de maio de 2013, mostra dados que preocupam. Cerca de 68% dos projetos eólicos em andamento se encontram em situação de atraso nesta data, como pode ser observado na Tabela 5.

⁵ O modelo das ICGs, sigla referente à Instalação de Transmissão de Interesse Exclusivo de Centrais de Geração para Conexão Compartilhada, regulamentada pelo Decreto . N° 6.460 de 2008. Através das ICGs foi possível conectar centrais eólicas, à biomassa e PCHs localizadas em áreas distantes e/ou com sistemas precários de transmissão e distribuição de forma economicamente mais eficiente (Nogueira, 2011, p. 45).

Tabela 5: Resumo do cronograma do atraso das eólicas em maio de 2013

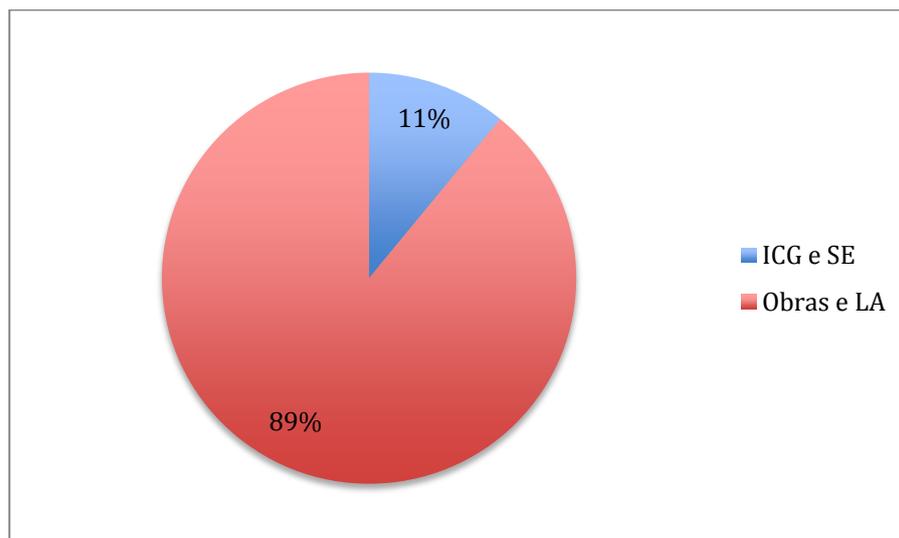
Situação do cronograma dos projetos eólicos	
Atrasos em SE* e ICG**	32
Atrasos em Obras e LA***	157
Normais	81
Adiantados	9
Total	279
Percentual de usinas atrasadas	68%
Devido a atrasos em SE e ICG	11%
Devido a atrasos em Obras e LA	56%
Percentual de usinas em andamento normal ou adiantadas	32%
Percentual de usinas em andamento normal	29%
Percentual de usinas adiantadas	3%

*Subestação; ** Central Coletora; ***Licenciamento Ambiental

Fonte: Elaboração própria com base em dados da Aneel

Segundo Ferraz & Ferreira (2013), o atraso na entrega destes projetos tem gerado custos que em parte recaem sobre o preço final pago pelo consumidor. O problema é ainda maior quando o atraso ocorre devido a não entrega da ICG ou da subestação que conecta as plantas eólicas à rede no prazo previsto. Neste caso, como o projeto eólico se encontra em condições de comercialização de eletricidade, ele possui o direito contratual de receber pela disponibilidade do fornecimento de energia. Entretanto, em termos de capacidade instalada esse atraso se deve principalmente aos problemas ligados a atrasos das obras e de obtenção de licença ambiental, como mostra o gráfico a seguir. Dos 7,3 GW em atraso somente 796, 2 MW são diretamente devido ao atraso na construção e ligação à ICG ou SE.

Gráfico 10: Potência instalada eólica em atraso (causas; em %) - Maio 2013



Nota: ICG: Central coletora; SE: subestação; LA: licença ambiental

Fonte: Elaboração própria com base em dados da Aneel

Como mostra o Gráfico 10, poucos projetos que deveriam estar conectados a estas ICGs se encontram em situação de espera por interligação, o que impediu que os custos repassados através da tarifa fossem ainda maiores. Ainda assim, tais custos não são negligenciáveis. Até o mês de maio, cerca de R\$ 415 milhões já haviam sido gastos apenas com o pagamento para centrais eólicas paradas devido ao atraso das ICGs, conforme é mostrado no Anexo 1. A eletricidade não fornecida por estas usinas deve ser fornecida por outras centrais de maior custo variável, criando-se assim outro custo passa a ter que ser considerado. Estes acontecimentos levaram a Aneel a abandonar os leilões de ICG em 2013, fazendo com que a responsabilidade por eventuais atrasos na ligação à rede recaia sobre o produtor eólico, conforme determina portaria da Aneel de nº 132, de 25 de abril de 2013. Estudos da ABEEólica indicam que entre outubro de 2012 e abril de 2013, a geração das eólicas atrasadas poderia ter contribuído para a economia de cerca de R\$1 bilhão⁶ que foram gastos em geração térmica. Desta forma, se torna fundamental harmonizar a concessão das licenças ambientais e a expansão da rede em ritmo compatível ao da expansão da capacidade instalada. O processo de construção das ICGs deve ser acelerado para minimizar os custos gerados por estes atrasos.

⁶Esta declaração pode ser encontrada em na matéria “Eólicas poderiam ajudar a economizar R\$ 1 bilhão das térmicas” publicada na revista Veja de 26/02/2013. A matéria pode ser acessada através do link: <http://veja.abril.com.br/noticia/economia/eolicas-poderiam-economizar-r-1-bilhao-das-termicas> .

III.2.3 Dependência de fabricantes internacionais de equipamentos eólicos

O setor eólico nacional historicamente é composto majoritariamente por empresas estrangeiras com filiais no Brasil, principalmente no que diz respeito à produção dos aerogeradores, mais intensivos em tecnologia. Apenas recentemente a WEG, empresa de capital nacional especializada em motores elétricos, entrou no mercado de aerogeração figurando como a única empresa de capital nacional a produzir aerogeradores.

A consequência da dependência tecnológica brasileira em relação aos fabricantes de equipamentos exteriores expõe o país a uma volatilidade maior dos preços dos equipamentos eólicos (responsáveis por até 75% do custo total de uma planta eólica). Conforme foi abordado no Capítulo 2, a crise econômica favoreceu a implantação de empreendimentos eólicos no Brasil através dos baixos preços dos aerogeradores e da existência de estoques no exterior. Da mesma forma, a melhora no mercado externo pode aumentar os preços dos equipamentos eólicos e gerar migração de empresas do mercado nacional para o exterior, assim como uma mudança no patamar da taxa de câmbio. Além do menor comprometimento das empresas estrangeiras com o atendimento ao mercado nacional, sua importação acaba impedindo a possibilidade de apropriação nacional de novas tecnologias de aerogeração por meio de patentes.

III.2.4 Mudanças regulatórias

No leilão A-5 de dezembro de 2012, apesar dos baixos preços oferecidos pelos 10 projetos eólicos contratados, R\$87,94 por MWh, a quantidade de energia ofertada foi muito menor que a demandada. Além disso, dos 14GW inscritos no leilão, somente cerca de 580 MW foram contratados, dos quais 281,9 MW eólicos. O mau resultado deste leilão pode ser atribuído a uma conjunção de fatores, dentre os quais se destacam a promulgação da MP 479, modificações no índice de nacionalização do BNDES e o descredenciamento de 5 aerogeradores em 2012. Mais recentemente, problemas com atraso na entrega de ICGs, levaram ao fim do uso deste modelo, o que também modifica a divisão das responsabilidades no que diz respeito à conexão das plantas eólica à rede. Por fim, em 2013, a introdução do P90 nos leilões também levou a uma perda de competitividade da fonte eólica. O impacto somado destas mudanças tem se refletido num aumento no patamar dos preços médios da energia eólica contratada nos leilões, conforme foi observado no Gráfico 8.

III.2.4.1 Introdução do P90 nos leilões

Um fator relevante para a análise da competitividade eólica em comparação a outras fontes foi a introdução do P90 nos novos leilões de energia através da Portaria nº 131/2013. A partir da nova regra, considera-se o valor de energia anual com uma probabilidade de ocorrência igual ou maior a noventa por cento (90%) para um período do contrato de concessão. O aumento na garantia de disponibilidade de 50% para 90%, apesar de aumentar o nível de garantia da geração e incentivar eficiências produtivas nos novos projetos, afeta diretamente o preço oferecido pelos empreendedores eólicos nos leilões de eletricidade, que passam a querer ser remunerados pelo aumento no risco dos empreendimentos.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) justifica a adoção da regra para que haja uma maior segurança em termos de produção efetiva da usina⁷. Entretanto, mesmo com os bons fatores de capacidade apresentados pelos parques geradores no país, com fatores de capacidade médios de mais de 30%, estes ainda estão longe de operar num patamar de 90% de probabilidade de geração. O Brasil é o único país do mundo que utiliza o P90 para geradores eólicos e não o P50, o que gera bastante estranhamento do porque do estabelecimento desta regra. O fato é que o uso do P90 prejudica fontes intermitentes em detrimento de outras fontes.

III.2.4.2 Mudanças no índice de nacionalização

Alterações introduzidas pelo regulador em dezembro 2012 reduziram a alta competitividade da energia eólica verificada nos leilões de energia nos últimos anos. Novas regras da Agência Especial de Financiamento Industrial (Finame) foram introduzidas para ampliar progressivamente a participação dos componentes nacionais nos equipamentos eólicos durante 2012 e 2015. Tal medida provoca a um aumento nos custos dos mesmos (responsáveis por até 75% do custo total de um parque eólico).

Dentre as principais mudanças ocorridas nos critérios para o credenciamento de aerogeradores estão⁸:

- A fabricação das torres no Brasil, com pelo menos 70% das chapas de aço feitas no país ou concreto armado de procedência nacional;
- A fabricação das pás no Brasil em unidade própria ou de terceiros;

⁷ Esta declaração pode ser encontrada em [Encontrado em http://www.jornaldaenergia.com.br/ler_noticia.php?id_noticia=13314&id_secao=9](http://www.jornaldaenergia.com.br/ler_noticia.php?id_noticia=13314&id_secao=9).

⁸ Uma lista com todos os critérios necessários para o credenciamento dos aerogeradores pode ser encontrada no sítio do BNDES através do seguinte endereço: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Ferramentas_e_Normas/Credenciamento_de_Equipamentos/credenciamento_aerogeradores.html.

- A montagem da nacelle no Brasil, em unidade própria;
- A montagem do cubo no Brasil, com fundido de procedência nacional.

Além disso, em julho de em 2012, houve a suspensão de seis dos onze fabricantes de aerogeradores por não atenderem o nível de industrialização necessário para o Finame, o que reduziu significativamente o fornecimento destes equipamentos inclusive para projetos que já estavam contratados desde 2009. Este fato também influenciou o baixo resultado verificado em dezembro de 2012.

III.2.4.3 Mudanças na repartição dos custos de transmissão

O esquema contratual eólico tem, historicamente, buscado reduzir a percepção do risco pelo setor privado. Desta forma, o engajamento da iniciativa privada em qualquer projeto de investimento depende do equilíbrio entre a expectativa do retorno financeiro e a percepção dos riscos. Sendo assim, como a geração eólica tem como característica principal o alto custo de instalação, baixos custos operacionais e geração volátil, formulou-se um modelo contratual que “considera a produção média ao longo dos anos e permite reajustes e compensações de acordo com o histórico e geração” (Nogueira, 2011, p. 24).

No caso dos leilões de transmissão, foi privilegiado desde 2009 o modelo das ICGs, sigla referente à Instalação de Transmissão de Interesse Exclusivo de Centrais de Geração para Conexão Compartilhada, regulamentada pelo Decreto N° 6.460 de 2008. Através das ICGs foi possível conectar centrais eólicas, à biomassa e PCHs localizadas em áreas distantes e/ou com sistemas precários de transmissão e distribuição de forma economicamente mais eficiente (Nogueira, 2011, p. 45).

O modelo de ICG foi utilizado até meados de 2013, quando devido ao descolamento da entrega de parques eólicos e das estações de interconexão, algumas usinas ficaram sem acesso à rede de transmissão. Segundo um estudo feito recentemente por Ferraz e Ferreira (2013), o gasto direto devido ao pagamento de usinas eólicas paradas até maio de 2013 já havia superado os R\$ 415 milhões. Isto somado ao efeito indireto do aumento na contratação de usinas termelétricas, a um custo estimado em R\$ 1 bilhão⁹, foi o principal motivo que levou a mudanças na repartição dos custos de transmissão.

⁹Esta declaração pode ser encontrada em na matéria “*Eólicas poderiam ajudar a economizar R\$ 1 bilhão das térmicas*” publicada na revista Veja de 26/02/2013. A matéria pode ser acessada através do link: <http://veja.abril.com.br/noticia/economia/eolicas-poderiam-economizar-r-1-bilhao-das-termicas> .

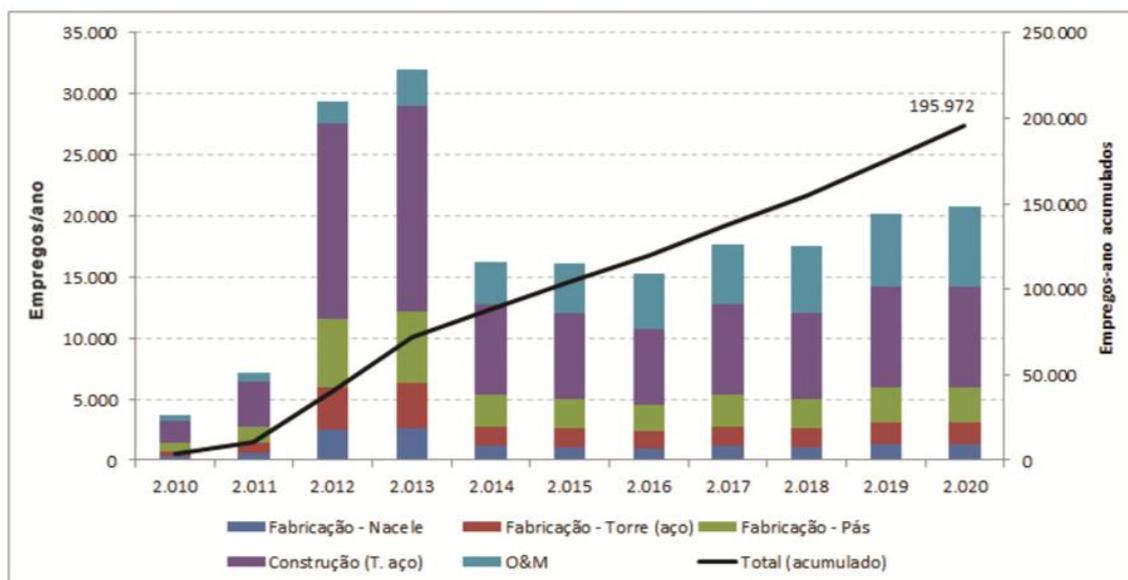
Nos leilões mais recentes, foi estabelecido que o custo de instalação da rede de transmissão recai sobre o produtor, aumentando seus custos. Isto tem levado ao abandono de projetos eólicos em regiões com sistemas de transmissão mais precários, tais como no Rio Grande do Norte. Sendo assim, o ônus do abandono do modelo de ICGs tem sido o subaproveitamento de potenciais eólicos nestas áreas, assim como o aumento nos custos totais de integração das plantas eólicas à rede.

III.2.5 Geração Eólica e Desenvolvimento Regional

Segundo o estudo “*Analysis of the value creation potential of wind energy policies*” (Ernst & Young, 2012) a energia eólica é capaz de contribuir significativamente para o aumento do PIB dos países europeus. Isto ocorre porque, como a maior parte dos países europeus é importadora de recursos energéticos, o uso de termelétricas desvia recursos nacionais. Através da fonte eólica, estes países podem se aproveitar da cadeia de valor propiciada pela energia eólica no setor industrial e no setor de serviços. Além disto, a indústria eólica tem um grande potencial de geração de empregos, que é estimado em 21 anos de trabalho por milhão de euros investidos, contra 13 anos de trabalho por milhão de euros investidos da geração termelétrica.

No caso brasileiro, estima-se que a instalação e operação de parques eólicos irá gerar 195 mil postos de trabalho entre 2010 e 2020 (Simas, 2013). Isto é ilustrado no gráfico abaixo.

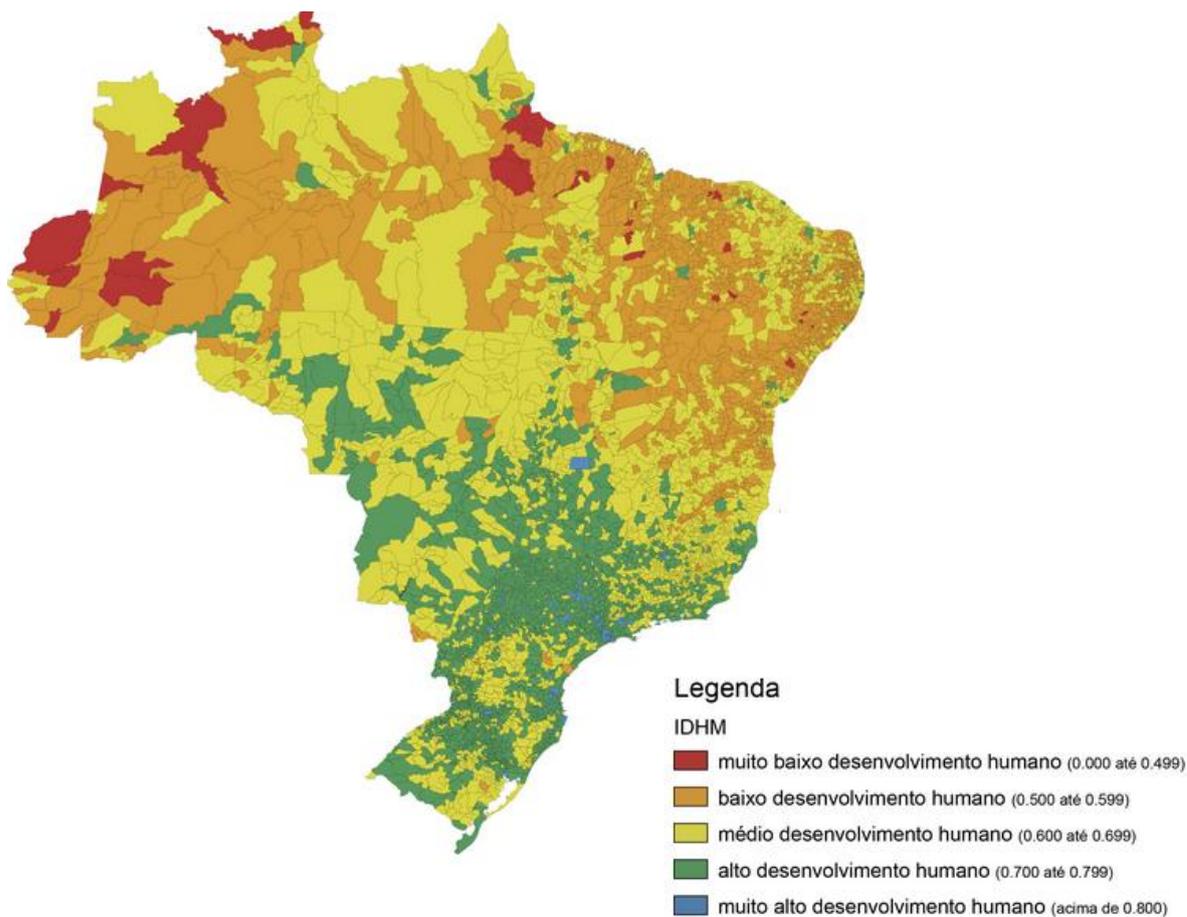
Gráfico 11: Geração esperada de empregos eólicos – 2010-2020



Fonte: Simas (2013)

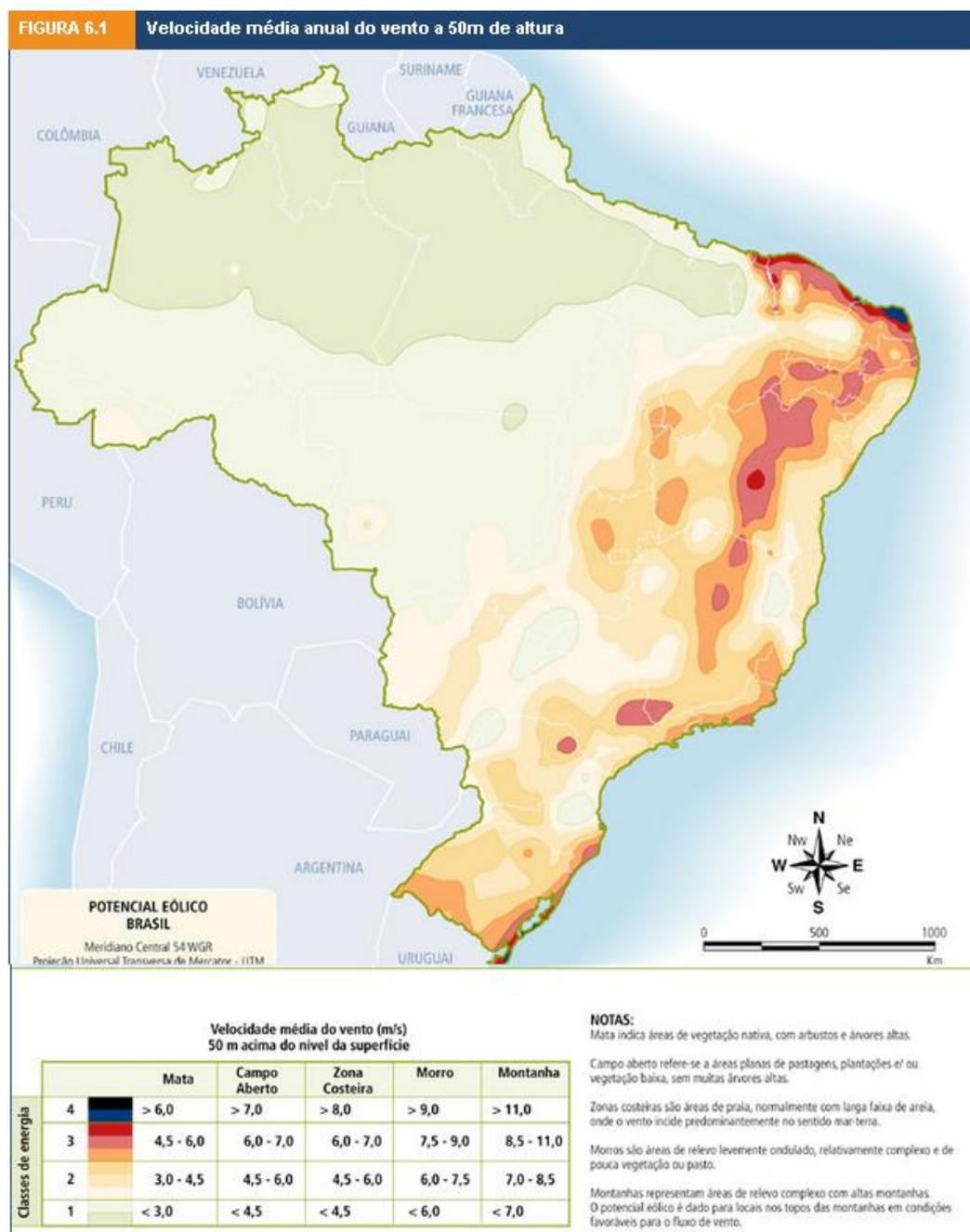
Levando em consideração que os investimentos no setor até 2020 devem somar R\$40 bilhões, então teríamos em média 5 postos de trabalho criados por cada milhão investido. Vale ressaltar que, no Brasil, as plantas eólicas são instaladas geralmente em lotes arrendados em áreas de baixo índice de desenvolvimento econômico e social. Desta forma, o avanço da energia eólica deverá, nos próximos anos, promover uma melhora substancial na qualidade de vida destas regiões. As figuras 5 e 6 ilustram como a energia eólica, principalmente no nordeste, se localiza em áreas com baixo IDH.

Figura 5: Mapa do Brasil por IDHM – 2010



Fonte: PNUD (2013)

Figura 6: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro



Fonte: Feitosa (2003)

A correlação entre a existência de parques eólicos e melhoras nos indicadores de desenvolvimento regional começou a ser notada com o avanço da fonte na matriz nacional. Esta percepção tem chamado a atenção das empresas de energia e atualmente já existem duas¹⁰ pesquisas financiadas pelo P&D da Aneel com o objetivo de estudar esta relação.

A possibilidade de atendimento da demanda futura por eletricidade em sintonia com o desenvolvimento socioambiental gera uma externalidade positiva que deveria ser considerada

¹⁰ Informação retirada do sistema DUTO da Aneel em dezembro de 2013.

pelos formuladores de política energética, que se inserem dentro de um quadro mais amplo de ação governamental.

CONCLUSÃO

Este estudo revela que após um rápido aumento da participação da energia eólica no Brasil, atrasos na entrega de empreendimentos e barreiras regulatórias afetaram negativamente o nível de competitividade da fonte e ameaçam prejudicar de maneira perene o desenvolvimento deste setor. As principais barreiras identificadas no estudo possuem origem regulatória e demonstram que ainda existe espaço para evoluções na relação entre governo e empreendedores eólicos.

No que se refere às barreiras à expansão da fonte eólica na matriz elétrica nacional, o Brasil ainda está longe de encontrar qualquer limite técnico ou econômico à entrada de novas usinas eólicas. Além disto, a complementariedade hidroelétrica, a integração do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) e as condições climáticas favoráveis fornecem elementos que favorecem a competitividade e as possibilidades de aproveitamento da fonte no território nacional.

O estudo dos instrumentos de política energética utilizados no mundo evidencia que por trás da evolução da inserção da fonte eólica nas matrizes elétricas dos casos de sucesso na inserção da fonte eólica existe sempre um aparato de incentivos, diretos ou indiretos. Entretanto, o Brasil aparece como o único dos 12 países analisados que não possui uma política de metas para inserção de fontes renováveis, mostrando o baixo comprometimento do país com as políticas de mitigação dos gases do efeito estufa no setor elétrico. Isto pode ser explicado pela matriz elétrica fortemente baseada em hidroelétricas, o que o torna um dos países com a geração de eletricidade mais renovável do mundo. Verifica-se também que a experiência internacional mostra que a combinação de incentivos é mais eficiente do que a adoção de um só instrumento para alcançar o objetivo de expandir a geração eólica e, com relação a isto, é fundamental o papel do Estado como articulador do setor.

Através da análise de dados referentes a implantação de projetos elétricos no país, este estudo demonstrou a importância de se acelerar as obras dos projetos eólicos atrasados, pois isso permitirá que esta energia reduza a dependência da geração termelétrica e torne menores os custos de geração. A entrega das ICGs ganha destaque, por ser ainda mais prejudicial ao consumidor de eletricidade que acaba tendo que arcar com parte dos custos das eólicas paradas.

Apesar do rápido crescimento, o setor eólico nacional permanece dependente de empresas estrangeiras e dos preços internacionais dos equipamentos eólicos. Além disto, alguns fatores internos tem reduzido a competitividade da fonte eólica nos leilões de energia

desde 2012, dentre eles se destacam: (i) a mudança na forma de repartição dos custos de conexão dos parques geradores à rede, que acarreta no aumento do custo de conexão incidente sobre os geradores eólicos; (ii) mudanças no critério de credenciamento de aerogeradores na linha de financiamento do FINAME, que aumentou o custo dos equipamentos eólicos através da elevação do nível de nacionalização dos componentes dos aerogeradores; (iii) a introdução da regra P90 nos leilões, que diminuiu a competitividade da fonte nos leilões ao fixar uma probabilidade de entrega da energia contratada em um patamar muito superior ao fator de capacidade verificado da fonte. A conjunção destes fatores reduz a competitividade da geração eólica frente a outras fontes convencionais de energia nos leilões.

Apesar dos entraves à integração sustentável da fonte eólica na matriz elétrica nacional, espera-se que a fonte continue aumentando sua participação, pois ainda se encontra longe de qualquer limitação técnica ou econômica. Além disto, o clima favorável e a maior facilidade em viabilizar a construção de usinas eólicas perante os vários setores da sociedade aumenta o benefício proveniente do uso desta fonte nos projetos de expansão da matriz elétrica. Um futuro aumento nos preços internacionais poderia diminuir a competitividade da fonte eólica nos leilões, mas dificilmente inviabilizaria sua contratação. Por fim, o setor eólico nacional já está amadurecido e é altamente competitivo, mas foi prejudicado devido ao recente aumento nas barreiras regulatórias à inserção eólica se manifesta na contratação de outras fontes mais caras e poluentes. As incertezas quanto ao futuro da inserção eólica e da aceleração de sua integração no SEB perdurarão enquanto o setor encontra maneiras de se adaptar às novas condições regulatórias ou até que as mesmas sejam revistas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACENDE BRASIL. *White paper nº7 - Leilões no Setor Elétrico Brasileiro: Análises e Recomendações*. Maio de 2012

BRASIL. Sistema Interligado Nacional: Sistemas Isolados. Portal Brasil. 14 de dezembro de 2012. Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/sistemas-isolados>>. Acesso: 17 de março de 2014.

BULLIS, K. *Hydrogen Storage Could be the Key to Germany's Energy Plans*. MIT Technology Review, 2013. Disponível em: <<http://www.technologyreview.com/news/427360/hydrogen-storage-could-be-key-to-germanys-energy-plans>>. Acessado em: 08 de agosto de 2013.

CAMILLO, Edilaine. *As políticas de inovação da indústria de energia eólica: uma análise do caso brasileiro com base no estudo das experiências internacionais*. Tese de DSc., PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, Instituto de Geociências UNICAMP

CEBOLO, A. S.. *Comercialização com Fonte de Energia Eólica*. In Encontro Internacional de Energia Eólica. Natal, 2005. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5589751&isnumber=5588047>>. Acesso em: 18 de março de 2014.

COSTA, C.V.. *Políticas de Promoção de Fontes Novas e Renováveis para Geração de Energia Elétrica. Lições da Experiência Européia para o Caso Brasileiro*. Tese de DSc., Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 233 pp. 2006

CUNHA, Gabriel; BEZERRA, Renato; ÁVILA, Pedro; BARROSO, L. Augusto; VEIGA, Mário. *Análise do percentual máximo para a inserção de energia eólica na matriz elétrica brasileira sob a ótica energética*. BRAZIL WINDPOWER, Rio de Janeiro, setembro de 2013.

DUTRA, R. M. *Propostas de políticas específicas para energia eólica no Brasil após a primeira fase do Proinfa*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2007.

EPE. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2021*. Empresa de Pesquisa Energética, 2012. Disponível em: <<http://epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>>. Acesso: 18 de março de 2014.

ERNST & YOUNG. *Analysis of The Value Creation Potential Of Wind Energy Policies*. Julho de 2012. Disponível em: < http://www.acciona.com/media/660111/en_wind_energy_policies.pdf>. Acesso em: 18 de março de 2014.

FEITOSA, E. A. N. et al. *Panorama do potencial eólico no Brasil*. ANEEL, Brasília, 2003. 68 p.

FERRAZ, Clarice; FERREIRA, Daniel V. *DESAFIOS PARA O CRESCIMENTO SUSTENTÁVEL E INTEGRAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL*. BRAZIL WINDPOWER, Rio de Janeiro, setembro de 2013.

FILHO, Wilson P. Barbosa & AZEVEDO, Abílio C. Soares de. *Impactos ambientais em usinas eólicas*. AGRENER GD 2013. Itajubá, 15 de maio de 2013.

Fritz-Morgenthal, S.; Greenwood, C.; Menzel, C.; Mironjuk, M.; Sonntag-O'Brien, V. The global financial crisis and its impact on renewable energy finance. UNEP Sustainable Energy Finance Initiative, New Energy Finance, Frankfurt School of Finance & Management .Paris, França, abril de 2009. Disponível em: <http://www.unep.org/pdf/dtie/Study_Financial_Crisis_impact_on_RE.pdf>. Acesso em: 18 de março de 2014.

HATZIARGYRIOU, Nikos; ZERVOS, Arthuros. *Wind power development in Europe*. Proceedings of the IEEE, vol.89,n.12, dezembro de 2001.

HOLTTINEN, H.; P. MEIBOM, A. Orths; F.van Hulle, B.Lange; et all. Design and operation of power systems with large amounts of wind power.Final report, IEA WIND Task 25, Phase one 2006-2008, Espoo, 2009. 190p. <disponível em <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2493.pdf> >

IRENA ; GWEC. *30 Years of Policies for Wind Energy*.2012

KALDELLIS, J. K.; Zafirakis, D. *The wind energy (r)evolution: A short Review of a long history*. Renewable Energy,vol.36, pag. 1887-1901, fevereiro de 2011.

LEÃO, R. P. *A Comprehensive Overview on Wind Power Integration to Power Grid* . IEEE Latin America Transactions,vol.7, n. 6, dezembro de 2010.

LOSEKANN, Luciano. *Desafio do setor elétrico brasileiro: novo papel dos reservatórios*. Blog Infopetro. 12 de agosto de 2013. Disponível em: <<http://infopetro.wordpress.com/2013/08/12/desafio-do-setor-eletrico-brasileiro-novo-papel-dos-reservatorios>>. Acesso: 17 de março de 2014.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; Pereira, E. B. *O Aproveitamento da Energia Eólica*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, 1304-1317, 2008.

MELO, Elbia. Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade. *Estudos avançados*. 2013, vol.27, n.77, p.125-142. <disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142013000100010&lng=en&nrm=iso>.

Nogueira, Larissa P. Pupo. *Estado atual e perspectivas futuras para a indústria eólica no Brasil*. Tese – Programa de Planejamento Energético/COPPE, Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/larissa_nogueira.pdf>. Acesso: 18 de março de 2014.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico - Brasil. *Acompanhamento mensal da Geração de Energia das Usinas Eolielétricas com Programação e Despacho Centralizados pelo ONS*. Rio de Janeiro, abril de 2013.

ONS. *Histórico da operação - Geração de Energia*. Acesso em: 18 de março de 2014.

PNUD. *Atlas Brasil 2013: mapas ilustrativos do desenvolvimento humano nos municípios*.

PORRUA, F. P.; BEZERRA, B.; BARROSO, L. A.; LINO, P.; RALSTON, F.; PEREIRA, M. *Wind power insertion through energy auctions in Brazil*. Power and Energy Society General Meeting, 2010 IEEE, Julho de 2010

POTTER, W.; Gil, H. A.. Wind Power Data for Grid Integration Studies Cameron. *IEE*, 1-6, 2007.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2013. Disponível em: < Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento >. Acesso: 18 de março de 2014.

REGO, E. E.; PARENTE, V. *"Brazilian experience in electricity auctions: Comparing outcomes from new and old energy auctions as well as the application of the hybrid Anglo-Dutch design*. *Energy Policy*, vol. 55, p.511–520. 2013

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. *Renewables 2011 Global Status Report*. Julho de 2011. (REN21, 2011)

SACHS, I. *Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente*. São Paulo: Studio Nobel e Fundação de Desenvolvimento Administrativo (FUNDAP),1993

SALINO, Pedro Jordão. *Energia Eólica no Brasil: Uma Comparação do PROINFA e dos Novos Leilões*. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Curso de Engenharia Ambiental) - **UFRJ/Escola Politécnica**. Orientador: Emilio Lèbre La Rovere, 2011

SIMAS, Moana Silva. *Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada*. 2012. Dissertação (Mestrado em Energia) - Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-10092012-095724/>>. Acesso: 18 de março de 2014.

SOUZA, A. Delgado. de. *Avaliação da Energia Eólica para o Desenvolvimento Sustentável Diante das Mudanças Climáticas no Nordeste do Brasil*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco/ Centro de Tecnologia e Geociências. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife, 21 de abril de 2010.

WEIß, Thomas & SCHULZ, Detlef. *GERMANY: Overview of the electricity supply system and estimation of future energy storage needs*. Store Project. Março de 2013.

YAMAMOTO, Sandro. Oportunidades e Desafios na Expansão da Oferta de Energia. ABB eólica. 27 de Novembro de 2012. Disponível em <<http://www.iee.usp.br/eventos/nov12/SandroYamamoto.pdf> > Acesso em: 18 de março de 2014.

ANEXO

Anexo 1: Resumo do cronograma do atraso das eólicas em maio de 2013 (valores de dezembro de 2012)

	Usina	Previsão do Empreendedor	Meses Atrasados	Total da Remuneração dos meses atrasados
Igaporã	ALVORADA	jul/2012	10	R\$ 48.876.225,38
	CAETITÉ 2	mai/2013	0	R\$ 0,00
	CAETITÉ 3	abr/2013	1	R\$ 1.292.822,20
	CANDIBA	jun/2012	11	R\$ 5.793.918,99
	GUANAMBI	jul/2012	10	R\$ 10.534.398,16
	GUIRAPÁ	jul/2012	10	R\$ 17.055.692,26
	IGAPORÃ	jul/2012	10	R\$ 17.672.460,59
	ILHÉUS	jul/2012	10	R\$ 6.357.000,21
	LICÍNIO DE ALMEIDA	jul/2012	10	R\$ 13.669.635,71
	NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO	jul/2012	10	R\$ 15.765.360,53
	PAJEÚ DO VENTO	ago/2012	9	R\$ 13.502.268,45
	PINDAÍ	jul/2012	10	R\$ 13.795.045,21
	PLANALTINA	jul/2012	10	R\$ 15.511.080,52
	PORTO SEGURO	jul/2012	10	R\$ 3.432.780,11
	RIO VERDE	jul/2012	10	R\$ 20.817.977,32
SERRA DO SALTO	jul/2012	10	R\$ 9.280.303,14	
João Câmara II	EURUS VI	jun/2012	11	R\$ 4.425.759,64
	MORRO DOS VENTOS I	jul/2012	10	R\$ 17.642.817,09
	MORRO DOS VENTOS III	jul/2012	10	R\$ 18.161.959,12
	MORRO DOS VENTOS IV	jul/2012	10	R\$ 17.901.821,37
	MORRO DOS VENTOS IX	jul/2012	10	R\$ 18.687.080,05
	MORRO DOS VENTOS VI	jul/2012	10	R\$ 17.121.200,43
	SANTA CLARA I	jun/2012	11	R\$ 19.559.002,29
	SANTA CLARA II	jun/2012	11	R\$ 18.131.337,89

	SANTA CLARA III	jun/2012	11	R\$ 17.845.805,01
	SANTA CLARA IV	jun/2012	11	R\$ 17.560.272,13
	SANTA CLARA V	jun/2012	11	R\$ 17.703.038,57
	SANTA CLARA VI	jun/2012	11	R\$ 17.417.505,69
SE Pecém II *	FLEIXEIRAS I	fev/2013	3	N.D.
	GUAJIRÚ	fev/2013	3	N.D.
	MUNDAÚ	fev/2013	3	N.D.
	TRAIRÍ	out/2012	7	N.D.
			TOTAL	R\$ 415.514.568,05

* As usinas do Complexo do Trairí ofertarão apenas para o Ambiente de Contratação Livre.

Fonte: Elaboração própria com base em dados da ANEEL e da CCEE