



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA – CAMPUS I
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

CHRISTIANO VENTURA VENÂNCIO TELLES

ANÁLISE DO APROVEITAMENTO DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

**JOÃO PESSOA
2015**

CHRISTIANO VENTURA VENÂNCIO TELLES

ANÁLISE DO APROVEITAMENTO DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Dissertação submetida à apreciação da banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gestão Energética
Subárea: Tecnologia e políticas públicas
Orientador: Prof. Ricardo Moreira da Silva, Dr.

JOÃO PESSOA
2015

T274a Telles, Christiano Ventura Venâncio.
Análise do aproveitamento da energia eólica no Brasil /
Christiano Ventura Venâncio Telles.- João Pessoa, 2015.
80f.
Orientador: Ricardo Moreira da Silva
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT
1. Engenharia de produção. 2. Energia eólica - Brasil.
3. Danos ambientais - redução. 4. Energia eólica - políticas
regulatórias. 5. Disseminação - dificuldades.

UFPB/BC

CDU: 62:658.5(043)

CHRISTIANO VENTURA VENÂNCIO TELLES

ANÁLISE DO APROVEITAMENTO DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Dissertação julgada e aprovada em 20 de março de 2015 como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba.

BANCA EXAMINADORA


Dr. Ricardo Moreira da Silva – UFPB
Orientador


Dr. Márcio Botelho – UFPB
Examinador


Dr. Marcos Primo – UFPE
Examinador

Dedico este trabalho à minha esposa, Christianne, por ter me apoiado nesta empreitada, dando-me força e inspiração para superar todos os obstáculos durante minha jornada para realização de um sonho e superação dos desafios encontrados. Dedico, também, à pequena filha Giulia, que através dos seus sorrisos e questionamentos sinceros, se fez presente apoiando e inspirando o papai.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas bênçãos e oportunidades que me foram concedidas na vida e o que faz o impossível se tornar possível.

Aos meus pais, Hilton Telles de Andrade e Gislaine Maria Ventura Venâncio Telles, pelo amor e dedicação de sempre.

Aos especialistas que aceitaram compartilhar seus conhecimentos e participaram das entrevistas para elaboração do questionário e levantamento dos dados necessários ao desenvolvimento deste trabalho.

A Energisa, que me propiciou condições para me capacitar e realizar este mestrado.

A Universidade Federal da Paraíba – UFPB, em especial, ao Centro de Tecnologia e professores e alunos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGEP.

Aos colegas de curso pelos momentos de aprendizado que me proporcionaram dentro e fora da sala de aula.

A Ana, secretária do PPGEP, pela atenção, cordialidade em me auxiliar sempre que precisei.

A todos os Professores, com destaque ao Dr. Márcio Botelho – UFPB e Dr. Marcos Primo – UFPE, por aceitarem participar da banca avaliadora, e, principalmente, por contribuírem para a realização deste trabalho.

Em especial, ao Professor Dr. Ricardo Moreira da Silva, orientador e amigo, por toda atenção, acompanhamento e orientações técnicas dadas durante todas as etapas do mestrado.

“É melhor obter sabedoria do que ouro!
É melhor obter entendimento do que prata!”

Provérbios, 16:16

RESUMO

O aproveitamento do vento como forma de geração de energia elétrica no mundo tem contribuído para o aumento da capacidade de geração de energia instalada, dando maior segurança e garantia de suprimento para as novas demandas de consumo. Adicionado a isto, outra contribuição do uso da energia eólica está na redução dos danos ambientais, decorrentes do consumo de energia gerada por fontes não renováveis e poluentes, tais como petróleo e carvão. No Brasil o potencial disponível de geração de energia eólica é superior a 143 GW, no entanto, apenas 2,11 GW são atualmente aproveitados, representando apenas 1,47% do potencial disponível. Esta dissertação tem o objetivo de analisar porque não há o desenvolvimento pleno do uso da energia eólica no Nordeste do Brasil. Para tal foram utilizados os fundamentos do método da *Grounded Theory*, baseada em uma revisão literária do potencial disponível de energia eólica, sua evolução recente, as políticas regulatórias para expansão e análise dos custos associados, confrontando essas mesmas dimensões com opiniões de especialistas coletadas por um questionário. Mesmo diante de imenso potencial disponível para uso, conclui-se que a gestão do setor elétrico brasileiro apresenta uma série de fatores como barreiras regulatórias, falta domínio da tecnologia, mal gerenciamento da gestão da cadeia de suprimento, entraves relacionados ao licenciamento ambiental, que dificultam a disseminação do uso da energia eólica no Brasil.

Palavras Chave: Brasil; teoria fundamentada em dados; eólica; energia

ABSTRACT

The use of wind as a means for electricity generation around the world has contributed to increase the installed power generation capacity, providing greater supply safety and security to meet new consumption demands. Added to this, another contribution of the use of wind energy is the reduction of environmental damage resulting from the consumption of energy generated by non-renewable sources and pollutants, such as oil and coal. The available wind power generation potential in Brazil is more than 143 GW, however only 2.11 GW are currently utilized, corresponding to only 1.47% of the available potential. This thesis aims to clarify the reason of a so little use, identifying the main factors which contribute to the low utilization of the wind power potential in Brazil. For this purpose, used the fundamentals of the Grounded Theory method based on a literature review of the available wind power potential, its recent developments, expansion regulatory policies, costs analysis confronting all these same dimensions with expert opinions collected by a questionnaire. Even with an immense available potential, one can conclude that the Brazilian electric sector management presents a series of factors such as regulatory barriers, little technology knowledge, poor supply chain management, environmental licensing barriers, which hinder the widespread use of wind power in Brazil.

Keywords: *Brazil; Grounded Theory method; wind power, energy*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEEÓLICA – Agência Brasileira de Energia Eólica

ACR – Ambiente de Contratação Regulada

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ARPB - Agência Reguladora do Estado da Paraíba

AWEA - *American Wind Energy Association*

BEN – Balanço Energético Nacional

BIG – Banco de Informações de Geração

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CBEE – Centro Brasileiro de Energia Eólica

CCEARS - Contratos de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado

CGH - Central Geradora Hidrelétrica

CGU - Central Geradora Undi-elétrica

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CO₂ – Dióxido de Carbono

CVU – Custo Variável Unitário

DEWI - *Deutsches Windenergie Institut*

EOL - Central Geradora Eólica

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

EWEA – *European Wind Energy Association*

FINAME - Linha de financiamento de máquinas e equipamentos

GD – Geração Distribuída

GEE – Gases de Efeito Estufa

GWEC – *Global Wind Energy Council*

GWR – *Global Wind Report*

IEA – *International Energy Agency*

IPCC – Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas

LEN – Leilão de Energia Nova

LER – Leilão de Energia de Reserva

LFA – Leilão de Fonte Alternativa

LT – Linha de Transmissão

MME – Ministério de Minas e Energia

ONS – Operador Nacional do Sistema

O&M – Operação e Manutenção

PCH – Pequena Central Hidroelétrica

PDE – Plano Decenal de Expansão de Energia

PEE – Programa de Eficiência Energética

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PNE – Plano Nacional de Energia

PROEÓLICA – Programa Emergencial de Energia Eólica

PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

SciELO – *Scientific Electronic Library Online*

SIN – Sistema Interligado Nacional Brasileiro

TUST - Taxa de Uso do Sistema de Transmissão

UFV - Central Geradora Solar Fotovoltaica

UHE – Usina Hidroelétrica

UTE - Usina Termelétrica

UTN - Usina Termonuclear

UNFCCC - *United Nations Framework Convention on Climate Change*

WWEA - *World Wind Energy Association*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz Elétrica Brasileira	17
Figura 2 – Atlas Eólico Brasileiro	27
Figura 3 – Médias sazonais de temperatura, precipitação e velocidade de vento no Brasil	35
Figura 4 – Principais componentes de um aerogerador	62
Figura 5 – Passos da Grounded Theory.....	69
Figura 6 – Estrutura da Pesquisa	71

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução da Potencia Gerada(GW) X Percentual de Aproveitamento(%) .	19
Gráfico 2 – Complementaridade entre a geração hidrelétrica e eólica	34
Gráfico 3 – Custo Mínimo de Instalação de Eólica (R\$/KW)	47
Gráfico 4 – Custo Médio de Energia Contratada (R\$/kWh)	47
Gráfico 5 – Custo Médio de Energia Contratados em Leilões de Reserva (R\$)	48
Gráfico 6 – Preço Médio de Contratação de Leilão A-5 / 2012	49
Gráfico 7 – Produção de Energia Primária no Brasil (1970 – 2012)	50
Gráfico 8 – Capacidade instalada de geração elétrica por fonte no Brasil (1974 – 2012)	50
Gráfico 9 – Empreendimentos em Operação no Brasil	51
Gráfico 10 – Empreendimentos em Construção no Brasil	52
Gráfico 11 – Empreendimentos Outorgados no Brasil	53
Gráfico 12 – Principais Fatores de Atrasos nas Eólicas	55
Gráfico 13 – Projeção da evolução da capacidade instalada por fonte (em GW e %) ...	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro de Variáveis	72
Quadro 2 – Tabulação das Respostas da Dimensão: Potencial Eólico	75
Quadro 3 – Tabulação das Respostas da Dimensão:Regulação	76
Quadro 4 – Tabulação das Respostas da Dimensão:Mercado	78
Quadro 5 – Tabulação das Respostas da Dimensão:Custos	79
Quadro 6 – Tabulação das Respostas da Dimensão:Tecnologia	80
Quadro 7 – Tabulação das Respostas da Dimensão: Fornecedores	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Potencial Eólico-elétrico Estimado do Brasil	28
Tabela 2 – Evolução dos fatores de capacidade previstos para os parques eólicos brasileiros	33
Tabela 3 – Histórico dos projetos implantados no Brasil no âmbito do PROINFA	38
Tabela 4 – Resultado do Leilão de Reserva (LER) 2009	41
Tabela 5 – Leilão de Fontes Alternativas (LFA) 2010	42
Tabela 6 – Leilão A-3 2011	43
Tabela 7 – Leilão de Reserva (LER) 2011	43
Tabela 8 – Leilão A-5 2011	43
Tabela 9 – Leilão A-5 2012	44
Tabela 10 – Leilão A-5 2013	44
Tabela 11 – Leilão de Reserva (LER) 2013	45
Tabela 12 – Empreendimentos em Operação no Brasil	51

Tabela 13 – Empreendimentos em Construção no Brasil	52
Tabela 14 – Empreendimentos Outorgados no Brasil	53
Tabela 15 – Situação atual das usinas eólicas	54
Tabela 16 – Níveis de Aproveitamento do Potencial Eólico	57
Tabela 17 – Projeção da evolução da capacidade instalada por fonte (em MW e %)	58
Tabela 18 – Evolução da potência e do diâmetro dos rotores dos aerogeradores comerciais	62
Tabela 19 – Participantes da Pesquisa	74

Sumário

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	14
1.1 Definição do problema de pesquisa	16
1.2 Justificativa	20
1.3 Objetivos	22
1.4 Estrutura da dissertação	23
CAPÍTULO II - REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1 Potencial da Energia Eólica no Brasil	25
2.1.1 Qualidade dos Ventos – Um diferencial brasileiro	30
2.1.2 Complementaridade hídrico-eólica	33
2.2 Evolução Da Energia Eólica no Brasil	36
2.2.1 O PROINFA	37
2.2.2 Mecanismo de Leilões no Brasil	39
2.2.3 Evolução dos Custos de Geração Eólica	45
2.2.4 Evolução da matriz energética e geração elétrica no Brasil	49
2.2.5 Situação atual do Brasil	51
2.2.6 Projeções de evolução da energia eólica no país	57
2.2.7 Geração Distribuída	59
2.3 Tecnologia e Fabricantes	61
CAPÍTULO III - CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS	66
3.1 Natureza e classificação da pesquisa	66
3.2 Metodologia adotada na pesquisa	68
3.3 Etapas da Pesquisa	70
CAPÍTULO IV - RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS DADOS.....	74
CAPÍTULO V - CONCLUSÕES	84
6 - RECOMENDAÇÕES	88
7 - REFERÊNCIAS	89

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

A adoção de energias alternativas tem sido amplamente procurada desde o início da década de 1970, quando a crise do petróleo levou os países a procurarem a segurança no fornecimento energético e na redução da dependência da importação de energia. Aliado a crise, as preocupações ambientais levaram também a procura de alternativas mais limpas de produção de energia. Dentre essas alternativas, a energia eólica é uma das que vem demonstrando significativa atenção (SIMAS, 2012).

A fonte de energia eólica tem sido aproveitada desde a antiguidade para mover as embarcações impulsionadas por velas ou para fazer funcionar a engrenagem de moinhos, ao mover as suas pás. Nos moinhos de vento a energia eólica era transformada em energia mecânica, utilizada na moagem de grãos ou para bombear água. Já no século XIX registra-se seu uso para produção de energia elétrica, mas com a descoberta das grandes reservas de petróleo a tecnologia eólica não evoluiu. A elevação do preço do petróleo tornou a energia eólica mais atrativa, e em algumas situações, economicamente viável, gerando um rápido desenvolvimento de sistemas mais eficientes e de menor custo (CASTRO, 2009; DUTRA, 2008).

Além das questões econômicas, a preocupação com as mudanças climáticas e os esforços para reduzir a emissão de gases de efeito estufa, a partir do Protocolo de Kioto em 1997, levaram a intensificação da procura por alternativas energéticas limpas, imprimindo pesquisa e desenvolvimento relacionadas à energia eólica. A geração por meio dessa fonte pode desempenhar um papel importante na redução das emissões de carbono do setor de energia elétrica, assim como servir de cobertura para as incertezas dos preços para as fontes fósseis e políticas para emissão de carbono (PEERAPAT, 2013).

Segundo o Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC 2011), a energia eólica tem um potencial significativo para a redução das emissões de gases de efeito estufa, sendo o principal uso dessa tecnologia em grandes parques eólicos conectados à rede principal de energia. O potencial técnico de aproveitamento da energia eólica é maior que a produção mundial de eletricidade, apesar de distribuído de

maneira heterogênea entre os países. Considerando barreiras políticas, econômicas, e tecnológicas, a energia eólica poderia suprir até 20% da demanda mundial de energia elétrica até 2050, em conformidade com Liu, Wang, Lin e Xiao (2013) que analisando essas barreiras para o desenvolvimento, afirmaram que a adoção acelerada de tecnologias de energia eólica poderia facilitar a realização das reduções de emissões, melhorar a confiabilidade e segurança do abastecimento e promover a redução dos custos com o sistema de transmissão.

É importante ressaltar o interesse cada vez mais significativo dos países em desenvolvimento na geração eólica. Na China, a iniciativa mais significativa se deu em 2005, com a promulgação da Lei da Energia Renovável, que exige um estabelecimento de metas de participação de fontes renováveis na matriz energética do país. Nesse contexto, estabeleceram-se planos de curto, *Eleventh Five-Year Plan for Renewable Energy Development*, e médio/longo, *Mid- and Long-Term Plan for Renewable Energy Development*, prazos, sendo que os últimos preveem uma participação de 10% de fontes renováveis no consumo total de energia em 2010 e 20% até 2020. No tocante à geração elétrica, a meta é atingir 15% de geração renovável até 2020 (EIA, 2010).

Segundo Wang (2010), de 2006 para 2008, a capacidade de geração eólica na China aumentou significativamente, dobrando a cada ano. Em 2008, o país foi o segundo país com maior capacidade eólica adicionada ao sistema elétrico, perdendo apenas para os Estados Unidos que aliado ao norte da Europa respondem pelo maior mercado eólico. A indústria de turbinas eólicas acumula crescimento anual em torno de 30% e o mercado movimentou cifras bilionárias. Existem mais de 30 mil turbinas de grande porte espalhadas pelo planeta, o que corresponde a uma capacidade instalada em torno de 48.000 MW. Ainda segundo o IPCC 1997, até 2030 esta capacidade deve ser aumentada em 30.000 MW. A União Europeia, integrada por 15 países, prevê que a força dos ventos vai representar 10% da matriz de energia na Europa daqui a 30 anos.

O Brasil apresenta uma matriz energética predominantemente hidráulica e vem enfrentando, nas últimas décadas, problemas de reservas de energia, buscando maior segurança e estabilidade no consumo, bem como sofrendo restrições em expansão por cuidado ambiental no tocante à expansão de grandes hidroelétricas. A alternativa foi investir no aproveitamento do grande potencial que o país disponibiliza quanto às fontes

renováveis, principalmente energia eólica. No entanto, após uma década da implantação do programa de expansão de fontes alternativas de energia, o cenário atual do Brasil indica um baixo aproveitamento do seu potencial eólico.

A instalação de uma turbina de 75kW na ilha de Fernando de Noronha em 1992, marcou o início do aproveitamento dos recursos eólicos para a geração de energia elétrica no Brasil. Atualmente, o país tem uma capacidade instalada de cerca de 5 GW com turbinas eólicas de médio e grande portes conectadas diretamente à rede elétrica. Além disso, existem dezenas de turbinas eólicas de pequeno porte funcionando em locais isolados da rede convencional para bombeamento de água, carregamento de baterias, sistemas de telecomunicações e eletrificação rural.

O aproveitamento do recurso eólico, como fonte de energia requer, uma avaliação apurada do potencial de vento existente na localidade. A recente disponibilidade de dados precisos de vento no Brasil indica a existência de ventos com velocidades médias altas, pouca variação nas direções e baixa turbulência durante todo o ano, comprovando, dessa forma, a existência de um gigantesco potencial comercial de aproveitamento eólico, pouquíssimo explorado, especialmente na região litorânea.

1.1 Definição do problema de pesquisa

A preocupação com as mudanças climáticas e os esforços para reduzir a emissão de gases de efeito estufa, a partir do protocolo de Kyoto em 1997, levaram à intensificação da procura por alternativas que pudessem suprir as necessidades econômicas e com menos impactos ambientais, com destaque para os investimentos em energia eólica.

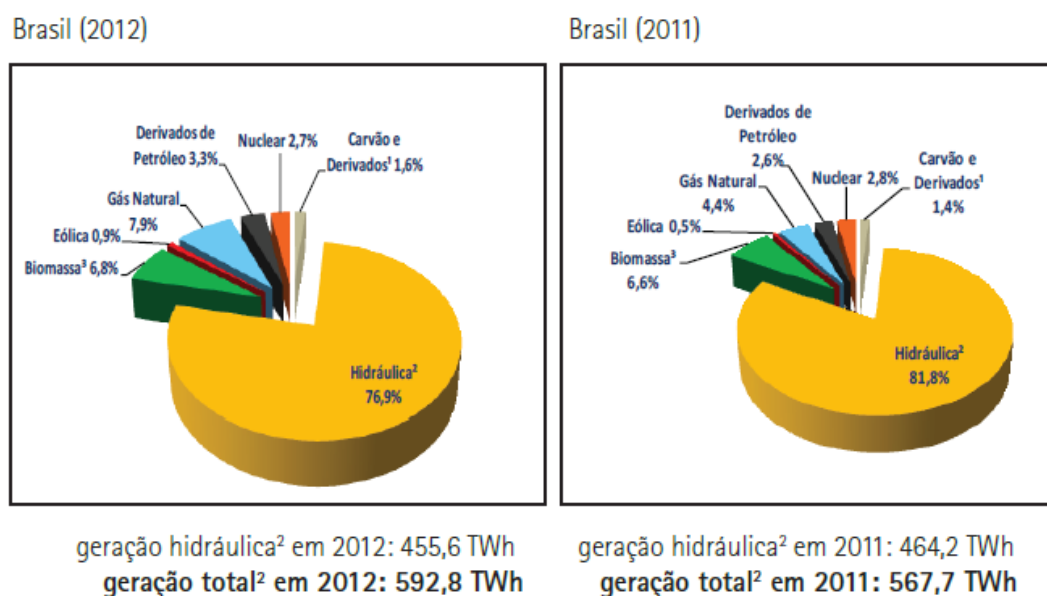
A adoção de políticas públicas como incentivos à produção de energia eólica resultaram no aumento da participação desta tecnologia em diversos países, registrando crescimento a partir de 1996, mas em 2008 com a crise financeira o mercado de energia eólica teve uma redução significativa na Europa e Estados Unidos, principais mercados da tecnologia, levando a queda no preço dos aerogeradores. O desaquecimento desses mercados tradicionais provocou uma diversificação, possibilitando o surgimento de novos mercados, principalmente no continente asiático, levando a China, segundo o

Global Wind Energy Council, a ser o líder mundial em capacidade instalada no mundo (GWEC, 2012).

O Brasil também iniciou seus empreendimentos em energia eólica, no período de crise dos mercados tradicionais e também com a adoção de políticas de incentivo a essa tecnologia, mas por motivos bem diferentes dos citados anteriormente.

Segundo a EPE por possuir uma das matrizes elétricas mais renováveis no mundo, porém com a fonte hidroelétrica representando cerca de 80% da geração de energia elétrica, o incentivo às energias renováveis no Brasil foram relacionados a procura pela diversificação da matriz elétrica, segurança no fornecimento de energia, diminuição dos impactos ambientais da expansão de grandes hidrelétricas e o incentivo ao desenvolvimento de novas indústrias; e geralmente utilizadas para complementar a geração em períodos de maior carga e de menor nível dos reservatórios da planta hidrelétrica do país.

Figura 1 - Matriz Elétrica Brasileira



¹ Inclui gás de coquearia

² Inclui importação

³ Inclui lenha, bagaço de cana, lúvia e outras recuperações.

Fonte: Balanço Energético Nacional 2013 – Relatório Síntese

As fontes renováveis de energia são apresentadas como a principal alternativa para atender às demandas da sociedade com relação à qualidade e segurança do atendimento da demanda de eletricidade com a redução dos danos ambientais decorrentes do

consumo de energia, e diversos estudos realizados nos últimos anos tem apontado as implicações e impactos socioambientais do consumo de energia (MARTINS 2008).

No Brasil, a capacidade instalada ainda é muito pequena quando comparada aos países líderes em geração eólica e enquanto as tecnologias renováveis se encontrarem em um estágio pequeno de desenvolvimento, com custo elevado e pequena participação no mercado, é necessário que se tenha um aparato legal, regulatório e institucional sólido, de forma a reduzir os riscos para os financiadores (ALVES 2009).

O acesso atual para os empreendedores em geração elétrica alternativa no Brasil é regulamentado pela ANEEL. Atualmente são por ela organizados leilões nos quais os geradores, grandes produtores independentes de energia, competem para oferecer energia ao menor preço às empresas que monopolizam a distribuição de energia elétrica. Além disso, a fonte eólica também comercializa sua energia, em uma escala menor, no Mercado Livre onde as condições contratuais são livremente negociadas entre as contrapartes.

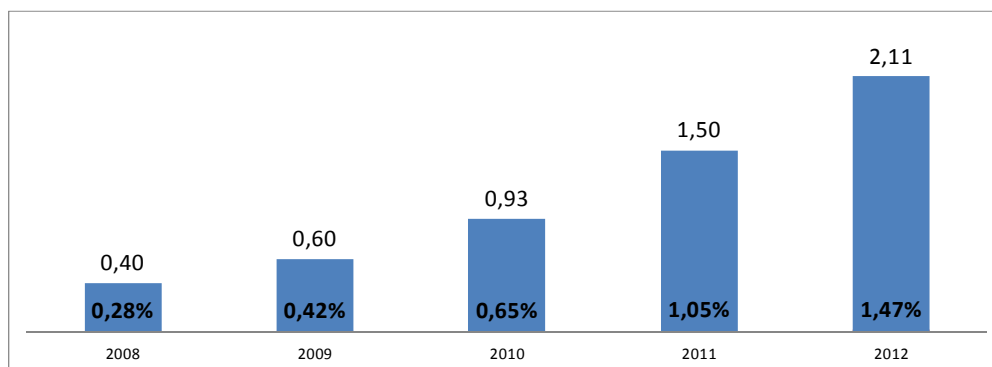
Segundo a ABEEólica (2014) como resultado das políticas públicas, ao final de 2012, o Brasil já possui 108 parques eólicos que totalizam 2,5 GW de capacidade instalada. As perspectivas para o final de 2017 indicam 8,7 GW de eólica em operação na matriz elétrica brasileira, ou seja, apenas 6% do seu potencial total eólico de 143,5 GW, conforme divulgado no Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, publicado pelo Ministério de Minas e Energia em 2001.

Nesse contexto, o recente desenvolvimento da indústria de energia eólica no Brasil pode ser explicado por fatores estruturais importantes, com destaque para o progresso tecnológico alcançado por essa indústria, as características do vento brasileiro, bem como as atrativas condições desses leilões para um mercado regulado e com boas condições de financiamento.

Tais fatores vêm contribuindo para o acirramento da competição no mercado brasileiro e a consequente redução dos custos de produção e dos preços negociados nos leilões de energia. O Gráfico 1 abaixo mostra o início da evolução da energia eólica no Brasil como resultado de todas as ações, segundo o Relatório Síntese do Balanço Energético

Nacional 2013, ano base 2012. Entretanto tal evolução, apesar de crescente, representa um baixíssimo aproveitamento do potencial eólico do país menor que 1,5% do potencial disponível.

Gráfico 1 – Evolução da Potencia Gerada (GW) X Percentual de Aproveitamento (%)



Fonte: Própria a partir do Balanço Energético Nacional 2013 – Relatório Síntese

Adicionado a esse cenário, recentemente, em 17 de abril de 2012, a ANEEL através da Resolução 482 regulamentou, pela primeira vez no país, a possibilidade para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas interligadas aos sistemas de distribuição de energia elétrica (grid elétrico) e ao sistema de compensação de energia elétrica, para energias de fontes renováveis – Geração Distribuída.

Essa política tende estimular os pequenos geradores e muda totalmente o panorama do setor elétrico brasileiro, pois permite o acesso à geração em todos os níveis da cadeia produtiva do setor elétrico (distribuição, subtransmissão e transmissão), podendo ser um impulsionador para a geração eólica no país.

Diante de todo esse contexto mundial e brasileiro, favorável à expansão da geração eólica como fonte de energia elétrica e sua pequena utilização no Brasil, foi adotada como questão básica de pesquisa:

Por que não há maior aproveitamento do potencial da geração elétrica via energia eólica, no Brasil?

Esta questão básica se desdobra em outras perguntas secundárias, cujas respostas ajudarão a detalhar e clarificar a questão principal:

- Como as modificações no ambiente regulatório, ao longo do tempo, têm influenciado a evolução e o desenvolvimento da geração eólica no país?
- Como os custos da geração eólica, ao longo do tempo, têm se comportado no Brasil?
- Como estão os fornecedores de aerogeradores no nordeste do Brasil?
- Quais as tendências do mercado brasileiro com a expansão geração de energia eólica?

1.2 Justificativa

Segundo o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE), a geração de energia elétrica no Brasil deve mais que dobrar nos próximos 20 anos, com o consumo de energia elétrica passando de 485 TWh em 2011 para 989 TWh em 2030. Sob esta hipótese, o país deverá ter aproximadamente 224 GW de capacidade instalada em 2030 (EPE, 2007).

De acordo com o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (MME, 2001) o Brasil apresenta um potencial disponível total para geração eólica de 143,5 GW, o que representa um potencial de energia de 272,2 TWh/ano (EPE, 2012). Este montante de energia corresponde 56,5% do consumo total de energia registrado no ano de 2011, segundo o relatório do balanço energético do Brasil.

Este crescimento, apesar de contemplar grandes investimentos em energia hidrelétrica e promover algumas fontes alternativas, levará a um aumento da dependência de combustíveis fósseis de 10% para 14% da matriz de geração elétrica. Como consequência, o PNE 2030 prevê uma triplicação das emissões do setor no período, passando de 30 MtCO_{2e} para 90 MtCO_{2e} em 2030 (EPE, 2007).

Neste cenário de aumento que aponta para a dependência de fontes fósseis e elevação das emissões de gases de efeito estufa (GEE), torna-se oportuno avaliar o potencial de

uma maior penetração das fontes alternativas na capacidade instalada do país, de modo a contribuir com uma expansão menos intensiva em carbono e, conseqüentemente, manter a característica de destaque do setor elétrico brasileiro.

Além disso, sua tecnologia também está associada ao desenvolvimento econômico e social por meio da criação de indústrias e mercados, promovendo a criação de empregos e a geração de renda.

Os impactos ambientais causados por diversos tipos de geração de energia elétrica e a capacidade promissora do aproveitamento de novos recursos no Brasil estão chamando a atenção de muitos pesquisadores e investidores na área de geração de energias renováveis.

Desenvolver métodos para reduzir o impacto ambiental, gerando uma energia limpa e renovável faz parte do interesse social e científico. Apesar de ainda não receber uma meta para redução de emissão de gases do efeito estufa, o Brasil é um dos países signatários do protocolo de Kyoto, que tem dentre vários compromissos: reformar os setores de energia, promover o uso de fontes energéticas renováveis, limitar as emissões de metano no gerenciamento dos resíduos do sistema energético, proteger florestas e outros sumidouros de carbono. Portanto, com esta visão global, a tendência para fontes alternativas é imperativa.

Atualmente as pesquisas, segundo consulta a base de dados: “*Scientific Electronic Library Online – SciELO*”, em energia eólica, concentram-se principalmente na realização de levantamentos do potencial eólico, velocidade e constância dos ventos em diversas regiões cidades do Brasil e America Latina, bem como na elaboração de modelos e simulações para desenvolvimento da tecnologia, principalmente no controle da frequência dos aerogeradores para minimização dos impactos quando da sua interligação nos sistemas de distribuição (grid). Além de pesquisas na utilização de novos materiais para aumento de rendimento dessas máquinas.

Há também, porém em menor quantidade, análises da geração eólica nos países de maior capacidade instalada e do próprio Brasil, inclusive focando as políticas públicas utilizadas para esse desenvolvimento, porém não se verifica a existência de trabalhos

para compreender por que mesmo, apresentando grande potencial, o Brasil e a região nordeste não evoluem na geração eólica.

De fato, relacionadas às pesquisas na comunidade acadêmica brasileira, o tema energia eólica é amplamente abordado, porém no que se refere ao desenvolvimento da energia eólica no Brasil, observou-se poucas publicações. Algumas das referências identificadas, relacionadas com o tema deste trabalho, são: (i) nove referências à energia eólica no Brasil do Programa de Planejamento Energético - PEE da UFRJ-COPPE; (ii) duas teses desse mesmo programa sendo uma discutindo os aspectos técnicos e econômicos da energia eólica (MELO, 2012) e outra do aproveitamento do potencial de geração de energia elétrica por fontes renováveis alternativas discutindo instrumentos de política e indicadores de progresso (HASHIMURA; 2012); e (iii) uma análise, publicada na Associação Brasileira de Energia Eólica ABEEólica, da energia eólica no desenvolvimento do Brasil como uma fonte de geração de empregos (SIMAS, 2012).

E quando focamos no nordeste brasileiro, mesmo sendo a área de maior potencial eólico do país (conforme Atlas do Potencial Eólico Brasileiro) verificam-se poucas pesquisas restringindo-se a estimativa dos recursos e padrões de vento, principalmente nos estados da Alagoas e Ceará (LIRA, 2011; COSTA; LYRA, 2012; RAMOS, LYRA e SILVA JÚNIOR, 2013), e as possibilidades de seu aproveitamento (MARTINS, 2008).

Assim, tecnicamente, a pesquisa se justifica dado o pequeno aproveitamento do potencial da geração elétrica via energia eólica no nordeste do Brasil, além do que é uma fonte limpa (por permitir a redução da emissão de GEE, bem como a redução da dependência de combustíveis fósseis), reduzindo os impactos ambientais, assim como se justifica, academicamente, dado existir lacuna de pesquisas com foco neste tema.

1.3 Objetivos

Conforme Cauchick (2010), o cliente-alvo preferencial da tese ou dissertação é sempre a comunidade acadêmica representada pela banca ou júri de avaliação do trabalho, ou os pareceristas da revista, a qual artigos gerados serão submetidos. Desta forma, pretende-se realizar uma pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações, na área de

energia, sobre o tema da geração eólica, tendo como meta desenvolver e agregar conhecimento à comunidade acadêmica.

Com base nas questões de pesquisa definidas na introdução deste trabalho, as mesmas podem ser traduzidas em objetivos. Sendo proposto como objetivo geral do trabalho de pesquisa: **Analisar por que não há o desenvolvimento pleno do uso da energia eólica no Nordeste do Brasil.**

Como objetivos específicos, pode-se destacar:

- Analisar as políticas regulatórias utilizadas na geração de energia eólica;
- Levantar custos históricos de energia eólica;
- Analisar a dinâmica dos fornecedores de equipamentos para energia eólica;
- Analisar o mercado de energia eólica;
- Realizar análise das tecnologias para geração de energia eólica.

1.4 Estrutura da dissertação

O capítulo I apresenta a introdução sobre o tema, sua problemática, justificativa e os objetivos, destacando a relevância do assunto e da pesquisa em evidência.

O capítulo II apresenta o referencial teórico com uma conceituação mais abrangente sobre a energia eólica e seus consequentes impactos no setor elétrico brasileiro. Ainda no referencial teórico estão abordadas as políticas e regulamentação para seu aproveitamento, apresentando também os benefícios e fatores para a sua difusão no país.

No capítulo III, apresentam-se as considerações metodológicas adotadas para a elaboração do trabalho, que consistiu na utilização dos fundamentos da metodologia

Grounded Theory que tem o objetivo de aproximar-se do assunto a ser investigado sem uma teoria a ser testada, mas, pelo contrário, com o objetivo de entendê-la em uma determinada situação. Além da metodologia, este capítulo apresenta as variáveis com impacto nos objetivos da pesquisa.

O capítulo IV retrata os resultados da pesquisa baseado nos dados coletados por meio de um questionário que foi aplicado a alguns especialistas do setor, apresentando-os com a análise e discussão das variáveis consideradas pela pesquisa.

No capítulo V são apresentadas as conclusões e recomendações para trabalhos futuros e, logo após, as referências bibliográficas adotadas neste trabalho.

CAPÍTULO II - REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo está subdividido em três tópicos principais: i) o potencial da energia eólica no Brasil; ii) a evolução da energia eólica e; iii) a tecnologia disponível e fornecedores existentes. Com isso, será obtida a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

O primeiro tópico apresenta uma visão geral do potencial da energia eólica para todas as regiões geográficas do país, em especial, para o nordeste brasileiro. São apresentados os estudos do potencial eólico brasileiro, a metodologia aplicada nesses estudos e os resultados obtidos, ou seja o mapeamento sazonal e regional desse potencial no país, bem como a qualidade dos seus ventos, o fator de capacidade dos parques eólicos e a complementaridade da geração eólica com a hidráulica.

No segundo tópico é apresentada a evolução histórica da energia eólica no país, o PROINFA, o mecanismo dos leilões de energia elétrica e a evolução de seus custos, sendo uma visão no mundo e o Brasil. Finalizando com uma análise do mercado por meio da evolução da matriz elétrica do país, sua situação atual e as projeções da evolução para a energia eólica e nova política regulamentando a geração distribuída.

No terceiro tópico são apresentadas as tecnologias dos aerogeradores comerciais e os fabricantes, bem como seus desafios para atuação no mercado brasileiro.

2.1 Potencial da Energia Eólica no Brasil

Muitos são os fatores que possibilitam a exploração dos recursos existentes no planeta terra para geração de Energia. No caso da energia gerada a partir dos ventos, o seu aproveitamento é tecnicamente viável mediante estudos sistemáticos de coleta de dados sobre velocidade e o regime de ventos. Através desses estudos consegue chegar a fatores como a densidade de energia dada em W/m^2 . Segundo (GRUBB; MEYER, 1993) para viabilizar tecnicamente a geração torna-se necessário que se tenha densidade maior ou igual a $500 W/m^2$, considerando uma altura de 50m, significando uma velocidade mínima do vento de 7 a 8m/s, sendo que em apenas 13% da superfície terrestre o vento apresenta velocidade igual ou superior a 7 m/s.

O aproveitamento dos recursos eólicos como fonte de energia requer, portanto, uma avaliação apurada do potencial de vento existente na localidade. Para tanto, é imprescindível a coleta de dados de vento com precisão e qualidade. No Brasil, assim como em várias partes do mundo, ainda existem poucos dados de vento com a qualidade necessária a uma avaliação de um potencial eólico para geração de energia elétrica.

Um dos fatores que limitam investimentos em empreendimentos eólicos é a falta de dados adequados e confiáveis. Com a publicação em 2001 do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, as informações de qualidade sobre áreas de potenciais eólicos em todo o território nacional foram disponibilizadas e tornadas públicas. A partir de então se passou a conhecer características, tais como: velocidade média, direção, regime e sazonalidade do vento de forma regionalizada.

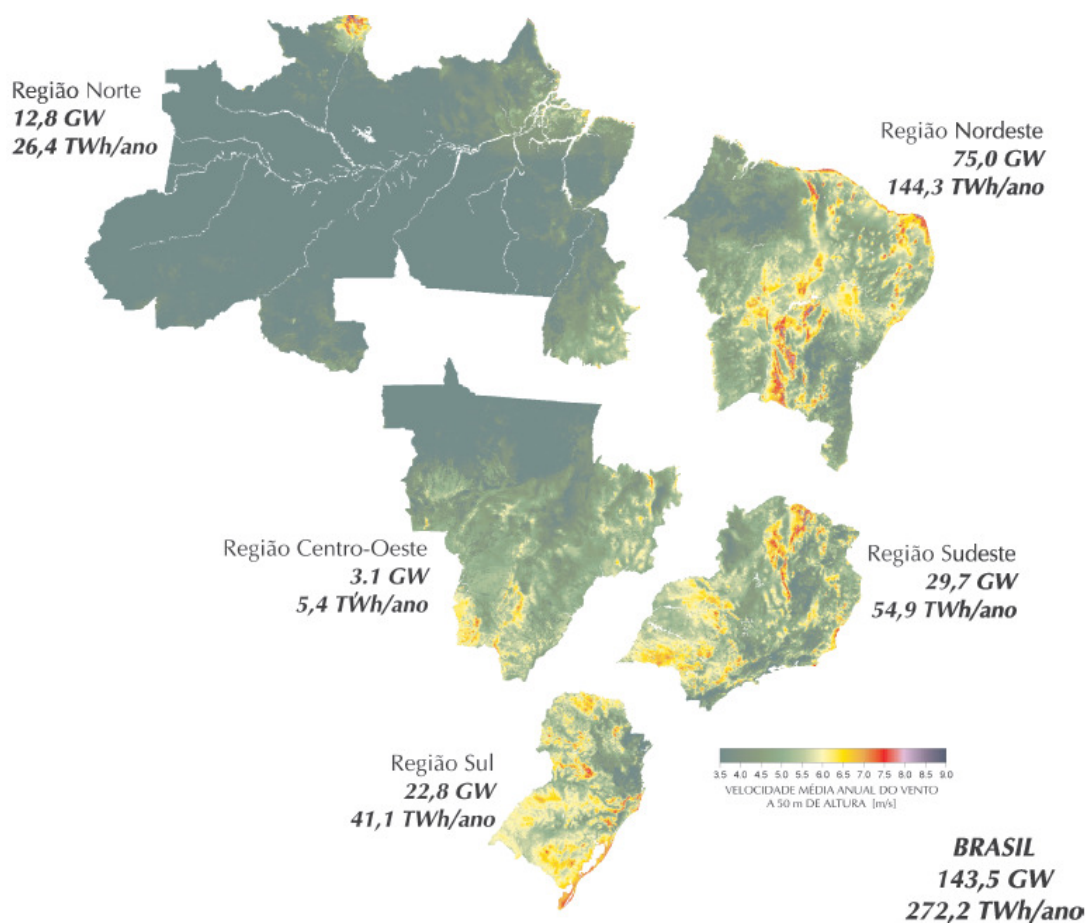
O Atlas do Potencial Eólico Brasileiro usa ferramentas computacionais que utilizam simulações com dados atmosféricos, como os de camada de pressão de vento. Este modelo é baseado em um processo de meso-escala, onde se conhece e se determinam as características do terreno para, a partir daí, utilizar os dados e as séries históricas das estações existentes. O modelo usa outras ferramentas para aferição, por exemplo: balões meteorológicos e algumas estações em que se garante a qualidade de suas medições na terra para que se possa aferir os dados do modelo.

O Atlas é um forte indicativo da existência ou não de ventos, entretanto ele pode conter erros em algumas regiões. Em média apresenta um erro que varia de 10 a 15% em velocidade, o que incorre em um erro de 20 a 35%, em média, na energia.

De acordo com o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, o Brasil apresenta conforme Figura 2 um potencial disponível total de 143,5 GW, para ventos médios anuais iguais ou superiores a 7,0m/s, o que representa um potencial de energia de 272,2 TWh/ano sendo necessária para isso a utilização de uma área de 71.735 km² (apenas 0,8% do território nacional). Esse montante de energia corresponde 56,5% do consumo total de energia registrado no ano de 2011, segundo o relatório do balanço energético Brasil (EPE,2012).







Esta projeção toma como base uma densidade média de ocupação de terreno de 2 MW/km² e as curvas de desempenho de turbinas a uma altura de 50m. A Figura 2 mostra o mapa de distribuição de vento por região geográfica, a potência e a energia elétrica a ser disponibilizada para um valor anual médio de vento igual ou superior a 7,0 m/s (MME,2001). Já a Tabela 1 apresenta o potencial eólico elétrico estimado, por faixa de velocidade, apresentando a potência e a energia possível de ser disponibilizada por anos para cada faixa de velocidade adotada, bem como os mesmos valores de forma cumulativa.

Figura 2 – Atlas Eólico Brasileiro



Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (MME, 2001)

Tabela 1 – Potencial Eólico-elétrico Estimado do Brasil

REGIÃO	INTEGRAÇÃO POR FAIXAS DE VELOCIDADES					INTEGRAÇÃO CUMULATIVA			
	VENTO [m/s]	ÁREA [km ²]	POTÊNCIA INSTALÁVEL [GW]	FATOR DE CAPACIDADE	ENERGIA ANUAL [TWh/ano]	VENTO [m/s]	ÁREA (CUMULATIVA) [km ²]	POTÊNCIA INSTALÁVEL [GW]	ENERGIA ANUAL [TWh/ano]
 NORTE	6 - 6,5	11490	22,92	0,13	25,58	>6	24206	48,41	70,49
	6,5 - 7	6326	12,65	0,17	18,46	>6,5	12746	25,49	44,91
	7 - 7,5	3300	6,60	0,20	11,33	> 7 m/s	6420	12,84	26,45
	7,5 - 8	1666	3,33	0,25	7,15	>7,5	3120	6,24	15,11
	8 - 8,5	903	1,81	0,30	4,65	>8	1454	2,91	7,96
	>8,5	551	1,10	0,35	3,31	>8,5	551	1,10	3,31
 NORDESTE	6 - 6,5	146589	293,18	0,13	327,19	>6	245105	490,21	649,50
	6,5 - 7	60990	121,98	0,17	178,02	>6,5	98516	197,03	322,31
	7 - 7,5	24383	48,77	0,20	83,73	> 7 m/s	37526	75,05	144,29
	7,5 - 8	9185	18,37	0,25	39,43	>7,5	13143	26,29	60,56
	8 - 8,5	3088	6,18	0,30	15,91	>8	3958	7,92	21,13
	>8,5	870	1,74	0,35	5,23	>8,5	870	1,74	5,23
 CENTRO-OESTE	6 - 6,5	41110	82,22	0,13	91,76	>6	50752	101,50	120,83
	6,5 - 7	8101	16,20	0,17	23,65	>6,5	9642	19,28	29,07
	7 - 7,5	1395	2,79	0,20	4,79	> 7 m/s	1541	3,08	5,42
	7,5 - 8	140	0,28	0,25	0,60	>7,5	146	0,29	0,63
	8 - 8,5	6	0,01	0,30	0,03	>8	6	0,01	0,03
	>8,5	0	0,00	0,35	0,00	>8,5	0	0,00	0,00
 SUDESTE	6 - 6,5	114688	229,38	0,13	255,99	>6	175859	351,72	446,07
	6,5 - 7	46302	92,60	0,17	135,15	>6,5	61171	122,34	190,08
	7 - 7,5	11545	23,09	0,20	39,64	> 7 m/s	14869	29,74	54,93
	7,5 - 8	2433	4,87	0,25	10,44	>7,5	3324	6,65	15,29
	8 - 8,5	594	1,19	0,30	3,06	>8	891	1,78	4,84
	>8,5	297	0,59	0,35	1,78	>8,5	297	0,59	1,78
 SUL	6 - 6,5	121798	243,60	0,13	271,86	>6	171469	342,94	424,74
	6,5 - 7	38292	76,58	0,17	111,77	>6,5	49671	99,34	152,88
	7 - 7,5	9436	18,87	0,20	32,40	> 7 m/s	11379	22,76	41,11
	7,5 - 8	1573	3,15	0,25	6,75	>7,5	1943	3,89	8,71
	8 - 8,5	313	0,63	0,30	1,61	>8	370	0,74	1,95
	>8,5	57	0,11	0,35	0,34	>8,5	57	0,11	0,34
 TOTAL BRASIL ESTIMADO						>6	667391	1334,78	1711,62
						>6,5	231746	463,49	739,24
						> 7 m/s	71735	143,47	272,20
						>7,5	21676	43,35	100,30
						>8	6679	13,36	35,93
						>8,5	1775	3,55	10,67

Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (MME, 2001).

Ainda segundo o relatório do balanço energético do Brasil em 2011 (EPE, 2012) o nordeste brasileiro, a área geográfica que concentra a maior parte do potencial de geração eólica do país, apresentou um consumo total de energia de 96,26TWh/ano, o que corresponde apenas 66,7% do total do potencial disponível, estimado em 144,3TWh/ano, em Energia Eólica dessa região.

Segundo Melo (2012), estudos mais atuais, porém ainda não oficiais, apontam para um potencial superior a 300 GW no Brasil, dado que a tecnologia atual dos aerogeradores permite a instalação de torres com mais de 100 metros de altura, o que permite que as pás dos equipamentos varram uma área maior e em local de velocidades de ventos superiores e mais constantes.

A geração eólica, bem como toda energia proveniente do sol, apresenta uma grande sazonalidade. No nordeste brasileiro, os ventos mais fortes registram-se entre agosto e janeiro, já os ventos de menores intensidades são verificados no período compreendido entre fevereiro a julho. O Atlas também revela a existência de algumas regiões privilegiadas, dentre elas as regiões montanhosas, a faixa litorânea da região nordeste, faixas específicas na região sul e velocidade médias razoáveis em diversos pontos do país.

O nordeste brasileiro tem em todo o seu litoral um fantástico potencial de ventos, o que se amplia enormemente quando considerado um futuro aproveitamento *offshore*. Verificam-se também ventos bem fortes nas regiões mais elevadas. Já as regiões afastadas da costa (o interior nordestino) não apresentam médias anuais de valores tão elevados como na faixa litorânea e em pontos mais altos, apresentando valores médios em torno de 5 e 5,5 m/s.

O estado do Ceará possui uma área territorial de 147.348 km², e registra um potencial de aproveitamento para energia eólica, segundo seu Atlas eólico publicado em 2001, de 5,8 GW, possibilitando a geração anual de 12 TWh/ano para ventos a partir de 7 m/s a uma altura de 50 m e fator de capacidade de 24%. A área total potencialmente útil para esse aproveitamento é de 2.911 km² (menos que 2% do seu território). Para aproveitamentos a 70 m de altura, o potencial de aproveitamento sobe para 24 GW, viabilizando a geração anual de 51,9 TWh/ano para ventos a partir de 7 m/s e fator de capacidade de 24%, sendo necessária uma área total potencialmente útil 12.426 km² (8,5% do seu território).

Já o estado da Bahia ocupa uma área de 567.295 km² e apresenta um potencial de aproveitamento de 5,6 GW o que viabiliza, segundo seu Atlas eólico publicado em 2002, a geração anual de 12,32 TWh/ano, quando do aproveitamento de ventos acima de 7 m/s a uma altura de 50 m e fator de capacidade de 25%, sendo necessária uma área total potencialmente útil 2.373 km² (0,42% do seu território). Para aproveitamentos a 70 m de altura, o potencial atinge 14,46 GW, com uma energia gerada de 31,90 TWh/ano e área ocupada de 6.067 km² (1% do território).

Fora do nordeste brasileiro o estado do Rio Grande do Sul, com área de 282.062 km², apresenta um potencial de utilização muito elevado. O Atlas eólico deste estado, publicado em 2002 indica um potencial estimado de 15,8 GW, para áreas com ventos iguais ou superiores a 7,0 m/s, na altura de 50 m e fator de capacidade de 29%, possibilitando a geração de 41.69 TWh/ano, para uma área útil de 10.558 km² (3,7 % do território). Para aproveitamentos a 75m de altura, o Atlas indica um potencial que alcança 54,43 GW, e 31,90 TWh/ano de energia produzida em uma área 36.284 km² (12,9 % do território).

Na Região Norte, a Amazônia não se mostra como um local recomendado para o aproveitamento eólico, uma vez que apresenta ventos na faixa de 3 e 4m/s, na altura de 50 m. A razão é óbvia, tendo em vista a elevada altura da vegetação local, no entanto, localizam-se alguns pontos mais altos, como é o caso de Roraima, onde se verifica um potencial bem razoável. Na faixa litorânea da Amazônia, em especial nos estados do Amapá e Pará são encontradas velocidades de ventos bem elevadas.

As demais regiões do país registram apenas pontos isolados para o aproveitamento eólico, por exemplo, na Região Cento-Oeste ventos razoáveis (entre 6,5 a 7,5m/s) na fronteira com o Paraguai. Já na Região Sudeste bons ventos no norte do Rio de Janeiro, no litoral do Espírito Santo, nas regiões elevadas de São Paulo, além da faixa litorânea.

2.1.1 Qualidade dos Ventos – Um diferencial brasileiro

Estudos que objetivam estimar o potencial eólico de uma dada região têm como referência capital a caracterização do perfil do vento, ou seja, o conhecimento da variabilidade no espaço e tempo dos recursos eólicos na superfície terrestre. Estas valorações serão mais representativas da realidade quanto mais os dados climatológicos utilizados na análise apresentarem uma melhor qualidade, bem como os volumes de informações disponíveis sejam suficientes para abarcar as diversas ocorrências verificadas no comportamento do vento em distintos períodos (ANEEL, 2002).

Em função do descrito acima, dois aspectos devem ser considerados quando do planejamento de um aproveitamento eólico em uma região específica: a avaliação e

caracterização do perfil do vento em distintos locais. De posse dessas informações, é possível proceder a seleção de um determinado tipo de aerogerador, bem como escolher o local mais apropriado para instalar as turbinas. Estas escolhas são feitas a partir das informações da forma como se distribui a velocidade do vento no espaço, sua intensidade e direção (TORRES, 1998).

O Atlas Eólico do Brasil permite inferir que, com exceção das regiões da Bacia Amazônica Ocidental e Amazônica Oriental, verificam-se em uma vasta extensão do território nacional registros de ventos com velocidades médias possíveis para aproveitamento em sistemas de conversão eólico-elétrico. Dentre todas as regiões é no Nordeste, mais precisamente em toda a costa do estado do Ceará e Rio Grande do Norte, que se evidencia uma maior potencialidade.

Destaque para o fato de que para geração de valor o que importa, significativamente, na decisão dos investidores, quando da escolha de um local para exploração, é o total de energia gerada pelo parque em um determinado período. Nesses termos, o fator de capacidade expressa a real competência de um parque eólico produzir energia em função do total de energia a ser gerada, caso o sistema operasse em sua potência nominal, durante um intervalo de tempo definido.

O fator de capacidade de uma estação de geração de energia elétrica é a proporção entre a produção efetiva da usina em um período de tempo e a capacidade total máxima neste mesmo período. Ou seja, trata-se da divisão entre o que foi efetivamente gerado sobre a capacidade de geração máxima daquela estação.

No caso de uma turbina eólica, a principal variável que afeta o fator de capacidade é a disponibilidade dos ventos. Isto ocorre porque a maioria das turbinas apresenta o seu melhor aproveitamento em termos de conversão da energia dos ventos em energia mecânica na rotação das pás, e, posteriormente, em energia elétrica nos geradores, para intervalos de ventos entre 12 e 25 m/s, dependendo da classe da turbinada utilizada (MELO, 2012).

Para o mesmo autor, geralmente, para ventos inferiores a 3-4 m/s, a turbina eólica é desligada, interrompendo a produção de energia elétrica. Isto também ocorre para

velocidades de vento muito elevada, acima de 25 m/s, por exemplo, mitigando-se assim o risco de danificação do equipamento.

Ainda segundo Melo (2012) existem outros fatores que fazem a produção de energia elétrica ser interrompida em um gerador eólico, tais quais: paradas programadas de manutenção, falha de equipamentos e paradas de geração por questões de segurança, principalmente em função de incidentes nas linhas de transmissão associadas ao parque eólico.

Portanto, paralelamente à questão da intermitência dos ventos, os fatores citados anteriormente também contribuem no sentido de que um parque eólico não entregue, em um determinado intervalo de tempo, a energia que seria possível entregar no cenário ideal.

Em termos de Brasil, a maioria dos parques eólicos em estudo apresenta fator de capacidade acima de 0,3. Segundo Molly (2004) ao se comparar a situação eólica na Alemanha, este valor médio encontrado no Brasil é muito melhor do que o valor médio de 0,23 verificado naquele país.

Na costa nordestina compreendida entre os estados do Maranhão e do Rio Grande do Norte, os ventos possuem velocidades médias anuais de 8 m/s, valor considerado excelente para a geração de energia elétrica a partir de turbinas eólicas. Nessa região verificam-se os maiores índices nacionais de “ventos educados” - que tem seu comportamento marcado pela constância de sua velocidade e direção, bem como pelo não registro de turbulências e baixa rajada de vento - de todo o mundo, ou seja, não se registra ocorrência de ciclones, vendavais ou rajadas, e os ventos sopram, frequentemente, em uma direção preferencial. Esse conjunto favorável de eventos faz com que a qualidade dos ventos no Nordeste viabilize fatores de cargas que chegam a ultrapassar valores de 40%.

As vantagens diferenciais da qualidade dos ventos no nordeste do Brasil se tornam mais evidentes quando se faz uma comparação com o perfil padrão das ocorrências de ventos na Europa, continente este responsável por 37% de toda a capacidade instalada em energia eólica do mundo (SILVA, 2006).

A seguir, é apresentada na Tabela 2 a evolução dos fatores de capacidade médios previstos para os parques eólicos desde o PROINFA até o último leilão no âmbito do ACR (A-5 2011).

Tabela 2 – Evolução dos fatores de capacidade previstos para os parques eólicos brasileiros

Leilão	Fator de Capacidade
PROINFA	32%
LER 2009	43%
LER 2010	51%
LFA 2010	43%
LER 2011	50%
A-3 2011	45%
A-5 2011	49%
MÉDIA	46,8%

Fonte: Associação Brasileira de Energia Eólica – ABEEólica.

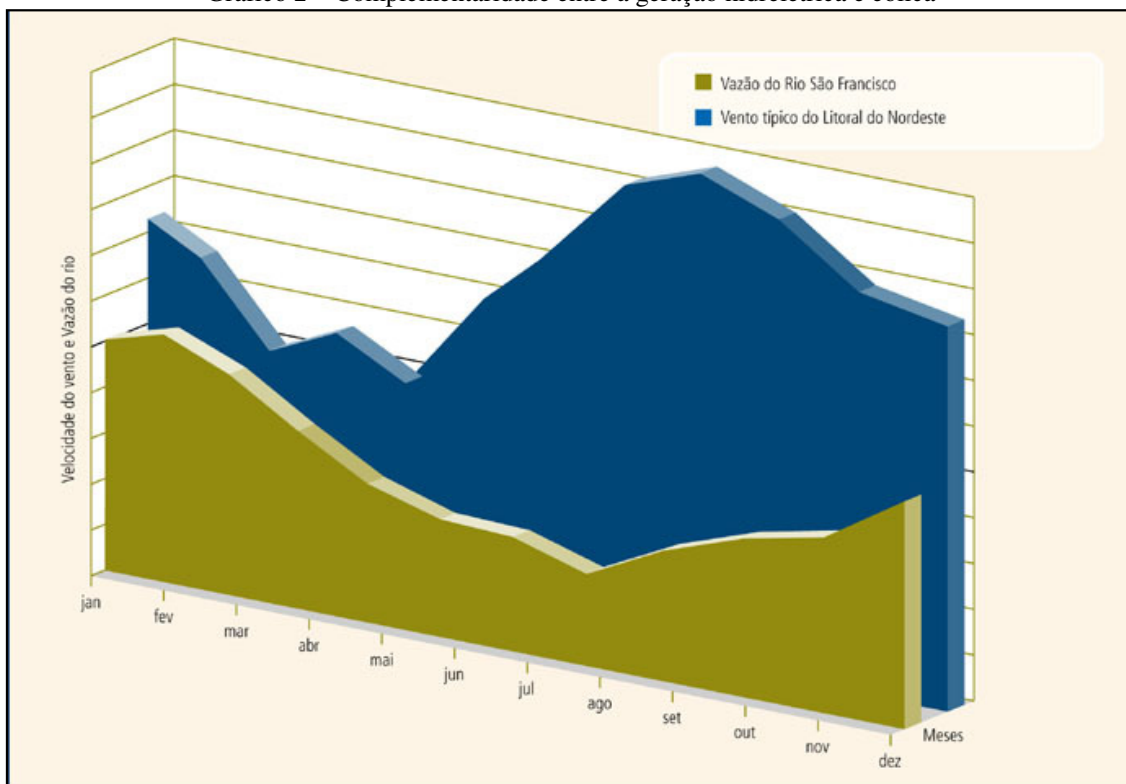
Segundo Melo (2012) o fator de capacidade médio observado nos 10 principais países do setor eólico encontra-se na faixa dos 20%. Neste sentido, é importante mencionar que o fator de capacidade estimado para os parques eólicos brasileiros é expressivamente superior ao fator de capacidade observados nos parques instalados ao redor do mundo, o que ratifica o potencial eólico brasileiro.

2.1.2 Complementaridade hídrico-eólica

Outro ponto importante a ser destacado refere-se não apenas ao expressivo potencial eólico no Brasil em virtude da qualidade dos seus ventos, mas também em função da sua complementaridade natural com a principal fonte de geração de energia elétrica do país, a hídrica. Através da Figura 3, é possível observar que o período de maiores índices pluviométricos no Brasil (período de chuvas) ocorre entre os meses de dezembro e maio, enquanto o período de maiores velocidades médias de vento ocorre justamente

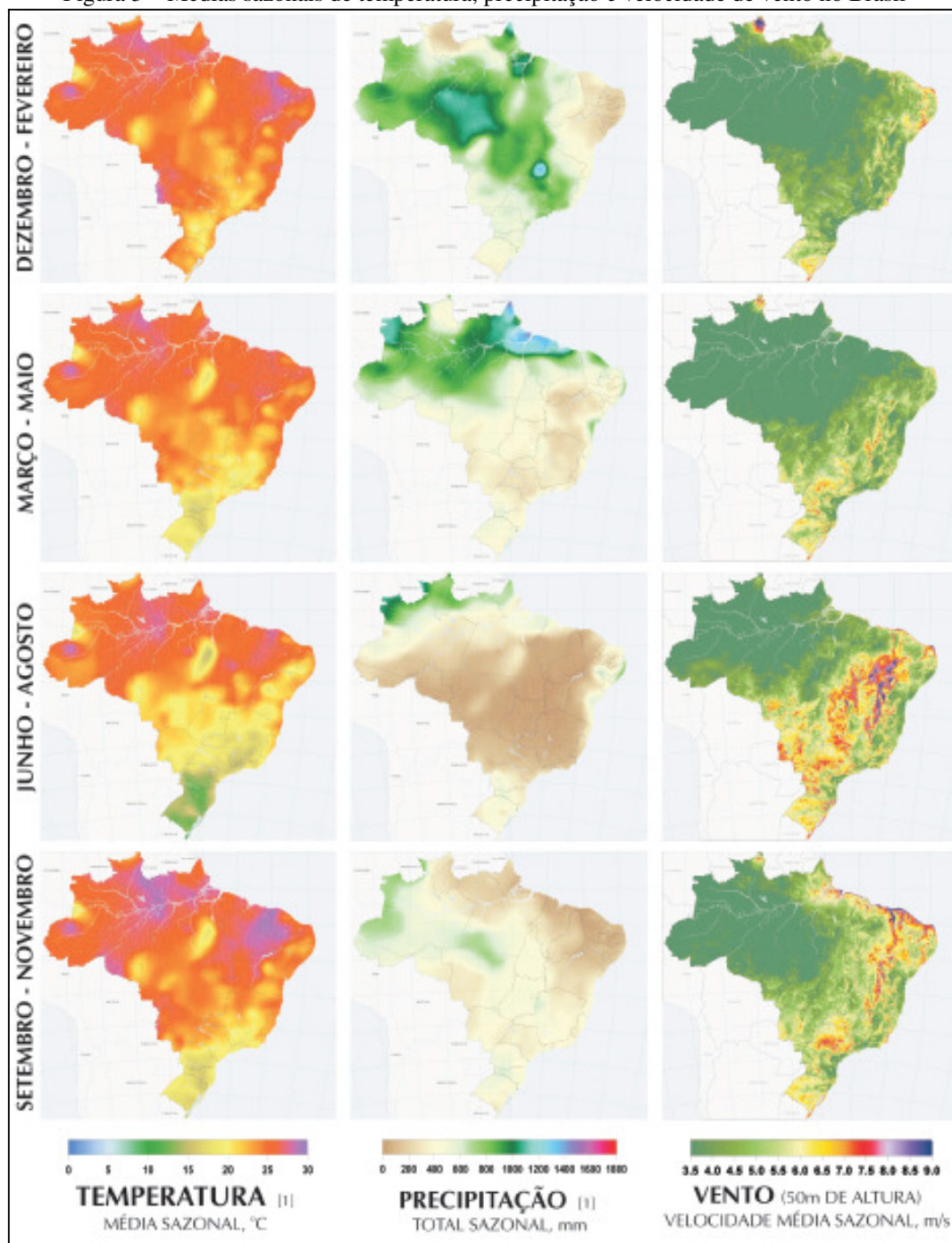
no período oposto, de junho a novembro. O Gráfico 2 corrobora os dados apresentados na Figura 3, ao apresentar um caso particular da vazão do Rio São Francisco frente à velocidade do vento típico do litoral do Nordeste. Novamente, é possível observar que os períodos secos apresentam altas velocidades de vento e os períodos úmidos apresentam baixas velocidades de ventos, o que gera um cenário ideal para a complementaridade entre as fontes hidrelétrica e eólica.

Gráfico 2 – Complementaridade entre a geração hidrelétrica e eólica



Fonte: Centro Brasileiro de Energia Eólica – CBEE / UFPE (2000).

Figura 3 – Médias sazonais de temperatura, precipitação e velocidade de vento no Brasil



Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (2001).

Quando considerado o elevado potencial eólico da região nordeste pode-se induzir que a contribuição da energia eólica à estabilização sazonal da oferta de energia elétrica pode advir de vários Estados da região, principalmente no segundo semestre do ano, período em que o potencial eólico na região é mais elevado e se registram as menores vazões no Rio São Francisco.

A comprovação dessa complementaridade sazonal entre os regimes hídricos das principais bacias e o regime eólico, como apresentado na Figura 3 e Gráfico 2, implica em significativos benefícios ao sistema interligado nacional, indicando ser possível adicionar maiores volumes de energia ao sistema exatamente nos períodos secos.

2.2 Evolução Da Energia Eólica no Brasil

Apesar de o Brasil possuir um enorme potencial para o aproveitamento da fonte eólica para fins de geração de energia elétrica através dos aerogeradores, grande parte em função da boa qualidade dos seus ventos, é recente a história de desenvolvimento do setor no país, se comparada à evolução da fonte eólica em diversos países europeus e dos Estados Unidos.

A energia eólica no Brasil teve seu primeiro indício em 1992 com o início da operação comercial do primeiro aerogerador instalado no Brasil, que foi resultado de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE), através de financiamento do instituto de pesquisas dinamarquês Folkecenter. Essa turbina eólica, de 17m de diâmetro, 23m de altura e 75 kW, foi a primeira a entrar em operação comercial na América do Sul, em 1992, localizada no arquipélago de Fernando de Noronha-PE (MELO 2012).

Durante os dez anos seguintes pouco se avançaram na consolidação da energia eólica como alternativa de geração de energia elétrica no país, em parte pela falta de políticas, mas principalmente pelo alto custo associado à tecnologia.

Por possuir uma das matrizes elétricas mais renováveis no mundo, porém com a fonte hidroelétrica, segundo o BEN 2013 ano base 2012 da EPE, representando mais de 80% da geração de energia elétrica, o incentivo às energias renováveis no Brasil foram relacionados a procura pela diversificação da matriz elétrica, segurança no fornecimento de energia, diminuição dos impactos ambientais da expansão de grandes hidrelétricas e o incentivo ao desenvolvimento de novas indústrias; e geralmente utilizadas para complementar a geração em períodos de maior carga e de menor nível dos reservatórios da planta hidrelétrica do país. As fontes renováveis de energia são apresentadas como a principal alternativa para atender às demandas da sociedade com relação à qualidade e

segurança do atendimento da demanda de eletricidade com a redução dos danos ambientais, decorrentes do consumo de energia. Diversos estudos, realizados nos últimos anos tem apontado às implicações e impactos socioambientais do consumo de energia (MARTINS 2008).

O Brasil iniciou a expansão de seus empreendimentos em energia eólica, no período de crise dos mercados tradicionais mundiais, e também impulsionado pelo racionamento de energia ocorrido nos anos 2001 e 2002 no país. Neste período, houve uma reformulação no modelo do setor elétrico por parte do governo, por meio da adoção de políticas de incentivos à geração de energia através de fontes renováveis.

O marco inicial da política de expansão da energia eólica no Brasil se deu primeiramente pela criação do Programa Emergencial de Energia Eólica – PROEÓLICA em 2001. Este programa tinha como objetivo a contratação de 1.050 MW de projetos de energia eólica até dezembro de 2003. Nesse período já se falava, então, da complementaridade sazonal do regime de ventos com os fluxos hidrológicos nos reservatórios hidrelétricos. No entanto, o PROEÓLICA não foi capaz de viabilizar a entrada emergencial de novos projetos eólicos, mas possibilitou a abertura de mercado para outras empresas internacionais interessadas na promoção das fontes renováveis. Surge, então, a necessidade da estruturação de uma legislação capaz de efetivar o desenvolvimento do mercado de energias renováveis no Brasil em longo prazo (ALVES, 2009).

2.2.1 O PROINFA

Em 2004, através do Decreto nº 5.025, foi instituído o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). Seu objetivo consiste em aumentar a participação de empreendimentos concebidos com base em fontes eólica, biomassa e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) no Sistema 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 se encerraria em 30 de dezembro de 2010, porém parte foi postergada para dezembro de 2011.

Nesse contexto, destacam-se a internalização da tecnologia e consolidação da indústria eólica nacional de fornecimento de componentes e montagem; participação da iniciativa privada; e o aprimoramento da legislação, do conhecimento da fonte primária e de sua interação energética com um parque gerador de base hidráulica (EPE, 2012).

O PROINFA basicamente realizou financiamento através do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES de até 80% dos empreendimentos de geração, através de fontes renováveis e garantia de contratação pela Eletrobrás de toda energia produzida por um período de 20 anos. O Programa previu a implantação de 54 usinas eólicas, totalizando 1,4 GW (MME, 2010).

Entretanto, de acordo com o Global Wind Report 2011, publicado em abril de 2012 pelo Global Wind Energy Council – GWEC, até o final de 2011 foram implantados no Brasil 51 empreendimentos eólicos provenientes do PRONFA, o que totaliza uma capacidade instalada de 1,3GW. Apenas no ano de 2011 foram implantados 13 destes empreendimentos (399,1 MW), dos quais 10 empreendimentos (222 MW) referem-se ao complexo de Água Doce e Bom Jardim, do grupo econômico argentino IMPSA, que possui uma fábrica de aerogeradores implantada no Recife. Na Tabela 3 é possível observar o histórico dos projetos implantados ano a ano pelo PROINFA.

Tabela 3 – Histórico dos projetos implantados no Brasil no âmbito do PROINFA

Ano	Empreendimentos	Crescimento Anual	Crescimento Acumulado
Até 2005	10	26,55 MW	26,55 MW
2006	5	208,3 MW	234,85 MW
2007	1	10,2 MW	245,05 MW
2008	5	94,0 MW	339,05 MW
2009	15	261,4 MW	600,45 MW
2010	14	326,6 MW	927,05 MW
2011	13	399,1 MW	1326,15 MW

Fonte: Global Wind Energy Council - GWEC (2012).

O grande desafio estabelecido pelo Programa foi o índice de 60% de nacionalização dos empreendimentos, que teve o objetivo principal de fomentar a indústria de base dessas fontes. Considerando-o como fator de desenvolvimento do domínio da cadeia produtiva,

o PROINFA combinado com outras ações do governo resultaram no fortalecimento da indústria brasileira de geração de energia elétrica.

O programa enfrentou problemas de atrasos no cronograma de implantação dos parques. De acordo com o entendimento da Eletrobrás, esse mal desempenho foi fruto da dificuldade para o cumprimento do conteúdo nacional mínimo exigido (60%).

Para conter esse problema, o imposto de importação incidente sobre as turbinas eólicas passou de 14% para zero, a fim de permitir que o índice de nacionalização fosse atingido pelos empreendedores do PROINFA à medida que o custo dos equipamentos importados diminuiu em função desta queda de alíquota do imposto. Essa mudança de regra foi polêmica e causou diversos problemas com o fabricante de aerogeradores Wobben Windpower que, sendo o primeiro a se instalar no Brasil, já estava presente antes da alteração. Ainda assim, a Eletrobrás manteve a decisão alegando que a indústria nacional não teria condições de atender sozinha à demanda prevista pelo PROINFA. Mais tarde, observando a evolução exponencial da capacidade instalada no país, percebe-se que a indústria nacional teria condições de atender à demanda.

A mudança do imposto não foi unanimemente entendida como positiva para o setor, pois houve muitas acusações que o descumprimento dos prazos não se tenha dado pela dificuldade de atingir o índice de nacionalização e sim pelo fato que alguns participantes do leilão não tinham o objetivo de executar os projetos, mas sim de revendê-los. Desta forma, o atraso aumentava à medida que ocorria o repasse repetido dos projetos e somente às vésperas da data de conclusão, era encaminhado o pedido de fornecimento de equipamentos à indústria nacional, que, nestas condições e prazos, não tinha como entregar equipamentos a tempo.

2.2.2 Mecanismo de Leilões no Brasil

Em 2004 conforme a Lei nº 10.848 foi definido que a contratação de energia elétrica para cobertura do consumo no ambiente regulado e para formação de lastro de reserva deverá ser feita através da modalidade de leilões públicos específicos.

Nesse contexto, o governo realizou o primeiro leilão exclusivo para fontes alternativas de energia (1º LFA) que ocorreu em junho de 2007 (LFA/2007 – edital nº 003/2007), resultando na contratação de 186 MW de energia a um preço marginal de 139,12 R\$/MWh, dentre os quais 46 MW destinaram-se a Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e 140 MW foram destinados à termelétricas à biomassa. Não houve empreendimento eólico a lograr-se vencedor nesta disputa.

Por meio do 1º Leilão de Energia de Reserva (LER/2008 – edital nº 001/2008), ocorrido em agosto do referido ano, o governo brasileiro empreendeu novos esforços no sentido de viabilizar a contratação em ambiente regulado de novos empreendimentos eólicos, entretanto novamente não houve êxito neste sentido, uma vez que os empreendimentos vencedores foram exclusivos da fonte biomassa a bagaço de cana.

Entretanto, em dezembro de 2009, foi realizado o 2º Leilão de Energia de Reserva (LER/2009 – edital nº 003/2009), sendo este o primeiro leilão exclusivo para energia eólica. A disputa resultou na contratação de 1.8 MW (783,1 MW médios), provindos de 71 projetos, a um preço médio de venda de R\$ 148,39/MWh. Esses empreendimentos estão distribuídos por cinco estados das regiões Nordeste e Sul, com 88% da potência instalada nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia, conforme pode ser observado na Tabela 4. Do total de projetos contratados no LER 2009, 11 empreendimentos (276 MW) foram concluídos ao longo de 2011, nos seguintes estados: Rio Grande do Sul (4 projetos / 82 MW), Bahia (3 projetos / 90MW) e Rio Grande do Norte (4 projetos / 104 MW). Os demais 60 projetos (1.529 MW) devem estar em operação comercial até 30/06/2012, de forma a não sofrerem as penalizações definidas nos Contratos de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado – CCEARs, provindos desta disputa.

Tabela 4 – Resultado do Leilão de Reserva (LER) 2009



Leilão de Energia de Reserva (Eólica) – resultado:

ESTADO	PROJETOS		POTÊNCIA (MW)	
	QUANTIDADE	%	QUANTIDADE	%
Bahia	18	25,4	390	21,6
Ceará	21	29,5	542,7	30
Rio Grande do Norte	23	32,4	657	36,4
Rio Grande do Sul	8	11,3	186	10,3
Sergipe	1	1,4	30	1,7
Total Brasil	71	100	1.805,7	100

Fonte: EPE - Leilão de Reserva, 2009.

Os empreendimentos eólicos voltaram a serem contratados no 2º Leilão de Fontes Alternativas (LFA/2010 - edital nº 07/2010), ocorrido em agosto de 2010. Neste leilão, foram ofertados dois produtos, a saber: (1) Disponibilidade: fontes Biomassa e Eólica, com início de suprimento em 01/01/2013 e prazo de duração de 20 anos e; (2) Quantidade: Fonte Hidroelétrica (PCH), com início de suprimento em 01/01/2013 e prazo de duração de 30 anos. Na modalidade Quantidade, o comprador da energia paga mensalmente pela energia contratada. Na modalidade Disponibilidade, o comprador da energia paga uma receita fixa mensal somada a uma parcela variável, denominada custo variável unitário (CVU), conforme a energia efetivamente consumida.

Este leilão A-3 proporcionou a contratação de uma potência instalada total de 1,68 GW (714,3 MW médios), a partir de um conjunto de 56 empreendimentos, sendo assim distribuído: eólicos (50 empreendimentos / 643,9 MW médios); biomassa a bagaço de cana (1 empreendimento / 22,3 MW médio) e PCHs (5 empreendimentos / 48,1 MW médios). O preço médio final do leilão foi de R\$ 135,48/MWh.

Paralelamente, ainda em agosto de 2010, foi realizado o 3º Leilão de Reserva (LER/2010 – edital nº 05/2010), também destinado à contratação de fontes alternativas de energia. Neste leilão, foram oferecidos produtos para as fontes biomassa (energia de reserva com início de suprimento em 2011, 2012 e 2013 - duração 15 anos), eólica (energia de reserva com início de suprimento em 2013 / duração 20 anos) e PCH (energia de reserva com início de suprimento em 2013 / duração 30 anos). O 3º Leilão de Reserva proporcionou a contratação de uma potência instalada total de 1,2 GW (445,1 MW médios), a partir de um conjunto de 33 empreendimentos, sendo assim distribuído: eólicos (20 empreendimentos / 255,1 MW médios); biomassa a bagaço de

cana (11 empreendimento / 168,3 MWmédios) e PCHs (2 empreendimentos / 21,7 MWmédios). O preço médio final do leilão foi de R\$ 125,07/MWh.

Assim, os dois leilões de 2010 que ofertaram produtos destinados à fonte eólica (A-3 e Reserva) resultaram numa contratação de 2,05 GW de potência instalada desta fonte, provindos de 70 projetos, sendo 50 projetos no LFA 2010 (1,5 GW) e 20 projetos no LER 2010 (528,2 MW), correspondendo a 899 MW médios negociados a um preço médio de R\$ 130,86, conforme pode ser observado na Tabela 5. O 2º Leilão de Fontes Alternativas (A-3) e o 3º Leilão de Reserva entraram para história do Brasil como os dois maiores leilões de energia elétrica proveniente de fontes alternativas já realizados. Os leilões apresentaram um balanço de R\$ 26,9 bilhões movimentados.

Tabela 5 – Leilão de Fontes Alternativas (LFA) 2010



Leilões de Fontes Alternativas 2010 – resultado final:

Fonte	Projetos contratados	Potência instalada (MW)	Energia negociada (MWmédios)	Preço médio (R\$/MWh)
Eólica	70	2.047,8	899	130,86
Biomassa	12	712,9	190,6	144,20
PCH	7	131,5	69,8	141,93
TOTAL	89	2.892,2	1.159,4	133,56

Fonte: EPE - Leilões de Fontes Alternativas, 2010.

O leilão A-3 de 2011 - 12º Leilão de Energia Nova (LEN/2011 – edital 02/2011), ocorrido em agosto de 2011, também garantiu a contratação das fontes alternativas de energia, no âmbito do produto Disponibilidade. O leilão proporcionou a contratação de uma potência instalada total de 2,7 GW (1,69 GWmédios), a partir de um conjunto de 51 empreendimentos, sendo assim distribuídos: eólicos (44 empreendimentos / 1,07 GW / 484,2 MWmédios); biomassa a bagaço de cana (4 empreendimento / 197,8 MW / 91,7 MWmédios); Termelétricas a gás natural (2 empreendimentos / 1,03 GW / 900,9 MWmédios). Não houve vencedor para a fonte PCH.

A licitação teve um preço médio de 102,07 R\$/MWh e representou uma quebra de paradigma, uma vez que pela primeira vez as fontes alternativas se mostraram competitivas frente à fonte hídrica (UHE Jirau), contratada no âmbito do produto Quantidade. O resultado do leilão pode ser observado na Tabela 6:

Tabela 6 – Leilão A-3 2011



Leilão de Energia A-3 / 2011 – resultado final:

Fonte	Projetos contratados	Potência instalada (MW)	Garantia Física (MWmédios)	Preço médio (R\$/MWh)
Eólica	44	1.067,7	484,2	99,58
Biomassa	4	197,8	91,7	102,41
Hídrica	1	450	209,3	102
Gás natur.	2	1.029,1	900,9	103,26
TOTAL	51	2.744,6	1.686,1	102,07

Fonte: EPE - Leilão A-3, 2011.

Paralelamente, um dia após este Leilão A-3 de 2011, foi realizado o 4º Leilão de Energia de Reserva (LER/2011 – edital 03/2011) onde foram contratados 1.218,1 MW em parques eólicos e termelétricas à biomassa (bagaço de cana-de-açúcar e resíduos de madeira). Nessa disputa um total de 41 empreendimentos negociou a venda de energia a um preço médio final de 99,61 R\$/MWh. O resultado do leilão pode ser observado na Tabela 7:

Tabela 7 – Leilão de Reserva (LER) 2011



Leilão de Energia de Reserva / 2011 – resultado final:

Fonte	Projetos contratados	Potência instalada (MW)	Garantia Física (MWmédios)	Preço médio (R\$/MWh)
Eólica	34	861,1	428,8	99,54
Biomassa	7	357	169,5	100,40
TOTAL	41	1.218,1	589,3	99,61

Fonte: EPE - Leilão de Reserva, 2011.

O leilão A-5 de 2011 - 13º Leilão de Energia Nova (LEN/2011 – edital 07/2011), ocorrido em dezembro de 2011, no âmbito do produto disponibilidade, garantiu a contratação de 41 empreendimentos de fontes renováveis de energia (1,08 GW / 521,6 MW médios), dos quais 39 provenientes da fonte eólica (976,5 MW / 478,5 MW médios) e 2 provenientes da fonte biomassa de bagaço de cana (100 MW / 43,1 MW médios), conforme pode ser observado na Tabela 8, a seguir. Os empreendimentos devem entrar em operação comercial até o dia 01/01/2016.

Tabela 8 – Leilão A-5 2011

Fonte	Projetos contratados	Potência instalada (MW)	Garantia Física (MWmédios)	Preço médio (R\$/MWh)
Eólica	39	976,5	478,5	105,12
Biomassa	2	100	43,1	103,06
Hídrica	São Roque	135	90,9	91,20
TOTAL	42	1.211,5	612,5	102,18

Fonte: EPE - Leilão de Energia A-5 / 2011.

O leilão A-5 de 2012 - 15º Leilão de Energia Nova (LEN/2012), ocorrido em dezembro de 2012, no âmbito do produto disponibilidade, garantiu a contratação de 12 empreendimentos de fontes renováveis de energia (574,3 MW / 303,5 MW médios), dos quais 10 provenientes da fonte eólica (281,9 MW / 152,2 MW médios) e 2 provenientes da fonte hidrelétrica (292,4 MW / 151,3 MW médios), conforme pode ser observado na Tabela 9, a seguir. Os empreendimentos devem entrar em operação comercial até o dia 01/01/2017.

Tabela 9 – Leilão A-5 2012

Fonte	Projetos Contratados	Potência instalada (MW)	Garantia Física (Mwmédios)	Preço Médio (R\$/MWh)
Eólica	10	281,9	152,2	87,97
Hídrica	2	292,4	151,3	91,97
TOTAL	12	574,3	303,5	90,00

Fonte:EPE - Leilão de Energia A-5 / 2012.

Por fim o leilão A-5 de 2013 - 16º Leilão de Energia Nova (LEN/2013), ocorrido em agosto de 2013, mas que não contemplou energia eólica, porém no âmbito do produto disponibilidade garantiu a contratação de 19 empreendimentos de fontes renováveis de energia (1,26 GW / 748,7 MW médios), dos quais 8 provenientes da fonte hidrelétrica - PCH (173,48MW / 92,3 MW médios), 2 proveniente da fonte hidrelétrica (445,0 MW / 262,7 MW médios) e 9 provenientes da fonte biomassa de bagaço de cana (647 MW / 393,7 MW médios), conforme pode ser observado na Tabela 10, a seguir. Os empreendimentos devem entrar em operação comercial até o dia 01/01/2018.

Tabela 10 – Leilão A-5 2013

Fonte	Projetos Contratados	Potencia instalada (MW)	Garantia Física (Mwmédios)	Preço Médio (R\$/MWh)
PCH	8	173,48	92,30	126,97
Hídrica	2	445,00	262,70	110,47
Biomassa	9	647,00	393,70	135,06
TOTAL	19	1265,48	748,7	125,31

Fonte: EPE - Leilão de Energia A-5 / 2013.

Paralelamente, cinco dias anterior a este Leilão A-5 de 2013, foi realizado o 5º Leilão de Energia de Reserva (LER/2013) onde foram contratados 1,5 GW em PCHs. Nessa disputa um total de 66 empreendimentos negociou a venda de energia a um preço médio final de 110,68 R\$/MWh. O resultado do leilão pode ser observado na Tabela 11:

Tabela 11 – Leilão de Reserva (LER) 2013

Fonte	Projetos Contratados	Potencia instalada (MW)	Garantia Física (Mwmédios)	Preço Médio (R\$/MWh)
PCH	66	1505,2	700,70	110,68

Fonte: EPE - Leilão de Reserva, 2013.

Assim o PROEÓLICA, o PROINFA e os leilões marcam a evolução da geração eólica no Brasil, evidenciando que o país possui uma política que estimule a geração eólica e demais fontes alternativas.

2.2.3 Evolução dos Custos de Geração Eólica

Os altos custos iniciais da energia eólica, junto com o estágio inicial de desenvolvimento desta tecnologia em relação às tecnologias tradicionais de geração de eletricidade comercialmente disponíveis no mercado, deixaram a energia eólica uma característica de baixa competitividade devido aos altos preços. As barreiras econômicas, aliada as restrições técnicas, levaram à necessidade de incentivos econômicos e regulatórios para o desenvolvimento dessa tecnologia, resultando na definição de políticas de inserção de energia renováveis em diversos países.

Nesse tópico o tema é aberto em uma visão global, mostrando no mundo a evolução dos custos de geração eólica, e posteriormente no Brasil, mostrando os resultados obtidos pelos programas de incentivo a esse tipo de geração de energia elétrica.

2.2.3.1 Uma visão global

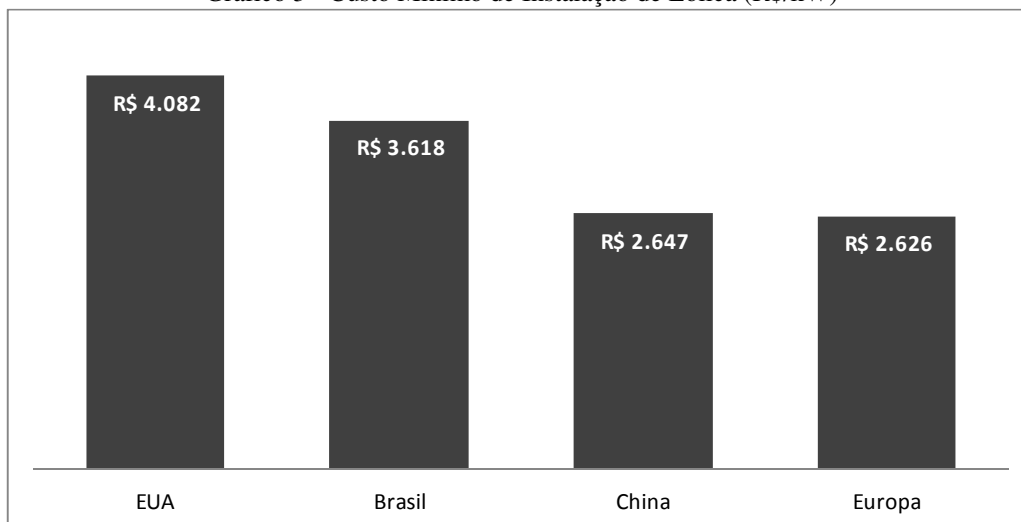
A geração de energia eólica, apenas tornou-se viável, econômica e estrategicamente, durante a crise do petróleo na década de 70. A necessidade de muitos países para encontrar uma alternativa aos combustíveis fósseis, impulsionou grandes esforços para a evolução dos sistemas já existentes, reduzindo o custo e aumentando a faixa de operação (TOLMASQUIM, 2008).

Em 1997 foi assinado por 59 países desenvolvidos o Protocolo de Kyoto, onde se estabeleceu metas de redução em média de 5,2% da emissão de CO₂ em relação aos níveis de 1990, até 2012 (UNFCCC, 1997). Sendo assim, a substituição de fontes de energia não renováveis por fontes de energia limpa, que antes era uma opção, tornou-se uma obrigação principalmente para os países industrializados.

Nesse contexto, os principais países desenvolvidos passaram a implantar políticas de desenvolvimento de tecnologia para geração de energia renovável. Os altos custos iniciais da energia eólica, junto com o estágio inicial de desenvolvimento desta tecnologia em relação às tecnologias tradicionais de geração de eletricidade, comercialmente disponíveis no mercado, deixaram à energia eólica uma característica de baixa competitividade devido aos altos preços. Assim, as barreiras econômicas, aliadas as restrições técnicas, levaram à necessidade de incentivos econômicos e regulatórios para o desenvolvimento dessa tecnologia, resultando na definição de políticas de inserção de energias renováveis em diversos países. Assim enquanto as tecnologias renováveis se encontrarem em um estágio de pequeno desenvolvimento, com custo elevado e pequena participação no mercado, é necessário que se tenha um aparato legal, regulatório e institucional sólido, de forma a reduzir os riscos para os financiadores (ALVES, 2009).

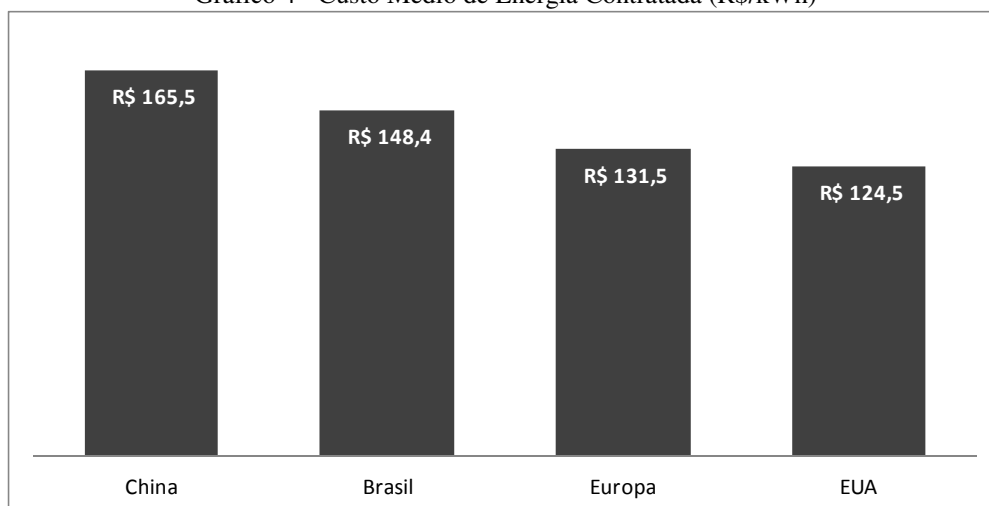
Os custos associados à instalação de aproveitamentos eólicos dependem fundamentalmente dos custos de instalação e do tipo de tecnologia usada, sendo, por isso, as variáveis de decisão em função das fundações, acessos, transporte, ligação à rede, número de turbinas, altura do rotor, tipo de gerador e sistema de controle (CASTRO, 2009). Sendo assim, de acordo com EWEA (2009) os valores registrados pelo custo de instalação de usina eólica nos maiores produtores do mundo variam. Os Estados Unidos, por exemplo, tem apresentado atualmente o maior custo por KW. No entanto, observa-se quase que uma inversão quando se compara com os valores médio de energia (KWh) contratados.

Gráfico 3 - Custo Mínimo de Instalação de Eólica (R\$/kW)



Fonte: EWEA, 2009

Gráfico 4 - Custo Médio de Energia Contratada (R\$/kWh)



Fonte: EWEA, 2009

Essa característica é influenciada diretamente pela política governamental, especificamente quanto aos níveis de subsídios empregados por cada país, bem como os seus custos de O&M.

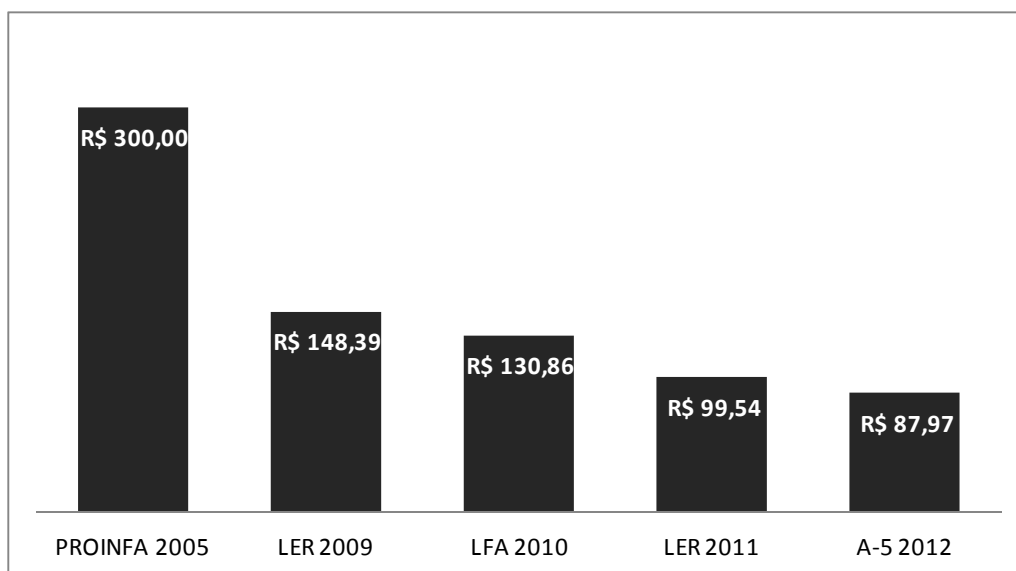
2.2.3.2 Custo da Energia Eólica no Brasil

Através da política implantada com o PROINFA, as primeiras usinas eólicas instaladas a partir de 2005 apresentavam maior custo por unidade de energia produzida (R\$/MWh) comparada com as Pequenas Centrais Hidroelétricas e biomassas/bagaço. Essas

primeiras usinas, com valores atuais (referenciados a 2012) atingiam patamares superiores a 300,00 R\$/MWh. Já no período 2009/2012, em função da evolução tecnológica, torres mais altas, de 50 e até mais de 100 metros, elevação da capacidade unitária dos geradores e economias de escala, os custos reduziram-se significativamente como mostra o Gráfico 5.

Os investimentos em energia eólica tendem a se desenvolver de forma sustentável nos próximos anos, devendo ser a fonte de maior evolução na participação da matriz de energia elétrica nacional.

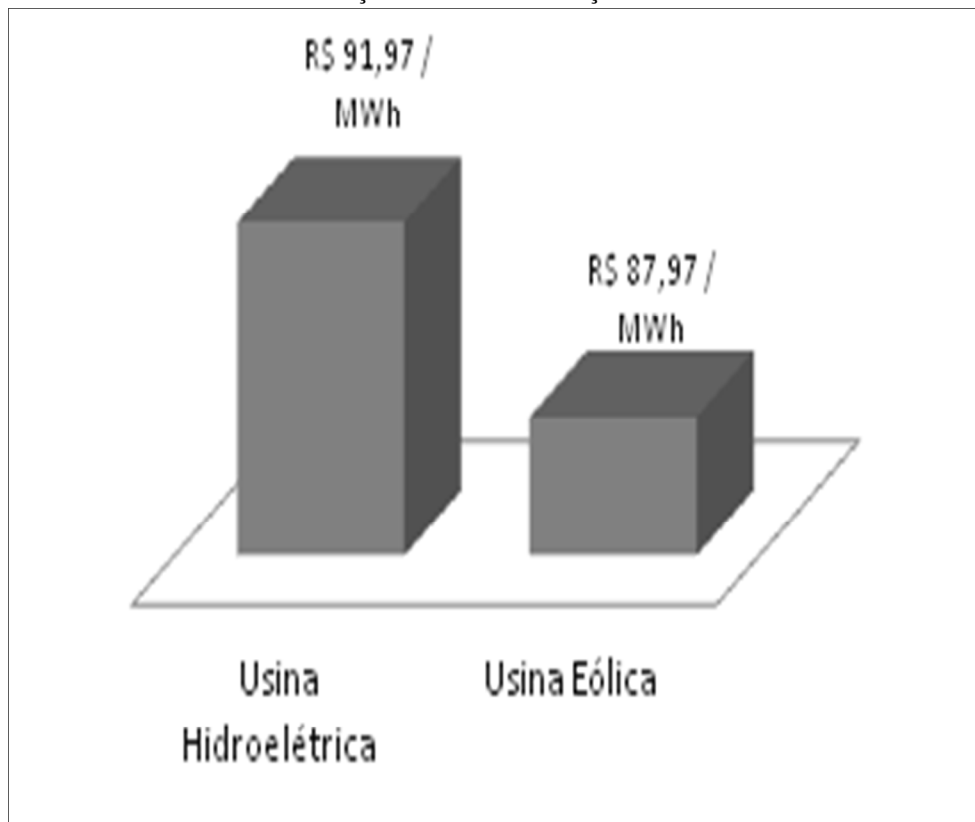
Gráfico 5 – Custo Médio de Energia Contratados em Leilões de Reserva (R\$)



Fonte: EPE – Empresa de Pesquisa Energética

Nos últimos leilões, conforme se observa no gráfico 5 acima, a energia eólica apresentou custo no patamar inferior a R\$ 90,00/MWh. De acordo com Leilão A-5 realizado em 2012 para os novos empreendimentos de geração de energia, pela primeira vez na história do Brasil, o preço da energia proveniente de fonte eólica ficou abaixo da fonte hidroelétrica, conforme podemos observar no gráfico 6.

Gráfico 6 – Preço Médio de Contratação de Leilão A-5 / 2012

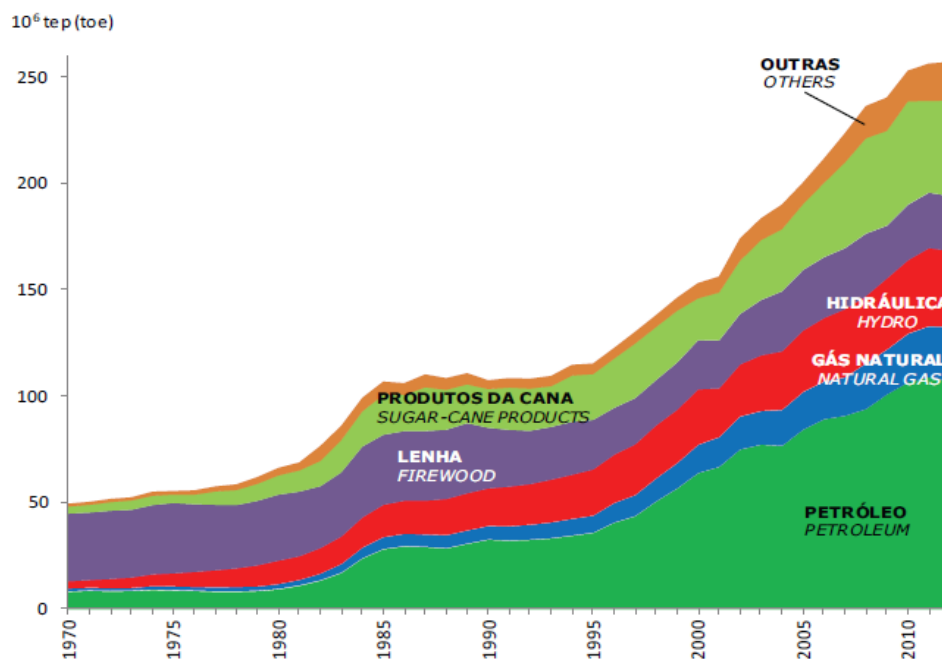


Fonte: EPE – Empresa de Pesquisa Energética

2.2.4 Evolução da matriz energética e geração elétrica no Brasil

Segundo os dados divulgados pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, no último Balanço Energético Nacional – BEN 2012, a produção de energia primária no Brasil ainda é principalmente provinda de fontes não renováveis (54%), quase totalmente em função do petróleo e do gás natural, enquanto as fontes renováveis de energia representam aproximadamente 46% desta produção de energia primária, assim divididos: produtos da cana de açúcar (17,5%), energia hidráulica (13,9%), lenha (10%) e outras renováveis (4,6%). O Gráfico 7 apresenta a evolução da produção de energia primária no Brasil desde o ano de 1970 até 2012.

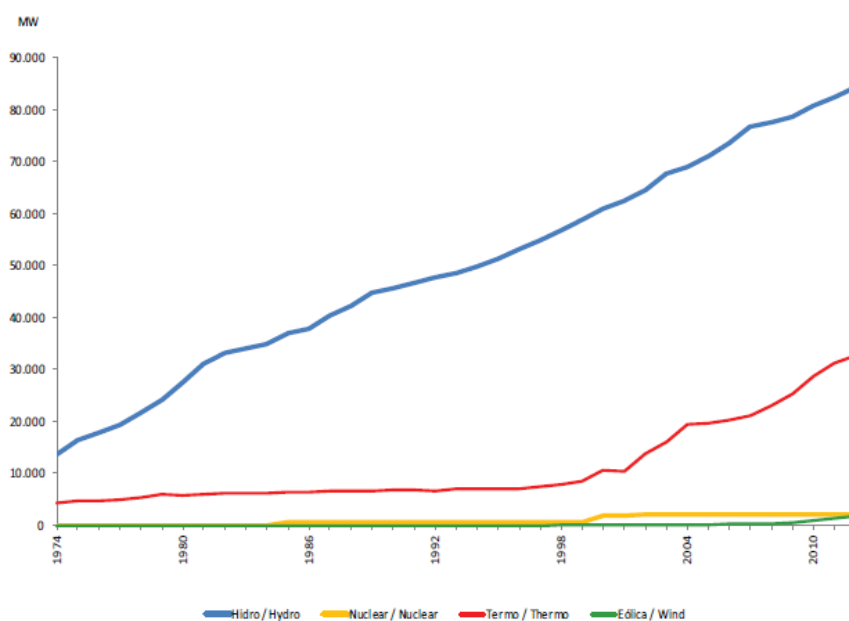
Gráfico 7 – Produção de Energia Primária no Brasil (1970 – 2012)



Fonte: Balanço Energético Nacional – BEN 2013 (EPE).

Em relação à capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil, destaca-se sempre a presença marcante da fonte hidráulica, assim como, principalmente a partir do ano de 1999, um crescimento das termoeletricas no parque supridor, conforme ilustrado no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Capacidade instalada de geração elétrica por fonte no Brasil (1974 – 2012)



Fonte: Balanço Energético Nacional – BEN 2013 (EPE).

No mesmo gráfico também é possível a observação do início do crescimento da fonte eólica no país, como resultado dos temas até aqui tratados, porém bem inferior ao potencial disponível e muito baixo quando comparado as fontes térmicas e hídricas.

2.2.5 Situação atual do Brasil

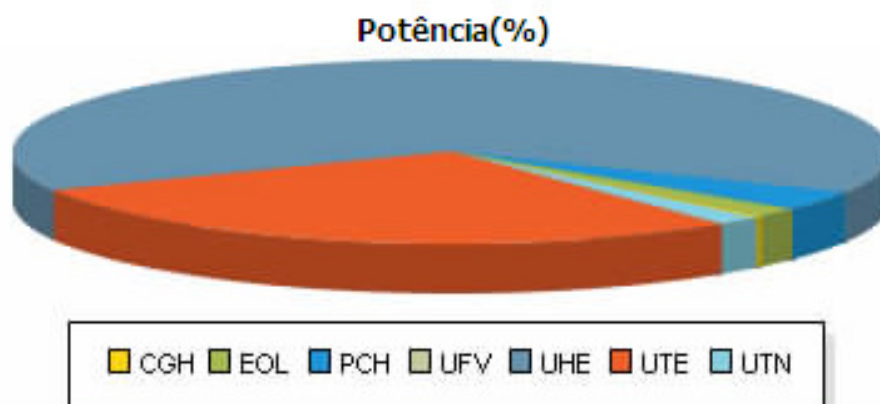
De acordo com os dados do Banco de Informação de Geração, divulgado pela ANEEL em 19/11/2013, o Brasil possuía, nesta data, um total de 2.996 empreendimentos de geração elétrica em operação comercial, totalizando 125.774.993 kW de potência instalada. Desses 104 empreendimentos (2,16 GW / 1,7%) são provenientes da fonte eólica, conforme pode ser observado na Tabela 12 e no Gráfico 9.

Tabela 12 – Empreendimentos em Operação no Brasil

Empreendimentos em Operação				
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	430	261.579	262.785	0,21
EOL	104	2.166.168	2.140.372	1,7
PCH	462	4.634.368	4.595.348	3,65
UFV	37	6.789	2.789	0
UHE	194	86.713.255	80.797.124	64,24
UTE	1.767	37.796.775	35.986.575	28,61
UTN	2	1.990.000	1.990.000	1,58
Total	2.996	133.568.934	125.774.993	100

Fonte: Banco de Informação Gerencial – BIG (ANEEL), 19/11/2013.

Gráfico 9 – Empreendimentos em Operação no Brasil



Fonte: Banco de Informação Gerencial – BIG (ANEEL), 19/11/2013.

Os valores de porcentagem na Tabela 12 são referentes à Potência Fiscalizada. A Potência Outorgada é igual à considerada no Ato de Outorga. Já a Potência Fiscalizada é igual à considerada a partir da operação comercial da primeira unidade geradora.

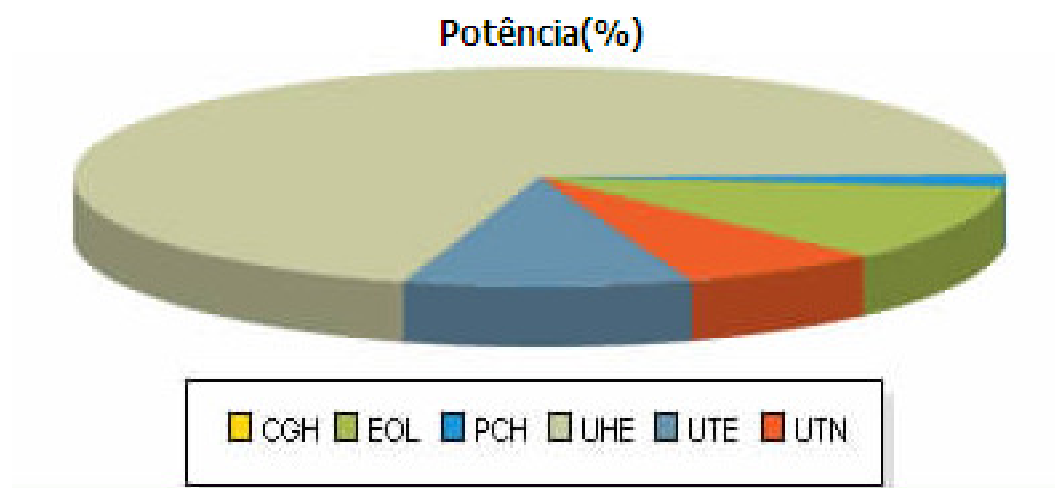
Em relação aos empreendimentos atualmente em construção no país, observa-se, na Tabela 13 e no Gráfico 10, que grande parte da expansão ainda está concentrada nas usinas hidrelétricas, embora a participação da fonte eólica, esteja em segundo lugar, sua participação relativa em relação à quantidade de empreendimentos é significativamente superior à quantidade das demais fontes. Neste sentido, destaca-se a construção referente à uma potência outorgada de aproximadamente 2,3 GW (11,52% do total em construção).

Tabela 13 – Empreendimentos em Construção no Brasil

Empreendimentos em Construção			
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
CGH	1	848	0
EOL	92	2.316.066	11,52
PCH	32	338.961	1,69
UHE	7	14.060.800	69,95
UTE	19	2.034.020	10,12
UTN	1	1.350.000	6,72
Total	152	20.100.695	100

Fonte: Banco de Informação Gerencial – BIG (ANEEL), 19/11/2013.

Gráfico 10 – Empreendimentos em Construção no Brasil



Fonte: Banco de Informação Gerencial – BIG (ANEEL), 19/11/2013.

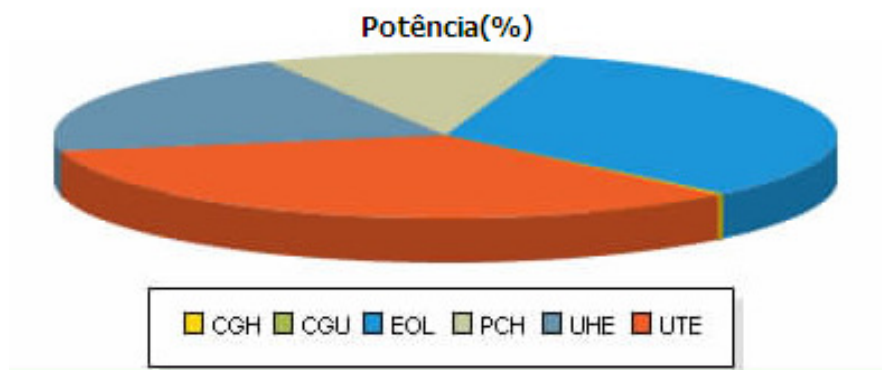
Por fim, em relação aos empreendimentos outorgados no Brasil entre os anos de 1998 e 2013, que ainda não iniciaram a fase de construção, percebe-se uma grande concentração nas térmicas e uma expressiva participação da fonte eólica, enquanto a fonte hídrica apresenta uma participação relativa significativamente inferior à participação relativa desta fonte em relação aos empreendimentos, atualmente, em operação comercial ou em fase de construção. Destaca-se a fonte eólica, com 203 empreendimentos outorgados, que correspondem a uma potência de aproximadamente 5,45 GW (33,12%), conforme é possível observar na Tabela 14 e no Gráfico 11.

Tabela 14 – Empreendimentos Outorgados no Brasil

Empreendimentos Outorgados entre 1998 e 2013 (não iniciaram sua construção)			
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
CGH	53	34.351	0,21
CGU	1	50	0
EOL	203	5.455.725	33,12
PCH	142	1.966.016	11,93
UHE	16	3.368.442	20,45
UTE	131	5.649.003	34,29
Total	546	16.473.587	100

Fonte: Banco de Informação Gerencial – BIG (ANEEL), 19/11/2013.

Gráfico 11 – Empreendimentos Outorgados no Brasil



Fonte: Banco de Informação Gerencial – BIG (ANEEL), 19/11/2013.

O potencial hidrelétrico do Brasil é de 260 gigawatts (GW), é o quarto do mundo, atrás da China, Rússia e Estados Unidos. Aqui, os estudos de planejamento consideram como aproveitável até o ano 2030, o patamar de até 180 GW (ANEEL, 2013).

O potencial restante, por razões ambientais e a legislação atual, apresentam dificuldades para o seu aproveitamento, pois se encontram localizados em terras indígenas, parques nacionais, reservas florestais e de preservação ambiental, ou seja, em locais onde não é

permitido desenvolver estudos de inventário e viabilidade das bacias hidrográficas e usinas hidrelétricas.

As restrições para a expansão da energia hidroelétrica, baseada no cenário atual, apontam para a necessidade de ampliação e aproveitamento das demais fontes de energia para garantir o crescimento de consumo para os próximos anos. Nesse cenário, observa-se que o Brasil apresenta atualmente uma geração de energia eólica muito pequena quando comparada a toda energia gerada.

Segundo o Relatório de Informações Gerenciais (ANEEL, 2013) dos 278 parques eólicos contratados, apenas 90 se encontram em operação. Segundo a Abeeólica (2013), 622MW que fazem parte da segunda fase estão fora de operação, sem linhas de transmissão, em dois parques localizados no Rio Grande do Norte e dois na Bahia.

De acordo com relatório de acompanhamento das centrais geradoras eólicas da ANEEL, divulgado em 15/05/2013, o Brasil tem a previsão de entrada em operação para os próximos anos de aproximadamente 7.85 GW. A situação atual dessas usinas é apresentada na tabela 15, mostrando que 68% das usinas se encontram com cronograma de execução atrasado.

Tabela 15 – Situação atual das usinas eólicas

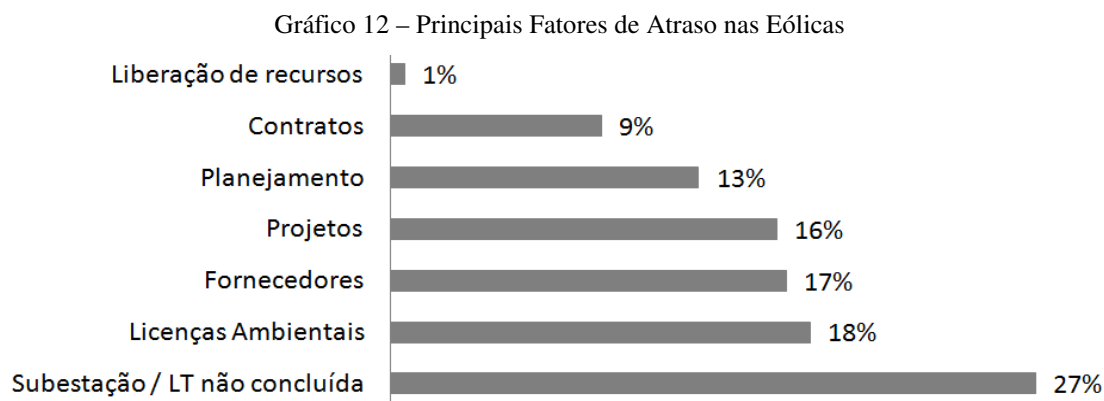
SITUAÇÃO	Nº DE USINAS	POTÊNCIA (GW)	%
Não Iniciada	80	2,153	30%
Atrasada	108	3,307	38%
Normal	81	2,140	29%
Adiantada	9	0,25	3%
Total	278	7,85	100%

Fonte: Elaborada pelo autor a partir do Relatório de Informações Gerenciais da ANEEL

Outro ponto observado é que com a entrega de parques eólicos concluídos no prazo, as empresas investidoras recebem do governo federal o que está previsto nos contratos que oneram a política tarifária para todo o setor elétrico.

Diante da complexidade do processo de construção das usinas eólicas, observam-se a existência de vários fatores que interferem desde o início do processo até a data de

entrada em operação. A ANEEL através de seu relatório de acompanhamento das centrais eólica, divulgado em 2013, apresenta as principais causas que têm impactado e, conseqüentemente, atrasado a entrada em operação desses empreendimentos. O Gráfico 12 mostra os principais fatores e suas contribuições para os atrasos nas usinas eólicas em relação a potência instalada (MW).



Fonte: Relatório de Informações Gerenciais da ANEEL

Os dois principais ofensores: atrasos em Subestações/LT e obtenção das Licenças Ambientais representam problemas de responsabilidade diretamente dos governos federal e estadual, por apresentarem burocracia no processo de licenciamento ambiental dos novos investimentos, bem como nos processos licitatórios de contratação para as construções das Subestações e Linhas de Transmissão que são necessárias para o escoamento da energia gerada nos parques eólicos.

No modelo de contratação dos leilões, a construção dessas linhas para o escoamento não foi de responsabilidade das empresas que constroem e mantêm os parques eólicos, sendo este um dos principais problemas do setor. Por exemplo, em três estados brasileiros, Ceará, Bahia e Rio Grande do Norte, 26 empreendimentos estão concluídos, prontos para produzir energia, mas ela não é distribuída por falta de linhas de transmissão (ANEEL, 2012).

Os prazos para construção das linhas de transmissão devem ser sincronizados com a construção dos parques. Os contratos devem prever multas e firmados com compromisso e responsabilidade, de tal forma que seja viável a execução do empreendimento alinhado, com a construção dos parques.

De fato, o futuro do desenvolvimento da energia eólica, em larga escala, depende da superação dos obstáculos específicos do Estado para transmissão de energia, e requer uma integração simultânea das necessidades sociais e políticas exercidas em conjunto com o desenvolvimento de tecnologia eólica (FISHCHLEIN, 2013).

Outro grande desafio para a geração de energia eólica é motivado pelo fato do maior potencial eólico do país encontrar-se em áreas de preservação permanente e áreas consideradas como patrimônio nacional, submetidas a regimes especiais de proteção.

Verifica-se que o Código Florestal e Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA confere viabilidade legal à implantação de usinas eólicas nestas áreas de proteção ambiental apenas em casos excepcionais, devendo ser comprovada a inexistência de outra localização e caracterização do empreendimento como de utilidade pública. Entretanto, apesar de vasta previsão legal sobre competência dos órgãos licenciadores, o tipo de estudo de impacto ambiental exigido, na implantação de obras de infraestrutura, tem gerado impasses judiciais e administrativos (AMARAL, 2011).

Quanto ao atraso de fornecedores, a ANEEL inclui: problemas de logística de transporte, oferta menor que a demanda e restrições para importação, dificuldade de liberação ambiental para abertura de estradas nos locais de alto potencial eólico e falta do domínio da tecnologia.

Esta combinação de fatores faz o Brasil possuir uma baixa taxa de aproveitamento de seu potencial eólico, quando comparados com os maiores produtores do mundo, conforme mostrado na tabela 16.

A capacidade do setor de energia eólica chinesa aumentou rapidamente durante a última meia década, praticamente dobrando a cada ano desde 2005. Três questões se destacam: políticas de preços, capacidade de transmissão, bem como a estrutura da indústria de fabricação de equipamentos (LIU, 2010).

Tabela 16 – Níveis de Aproveitamento do Potencial Eólico

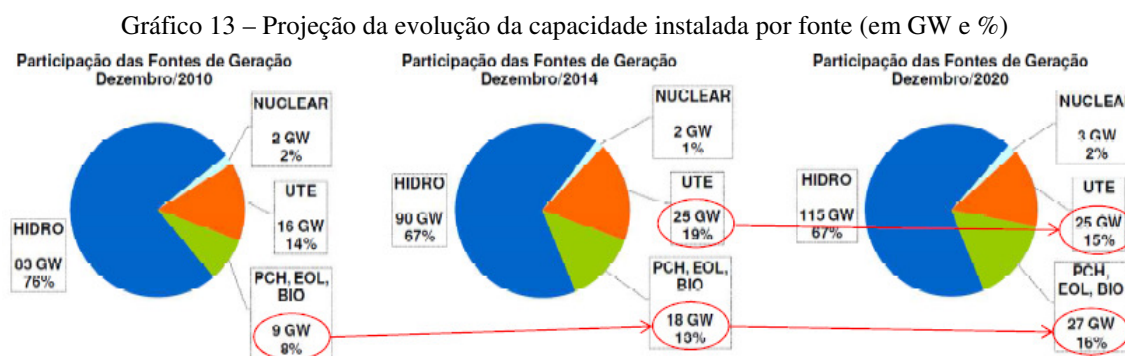
Países	Potencial Eólico Disponível (GW)	Potência Eólica Instalada - 2012(GW)	%
EUA	1.000	60	6,00%
China	750	75,5	10,08%
Alemanha	75	31,3	41,78%
Espanha	65	22,8	35,02%
Índia	45	18,4	40,94%
Brasil	143	2,11	1,47%

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados disponíveis em thewindpower(2013) e CNI(2008).

Verifica-se que existe um cenário técnico e econômico favorável para o crescimento da energia eólica no país, mas ajustes nas políticas de contratação e formas de gestão do governo, nas áreas energética, ambiental e P&D, para que as energias renováveis possam assumir um papel representativo e de segurança em sua matriz elétrica.

2.2.6 Projeções de evolução da energia eólica no país

A evolução da capacidade instalada para diferentes fontes de geração até o ano de 2020 é apresentada na Tabela 17 e no Gráfico 13, que possuem os dados divulgados no último Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE 2020, elaborado pela EPE.



Fonte: Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2020 - EPE

Tabela 17 – Projeção da evolução da capacidade instalada por fonte (em MW e %)

FONTE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
HIDRO ^(a)	82.939	84.736	86.741	88.966	89.856	94.053	98.946	104.415	109.412	111.624	115.123
URÂNIO	2.007	2.007	2.007	2.007	2.007	2.007	3.412	3.412	3.412	3.412	3.412
GÁS NATURAL	9.180	9.384	10.184	11.309	11.309	11.659	11.659	11.659	11.659	11.659	11.659
CARVÃO	1.765	2.485	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205	3.205
ÓLEO COMBUSTÍVEL	2.371	3.744	5.172	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790	8.790
ÓLEO DIESEL	1.497	1.497	1.471	1.471	1.471	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121
GÁS DE PROCESSO	686	686	686	686	686	686	686	686	686	686	686
PCH	3.806	4.201	4.230	4.376	4.633	4.957	5.187	5.457	5.737	6.047	6.447
BIOMASSA	4.496	5.444	6.272	6.681	7.053	7.353	7.653	8.003	8.333	8.703	9.163
EÓLICA	831	1.283	3.224	5.272	6.172	7.022	7.782	8.682	9.532	10.532	11.532
TOTAL^(b)	109.578	115.467	123.192	132.763	135.182	140.853	148.441	155.430	161.887	165.779	171.138

FONTE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
HIDRO ^(a)	75,7%	73,4%	70,4%	67,0%	66,5%	66,8%	66,7%	67,2%	67,6%	67,3%	67,3%
URÂNIO	1,8%	1,7%	1,6%	1,5%	1,5%	1,4%	2,3%	2,2%	2,1%	2,1%	2,0%
GÁS NATURAL	8,4%	8,1%	8,3%	8,5%	8,4%	8,3%	7,9%	7,5%	7,2%	7,0%	6,8%
CARVÃO	1,6%	2,2%	2,6%	2,4%	2,4%	2,3%	2,2%	2,1%	2,0%	1,9%	1,9%
ÓLEO COMBUSTÍVEL	2,2%	3,2%	4,2%	6,6%	6,5%	6,2%	5,9%	5,7%	5,4%	5,3%	5,1%
ÓLEO DIESEL	1,4%	1,3%	1,2%	1,1%	1,1%	0,8%	0,8%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%
GÁS DE PROCESSO	0,6%	0,6%	0,6%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%
PCH	3,5%	3,6%	3,4%	3,3%	3,4%	3,5%	3,5%	3,5%	3,5%	3,6%	3,8%
BIOMASSA	4,1%	4,7%	5,1%	5,0%	5,2%	5,2%	5,2%	5,1%	5,1%	5,2%	5,4%
EÓLICA	0,8%	1,1%	2,6%	4,0%	4,6%	5,0%	5,2%	5,6%	5,9%	6,4%	6,7%
TOTAL^(b)	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2020 - EPE

Observa-se que a fonte hídrica continuará sendo, embora um pouco menos representativa, a grande fonte geradora de energia elétrica na matriz de geração brasileira até o ano de 2020. Convém também observar, por meio do Gráfico 13, o enorme crescimento das fontes eólicas, PCH e biomassa, que, em conjunto, representavam aproximadamente 8% (9 GW) da matriz de geração elétrica em 2010, ante a uma revisão de alcançaram aproximadamente 16% (27 GW) desta matriz em 2020.

Destaca-se o crescimento da fonte eólica, que em 2010 representou menos de 1% desta matriz, com projeção de alcançar 6,7% em 2020. Ressalta-se ainda a estagnação no crescimento em capacidade instalada, provinda das unidades termelétricas a partir de 2014 em 25 GW. Neste sentido, destaca-se o fato da EPE considerar em suas projeções do PDE 2020, a partir de 2014 até 2020, a estagnação do crescimento da fonte térmica em termos de capacidade instalada, uma vez que o Brasil vem desenvolvendo diversos projetos, em especial na região da camada pré-sal, que contribuirão no sentido de aumentar, consideravelmente, a oferta de gás natural no país nos próximos anos.

2.2.7 Geração Distribuída

Segundo o Art. 14 do Decreto n° 5163, de 30 de julho de 2004 da Presidência da República do Brasil, disponível em seu site, a geração distribuída caracteriza-se no país como a energia gerada próxima à carga, conectada diretamente ao sistema elétrico de distribuição e oriunda de qualquer fonte de energia, excluindo-se empreendimentos hidrelétricos com capacidade instalada superior a 30 MW e usinas termelétricas (incluindo cogeração) com eficiência energética inferior a 75%.

Em relação à geração distribuída de pequeno porte (até 1 MW), o País passou a adotar, em 17 de abril de 2012, a Resolução Normativa n° 482, que estabelece as condições gerais para o acesso a micro e minigeração distribuída nas redes de distribuição, bem como institui a política pública do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (ANEEL, 2012). O conceito de microgeração distribuída é aplicável a unidades geradoras com potência nominal inferior ou igual a 100 kW. Por outro lado, a minigeração distribuída é aplicável a geradores com potência entre 100 kW e 1 MW. Em ambos os conceitos, a fonte de energia deve ser de origem hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da Aneel, e a conexão na rede de distribuição deve ocorrer a partir das instalações de unidades consumidoras.

Conforme a Resolução n° 482 da ANEEL, tanto na micro quanto na minigeração distribuída, o consumidor não é mais tratado somente como consumidor, mas, como consumidor-gerador, uma vez que produz sua própria energia, suprimindo parcialmente ou totalmente suas necessidades, e, no caso de geração excedente, pode gerar créditos de energia através do Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

Quanto aos pontos positivos da geração distribuída de pequeno porte, conforme Nota Crítica n° 0025/2011 da ANEEL, destacam-se:

- A implantação rápida dos sistemas;
- Menores perdas, visto que a energia é gerada próxima ao consumo, não necessitando ser transmitida a longas distâncias;
- Menor impacto ambiental;
- Diversificação da matriz elétrica;

- Melhoria dos níveis de tensão no período de pico;
- E postergação no investimento de expansão dos sistemas de distribuição.

Segunda a mesma fonte quanto aos pontos negativos, ressaltam-se:

- O aumento da complexidade na operação das linhas;
- A adoção de novos procedimentos para operar, controlar e proteger as redes de distribuição; a alteração do nível de curto-circuito;
- Maior distorção harmônica na rede; intermitência de geração, principalmente no que se refere à geração eólica e solar devido à característica flutuante e intermitente de suas fontes de geração;
- Dificuldade em operar os níveis de tensão em carga leve;
- Alto custo de investimento com elevado tempo de retorno.

No entanto, cabe salientar o apelo mundial quanto à utilização da GD, principalmente por questões socioambientais.

Os desafios brasileiros para promover o uso, em larga escala, da geração distribuída de pequeno porte na rede elétrica, concentram-se na pouca experiência em projetos desse nível, pela baixa disponibilidade de produtos nacionais, mão de obra qualificada e de maiores incentivos governamentais, assim como nos aspectos técnicos relacionados ao planejamento e operação das linhas de distribuição (LEÃO, 2011 e RUTHER, 2011)

Segundo os mesmos autores, a atual experiência brasileira em projetos de conexão e uso de sistemas de geração de pequeno porte, limita-se a poucos experimentos conduzidos por universidades e companhias elétricas — em sua grande maioria destinada a fins de pesquisa e desenvolvimento. Esta reduzida experiência também é reflexo da falta de legislação específica sobre o assunto (inexistente até 2012) e de políticas públicas de incentivo ao uso da geração distribuída de pequeno porte.

Em relação aos incentivos governamentais, observa-se que o Sistema de Compensação de Energia Elétrica não é o melhor mecanismo de incentivo a sistemas de geração de pequeno porte, principalmente por não haver transação monetária, mas somente a

criação de créditos de energia, que expiram em um determinado período, caso não sejam utilizados pela unidade consumidora geradora. Assim, o retorno financeiro para o consumidor-gerador normalmente é de longo prazo (LEÃO, 2011).

Por fim, quanto às questões técnicas, as linhas de distribuição no Brasil ainda não estão preparadas para o fluxo bidirecional de energia. Com a possível introdução de unidades geradoras em larga escala ao longo das linhas de distribuição, a rede perde sua natureza radial e, portanto, os sistemas de proteção devem atuar em ambas as direções. Os níveis de tensão e curto-circuito, assim como a frequência da rede, alteram-se e são influenciados pela natureza estocástica da carga e pela natureza flutuante e intermitente da geração distribuída renovável, como a eólica e solar. Distorções harmônicas também aumentam na rede, principalmente devido à utilização de conversores, tipicamente utilizados neste tipo de energia. Estes são alguns desafios técnicos que aumentam a complexidade das redes de distribuição e que necessitam ser mapeados e estudados (ACKERMANN, 2002; LEÃO, 2011).

2.3 Tecnologia e Fabricantes

De acordo com Ferreira (2008), a corrida da tecnologia para geração eólica comercial tem sua pedra fundamental com o desenvolvimento do aerogerador Gedser, de 200 kW de potência e com 24m de diâmetro que foi instalado na ilha de Gedser, na Dinamarca, no ano de 1956, e operou por onze anos com um fator de capacidade de 20%.

A moderna tecnologia do aerogerador, segundo Melo (2012), tem como objetivo maximizar o aproveitamento do vento para geração de eletricidade, respeitando os seguintes aspectos:

- Locais com muito ou pouco vento;
- Conexão aos sistemas elétricos locais;
- Desempenho acústico;
- Desempenho aerodinâmico;
- Situações climáticas extremas;

- Integração com o meio ambiente;
- Impacto visual.

A curva de aprendizagem da tecnologia de geração eólica vem demonstrando resultados expressivos nas últimas décadas. Segundo DEWI (2006), a evolução da potência dos aerogeradores teve significativos saltos neste período. Maior potência está diretamente relacionado ao tamanho da torre e diâmetro dos rotores. A tabela 18 mostra a evolução da potência dos aerogeradores, bem como o diâmetro dos rotores.

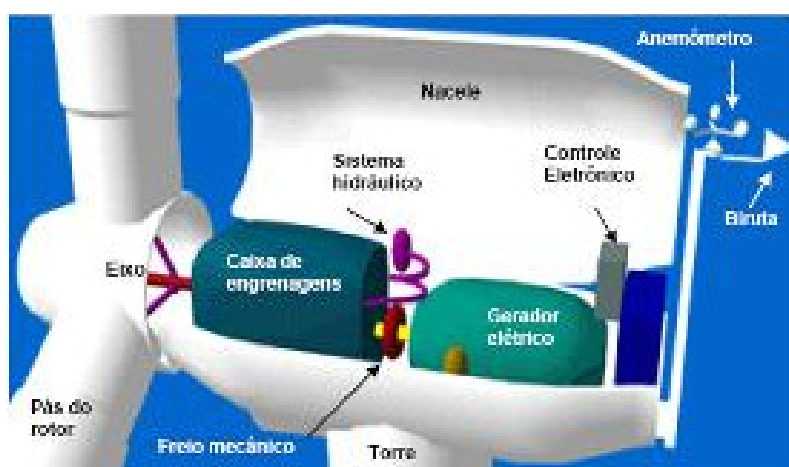
Tabela 18 – Evolução da potência e do diâmetro dos rotores dos aerogeradores comerciais

Ano	Potência (kW)	Diâmetros das hélices
1980	50	15
1985	100	20
1989	300	30
1990	500	40
1995	600	50
1998	1500	70
2000	2000	80
2002	4500	112
2003	5000	124

Fonte: DEWI, 2006

De acordo com o Centro de Energia Eólica da PUC-RS, a turbina eólica para geração de energia elétrica é composta pelos seguintes subconjuntos, conforme mostra da Figura 4:

Figura 4 – Principais componentes de um aerogerador



Fonte: Centro de Energia Eólica – PUCRS

- **Torre** - é o elemento que sustenta o rotor e a nacela na altura adequada ao funcionamento da turbina eólica (esse item estrutural de grande porte é de elevada contribuição no custo inicial do sistema).
- **Rotor** - é o componente que efetua a transformação da energia cinética dos ventos em energia mecânica de rotação. No rotor são fixadas as pás da turbina. Todo o conjunto é conectado a um eixo que transmite a rotação das pás para o gerador, muitas vezes, através de uma caixa multiplicadora.
- **Nacela** - é o compartimento instalado no alto da torre e que abriga todo o mecanismo do gerador, o qual pode incluir: caixa multiplicadora, freios, embreagem, mancais, controle eletrônico, sistema hidráulico.
- **Caixa de multiplicação (transmissão – caixa de engrenagens)** – é o mecanismo que transmite a energia mecânica do eixo do rotor ao eixo do gerador. Aumenta a velocidade do eixo entre o cubo do rotor e o gerador. Cabe mencionar que a velocidade de rotação de um rotor de grande porte é muito baixa (aproximadamente 10-30 rpm) se comparada à velocidade de rotação nominal de geradores elétricos convencionais (usualmente entre 1.200 rpm a 1.800 rpm). Este componente é dispensado no caso de geradores multipólos.
- **Gerador** – é o componente que tem função de converter a energia mecânica do eixo em energia elétrica.
- **Mecanismos de controle** – as turbinas eólicas são projetadas para fornecerem potência nominal de acordo com a velocidade do vento prevalecente, ou seja, a velocidade média nominal que ocorre com mais frequência durante um determinado período.
- **Anemômetro** - Mede a intensidade e a velocidade dos ventos, normalmente, de 10 em 10 minutos.
- **Pás do rotor** – São os aerofólios que capturam a energia do vento e a convertem em energia rotacional no eixo. Normalmente são fabricadas a partir de compostos sintéticos, tais quais plásticos reforçados com fibras de vidro. Também podem ser fabricadas com fibras de carbono, com custos mais elevados, porém com melhores características mecânicas. Captam o vento e convertem sua potência ao centro do rotor.
- **Biruta (sensor de direção)** – São elas que captam a direção do vento, pois ele deve estar perpendicular à torre para se obter um maior rendimento.

A evolução da capacidade instalada em geração elétrica no Brasil provinda da fonte eólica tem impulsionado a cadeia de fornecimento voltado para o setor eólico no país. Neste sentido, grande parte dos principais fabricantes de aerogeradores está com fábricas operando ou planejadas no Brasil. Paralelamente, diversos são os demais fornecedores da cadeia, dentre os quais se destacam os fornecedores de pás e torres eólicas.

Em relação aos fabricantes de aerogeradores, item mais representativo nos investimentos de um parque eólico, cerca de 70% dos investimentos totais, convém destacar que provêm das seguintes empresas: Alstom, Gamesa, GE, Siemens, Impsa, Vestas, WEG e Wobben, que atualmente têm os seus equipamentos cadastrados na FINAME (financiamento por intermédio de instituições financeiras credenciadas), para produção e aquisição de máquinas e equipamentos novos, de fabricação nacional, credenciados no BNDES (MELO, 2012). Cabe ressaltar que apenas fornecedores cadastrados na FINAME são passíveis de financiamento no âmbito da linha de Infraestrutura/Energias Alternativas do BNDES.

Atualmente uma nova cadeia de fornecedores de equipamentos, peças e matérias-primas para a indústria eólica, está se desenvolvendo no Brasil desde que o BNDES passou a ser mais exigente com os empreendedores. Por exemplo, para financiar a construção dos parques eólicos, o banco começou a exigir que cada uma das quatro partes dos aerogeradores – torre, pás, nacelle (compartimento que fica no alto da torre) e hub (peça que conecta as três hélices) – tenham, no mínimo, 70% de conteúdo nacional.

Até abril de 2013, o Banco exigia que toda a usina fosse feita com 60% de conteúdo nacional. Os fabricantes podiam, por exemplo, importar os equipamentos da nacelle, incluindo a caixa multiplicadora, o gerador elétrico e o conversor de potência. Mas, com as novas regras, dois desses três mecanismos terão que ser fabricados no Brasil.

Os fabricantes de pás também necessitarão trocar a resina e a fibra de vidro importadas por insumos produzidos no país, enquanto as torres utilizarão 70% de aço brasileiro, e não mais 60%. No caso dos hubs (que conectam as pás), três das quatro partes do equipamento precisarão ser produzidas localmente.

De acordo com Claudia Facchini, no Jornal Valor Econômico de 24/10/2013, essas medidas provocaram diferentes reações para os fabricantes instalados no Brasil. A GE, por meio de Sérgio de Souza, diretor de vendas na América Latina, elogiou o plano do BNDES e afirmou que a sua empresa, já está negociando com fornecedores locais para cumprir as novas exigências. Segundo ele, as novas regras de nacionalização serão implementadas de forma progressiva até 2016 e não vão interromper a oferta de aerogeradores.

Já a empresa dinamarquesa LM Wind Power que recentemente inaugurou sua primeira fábrica de pás eólicas no Brasil, situada em Pernambuco, afirma que o Brasil já possui grandes fabricantes de pás eólicas, como a Tecsis, de Sorocaba (SP), uma das maiores do mundo, e a Aeris Energy, além dos demais itens do aerogerador, facilitando o atendimento das novas regras da FINAME.

Por outro lado, dificilmente todos os equipamentos importados poderão ser substituídos por itens nacionais, afirma Sérgio Souza da GE (2013). Segundo ele, mesmo com o aumento acelerado no número de parques eólicos que devem agregar em média 2 mil MW de capacidade instalada por ano, o mercado brasileiro não é grande, o suficiente, para justificar a instalação de uma fábrica de alguns itens.

Neste contexto, conforme mesma edição do Jornal Valor Econômico, a expectativa é que algumas indústrias saiam do mercado brasileiro. Dos onze fabricantes de aerogeradores que vieram ao país nos últimos cinco anos, segundo a Consultoria EY, empresa que publicou em setembro um panorama sobre a indústria eólica mundial, com as novas exigências do BNDES devem sobrar cinco ou sete empresas no país.

Este cenário, diferentemente do que foi previsto, pode se tornar uma fonte de barreiras para a continuidade do processo de evolução da geração de energia elétrica por meio da fonte eólica no Brasil.

CAPÍTULO III - CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS

Como a abordagem de pesquisa é um marco importante no desenvolvimento de uma pesquisa científica, ela deve ser escolhida o mais cedo possível, a fim de prover orientação para o pesquisador fazer as escolhas subsequentes de métodos e técnicas de pesquisa (MARTINS, 2010).

Assim este capítulo tem como finalidade identificar os principais aspectos metodológicos deste estudo. Ele está subdividido em cinco pontos, de modo que o primeiro identifica a natureza e classificação da pesquisa; o segundo a metodologia utilizada em sua execução; no terceiro destacam-se as etapas da pesquisa, bem como sua estrutura de realização; no quarto a delimitação das variáveis de avaliação e, por fim, o quinto ponto demonstra a forma pela qual ocorre o tratamento e análise dos dados.

3.1 Natureza e classificação da pesquisa

Esta pesquisa busca compreender os motivos pelos quais não há um pleno desenvolvimento do aproveitamento do potencial da geração elétrica da energia eólica, no Brasil. Trata-se então da descrição dos fatos históricos, suas causas e, principalmente, suas consequências, da forma mais exata possível; construindo uma realidade conforme compreendida, interpretada ou comunicada. Neste contexto, a abordagem mais adequada à pesquisa é a qualitativa, que tem fundamento na teoria do conhecimento de um fenômeno.

Do ponto de vista qualitativo dos dados, sabe-se de acordo com Martins (2010), que este tipo de pesquisa se caracteriza por mergulhar na profundidade dos fenômenos. Faz isto de forma compreensiva, abrindo-se para apreender a informação relacionada ao fenômeno, considera toda complexidade e particularidade da pesquisa. Não pretende alcançar generalizações, mas sim o entendimento das singularidades.

Conforme aponta Oliveira (2000), os pesquisadores vêm deixando de utilizar somente o método qualitativo para também utilizar o quantitativo como complemento aos estudos científicos. Vale ressaltar que muitos pesquisadores são céticos em relação ao método

qualitativo e seguem utilizando a abordagem quantitativa como única fonte de dados (BAUER, 2002).

Enquanto a pesquisa qualitativa é mais interpretativa e subjetiva, dependendo do ponto de vista do pesquisador, a quantitativa é mais descritiva e objetiva. Mas é importante observar que o pesquisador deve mostrar-se isento ao fenômeno nos dois tipos de abordagem.

No que se refere à abordagem quantitativa, sua finalidade é essencialmente quantificar e dimensionar o universo pesquisado, conforme salienta Collies e Hussey (2005). Já Richardson (1999) caracteriza a abordagem quantitativa como sendo um método de coleta e tratamento de informações por meio de técnicas estatísticas, sejam elas simples ou complexas.

É necessário lembrar que conforme afirma Vergara (2010), é possível submeter os dados ao tratamento qualitativo e quantitativo concomitantemente, uma vez que um complementa o outro. Confirmando esta ideia, Neves (1996) afirma que a combinação das análises quantitativa e qualitativa torna a pesquisa mais forte e reduz problemas de adoção de apenas uma das abordagens. Isso indica que ambas as formas de análise e tratamento dos dados se complementam e, acima de tudo, possibilitam uma compreensão mais profunda da realidade em pesquisa.

Partindo destas definições para classificação da pesquisa, ela foi definida como exploratória, pois permite ao pesquisador aumentar sua experiência em torno de determinado problema, além de servir para levantar eventuais possíveis e novos problemas de pesquisa; e descritiva, pois pretende descrever “com exatidão” os fatos e fenômenos de determinada realidade (SOUZA, 2012). Além de submeter os dados ao tratamento qualitativo e quantitativo concomitantemente, combinando assim ambas as abordagens, logo se trata de um estudo descritivo-exploratório de natureza qualitativa e quantitativa.

A metodologia utilizada em uma pesquisa é determinada, essencialmente, pela natureza da ciência em estudo e pelas questões básicas de pesquisa, aquilo que se quer responder. (SOUZA, 2012).

Assim, para uma mesma pergunta de pesquisa pode haver diferentes métodos de pesquisa; a escolha depende de um conjunto de fatores, como tempo e recursos, possibilidade de acesso a dados e a natureza do problema de pesquisa (FLEURY, 2010).

3.2 Metodologia adotada na pesquisa

Os procedimentos metodológicos para realização da pesquisa consistiram da utilização de análise documental, entrevistas com especialistas e realização da interpretação dos dados, tudo, por meio dos fundamentos da *Grounded Theory*, também conhecida por Teoria Fundamentada em Dados, proposta por Glaser e Strauss entre 1965 e 1967, na Universidade Califórnia/Berkeley.

Segundo Levacov (2013), a *Grounded Theory* é uma metodologia de pesquisa relativamente nova e que usa uma técnica de trabalho que pode parecer desconcertante para alguns pesquisadores mais conservadores ou aqueles acostumados com metodologias quantitativas apenas.

A mesma autora afirma que a *Grounded Theory* é uma teoria indutiva baseada na análise sistemática dos dados. Ao criticar a dogmática técnica de testes hipotético-dedutivos que eram utilizados como única alternativa metodológica (testar teorias, testar hipóteses), Glaser e Strauss fornecem uma concepção muito mais ampla do que os pesquisadores em Ciências Sociais poderiam e deveriam fazer com seu tempo dedicado à pesquisa.

A *Grounded Theory* é um modo de construir, indutivamente, uma teoria assentada nos dados, por meio da análise qualitativa destes, e que agregada ou relacionada a outras teorias, e assim poderá acrescentar ou trazer novos conhecimentos à área do fenômeno (CASSIANI; CALIRI; PELÁ, 1996).

A Figura 5 abaixo apresenta um resumo (organizado de forma bastante simples) para reforçar os passos da *Grounded Theory* e promover seu melhor entendimento.

Figura 5 – Passos da *Grounded Theory*

Fonte: Adaptado de Levacov (2013)

A pesquisa segundo a *Grounded Theory* aproxima-se do assunto a ser investigado sem uma teoria a ser testada, mas, pelo contrário, com o objetivo de entender uma determinada situação e como e porque seus participantes agem de determinada maneira, como e porque determinado fenômeno ou situação se desdobra deste ou daquele modo.

Os dados são coletados por vários métodos e formam um volume de informações sobre o fenômeno observado. Por meio de comparação, codificação, extração de regularidades, enfim, o pesquisador obtém suas conclusões, com algumas teorias que

emergiram desta análise rigorosa e sistemática, razão pela qual o método intitula-se Teoria Fundamentada nos Dados.

Flick (2004) afirma que a *Grounded Theory* “quebra” com a pesquisa tradicional na medida em que não tem necessidade do pesquisador ir a campo com um modelo já predefinido e cheio de posições teóricas, nesse caso, o pesquisador adotará uma postura construtiva no campo, reafirmando assim que o objetivo da metodologia não é reduzir a complexidade, fragmentando-a em variáveis, mas, em vez disso, aumentar a complexidade e incluir o contexto na análise.

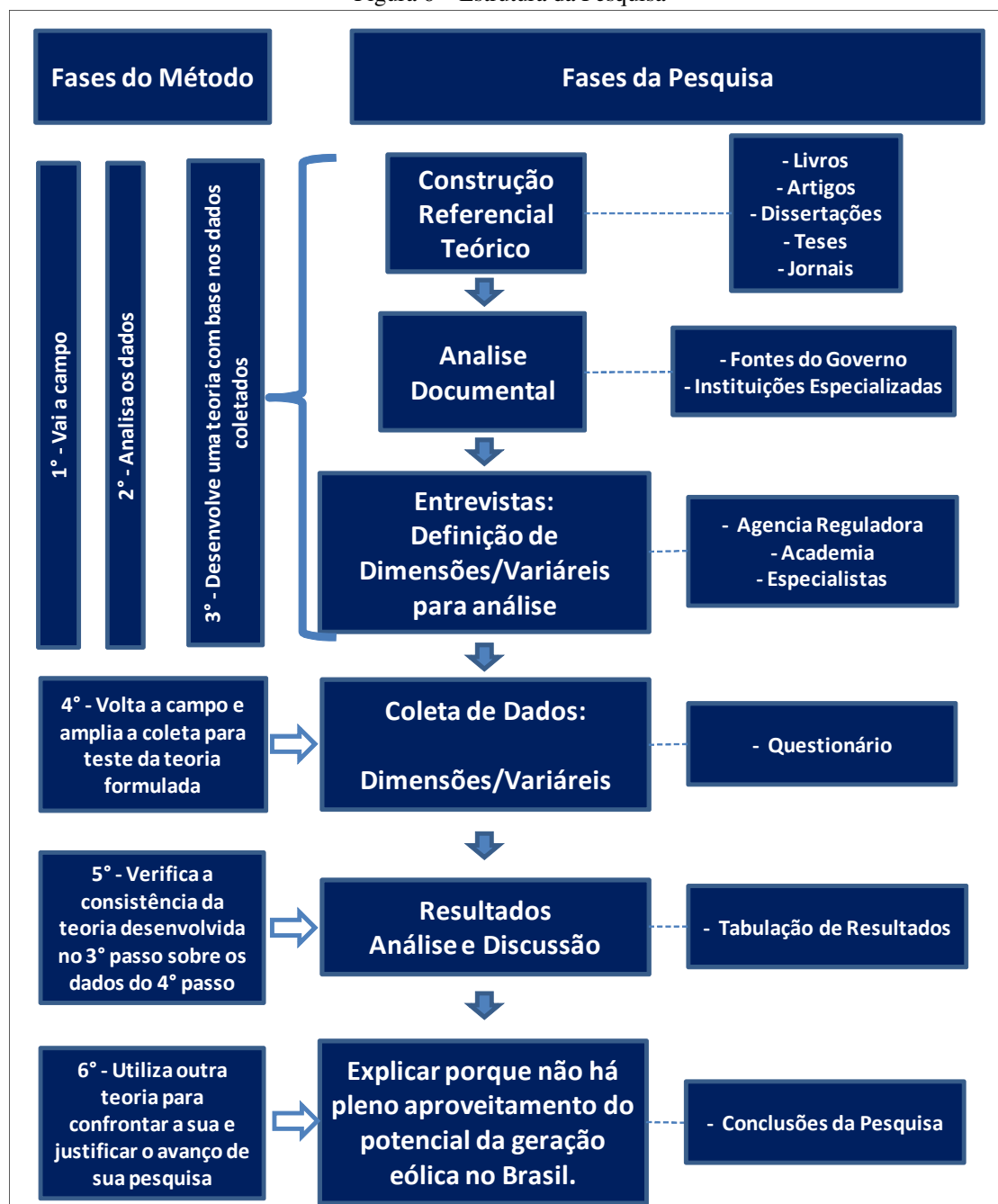
Entretanto, Ikeda e Bianchi (2009) afirmam que grande parte dos problemas do Grounded Theory concentra-se “na difícil operacionalização do processo – desde a definição inicial dos elementos de estudo até a formulação da teoria, e no papel e postura do pesquisador”.

Concluindo, a Grounded Theory é um método de análise de dados, particularmente sensível a contextos, que permite a compreensão do sentido dos dados em determinadas situações. Desta forma, a teoria é descoberta, desenvolvida e verificada por meio da coleta e análise de dados referentes ao fenômeno propriamente dito.

3.3 Etapas da Pesquisa

A pesquisa foi estruturada conforme ilustrada na Figura 6 abaixo. As três primeiras fases do método original foram adaptadas, pois a ida a campo, a análise dos dados e o desenvolvimento de uma teoria foram realizadas de forma paralela, de modo a permitir ao pesquisador um conhecimento mínimo com a finalidade de auxiliá-lo em campo, junto aos especialistas ouvidos nas entrevistas.

Figura 6 – Estrutura da Pesquisa



Fonte: Elaborada pelo Autor

A partir dessa adaptação no método, mas permanecendo inalterados todos seus princípios e demais etapas, criou-se um referencial teórico, baseado em livros, artigos e dissertações, de forma a compreender a sua história, potencial, tecnologia, custo, mercado, fornecedores, regulamentação da energia eólica de forma global e no Brasil.

Assim, de posse do referencial teórico construído, da realização da análise documental da energia eólica no Brasil, por meio das fontes do Governo: MME, ANEEL, EPE e de

instituições especializadas como a ABEEólica, GWEC, WWEA, AWEA; foram realizadas entrevistas em momentos e ambientes distintos com professores da UFPB - Universidade Federal da Paraíba, com agentes da ARPB – Agência Reguladora do Estado da Paraíba e com os Diretores do Grupo GENERGIA – Organização empresarial voltada para energias renováveis, otimização energética e projetos sustentáveis, definindo assim as variáveis a serem analisadas e montagem das questões para retorno ao campo. O Quadro 1 mostra as variáveis que nortearam e a condução da pesquisa em suas próximas fases.

Quadro 1 – Quadro de Variáveis

DIMENSÃO	POTENCIAIS VARIÁVEIS	OBJETIVO
Potencial	- Potencial Eólico - Qualidade dos Ventos - Complementaridade Hídrico-eólico	Analisar o potencial eólico brasileiro
Regulação	- Política de incentivo a geração - Forma de acesso - Geração Distribuída	Analisar as políticas regulatórias do Brasil
Mercado	- Perspectivas de Crescimento - Redução Geração Hidroelétrica	Analisar o mercado de energia eólica
Custos	- Subsídios - Financiamento	Analisar a evolução dos custos da geração eólica
Tecnologia	- Domínio para Fabricação - Pesquisa e Desenvolvimento	Analisar políticas para o desenvolvimento e pesquisa no Brasil
Fornecedores	- Existência - Percentual da Nacionalização - Posicionamento de Mercado	Analisar o cenário para os fornecedores de equipamentos para geração eólica

Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme previsto no método essas variáveis sofreram alterações ao longo da realização da pesquisa uma vez que a *Grounded Theory* possibilita, segundo Buckley e Waring (2005), ao pesquisador analisar criticamente as suas atitudes diante da pesquisa que está sendo realizada, e de modo semelhante, aprofundar-se na literatura fundamentada que dá suporte à área temática do estudo, levando-o a confrontar-se diretamente com o seu objeto de pesquisa.

O questionário foi definido contendo dezoito questões, sendo dezessete de múltipla escolha e uma discursiva, baseadas nas variáveis delimitadas. Para as questões de múltipla escolha foi utilizada uma escala do Tipo Likert, contendo cinco alternativas que variam entre os extremos “discordo muito” e “concordo muito”. O mesmo foi enviado por e-mail para especialistas envolvidos com o setor eólico e suas respostas foram tabuladas por meio do cálculo de suas respectivas taxas de frequência.

Assim o procedimento metodológico baseado nos princípios e fundamentos do método *Grounded Theory*, conforme adaptação realizada e descrita neste capítulo permitiu ao pesquisador realizar a interpretação conjunta dos dados obtidos nas fases da pesquisa. Outro aspecto colocado por Douglas (2004), reside no fato de que nesta metodologia, existe uma maior fundamentação estruturada de medidas práticas, direcionadas na geração de uma teoria fundamentada. Desta forma a metodologia busca, nos dados primários existentes, as respostas necessárias para fundamentar respostas aos problemas inerentes ao ambiente e ao objeto de estudo.

A seguir os dados baseados no referencial teórico, as entrevistas realizadas e a tabulação das respostas aos questionários serão tabulados e apresentados no próximo capítulo que resume os resultados da pesquisa.

CAPÍTULO IV - RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS DADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos por meio do questionário elaborado por meio do referencial teórico, análise documental e entrevistas, conforme descrito no capítulo anterior, sendo mostrada inicialmente a quantidade de participantes e, em seguida, os quadros com os resultados da tabulação das respostas recebidas.

Participaram dessa pesquisa especialistas do setor de distribuição e geração de energia elétrica, agentes reguladores da ARPB (Agência Reguladora do Estado da Paraíba) e professores da comunidade acadêmica da Paraíba e Pernambuco. A tabela 19 mostra a distribuição percentual dos participantes:

Tabela 19 – Participantes da Pesquisa

Participante	Quantidade	%
Especialista Setor Elétrico	20	53%
Agente Regulador	7	18%
Acadêmico	11	29%
TOTAL	38	100%

Fonte: Elaborada pelo autor

Nos quadros a seguir são apresentados, de forma tabulados por frequência de respostas, os resultados consolidados com as opiniões dos especialistas consultados e que responderam o questionário dessa pesquisa.

Dividindo-se as questões relacionadas nas dimensões em análise por essa pesquisa foram obtidos os seguintes resultados:

Quadro 2 – Tabulação das Respostas da Dimensão: Potencial Eólico

1. O alto potencial eólico, principalmente no nordeste brasileiro, pode ser considerado um facilitador para o aumento da participação dessa energia nessa região?				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
0%	0%	0%	58%	42%
2. Os meses de baixa vazão do Rio São Francisco são exatamente os meses de registros das maiores velocidades dos ventos no litoral do nordeste. Essa complementaridade natural entre os recursos hídricos e eólicos pode ser atribuída como um fator facilitador para a expansão da geração de energia por fonte eólica?				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
0%	5%	5%	58%	32%
3. O potencial eólico do nordeste brasileiro por si só justifica o aproveitamento da energia eólica ou depende também de outras variáveis, dentre elas: regulação (políticas públicas), mercado, custos, tecnologia e fornecedores?				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
5%	11%	0%	42%	42%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Para a análise da dimensão Potencial Eólico analisando-se as variáveis: potencial eólico, qualidade dos ventos e a complementaridade hídrico eólica verificou-se forte concordância nos resultados da pesquisa, todas acima de 80%, e até unanimidade na concordância do potencial eólico nordestino como facilitador a participação da fonte eólica na região.

Conforme o referencial teórico no item 2.1 dessa pesquisa é possível observar que no nordeste brasileiro, principalmente nas faixas litorâneas – entre 0 e 50km da costa, e algumas regiões do interior – normalmente as localizadas nos chapadões como serra da Diamantina, Borborema e outras, que se estendem de Minas Gerais até o Piauí, possuem locais com boa intensidade de ventos regulares. Este potencial – que ainda está muito em nível de extrapolação estatística, conforme metodologia de definição dos potenciais eólicos pelos Atlas eólicos dessas regiões, e necessita ser melhor mapeado para que os empreendimentos possam ser mais bem dimensionados e os potenciais levantados, aferidos e regulados corretamente. Assim baseado no referencial teórico e respostas obtidas, o potencial existe, o que falta são condições para explorá-lo e interligar essa energia ao sistema já existente, fazendo esta interligação e o desenvolvimento dessas áreas, economicamente viáveis.

Para qualidade dos ventos, um diferencial brasileiro conforme item 2.1.1, segundo o Atlas Eólico do Brasil (2001), as informações disponíveis atualmente e considerando os aspectos de topologia e relevo do território brasileiro, favorecem a faixa litorânea,

entretanto são menos favoráveis para as regiões interioranas, principalmente nas regiões da Bacia Amazônica Ocidental e Amazônica Oriental. Os ventos da faixa litorânea, na maioria dessa faixa são geralmente constantes, fato esse que aumenta, relativamente, a vida útil dos aerogeradores, já que os mesmos não precisam girar constantemente em “busca do vento”.

A complementaridade hídrico-eólico, referenciada no item 2.1.2 assim como pelas respostas ao questionário com 90% de concordância como fator da expansão para a geração eólica, é uma informação bem conhecida e meteorologicamente explicada e que, na grande maioria do tempo, quando venta não chove e quando chove não venta. Assim pode ser considerado o "carro chefe" na propaganda dos parques eólicos no Brasil, principalmente no que tange a região do nordeste. Existindo ainda, considerando que a base de geração do nordeste é hídrica, a capacidade em armazenar energia potencial nas barragens em épocas de baixa eficiência eólica.

Quadro 3 – Tabulação das Respostas da Dimensão:Regulação

4. As políticas de incentivo da geração eólica do país (PROINFA e Leilões de Energia) são atrativas para a realização de investimentos dessa fonte de energia?				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
0%	5%	37%	53%	5%
5. A atual forma de acesso para geração comercial em energia eólica exclusivamente através dos leilões de energia regulados pela ANEEL facilita a expansão de novos investimentos em geração de energia por fonte eólica.				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
5%	32%	42%	16%	5%
6. A Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, que estabelece as condições gerais para o acesso à micro e minigeração distribuída nas redes de distribuição, pode estimular o aproveitamento da geração de energia por fonte eólica?				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
0%	26%	21%	53%	0%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Para a análise da dimensão Regulação analisando-se as variáveis: políticas de incentivos a geração, forma de acesso e geração distribuída não se verifica uniformidade como na análise da dimensão anterior.

Para as políticas de incentivo verifica-se a existência no Brasil, e em várias etapas, conforme item 2.2 que trata da evolução de energia eólica no Brasil. A partir de 2010 registra-se o início da etapa considerada de amadurecimento, pois se entendeu que as indústrias de aerogeradores já estavam implantadas (alto nível de nacionalização),

necessitando a partir desse período o fomento do mercado, em concordância com Alves (2009) que afirma a necessidade da estruturação de uma legislação, capaz de efetivar o desenvolvimento do mercado de energias renováveis, no Brasil, em longo prazo.

Apesar de recentemente os incentivos terem diminuído, ainda são os grandes responsáveis pela equiparação entre os valores das fontes eólicas e hidráulicas, conforme dados do EPE (2013) tratados no item 2.2.3.2 (Custo da Energia Eólica no Brasil) pelo Gráfico 5 desta dissertação. O governo precisa ser mais coeso na legislação. Um empreendimento de médio e grande porte necessita de várias disciplinas agregadas, além da geração propriamente dita. Necessita de contratos, planejamento, projetos, fornecedores e principalmente licenças ambientais e infraestrutura para escoamento dessa energia, conforme dados da ANEEL, mostrados pelo Gráfico 12, que trata os principais fatores de atraso nas eólicas. As políticas de desoneração tributária destes empreendimentos estão limitadas aos impostos federais, e ICMS em alguns casos sobre os equipamentos. A redução de tributos em toda a cadeia produtiva deste segmento seja na construção e, durante a operação, podem alavancar este tipo de empreendimento. Além disso, as exigências e cumprimentos burocráticos deste tipo de empreendimento são enormes por parte da ANEEL e EPE, o que restringe o acesso apenas a grandes grupos econômicos.

Em relação à forma de acesso, exclusivamente por meio de leilões, embora este mecanismo tenha estimulado a expansão da energia eólica no país conforme conclusão item 2.2.2, tornou-se um grande problema para a geração eólica no Brasil. Fazendo a sobreposição dos mapas de potencial eólico e do Sistema Interligado Nacional, fica claro que onde existe potencial eólico, não existem "linhas tronco" próximas. Lembrando que, até o último leilão realizado em 2014, para participar o parque eólico não precisa ter sua conexão garantida. Ou seja, se uma região tem vários projetos de parques, todos podem conseguir cartas da concessionária ou transmissora dizendo que solicitaram o acesso e existe a possibilidade de conexão, considerando isoladamente cada parque. Ocorre que o ponto de conexão, normalmente, não suportará a conexão de todos os parques. Ou seja, é possível ganhar o leilão sem sequer possuir conexão garantida, e isso ocorreu com a maioria dos parques dos leilões de 2010 a 2012 tornando-se o principal fator de atraso nas eólicas, conforme a ANEEL. Para completar o problema, quando não há conexão suficiente, o governo decide reforçar o Sistema

Interligado Nacional – SIN, porém, como a decisão só ocorre depois do leilão de geração, pois só assim é sabido os parques ganhadores, a solução de transmissão local já nasce "atrasada". Considerando que os leilões de geração normalmente são A-3 e que para estudar, definir e licitar a solução de transmissão terá mais 6 meses, em média, fica claro que as datas não são compatíveis, pois deve-se lembrar que a construção de transmissão ainda necessitará das licenças ambientais.

Para a geração distribuída, com taxa de concordância acima de 50%, observa-se que a descentralização da geração é fundamental para redução de impactos ambientais e aumento da “robustez” do sistema elétrico, conforme item 2.2.7 desta dissertação. Uma falha neste caso é muito mais fácil de contornar do que em uma grande usina ao falhar. Entretanto a resolução de 2012 da ANEEL visou apenas facilitar a conexão distribuída. Ocorre que a mesma se baseia em uma simples relação de crédito de kWh e que não pode ser vendido. Ou seja, quando é feito a conta do custo de geração fica claro que o mesmo não se equipara aos valores do kWh (geração) que a concessionária fornece, assim o retorno financeiro para o consumidor-gerador normalmente é de longo prazo (LEÃO, 2011).

Quadro 4 – Tabulação das Respostas da Dimensão: Mercado

7. As altas taxas de crescimento atual do mercado de energia elétrica no país e as projeções futuras que sinalizam o incremento da participação da fonte eólica na matriz elétrica do país são direcionadores para o aproveitamento da geração por fonte eólica?				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
0%	0%	21%	63%	16%
8. As atuais dificuldades: econômicas, técnicas e ambientais, para expansão da geração hidrelétrica e térmica, pode ser considerado um facilitador para a expansão de energia elétrica a partir de outras fontes em especial a eólica?				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
5%	11%	16%	47%	21%
9. As restrições para a expansão da energia hidroelétrica, por razões ambientais e a legislação atual, apontam para a necessidade de ampliação e aproveitamento da fonte de energia eólica como garantia para o crescimento do consumo para os próximos anos?				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
0%	21%	16%	58%	5%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Para a análise da dimensão Mercado analisou-se as variáveis: perspectivas de crescimento e redução da geração hidrelétrica; verifica-se predominância em concordância de 79% com o tema, porém apesar da tendência favorável a evolução da

participação eólica divulgada pelas fontes oficiais do país, bem como o crescimento da demanda por fontes renováveis, conforme tratado no item 2.2.6. Com a atual conjuntura de incentivo a essa fonte e o cenário macroeconômico atual, mesmo com a escassez energética atual, será muito difícil este tipo de fonte crescer atualmente, principalmente com a frustração que muitos investidores tiveram com as recentes mudanças da regulamentação do setor, principalmente o acesso ao crédito pelas mudanças nas regras de financiamento descritas no item 2.3 que trata de tecnologia e fabricantes.

Em relação às dificuldades em expansão da energia por fonte hidráulica, sejam elas técnicas, ambientais ou econômicas em energia elétrica trata-se da principal fonte do país para geração de grandes blocos de energia e ainda existem potenciais a serem explorados, entretanto as dificuldades dessa exploração tendem a permitir a maior penetração da energia eólica e outras fontes renováveis em crescimento no país conforme exposto no último Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE 2020, elaborado pela EPE e abordado no item 2.2.6 com as projeções da evolução de energia eólica no país.

Quadro 5 – Tabulação das Respostas da Dimensão: Custos

10. Desde 2003, ano de início das políticas públicas brasileiras de estímulo ao aproveitamento para geração eólica, o custo médio da energia contratada registra constantes reduções, ao ponto de (em 2012) ficar inferior ao custo médio da fonte hidráulica. Esse fato indica eficiência dessas políticas?				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
5%	16%	47%	32%	0%
11. Os investimentos em energia eólica estão se desenvolvendo de forma sustentável devendo nos próximos anos ser a fonte de maior evolução na participação da matriz de energia elétrica nacional. Esse cenário torna a energia eólica economicamente competitiva frente à energia hidráulica que é a principal e mais difundida fonte no país?				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
0%	32%	21%	47%	0%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Para a análise da dimensão custos analisou-se as variáveis: subsídios e financiamentos; verifica-se um posicionamento neutro 47% em relação a redução dos custos da fonte eólica associado as políticas e incentivos, por outro lado leve concordância 47% e leve discordância 32% ao mesmo tempo que se avalia a competitividade em relação aos custos das fontes hidráulicas e eólicas.

Acrescenta-se a redução dos custos da geração eólica, discutida no item 2.2.3.2 desta dissertação, além dos subsídios e políticas de financiamento para esse fim, está fortemente relacionada ao fato da geração eólica ter a predominância de fontes descentralizadas, enquanto da geração hidráulica ter predominância de fontes centralizadas, e esse fato assim permitir descontos na Taxa de Uso do Sistema de Transmissão – TUST, deixando a fonte eólica cada vez mais competitiva. Outro ponto a favor da fonte eólica e sua predominância de fontes descentralizadas é a redução dos investimentos necessários à ampliação do sistema de transmissão, pois segundo Fishchlein (2013), o futuro do desenvolvimento da energia eólica, em larga escala, depende da superação dos obstáculos específicos do Estado para transmissão de energia.

Na análise de custos da energia eólica é importante enfatizar que as recentes mudanças no consentimento de financiamentos e créditos para os fabricantes de aerogeradores foram dificultadas, com as novas regras da FINAME junto ao BNDES, conforme abordado no item 2.3 do referencial teórico. Este fato gera uma certa incerteza na evolução da redução dos custos da geração eólica para o cenário atual e de curto prazo.

Quadro 6 – Tabulação das Respostas da Dimensão: Tecnologia

12. As recentes mudanças da política de financiamento (FINAME) que elevou o percentual de nacionalização para fabricação de aerogeradores pode ser considerado uma ação de retração para o aproveitamento da geração eólica no país?				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
5%	53%	26%	11%	5%
13. A curva de aprendizagem da tecnologia de geração eólica vem demonstrando resultados expressivos nas últimas décadas. A evolução da potência dos aerogeradores teve significativos saltos nos últimos anos. Esse fator pode ser considerado um impulsionador para o maior aproveitamento da geração de energia por essa fonte?				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
0%	0%	5%	47%	47%
14. A dependência brasileira na importação de tecnologia para produção de aerogeradores e as regras de financiamento que elevam as taxas de nacionalização para obtenção do crédito podem funcionar como incentivo a universidades e programas de pesquisa para redução dessa dependência tecnológica?				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
0%	16%	26%	42%	16%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Para a análise da dimensão Tecnologia analisou-se as variáveis: domínio para fabricação e pesquisa e desenvolvimento em que se verifica um resultado de leve discordância 58% para o aumento da taxa de nacionalização ser considerado como ação de retração na geração eólica. Por outro lado, forte concordância 94% na evolução da tecnologia para

melhor aproveitamento da geração eólica, bem como leve concordância também de 58% para as medidas de dificuldade ao crédito, aumentando o nível de nacionalização dos equipamentos aerogeradores, como estímulo à pesquisa e desenvolvimento nacional.

Apesar das medidas de estímulo, a fabricação dos equipamentos para geração eólica no país o Brasil não produz praticamente nenhum equipamento relacionado aos aerogeradores, apenas no caso de mini e microgeração. Todas as indústrias de pás e componentes que aqui estão instaladas são estrangeiras ou de capital estrangeiro, sendo o parque industrial de fabricação eólico no país formado por empresas montadoras. O domínio dessa tecnologia segundo DEWI (2006) além de permitir a construção de aerogeradores com maior potência e maior diâmetro das hélices é fundamental para evolução da redução dos custos, adaptação dos equipamentos aos ventos aqui existentes e ao fomento do mercado.

A pesquisa e desenvolvimento da energia eólica no Brasil de acordo com Leão e Ruther (2011) ainda é muito relacionada a conexão ou aproveitamento do potencial eólico, limitando-se a poucos experimentos conduzidos por universidades e companhias elétricas, porém há a necessidade em aproximar a indústria com os centros de pesquisa de forma a estimular o domínio da tecnologia no país, tornando-o independente de fontes externas.

Quadro 7 – Tabulação das Respostas da Dimensão: Fornecedores

15. O alto potencial eólico brasileiro e a evolução da capacidade instalada em geração elétrica no país provinda dessa fonte tem impulsionado a cadeia de fornecimento voltado para esse setor. Neste sentido, pode-se afirmar que grande parte dos principais fabricantes de aerogeradores está com fábricas operando ou planejadas no Brasil?				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
5%	5%	53%	21%	16%
16. A política de leilões de energia de reserva e de fontes alternativas pode caracterizar o efeito chicote, distorção da percepção da procura ao longo da cadeia de abastecimento, para os fabricantes e fornecedores de aerogeradores?				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
0%	11%	58%	32%	0%
17. As novas regras para credenciamento no Novo Finame e a exigência do maior grau de nacionalização dos aerogeradores têm dificultado os grandes fornecedores globais a permanecerem no mercado brasileiro?				
Discordo Muito	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Muito
0%	26%	42%	32%	0%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Para a análise da dimensão Fornecedores analisou-se as variáveis: existência/disponibilidade, percentual de nacionalização e posicionamento do mercado; verifica-se um resultado de maior tendência neutra com o tema.

Em relação existência e disponibilidade de fornecedores para a energia eólica o Brasil registra grande empresas multinacionais, porém como já citado anteriormente e abordado no item 2.3 desta dissertação essas empresas fazem a montagem dos aerogerados, cuja tecnologia vem de seus países sede.

A política de acesso atual, por meio dos leilões de energia, apesar de maior tendência em um posicionamento neutro 58% e leve concordância de 32% nas respostas do questionário, juntamente com as medidas que mudam as regras de crédito e financiamento podem provocar distorções da percepção da procura ao longo da cadeia de produtiva. A falta de visibilidade (inclusive no que se diz respeito à demanda) pode gerar acúmulo desnecessário de estoque em cada um dos níveis da cadeia de suprimentos para a energia eólica.

Já em relação as novas regras de financiamento o posicionamento foi de tendência neutra 42% e se distribuído praticamente de forma uniforme tanto para a concordância quanto discordância. Esse fato pode ser entendido em função dessas medidas estarem há pouco tempo no mercado e as incertezas que as mesmas trazem. Em conformidade com o posicionamento deste tema quando tratado no referencial teórico desta pesquisa pelo item 2.3.

Além da análise baseada nos resultados das respostas das questões objetivas ao final do questionário, após a reflexão nas seis dimensões desta pesquisa foi questionado, para resposta discursiva: *“Por que a energia eólica ainda é tão pouco explorada no Brasil, tendo em vista, o seu enorme potencial disponível e custos competitivos, atingindo custos de produção abaixo inclusive da geração hidroelétrica, conforme resultado do leilão A-5 realizado em 2012?”*

Síntese em forma de tópicos dos principais pontos abordados nas respostas recebidas:

- O custo Brasil, relacionado à forte carga tributária existente no país;

- Questões ambientais e fundiárias que envolvem os locais onde se encontram os maiores potenciais eólicos do país;
- Dificuldade em escoar esse potencial, pois o SIN não vai até os locais de maior potencial eólico;
- Ingerência política do órgão regulador no setor elétrico;
- País ainda com grande potencial hidráulico, e pleno conhecimento para aproveitamento. Permitir a maior penetração de uma fonte não dominada, tanto a fabricação quanto a operação;
- Incertezas da legislação ainda em construção, causando receios nos investidores;
- Força de trabalho inadequada e de baixa qualificação – tema não abordado nesta pesquisa e que pode ser uma recomendação para trabalhos futuros.

CAPÍTULO V - CONCLUSÕES

O presente capítulo trata das considerações finais, decorrentes das pesquisas bibliográficas, entrevistas realizadas junto aos especialistas do setor, tabulação e análise das respostas dos questionários, bem como dos conceitos pré-estabelecidos e adicionados durante a realização das etapas deste trabalho, buscando responder o problema da pesquisa e concluir sobre os resultados. Assim, baseado em todas estas informações foi possível observar que os benefícios da inserção da energia eólica vão além da segurança da matriz elétrica brasileira, da complementaridade com o regime hídrico, e do caráter limpo e renovável, promovendo o desenvolvimento sustentável.

A utilização dos fundamentos do método *Grounded Theory* foi adequada nessa pesquisa, pois permitiu a construção das conclusões da análise dos fatores que contribuem para o baixo aproveitamento da energia eólica, por meio da análise qualitativa de todos os dados coletados.

O cenário atual do Brasil no tocante ao aproveitamento do potencial de energia eólica está muito aquém do potencial disponível tratado desde a introdução deste trabalho. Ficando bem abaixo dos níveis de aproveitamento dos maiores produtores mundiais: Estados Unidos, China, Alemanha, que são potencialmente inferiores e não possuem a qualidade dos nossos ventos.

Tendo em vista o seu enorme potencial disponível e competitividade com as demais fontes de energia, atingindo inclusive custos de produção abaixo da geração da energia hidroelétrica, principal fonte do país, a questão que se coloca como objetivo principal deste trabalho é: porque não há pleno aproveitamento do potencial de geração elétrica via energia eólica no Brasil?

Um primeiro fator inibidor da expansão do uso da energia eólica que este trabalho permitiu deduzir é que a regulamentação do setor elétrico brasileiro é muito instável. Conforme as mudanças da regulação tratadas no referencial teórico, especificamente no item 2.2 que trata de evolução de energia eólica no país, juntamente com as respostas recebidas e adicionadas há falta de um planejamento de longo prazo, pois as mudanças em cima da hora, medidas imediatas apenas para lidar com problemas emergenciais e

inexistência de transparência para as determinações futuras, são alguns dos temores dos envolvidos na área de energias renováveis, especialmente na energia eólica que é uma indústria recém-nascida no país.

Um segundo fator inibidor da expansão do uso da energia eólica é que o Brasil, por mais que tenha evoluído nos últimos anos em geração eólica, ainda não conseguiu ter um domínio completo dessa tecnologia. Está abordado no item 2.3 que os fornecedores instalados no país fazem a montagem da tecnologia desenvolvida em seus países de origem. A política de nacionalização da indústria promoveu o desenvolvimento de montadoras com produção local de apenas algumas partes, predominantemente pesadas, como pás, torres e gôndolas. Outros equipamentos que compõem propriamente o aerogerador e que representam maior valor tecnológico agregado, ainda são importados, possuindo forte dependência de fornecimento externo.

Logo, para se alcançar o desenvolvimento consistente da indústria eólica brasileira, torna-se necessário promover uma política articulada para toda a cadeia produtiva, envolvendo as indústrias de base de suprimento de todos os componentes, não apenas forçando os fabricantes a elevar o percentual de nacionalização para obter financiamentos. Neste caso, o investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação é um dos fatores essenciais de maneira a atingir este objetivo.

Um terceiro fator inibidor da expansão do uso da energia eólica observado por meio das respostas à questão aberta do questionário aplicado, é que a cadeia de suprimento de serviços e equipamentos é limitada. A crescente demanda de empreendimentos eólicos pelo país tem convivido com problemas de natureza estrutural, tais como falta de mão de obra especializada, fornecedores de equipamentos específicos, bem como falta de infraestrutura e logística, tais como: estradas, rede de transmissão e subestações de energia.

Tudo isso implica em atrasos nas construções e ou entrada em operação dos empreendimentos, conforme observado no Gráfico 12 – Principais Fatores de Atrasos nas Eólicas, além da elevação dos custos de investimento. Torna-se, portanto, o estabelecimento de políticas públicas que incentivem e proporcionem: a formação e capacitação de mão de obra especializada através das universidades e institutos federais

de tecnologia; instalação de indústrias próximas às regiões de maior potencial eólico; transporte ferroviário e marítimo e, acima de tudo, um planejamento integrado de implantação dos novos empreendimentos eólicos com a infraestrutura necessária.

Um quarto fator é a insuficiência nas linhas de transmissão, pois baseado nos aspectos tratados no item 2.2.5 que retrata a situação atual do país em relação à geração de energia elétrica de acordo com os dados do Banco de Informações Gerencial divulgado pela ANEEL, depois de ser gerada nos parques eólicos, essa energia depende de linhas de transmissão para chegar aos consumidores. O que, na prática, parece lógico, na teoria não é tão claro assim. Até meados 2013, essas redes não eram de responsabilidade das mesmas empresas que constroem e/ou mantêm os parques em si. Este fato gerou uma falta de sincronismo nos prazos de entrega.

Neste cenário o Ministério de Minas e Energia implementou alterações no modelo dos próximos leilões do setor, a partir do segundo semestre de 2013. Com a finalidade de promover a redução de incertezas quanto ao escoamento da geração eólica, o leilão ao final de 2014 apresentou consideráveis mudanças na sistemática adotada, uma vez que o trâmite contemplou ambas as fases, atrelando às concessões à capacidade de distribuição.

Por fim, um último fator levantado é que a força fundamental impulsionadora da política de energia eólica no mundo é a mudança climática global e os compromissos feitos pelos países desenvolvidos para redução das emissões de dióxido de carbono. Segundo Martins (2008) as fontes renováveis de energia são apresentadas como a principal alternativa para atender as demandas da sociedade com relação à qualidade e segurança do atendimento da demanda de eletricidade com a redução dos danos ambientais decorrentes do consumo de energia. Assim, o Brasil, por possuir uma matriz elétrica limpa, não possui nenhuma meta de redução nesse sentido até o momento, ficando difícil dentro deste contexto, o estabelecimento de políticas governamentais alinhadas ao mercado internacional que propiciem maior desenvolvimento.

Portanto, para a plena evolução do potencial eólico brasileiro necessita-se de ações e análise integrada, incluindo aspectos como fomento tecnológico, pesquisa e desenvolvimento, política estratégica de abastecimento, política industrial, dentre

outras. De fato, o aproveitamento do potencial disponível de geração de energia eólica no Brasil enfrenta barreiras que não podem ser solucionadas de forma pontual, pois abrange múltiplos aspectos de natureza legal, institucional, tecnológica, cultural, social, ambiental e econômica, fazendo-se necessário um programa integrado de apoio à geração de energia eólica.

Espera-se, ainda, que os resultados, análises, discussões e conclusões desta pesquisa possibilitem aos gestores, aos especialistas do setor elétrico e a comunidade científica, ser fonte de informações que possam promover reflexões, e até mesmo ações, que estimulem o processo e expansão da geração de energia eólica no país.

6 - RECOMENDAÇÕES

Toda pesquisa geralmente provoca outras pesquisas, não sendo diferente com essa. Como forma de aperfeiçoamento deste estudo seria importante um aprofundamento matemático nas variáveis da pesquisa de modo a permitir a verificação de dependência entre elas e uma possível redução no escopo analisado.

Além disso, como já citado no final do capítulo dos resultados, incluir na análise a dimensão da força de trabalho envolvida na cadeia produtiva da energia eólica, observando sua qualificação e disponibilidade.

7 - REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA. Disponível em: < <http://www.abeeolica.org.br/index.php/nosso-setor.html>>. Acessado em 19/04/2013

ACKERMANN, T.; KNYAZKIN, V. Interaction between distributed generation and the distribution network: operation aspects. **Transmission and Distribution Conference and Exhibition** - IEEE PES, v. 2, p. 1357-1362, 2002.

ALVES, J. J. A. Análise regional da energia eólica no Brasil, **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, 2009.

AMARAL, C. A.; PEDREIRA, A. C.; BLEIL, J. R. **Análise do licenciamento ambiental de usinas eólicas em áreas de preservação permanente**. Technical Articles. Disponível em: <http://www.cerpch.unifei.edu.br/artigos/direito-ambiental-no-brasil-analise-do-licenciamento-ambiental-de-usinas.html>. 2011.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Panorama do Potencial Eólico no Brasil**: Projeto Bra/00/029 - Capacitação do Setor Elétrico Brasileiro em Relação à Mudança Global do Clima, Brasília, 2002.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica**. 2º Edição. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/apresentacao/apresentacao.htm>

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Nota Técnica nº 0025/2011-SRD/Aneel**. Aneel: Brasil, p. 21, 2011.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Relatório Informações Gerenciais – Ano base 2012**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idarea=37&perfil=2.Cronograma_Eventos_EOL_m aio_2013.zip>. Acesso em 26/04/2013., 2013.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Acompanhamento da Expansão da Oferta de Geração de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idarea=37&perfil=2.>>. Acesso em 26/04/2013.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução 482/2012**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em 26/04/2013.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **BIG - Banco de Dados de Informações Gerenciais**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/15.htm>. Acessado em: 19/11/2013.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Relatório de Acompanhamento de Centrais Eólicas**, 2013. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/EOL_Cronograma_Eventos_novembro_2013.pdf>. Acesso em 19/11/2013.

BAUER, M.W. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som**. Petrópolis: Vozes, 2002.

BRASIL, Presidência da República. **Decreto nº 5.163. 2004**. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5163.htm. Acesso em 08/10/ 2013.

CASTRO, R. **Introdução à Energia Eólica**. Universidade Técnica De Lisboa, 4ª Edição, 2009.

CASSIANI, S. de B.; CALIRI, M.H.L.; PELÁ, N.T.R. A teoria fundamentada nos dados como abordagem da pesquisa interpretativa. **Rev.latino-am.enfermagem**, v. 4, n. 3, p. 75-88, dezembro 1996.

CAUCHICK, P. A. M. **Metodologia em Engenharia de PRODUÇÃO** Gestão de Operações. Rio de Janeiro: Elsevier; ABEPRO, 2010.

C. E. EÓLICA – Centro de Energia Eólica. **Perguntas Frequentes sobre Energia Eólica**. PUC-RS. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/ce-eolica/faq.php?q=10#10>>. Acesso em 25/10/2013.

CEPEL. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**, 2001. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/index.php?task=livro&cid=1>>. Acesso em 24/04/2013.

CNI- **Energia Eólica Panorama Mundial e Pespectivas no Brasil**, Brasília, 2008.

COELBA - COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA, **Atlas do Potencial Eólico do Estado da Bahia**, Salvador, 2002.

COLLIS, J. HUSSEY, R. **Pesquisa em Administração: uma guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

COSTA, G. B.; LYRA, R. F. da F. Análise dos padrões de vento no Estado de Alagoas. **Rev. bras. meteorol.**, Mar 2012, v.27, n.1, p.31-38. ISSN 0102-7786

BUCKLEY, C.; WARING, M. The evolving nature of grounded theory: experiential reflections on the potential of the method for analysing children's attitudes towards physical activity. In: **Educational Research Association Annual Conference**, University of Glamorgan, 2005.

DEWI – Deutsches Windenergie Institut. Environmental Aspects and Acceptance of Wind. Disponível em: <http://www.dewi.de>. Acesso em 10/10/2013.

DOUGLAS, D. Entrepreneurship Research and Grounded Theory. Some Methodological Reflections. In: **Research Methods in Business and Management**. Reading University. UK. 2004

DUTRA, R.M. **Energia eólica**: Princípios e Tecnologia, Rio de Janeiro: Centro de Referência área Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial_eolica_2008_e-book.pdf>, 2008.

IEA (International Energy Agency). **About the IEA**. Disponível em: <<http://www.iea.org/about/index.asp>>. Acesso em 12/10/2013

EPE (Empresa de Pesquisa Energética) / MME (Ministério de Minas e Energia). **Plano Nacional de Energia 2030**, 2007.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Leilão de Reserva 2011**. Disponível em: http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20111220_1.pdf. Acesso em: 10/10/2013.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Leilão de Reserva 2011**. Disponível em: http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20110818_1.pdf. Acesso em: 10/10/2013.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Leilão A-3 de 2011**. Disponível em: http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20110817_1.pdf. Acesso em: 10/10/2013.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Leilão de Fontes Alternativas 2010**. Disponível em: http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20100826_1.pdf. Acesso em: 10/10/2013.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Leilão de Reserva 2009**. Disponível em: http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20091214_1.pdf. Acesso em: 10/10/2013.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética) / MME (Ministério de Minas e Energia). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2011**, 2011.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética) / MME (Ministério de Minas e Energia). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2012**, 2012.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética) / MME (Ministério de Minas e Energia). **Balanco Energético Nacional 2011 (ano base 2010)**, 2011.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética) / MME (Ministério de Minas e Energia). **Balanco Energético Nacional 2012 (ano base 2011)**, 2012.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética) / MME (Ministério de Minas e Energia). **Balanco Energético Nacional 2013 (ano base 2012)**, 2013.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética) / MME (Ministério de Minas e Energia). **Plano Decenal de Expansão de Energia 2020**, 2011.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética) / MME (Ministério de Minas e Energia). **Projeções da Demanda de Energia Elétrica para os próximos 10 anos (2011 a 2020)**, 2010.

EWEA (European Wind Energy Association). **The Economics of Wind Energy**, 2009

FACCHINI, C. Eólicas saem em busca de fornecedores nacionais. **Jornal Valor Econômico**, Edição de 24 out 2013. Disponível em: <http://www.valor.com.br/empresas/3314850/eolicas-saem-em-busca-de-fornecedores-nacionais>> Acessado em: 26/04/2014, 2013

FERREIRA, H. T. **Energia eólica**: barreiras a sua participação no setor elétrico brasileiro, 2007. 117p. Dissertação de Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia. Universidade de São Paulo. 2007

FISCHLEIN, M.; WILSON, J. E.; PETERSON, T. R.; STEPHENS J.C. States of transmission: Moving towards large-scale wind power, **Energy Policy**, V. 56, P. 101-113, 2013.

FLEURY, A. Planejamento do Projeto de Pesquisa e Definição do Modelo Teórico. In: CAUCHICK MIGUEL, Paulo A. (coord.) **Metodologia de Pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier; ABEPRO, 2010.

FLICK, U. **Uma Introdução à Pesquisa Qualitativa**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

FRANÇOIS, D. E.; ALÉ, J. A. V. **Perspectivas do uso de pequenos aerogeradores conectados à rede elétrica**. Disponível em: <http://www.pucrs.br/ce-eolica/2013/2013_02.pdf>

GLASSER, B. G.; STRAUSS A. L. **The Discovery of Grounded Theory** – strategies for qualitative research. New Brunswick e London, 1999.

GRUBB, M.J; MEYER N. L. Wind energy: resources, systems and regional strategies. In: J O-HANSSON T. B. et. Al. **Renewable energy: sources for fuels and electricity**. Washington, D.D.: Island Press, 1993.

GWEC (Global Wind Energy Council). Global Wind Report, **Annual Market Update 2011**, 2012.

GWEC (Global Wind Energy Council). Global Wind Report, **Global Wind Statistics 2011**, 2012.

IKEDA, A. A.; BIANCHI, E. M. P. G. Considerações sobre usos e aplicações da Grounded Theory em administração. **Faces (FACE/FUMEC)**, v. 8, p. 107-122, 2009.

IPCC. **Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**. Disponível em: <http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Full_Report.pdf>. Acesso em 29/04/2013, 2011.

IPCC. Summary for Policymakers. **IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation**. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press, 2011.

LEÃO, R. P. S.; BARROSO, G. C.; SAMPAIO, R. F.; ALMADA, J. B.; LIMA, C. F. P.; REGO, M. C.O.; ANTUNES, F. L. M. The future of low voltage networks: Moving from passive to active. **Electrical Power and Energy Systems**, v. 33, p. 1506 - 1512, 2011.

LEVACOV, M. Grounded Theory - **Teoria Fundamentada (nos ou em dados)**. Disponível em:<http://www.levacov.eng.br/marilia/grounded_theory.html>. Acesso em: 10/11/2013.

LIRA, M. A. T; SILVA, E. M.; ALVES, J. M. B. Estimativa dos recursos eólicos no litoral cearense usando a teoria da regressão linear. **Rev. bras. Meteorol.**, v.26, n.3, p.349-366. 2011. ISSN 0102-7786

LIU, J.; WANG, R. SUN, Y.; LIN, Y.; XIAO, L. A barrier analysis for the development of distributed energy in China: A case study in Fujian province, **Energy Policy**, In Press, Corrected Proof, Available online 7 June 2013.

LIU, Y.; KOKKO, A. Wind power in China: Policy and development challenges, **Energy Policy**, V. 38, P. 5520-5529, 2010.

MARTINS, G. A. **Manual para Elaboração de Monografias e Dissertações**. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, F.R.; GUARNIERI, R.A.; PEREIRA, E.B. O Aproveitamento da Energia Eólica, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.30, n.1, p.1304-1304, 2008. ISSN 1806-1117.

MARTINS, R. A. Abordagens Quantitativa e Qualitativa. In: CAUCHICK MIGUEL, Paulo A. (coord.) **Metodologia de Pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier; ABEPRO, 2010.

MELO, M. S. M. **Energia Eólica: Aspectos Técnicos e Econômicos 2012**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2012.

- MME. **Balço Energético Nacional 2010 – Ano-base 2010**. Disponível em: <www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/7_-Edicoes_Anteriores_BEN_e_Resenhas/1_-_BEN_Anteriores/8_-_BEN_2011_-_Relatorio_Final.pdf>. Acesso em 26/04/2013, 2011
- MOLLY, J. P. Economics of Wind Farms in Brasil, **DEWI Magazin**, n. 25, August, 2004.
- NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisa em Administração** – FAE – USP. São Paulo, v.1, n.3. 1996.
- OLIVEIRA, C. S. **Metodologia científica, planejamento e técnicas de pesquisa**. São Paulo: LTr, 2000.
- PEERAPAT, V.; MACGILL, I. F. Assessing the value of wind generation in future carbon constrained electricity industries, **Energy Policy**, V 53, P. 400-412, 2013.
- Protocolo de Kyoto. Disponível em: <http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php>. Acessado em: 26/04/2013, 1997.
- RAMOS, D. N. da S., LYRA, R. F. da F.; SILVA JÚNIOR, R. S. Previsão do vento utilizando o modelo atmosférico WRF para o estado de Alagoas. **Rev. bras. meteorol.**, Jun 2013, v.28, n.2, p.163-172. ISSN 0102-7786
- RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.
- RUTHER, R.; ZILLES, R.: Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil. **Energy Policy**, v. 39, p. 1027 - 1030, 2011
- SILVA, N.F. **Pontes de Energia Renováveis Complementares na Expansão do Setor Elétrico Brasileiro: o caso da energia eólica**. 2006. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2006.
- SEINFRA - Secretaria da Infraestrutura do Estado do Ceará, **Atlas do Potencial Eólico do Estado do Ceará**, Fortaleza, 2001.
- SIMAS, M. **Energia eólica e o desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz de insumo-produto ampliada**. 2012. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.
- SOUZA, P.R.C. **Evolução da indústria de energia elétrica brasileira sob mudanças no ambiente de negócios: um enfoque institucionalista**. 2012. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 2012.

TOLMASQUIM, M. T. Fontes Renováveis de Energia no Brasil. Editora Interciência. **Aproveitamento da Energia Eólica**, Revista Brasileira de Ensino de Física, 2008.

TORRES, J. L.; GARCIA, E. P. Characterization of Wind Speed Data According To Wind Direction, **Solar Energy**, v. 66, n. 1, p. 57-64. 1998.

VERGARA, S.C. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

WANG, F., YIN, H., LI, S. China's Renewable Energy Policy: Commitments and Challenges. **Energy Policy**, 38 pp. 1872-1878, 2010.