

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE
RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES

NAYA JAYME RINGER

DESAFIOS DO SETOR DE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL: UMA ABORDAGEM
SISTÊMICA

ORIENTADORA: PROF^A. DR^A. LARA BARTOCCI LIBONI AMUI

RIBEIRÃO PRETO

2014

Prof. Dr. Marco Antonio Zago
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Sigismundo Bialoskorski Neto
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Profª. Dra. Sônia Valle Walter Borges de Oliveira
Chefe do Departamento de Administração

NAYA JAYME RINGER

Desafios do setor de energia eólica no Brasil: uma abordagem sistêmica.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração de Organizações da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências. Versão Corrigida. A original encontra-se disponível na FEA-RP/USP.

ORIENTADORA: PROF^A. DR^A. LARA BARTOCCI LIBONI AMUI

RIBEIRÃO PRETO

2014

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Ringer, Naya Jayme

Desafios do setor de energia eólica no Brasil: uma abordagem sistêmica. Ribeirão Preto, 2014.

153 p. : il. ; 30 cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Administração.

Orientadora: Amui, Lara Bartocci Liboni.

1. Desenvolvimento Sustentável. 2. Energias Renováveis. 3. Setor Elétrico. 4. Energia eólica. 5. Abordagem Sistêmica

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: RINGER, Naya Jayme

Título: Desafios do setor de energia eólica no Brasil: uma abordagem sistêmica.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração de Organizações da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Administração de Organizações.

Aprovado em:

Banca examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Dedico este trabalho a Deus, a toda minha família e aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Sou grata a Deus por todo o amor que tem por mim e por me dar tanto a agradecer neste momento.

Agradeço a toda minha família pelo apoio e carinho. Em especial, aos meus pais Sebastião e Clarice pelo amor incondicional, pelos esforços e pela dedicação sem limites. Ao meu irmão Nelson e à minha prima-irmã, Karla, pelos conselhos e pelo companheirismo.

Agradeço à Universidade de São Paulo, à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto e aos seus Professores pela dedicação e pelos ensinamentos.

Agradeço à Profa Lara Bartocci Liboni Amui, pela orientação, dedicação e pela paciência.

Sou grata também à Profa Sônia Vale Walter Borges de Oliveira, à Profa Melissa Franchini Cavalcanti Bandos e ao Prof. Rudinei Toneto Jr. pelas valiosas contribuições ao trabalho.

Aos funcionários da FEA-RP, em especial aos da Seção de Pós-Graduação, pela atenção e suporte.

Agradecimentos à Sra. Elbia Melo, da ABEEólica, por gentilmente ter aceitado fornecer importantes informações para desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço aos colegas de graduação e pós-graduação da FEA-RP. Em especial, aos amigos que caminharam juntos nos últimos anos, Jessâmine Salvini, Thaís Guelfi, Julia Titoto, Beatriz Willemsens, Jéssica Sanches, Gleison Fonseca, Adriel Branco, Reinaldo Igarashi, Bruno Garcia, Thiago Quilice, Ulisses Rezende, Jonny Rodrigues, Marcus Vinícius Silva, Christyanne Brando e Vinícius Souza, companheiros de dias e dias de estudos, alguns desde a graduação, mas também de momentos de descontração e de muitas risadas. A eles, agradeço pelos conhecimentos compartilhados e pelo encorajamento constante.

Também agradeço às eternas amigas Nádia Rossi e Daniele Longo, pelo carinho e incentivo, mesmo à distância.

À FIPASE e às grandes pessoas que conheci por meio dela, Willy, Juliana, Yhurika, William, Dalmo, Luiz, João Francisco, Priscila, Rafael, Bruno, Lorena, Patrícia, Alessandro, Vera, Rodrigo P., Rodrigo E., Érico e tantos outros que fazem ou fizeram parte da equipe, agradeço pela compreensão, apoio e incentivo. Em especial, agradeço a Eduardo Cicconi, Saulo Rodrigues, Dalton Marques e Aline Figlioli pelo aprendizado e pelas oportunidades.

A tantas outras pessoas que cruzaram meu caminho e que, direta ou indiretamente, colaboraram para a conclusão desta etapa.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

"Mesmo que o futuro pareça distante, ele, está, na verdade, começando neste exato momento".

Mattie J. T. Stepanek

RESUMO

RINGER, N. J. **Desafios do setor de energia eólica no Brasil:** uma abordagem sistêmica. 2014. 153 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014.

A busca pelo Desenvolvimento Sustentável inclui estratégias como o maior uso de formas de energia renováveis, que tenham menores impactos no meio ambiente, que tragam benefícios sociais, como geração de empregos, desenvolvimento científico, por exemplo e que tragam benefícios econômicos, como o barateamento do acesso à energia e uma menor dependência ao petróleo, entre outros. No Brasil, a principal fonte de geração de energia elétrica é a hidráulica que precisa ser complementada a fim de garantir um fornecimento estável. Uma forma de energia que tem grande potencial de geração no Brasil é a eólica, que compõe apenas uma pequena parte da matriz energética brasileira, mas que vem ganhando destaque nos leilões, por conta de sua competitividade. No entanto, para que o setor se consolide no país, ainda há diversos desafios. O presente trabalho se propôs a compreender o setor e esses desafios. Além de colaborar para o setor e ajuda-lo com a melhora da informação e sensibilização da opinião pública sobre energias renováveis, o trabalho pode ser de grande valia para o enriquecimento da literatura relacionada, visto que ele supre uma lacuna de trabalhos acadêmicos que analisam o setor de forma tão ampla e com tais metodologias. Foi desenvolvida uma pesquisa qualitativa dividida em duas etapas. A primeira trata-se de uma análise do setor e do ambiente em que ele está inserido, na qual foram analisados aspectos político-legais, econômicos, sociais, ambientais e tecnológicos, bem como oportunidades e ameaças do setor. Em um segundo momento, a fim de complementar essa análise, foi realizada uma análise do sistema por meio da *Soft System Methodology*. Para as análises propostas foram coletadas informações secundárias, principalmente utilizadas na primeira parte da análise e informações primárias, coletadas por meio de uma entrevista semiestruturada, que, juntamente com as informações da primeira etapa, foi analisada na segunda etapa. Como conclusão do trabalho, foram colocadas sugestões úteis à busca de competitividade do setor. Já que a utilização de fontes de energias renováveis é importante para a busca de Desenvolvimento Sustentável e que o Brasil tem grande potencial de tornar prática essa estratégia por meio da energia eólica, percebeu-se que é necessário incentivar o setor desenvolvendo novas linhas de financiamento, investindo-se em inovação e capacitação

de recursos humanos, realizando trabalhos de conscientização do público em geral e trabalhando para que se reduza as dificuldades de implantação de projetos. Isso demonstraria os esforços do país na procura por um desenvolvimento econômico e social, que leve em consideração o meio ambiente e sua sustentabilidade, o que deveria ser feito em âmbito global.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável. Energias renováveis. Energia eólica. Setor elétrico. Abordagem sistêmica.

ABSTRACT

RINGER, N. J. **Challenges of the wind energy in Brazil: A systemic approach.** 2014. 153 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014.

The pursuit of sustainable development includes strategies such as increasing the use of renewable forms of energy that have less impact on the environment, that bring social benefits such as employment generation, scientific development, for example and bring economic benefits, such as cheaper access to energy and less dependence on oil, among others. In Brazil the main source of electricity generation is hydro needs to be supplemented in order to ensure a steady supply. A form of energy that has great potential generation in Brazil is the wind, which makes up only a small part of the Brazilian energy matrix, but it is gaining prominence in the auction because of their competitiveness. However, for the sector to consolidate in the country, there are still many challenges. This study aimed to understand the industry and these challenges. In addition to collaborating for the sector and help it to improve information and raise public awareness about renewable energy, the work can be of great value to the enrichment of the related literature, since it fills a gap in academic papers by analyzing the industry widely and using such methodologies. A qualitative research divided in two steps was developed. The first is an analysis of the industry and his environment, in which political-legal, economic, social, environmental and technological aspects, as well as opportunities and threats in the industry were analyzed. In a second step, in order to complement this analysis, an analysis of the system via the Soft System Methodology was held. For the proposed analyzes were collected secondary information, mainly used in the first part of the analysis and primary data collected through a semi-structured interview, which, together with information from the first step, the second step was analyzed. As completion of the work, were placed in the search for useful suggestions competitiveness of the sector. As the use of renewable energy is important to the search for sustainable development and that Brazil has great potential to make practice this strategy through the use of wind energy, it was realized that it is necessary to encourage the industry to develop new lines of financing, by investing in innovation and training of human resources, and undertaking public awareness in general and working for reducing the difficulties of implementing projects. This would demonstrate the country's efforts in the search for economic and social development that takes

into consideration the environment and its sustainability, what should be done globally.

Keywords: Sustainable development. Renewable energy. Wind energy. Power sector, Systemic approach.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas da pesquisa.....	19
Figura 2 - Resumo das etapas do trabalho.....	21
Figura 3 - Principais considerações envolvidas no desenvolvimento de tecnologias de energia renovável para o desenvolvimento sustentável.	42
Figura 4 - Instituições do Sistema Elétrico Brasileiro.....	58
Figura 5 - Horizontes dos Leilões de Energia	62
Figura 6 - Evolução da capacidade energética instalada por tipo de fonte de geração (GW em %)	64
Figura 7 - Capacidade Cumulativa Global de Energia Eólica.	73
Figura 8 - Potência Total por Estado.....	76
Figura 9 - Capacidade Instalada por Estado.....	76
Figura 10 - Potência em Construção e Contratada.....	77
Figura 11 - Evolução da Capacidade Instalada no Brasil.....	79
Figura 12 - Contratação por MW	79
Figura 13 - Distribuição dos custos iniciais de um projeto eólico.	80
Figura 14 - Mapa tecnológico do tema “energias renováveis” no mundo 2010-2030.....	101
Figura 15 - Mapa tecnológico do tema “energias renováveis” no Brasil 2010-2030	102
Figura 16 - Figura rica - Sistema de geração de energia eólica.	118

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Objetivos, indicadores e conteúdos relacionados considerados na Análise de Conteúdo.....	24
Quadro 2 - Resumo metodologia e análises.....	26
Quadro 3 - CATWOE para etapa 3 da SSM.....	47
Quadro 4 - Aspectos Político-Legais	71
Quadro 5 - Aspectos Econômicos	87
Quadro 6 - Empregos gerados por energias renováveis e características.....	89
Quadro 7 - Comparação dos impactos no habitat da energia eólica e de outras fontes de energia	93
Quadro 8 - Avaliação qualitativa de diferentes formas de energia.....	93
Quadro 9 - Aspectos Sociais e Ambientais	96
Quadro 10 - Aspectos Tecnológicos	104
Quadro 11 - Oportunidades e ameaças.....	107
Quadro 12 - Seleção de mudanças - Matriz Energética	134
Quadro 13 - Seleção de mudanças - Ambiente Institucional	135
Quadro 14 - Seleção de mudanças - Investimentos.....	136
Quadro 15 - Seleção de mudanças - Ambiente Internacional	135
Quadro 16 - Seleção de mudanças - Mercado de carbono brasileiro	135
Quadro 17 - Seleção de mudanças - Infraestrutura	136
Quadro 18 - Seleção de mudanças - Inovação	137
Quadro 19 - Seleção de mudanças - Capacitação/Geração de empregos.....	137
Quadro 20 - Seleção de mudanças - Financiamento	136
Quadro 21 - Seleção de mudanças - Impactos ambientais, sonoros e visuais.....	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Capacidade Cumulativa Global de Energia Eólica	73
Tabela 2 - Consolidado dos Leilões	78
Tabela 3 - Estatísticas dos Leilões	78
Tabela 4 - Custos iniciais de projetos em energia eólica	81
Tabela 5 - Consumo de água de plantas de energias convencionais e fontes baseadas em energia renovável.	91
Tabela 6 - Avaliação qualitativa do impacto das energias renováveis.....	94
Tabela 7 - Eficiência na geração de eletricidade.....	97

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Problemas de pesquisa	17
1.2	Contribuições	17
1.3	Objetivos.....	17
2	MÉTODO	18
2.1	Premissas	18
2.2	Tipo de pesquisa.....	18
2.3	Fontes de coleta de dados	20
2.4	Análise de dados.....	21
2.4.1	<i>Triangulação de Dados.....</i>	<i>21</i>
2.4.2	<i>Análise de Conteúdo</i>	<i>22</i>
2.4.3	<i>Análise do Setor e do Ambiente.....</i>	<i>24</i>
2.4.4	<i>Análise Sistêmica</i>	<i>25</i>
3	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	27
4	ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	31
4.1	Importância da utilização dos recursos energéticos renováveis para os problemas ambientais.....	32
4.2	Importância dos recursos energéticos renováveis e para o desenvolvimento sustentável.....	35
4.3	O uso de tecnologias de energias renováveis	38
5	ABORDAGEM SISTÊMICA	44
5.1	Aspectos gerais	44
5.2	Soft system methodology	45
6	ANÁLISE DO SETOR E DO AMBIENTE.....	48
6.1	Levantamento dos aspectos políticos e legais	48
6.1.1	<i>Setor de Energia Elétrica no Brasil</i>	<i>48</i>
6.1.2	<i>Matriz Energética Brasileira e a participação das energias renováveis.....</i>	<i>63</i>
6.1.3	<i>Histórico e Caracterização do Setor de Geração de Energia Eólica</i>	<i>65</i>
6.1.4	<i>Energia Eólica no Brasil</i>	<i>67</i>
6.2	Levantamento dos aspectos econômicos	72

6.2.1	<i>Situação Brasileira Atual e Projeções</i>	75
6.2.2	<i>Estrutura de Custos do Setor</i>	80
6.3	Levantamento dos aspectos sociais e ambientais	88
6.4	Levantamento dos aspectos tecnológicos	97
6.4.1	<i>Aspectos técnicos</i>	97
6.4.2	<i>Cadeia produtiva</i>	97
6.4.3	<i>Inovação e competitividade</i>	99
6.5	Levantamento das oportunidades e ameaças	105
7	ANÁLISE DA ENTREVISTA.....	108
8	APLICAÇÃO DA SSM	117
8.1	Estágio 1 (averiguação)	117
8.2	Estágio 2 (definição da situação problema).....	117
8.3	Estágio 3 (formulação das definições essenciais presentes no sistema)	119
8.4	Estágio 4 (elaboração de modelos conceituais)	120
8.5	Estágio 5 (comparação da etapa 4 com a 2)	126
8.6	Estágios 6 e 7 (seleção de mudanças a serem implementadas e ações para melhorar o problema).....	134
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	139
	REFERÊNCIAS	143
	APÊNDICE A - Roteiro para a elaboração da entrevista	152

1 INTRODUÇÃO

Para a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED) no relatório “*Our Common Future*” (BRUNDTLAND, 1987), o termo "Desenvolvimento Sustentável" pode ser definido como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades. O que em discussões anteriores se tratava de uma preocupação acerca dos impactos do crescimento econômico sobre o meio ambiente, transforma-se, a partir desse relatório, em outra perspectiva, agora relacionada aos impactos do estresse ecológico – degradação dos solos, regimes hídricos, atmosfera e florestas sobre as perspectivas econômicas. O termo congrega uma preocupação econômica, social e ambiental (BRUNDTLAND, 1987; HOPWOOD; MELLO; O'BRIEN, 2005) e, seguindo o conceito original de "Desenvolvimento", estabelece relação com o desenvolvimento buscado e os meios para atingir tais objetivos, incluindo, agora, objetivos relacionados também à sustentabilidade ambiental (LÉLÉ, 1991).

Seguindo essa lógica, um desenvolvimento que seja sustentável depende, entre outros fatores, do acesso a recursos energéticos. Para Dincer e Rosen (2005), a energia é o motor da tecnologia, a vida e a sociedade. Segundo eles, os recursos energéticos ajudam na criação de riqueza e melhoria dos padrões de vida dos indivíduos e das sociedades. Energia, conseqüentemente, é uma questão fundamental nas discussões sobre desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, uma fonte segura de recursos de energia é geralmente um requisito necessário, mas não suficiente, para o desenvolvimento dentro de uma sociedade. O desenvolvimento sustentável exige um fornecimento sustentável de recursos energéticos que, no longo prazo, esteja prontamente disponível a um custo razoável e que possa ser utilizado para todas as tarefas necessárias sem causar impactos negativos ambientais e sociais. O fornecimento de recursos energéticos, tais como os combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) e o urânio são geralmente reconhecidos como sendo finitos; outras fontes de energia como a solar, eólica e hidráulica são geralmente consideradas renováveis e, portanto, sustentáveis a, relativamente, um longo prazo. Resíduos e biomassa também são geralmente vistos como fontes de energia sustentáveis (DINCER; ROSEN, 2005).

Nesse contexto afirma-se o uso de energias renováveis como possível solução para problemas econômicos, sociais e ambientais enfrentados, problemas estes que impedem a busca pelo desenvolvimento sustentável.

A energia eólica, por sua vez, encontra-se entre as soluções energéticas para possível

resolução desse problema. O trabalho de Evans, Strezov, Evans (2009) encontrou que, quando analisadas questões como i. Preço da eletricidade gerada; ii. Emissão de gases do efeito estufa durante o ciclo de vida da tecnologia; iii. Disponibilidade de fontes renováveis; iv. Eficiência da conversão de energia; v. Necessidade de área; vi. Consumo de água e; vii. Impactos sociais, a energia eólica é a forma mais sustentável, de energia renovável, em comparação com a energia fotovoltaica e hidráulica.

No cenário brasileiro a energia eólica, que tem grande potencial de ser gerada, ganhou atenção do Governo puxada pelo aumento da preocupação mundial com as questões ambientais. Dessa forma, o Governo passou a trabalhar a fim de melhorar o ambiente institucional do setor, inserindo esse tipo de energia na matriz energética brasileira. Observa-se uma crescente instalação de unidades fabris de empresas da cadeia do setor eólico no Brasil, o que se deve, em parte, à competitividade que a energia eólica tem apresentado nos leilões mais recentes, devido à queda de preço da energia (BNDES, 2012).

Conforme traz BNDES (2012), o setor no Brasil vem ainda se desenvolvendo e sua cadeia produtiva vem se adensando aos poucos. Enquanto isso a capacidade produtiva dele é de aproximadamente 3,4 GW a.a. em relação a equipamentos de energia eólica, conforme dados da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), trazidas por BNDES (2012).

Segundo o Ministério de Minas e Energia (MME) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), no Plano Decenal de Expansão de Energia 2022, a geração de energia por fonte eólica vem sendo a que mais cresce em participação nos leilões, desde 2009 (MME; EPE, 2013). Isso demonstra que as usinas eólicas vêm alcançando preços competitivos, o que colaborou, inclusive para a instalação de uma indústria nacional de equipamentos para atender todo esse mercado que vem sendo desenvolvido. Para as instituições, esse bom desempenho é resultado da combinação de fatores relacionados ao cenário externo, ao desenvolvimento tecnológico e da cadeia produtiva, além de aspectos regulatórios, tributários e financeiros (MME; EPE, 2013).

Diante desse contexto, este trabalho procura entender o setor e seus desafios e propor sugestões úteis ao desenvolvimento dele, conforme apresentado nas seções seguintes.

1.1 Problemas de pesquisa

Uma vez apresentado o contexto da pesquisa e a justificativa de sua execução, entende-se que o problema a ser respondido é: “Quais são os principais desafios do setor de geração de energia eólica no Brasil?”.

1.2 Contribuições

A presente pesquisa busca, por meio de uma análise sistêmica, entender o setor de energia eólica e suas dificuldades, de forma a promover o uso desta energia limpa e renovável no Brasil e sugerir ações que busquem a sustentabilidade e uma maior competitividade do mesmo. Além disso, por ser um trabalho acadêmico, contribuirá com os estudos científicos relacionados ao setor, fazendo uma ponte entre o setor e a academia.

1.3 Objetivos

O trabalho tem como objetivo geral compreender o setor de energia eólica e seus desafios, utilizando uma visão científica, buscando sugestões para seu desenvolvimento sustentável e aumento de competitividade. Para que se atinja o objetivo proposto, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Analisar o macroambiente em que o setor está inserido;
- Analisar o setor de forma sistêmica;
- Propor soluções para o desenvolvimento sustentável e aumento da competitividade do setor.

2 MÉTODO

2.1 Premissas

Diante do exposto, entende-se a necessidade de se promover o desenvolvimento ambiental, social e econômico, por meio de formas sustentáveis. Dessa forma, baseado em: (i) no que traz Dincer e Rosen (2005) de que projetos de pesquisa e divulgação são necessários para melhorar a informação e sensibilização da opinião pública, sobre energias renováveis; (ii) na necessidade de suprir uma lacuna de trabalhos acadêmicos que analisem o setor como um todo; (iii) na comprovada eficácia das formas de energias renováveis para promoção de Desenvolvimento Sustentável; (iv) no melhor custo-benefício da energia eólica, dentre todas formas de energia renováveis; (v) no considerável potencial de geração de energia a partir de ventos *onshore* e *offshore* que o Brasil apresenta; e apoiando-se também nas afirmações de MME e EPE (2012) de que (vi) o desenvolvimento acelerado do setor tem início nos aspectos do cenário externo, do desenvolvimento tecnológico, da cadeia produtiva, além de aspectos regulatórios; nas afirmações de Silva et al. (2013) de que (vii) as dificuldades do setor e do PROINFA resultam do caráter inovador do Programa e são um espelho da situação socioeconômica brasileira e os seus riscos e incertezas, que são vistos pelos investidores; propõe-se, portanto, com o presente trabalho, realizar uma análise setorial e sistêmica, baseada em informações primárias, secundárias e da literatura.

2.2 Tipo de pesquisa

Esta pesquisa é dividida em três etapas. A primeira trata-se de uma revisão bibliográfica acerca do setor de geração de energia eólica no Brasil e seus desafios. A seguir, foram levantadas e analisadas informações sobre o macroambiente do setor. Nessa fase foram analisados os aspectos político-legais, econômicos, sociais, ambientais e tecnológicos, bem como as oportunidades e ameaças do setor. Na fase seguinte o setor foi analisado por meio da ferramenta de análise SSM - *Soft System Methodology*, tentando entender todos os envolvidos no seu sistema e como se dá a interação entre eles. O esquema a seguir resume as etapas desenvolvidas na pesquisa e que serão detalhadas nos próximos tópicos relacionados à metodologia do trabalho.

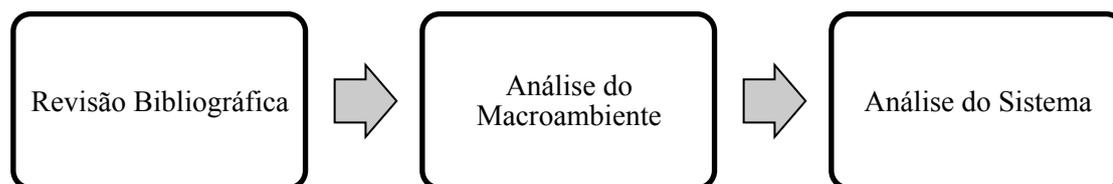


Figura 1 - Etapas da pesquisa
Fonte: Elaborado pela autora.

Todas as etapas do presente trabalho são consideradas qualitativas, que auxiliam a entender a natureza de um fenômeno social (RICHARDSON, 1999), utilizando um conjunto de práticas interpretativas, buscando tornar a realidade observada em representações como notas, entrevistas, entre outros. A tentativa da pesquisa qualitativa é de entender o sentido de fenômenos ou interpretar fenômenos em termos do significado que as pessoas trazem para eles (DENZIN; LINCOLN, 1994).

Conforme traz Godoi e Balsini (2006), a pesquisa qualitativa procura explicar o fenômeno social de forma menos afastada possível do ambiente em que ele ocorre. Os mesmos autores apresentam a ideia de que a pesquisa qualitativa tem foco em significados e processos, buscando interpretar significados e intenções dos envolvidos no fenômeno estudado. Os métodos usados em pesquisas qualitativas são geralmente interativos, intensivos e envolvem um compromisso de longo prazo.

Ainda nesse sentido, de acordo com o proposto por Denzin e Lincoln (1994), esta pesquisa, uma vez qualitativa, envolverá o estudo de uma variedade de materiais empíricos, como entrevistas, textos históricos, entre outros, implantando, assim, uma ampla variedade de práticas interpretativas interligadas, esperando obter uma melhor compreensão do assunto. É entendido, contudo, que cada uma de práticas faz o mundo visível de uma forma diferente. Portanto, há muitas vezes um compromisso com a utilização de mais de uma prática interpretativa em qualquer estudo.

Apesar do termo “qualitativa” implicar em uma ênfase sobre as qualidades dos processos envolvidos na pesquisa e na falta de um exame de forma experimental ou na mensuração de, por exemplo, quantidades ou intensidades de frequência, pesquisas qualitativas podem se utilizar no seu decorrer de estatísticas, tabelas, gráficos e números, cujo uso também é comum em pesquisas que não são quantitativas (DENZIN; LINCOLN, 1994). Estudos qualitativos não perdem sua natureza ao utilizar informações colhidas por estudos quantitativos ou quando as informações qualitativas são transformadas em dados

quantificáveis (RICHARDSON, 1999)

Conforme traz Gil (1999), as pesquisas sociais podem ser divididas em estudos exploratórios, descritivos e aqueles que verificam hipóteses causais. As pesquisas descritivas, por sua vez, objetivam descrever as características de determinada população ou fenômeno ou, ainda, estabelecer relações entre variáveis.

Nas etapas da pesquisa consideradas descritivas apenas foram realizadas a observação de variáveis ligadas ao setor de geração de energia eólica a fim de se entender seus desafios e posteriormente propor sugestões de busca de sustentabilidade e aumento da competitividade do setor. Contudo, é preciso deixar claro que não serão manipuladas variáveis.

2.3 Fontes de coleta de dados

Para viabilizar o desenvolvimento do trabalho foram coletados dados de bases acadêmicas, como artigos, dissertações, teses, entre outros. Para isso foram consultadas bases como Scopus, Science Direct, Scielo, Jstor, Emerald Insight e Proquest, além de banco de teses e dissertações de universidades. Essas fontes foram utilizadas principalmente na primeira etapa da pesquisa, que consiste na Revisão Bibliográfica.

Foram consultados ainda, especialmente para as análises macroambiental e sistêmica, materiais disponibilizados por organizações diretamente ligadas ao setor no Brasil e no mundo, como a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), *World Wind Energy Association*, *Global Wind Energy Council* (GWEC), entre outros, além de organizações que contribuíram com informações adicionais para as análises, como Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), entre outras. Foram utilizados também materiais encontrados em veículos de informação.

Foram utilizadas, ainda, informações coletadas por meio de uma entrevista em profundidade, a fim de se conhecer um ponto de vista geral sobre o setor, que foi realizada por telefone com a Sra. Elbia Melo, Presidente Executiva da ABEEólica - Associação Brasileira de Energia Eólica e foi guiada por um roteiro semiestruturado, trazido no APÊNDICE A. Tentou-se, ainda, coletar informações com cinco empresas do setor, que administram projetos eólicos. Apenas duas responderam o contato, mas não puderam participar, por falta de disponibilidade de tempo de seus representantes.

2.4 Análise de dados

Conforme já apresentado, foram realizadas duas análises principais, a macroambiental e a sistêmica, com base em informações retiradas dos documentos apontados e da entrevista. Para aumentar a confiabilidade das informações levantadas, utilizou-se diversas fontes, o que caracterizou-se como Triangulação de Dados, conforme descrito na subseção 5.4.1. E como ferramenta de auxílio às análises foi utilizada a Análise de Conteúdo para extração dessas informações dos documentos e entrevista, o que também será descrito na subseção 5.4.2.

Em resumo, o trabalho decorreu da seguinte forma:

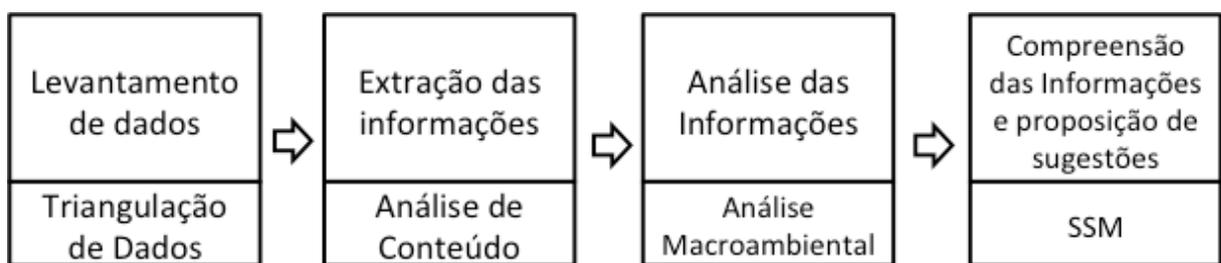


Figura 2 - Resumo das etapas do trabalho

Fonte: Elaborada pela autora

As análises e ferramentas mencionadas são apresentadas com maiores detalhes nas subseções seguintes.

2.4.1 Triangulação de Dados

Para melhor compreensão do setor e, assim, para uma melhor aplicação da análise sistêmica, foi utilizada como suporte a técnica de triangulação. Jack e Raturi (2006) explicam que existem 5 formas de aplicação: (i) Triangulação de dados, na qual se usa múltiplas formas de se coletar e de se analisar dados envolvendo tempo, espaço e pessoas; (ii) Triangulação de investigadores, quando se usa analisa a visão de mais de um observador; (iii) Triangulação múltipla, que usa múltiplos observadores, perspectivas teóricas, fontes de dados e metodologias; (iv) Triangulação teórica, quando se usa mais de um esquema teórico na interpretação do fenômeno analisado; e por fim, (v) Triangulação metodológica, na qual se usa mais de uma fonte de dados qualitativa ou quantitativa ou, ainda, mais de um método em uma única pesquisa. Os autores ainda mostram que a utilização dessa técnica permite que seja feita uma análise mais completa, pelo fato de se combinar diferentes formas de se fazê-la,

permitindo várias observações, de modo que se possa confirmar as conclusões alcançadas.

Para realização do presente estudo utilizou-se informações vindas de bases acadêmicas, diversas fontes de informações secundárias sobre o setor, bem como a realização de entrevista. Dessa forma, foi realizada a triangulação de dados para fornecer informações úteis à SSM, conforme Jack e Raturi (2006).

2.4.2 *Análise de Conteúdo*

Os dados coletados foram analisados conforme proposto Bardin (2011) que sugere que a análise de conteúdo seja feita seguindo as seguintes etapas:

- 1) pré-análise;
- 2) exploração do material;
- 3) tratamento de resultados, inferência e interpretação.

Na pré-análise, o pesquisador deve se organizar para interpretar os dados. Essa fase tem como objetivo sistematizar e operacionalizar as ideias iniciais a fim de desenvolver um plano de análise e as missões de: escolher os documentos a serem analisados, formular proposições e objetivos e, por fim, elaborar indicadores que servirão de fundamentação para a interpretação final. Essas três missões dependem uma da outra, portanto não há uma ordem correta de estabelecimento de seus itens.

A pré-análise deve ser realizada por meio de três atividades:

- a) **Leitura Flutuante** – Essa atividade consiste em se tirar impressões e orientações dos documentos. A leitura vai se tornando precisa pouco a pouco.
- b) **Escolha dos documentos** – Os documentos podem ser escolhidos previamente ou depois de se estabelecer os objetivos, de acordo com o que estes demandarem.
- c) **Formulação das proposições e dos objetivos** – Fase em que se define a afirmação prévia do que se está verificando (hipótese), bem como a finalidade das análises (objetivos). No caso do presente trabalho, que não estabelece hipóteses, foram definidos apenas os objetivos da análise de conteúdo, de acordo com o que se procurava conhecer para se atender o objetivo geral da pesquisa.
- d) **Referenciação dos índices e a elaboração de indicadores** – Nessa etapa define-se indicadores que apontarão o aparecimento de determinados conteúdos nos documentos.

e) Preparação do material – Aqui os documentos são colocados de forma que se possa desenvolver a análise, como providenciar o número de cópias suficiente, recortar artigos de imprensa, documentar entrevistas, entre outros procedimentos.

Na etapa de exploração do material, Bardin (2011) afirma que as decisões tomadas até então, são apenas aplicadas de forma sistemática.

No tratamento dos resultados obtidos e interpretação, os resultados brutos são trabalhados, de maneira que ganhem significado e validade. Muitas vezes, esses resultados são submetidos a análises estatísticas. Posteriormente são propostas inferências e interpretações baseadas nos objetivos estabelecidos.

Nesta pesquisa os documentos utilizados foram selecionados de acordo com o conteúdo de cada um. O conteúdo buscado deveria procurar atingir os objetivos definidos para a análise, que, conforme já mencionado, foram firmados de acordo com o que se buscava entender.

Nesse sentido, para obter informações necessárias para as análises macroambiental e sistêmica, a análise de conteúdo buscou identificar determinadas variáveis pertinentes, de acordo com os conteúdos a que cada se referia, seguindo os objetivos definidos conforme apresentado no quadro 1:

Objetivos da Análise de Conteúdo	Indicadores considerados	Conteúdos abrangidos
Identificar Aspectos Político-Legais	Aspectos Político-Legais	Aspectos relacionados ao ambiente institucional, à legislação, regulação, políticas públicas
Identificar Aspectos Econômicos	Aspectos Econômicos	Aspectos relacionados a cenários econômicos, mercado de carbono, capacidade de geração de energia, comercialização de energia, estrutura de custos, competitividade, preços
Identificar Aspectos Sociais e Ambientais	Aspectos Sociais e Ambientais	Aspectos relacionados à geração de empregos, capacitação de mão-de-obra, impactos visuais, impactos sonoros, impactos ambientais, uso do solo
Identificar Aspectos Tecnológicos	Aspectos Tecnológicos	Aspectos relacionados à produtividade, eficiência energética, cadeia produtiva, equipamentos relacionados, inovação tecnológica, patentes, mapa tecnológico
Identificar Oportunidades	Oportunidades	possibilidades de desenvolvimento do setor e torna-lo mais competitivo
Identificar Ameaças	Ameaças	fatores que podem prejudicar o desenvolvimento e competitividade do setor

Quadro 1 - Objetivos, indicadores e conteúdos relacionados considerados na Análise de Conteúdo.

Fonte: Elaborado pela autora.

É importante ressaltar que alguns aspectos acabam por influenciar outros, de forma que em alguns momentos eles parecem se confundir. Portanto, a análise aqui proposta pode considerar conteúdos parecidos ou relacionados em mais de um indicador. O mesmo foi feito para análise da entrevista.

No que diz respeito aos resultados da análise de conteúdo, no caso do presente trabalho, essa análise tinha como objetivo identificar e categorizar informações sobre o setor. Dessa forma, a análise de conteúdo aplicada aqui não submeteu o teor levantado a análises estatísticas.

Em um segundo momento, as informações obtidas por meio da análise de conteúdo foram utilizadas nas análises macroambiental e sistêmica. Portanto, a análise de conteúdo neste trabalho funcionou como uma ferramenta complementar às duas análises principais.

2.4.3 Análise do Setor e do Ambiente

Na Análise do Setor e do Ambiente em que ele está inserido, foi realizada uma análise PEST, com o objetivo de prover o melhor entendimento das condições gerais do setor.

Conforme explica LEE; CHAE; CHO (2013), a análise PEST, desenvolvida pelos autores Fahey e Narayanan em 1986, é um método para a análise de mercados e ambientes de negócios, considerando diversos fatores políticos, econômicos, sociais e tecnológicos e é útil

para analisar os mercados do ponto de vista macroambientais. Os fatores políticos incluem a intervenção do governo nos mercados e várias condições políticas em que os mercados operam (por exemplo, tributação, regulamentação e estabilidade política). Os fatores econômicos incluem o crescimento de mercado, taxas de câmbio e os benefícios econômicos, o que pode influenciar as operações de negócios e tomada de decisão. Os fatores sociais referem-se às características culturais e o clima social, incluindo tendências ou padrões de compra dos clientes, marcas, questões sociais, publicidade e popularidade, entre outros. Finalmente, os fatores tecnológicos referem-se a questões tecnológicas que dizem respeito a novas tecnologias e tendências tecnológicas.

Essa ferramenta, já consagrada na literatura, analisou as seguintes variáveis do ambiente externo:

- a) Aspectos Político-Legais;
- b) Aspectos Econômicos;
- c) Aspectos Sociais e Ambientais;
- d) Aspectos Tecnológicos.

A análise PEST foi complementada pela análise das oportunidades e ameaças do setor de geração de energia eólica, o que aumenta o conhecimento sobre o ambiente externo do setor. Segundo SEVKLI et al. (2012) uma organização deve estar ciente das oportunidades de desenvolvimento, como consequência de mudanças ambientais e ser capaz de responder-lhes de forma criativa. Além disso, conhecer também as ameaças permite que se trace estratégias para evitar ou reduzir seus impactos. Por fim, uma vez conhecido o macroambiente do setor, aplicou-se a análise sistêmica por meio da *Soft System Methodology* - SSM.

2.4.4 Análise Sistêmica

A abordagem sistêmica tem foco em problemas complexos. Um “sistema” é a “disposição das partes ou dos elementos de um todo, coordenados entre si, e que funcionam como uma estrutura organizada” (FERREIRA, 1996, *apud* CAVALCANTI; PAULA, 2006, p 3). Um sistema pode ter sua complexidade medida pela quantidade de elementos que fazem parte dele, assim como seus atributos, interações, bem o seu grau de organização. A abordagem sistêmica permite que os problemas sejam resolvidos por meio da análise do todo e não apenas pela análise das partes isoladamente.

Como já mencionado, a metodologia usada aqui foi a *Soft Systems Methodology* (SSM), projetada para resolver problemas *soft*, ou seja, problemas complexos que são vistos

de maneiras diferentes pelos diversos *stakeholders* envolvidos. A metodologia se mostra conveniente ao que se propõe a presente pesquisa, visto que uma análise do todo se mostra adequada para identificar os desafios do setor de geração de energia eólica e propor sugestões para o seu desenvolvimento sustentável e competitividade.

A abordagem sistêmica adotada na pesquisa, bem como a SSM são melhores apresentadas no item 6.3 ABORDAGEM SISTÊMICA, presente no Capítulo II do trabalho.

A fim de resumir as informações apresentadas acerca da metodologia da pesquisa e de sua análise, traz-se o quadro 2:

PERGUNTA	OBJETIVO GERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	COLETA DE DADOS	FONTES DE DADOS	ANÁLISE DE DADOS
Como tornar o setor de energia eólica mais competitivo, utilizando uma visão científica?	Compreender quais são os principais desafios do setor de geração de energia eólica no Brasil, a fim de conhecer seus desafios	Analisar o macroambiente do setor.	Pesquisa em bases acadêmicas e meios de comunicação.	Fontes secundárias.	Análise de Conteúdo; Análises PEST e de ameaças e oportunidades.
		Analisar o sistema do setor.			Pesquisa em bases acadêmicas, meios de comunicação e entrevistas.
		Propor soluções para o desenvolvimento sustentável e aumento da competitividade do setor.	<i>Soft System Methodology</i>		

Quadro 2 - Resumo metodologia e análises.

Fonte: Elaborado pela autora.

3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O debate sobre Desenvolvimento Sustentável é a que baseia este trabalho, visto que foi a partir do momento que se percebeu que o Desenvolvimento Econômico e Social (que até então eram o foco da ONU) isolados não eram sustentáveis, e que era mandatório agregá-los à sustentabilidade ambiental, foi que surgiu a necessidade de estratégias alternativas para se alcançar esse novo paradigma. Dentre essas novas estratégias, a busca por fontes de energia alternativas às tradicionais vem se destacando como uma das mais concretas. É nesse contexto que a exploração da energia proveniente do vento desponta como solução viável, conforme apresentado no material a seguir.

A discussão que precede o surgimento do conceito de “Desenvolvimento Sustentável”, passa pelas discussões acerca dos conceitos de “sustentabilidade” e “desenvolvimento”.

Lélé (1991) traz que Desenvolvimento Sustentável é simplesmente o desenvolvimento que pode ser continuado, indefinidamente ou por um período implícito que se tenha interesse. A fim de facilitar a compreensão do termo, Lélé (1991) segregou o conceito de Desenvolvimento Sustentável. A definição de desenvolvimento, incorpora dois aspectos: (a) os objetivos do presente processo, e (b) os meios para atingir estes objetivos. Já o conceito de “sustentabilidade” teve sua origem no contexto de recursos renováveis, como florestas e pesca, e foi posteriormente adotado como slogan por um amplo movimento ambientalista. A maioria dos defensores da sustentabilidade a define, então como "a existência de condições ecológicas necessárias para sustentar a vida humana a um nível de bem-estar através de gerações futura", chamada também de sustentabilidade ecológica” (LÉLÉ, 1991). O autor chama a atenção para o fato de que, às vezes, a palavra sustentabilidade é usada com conotações sociais, e cita uma guerra como exemplo de (in)sustentabilidade social, que pode ter causas sociais e ambientais.

A evolução do conceito “Desenvolvimento Sustentável” passa pela Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, que aconteceu em 1972 em Estocolmo. A Conferência reconheceu a "importância da gestão ambiental e ao uso da avaliação ambiental como ferramenta de gestão". Nessa ocasião, a ligação entre as questões ambientais e de desenvolvimento ainda não havia surgido fortemente, mas houve indícios de que a forma de desenvolvimento econômico teria que sofrer alterações. Na mesma época, acontecia o Clube de Roma, grupo de eminentes cientistas e cidadãos preocupados que se reuniram em Roma para analisar a crise ambiental global, que se expandia a um ritmo alarmante. Este grupo

produziu um relatório abrangente sobre o estado do ambiente natural, que enfatizou que a sociedade industrial ultrapassaria a maioria dos limites ecológicos dentro de uma questão de décadas, se continuasse a promover o tipo de crescimento econômico que testemunhou nas décadas de 1960 e 1970. A partir desse momento, conforme apresentado por Mebratu (1998), a terminologia evoluiu para termos como "meio ambiente e desenvolvimento", "desenvolvimento sem destruição" e "desenvolvimento ambientalmente saudável". Finalmente, o termo "eco-desenvolvimento" apareceu na revisão do Programa Ambiental da ONU em 1978. A esta altura, tornou-se internacionalmente reconhecido que as ideias ambientais e de desenvolvimento deveriam para ser consideradas de forma conjunta.

A primeira tentativa efetiva de integrar os termos desenvolvimento e meio ambiente surgiu em 1980, com a Estratégia Mundial para a Conservação, formulado pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), em colaboração com o Fundo Mundial para a Natureza (WWF) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Embora o termo "desenvolvimento sustentável" não aparece no texto, o subtítulo estratégico "A conservação de recursos vivos para o Desenvolvimento Sustentável", certamente dá destaque para o conceito de sustentabilidade¹ (KHOSLA, 1995, *apud* MEBRATU, 1988, p. 501).

A discussão de desenvolvimento sustentável foi retomada alguns anos depois pela Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED) no relatório "*Our Common Future*" (BRUNDTLAND, 1987). Conforme definido pela Comissão, o Desenvolvimento Sustentável se trata do desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades (BRUNDTLAND, 1987). Segundo Mebratu (1998) a definição da Comissão envolve dois aspectos, sendo o primeiro o conceito de "necessidades", em particular as necessidades essenciais da população mundial pobre, às quais deve ser dada prioridade absoluta, e o segundo, a ideia das limitações impostas pelo estado da tecnologia e da organização social sobre a capacidade do meio ambiente para atender às necessidades atuais e futuras. Ao fazer isso, a Comissão dá ênfase à forte ligação entre a redução da pobreza, melhoria ambiental e equidade social, através de um crescimento econômico sustentável.

Nessa Comissão, antes se pensava nos impactos do crescimento econômico sobre o meio ambiente e a partir daquele momento, passou-se a se preocupar com os impactos do estresse ecológico – degradação dos solos, regimes hídricos, atmosfera e florestas sobre as perspectivas econômicas. Antes as nações se envolviam apenas de forma econômica, mas essa

¹ KHOSLA, A. Foreword. In **A Sustainable World**, T.C. Tryzna (ed). Sacramento: IUCN. 1995

interdependência ganhou um âmbito ecológico. Economia e ecologia cada vez mais se entrelaçavam em níveis local, regional, nacional e global por meio de uma rede contínua de causas e efeitos (BRUNDTLAND, 1987), visto que os problemas ambientais podem ser causados em uma localidade, mas afetar outras, trazendo malefícios à saúde das pessoas, prejudicando meios de subsistência e vidas, causando guerras e ameaçando as gerações futuras (HOPWOOD; MELLO; O'BRIEN, 2005). Foi a partir da declaração da WCED que o tema “desenvolvimento sustentável” cada vez mais se tornou o elemento central do discurso ambiental.

Contribuindo para o entendimento acerca da relação entre a adição do conceitos de sustentabilidade ambiental às sustentabilidades social e ambiental dentro do termo "Desenvolvimento Sustentável", Lélé (1991) traz que a sustentabilidade ecológica é um atributo desejado de qualquer padrão de atividades humanas, que é o objetivo do processo de desenvolvimento. Em outras palavras, o Desenvolvimento Sustentável é, basicamente, entendido como “uma forma de mudança da sociedade que, além dos objetivos de desenvolvimento tradicionais, tem o objetivo ou a restrição da sustentabilidade ecológica”. O que o autor tenta dizer é que, dado um mundo em constante mudança, as formas específicas de se priorizar objetivos e os requisitos para se alcançar a sustentabilidade, evoluem continuamente, mas a sustentabilidade continua sendo o foco. Essa nova forma de interpretação não é independente dos outros objetivos (tradicionais) de desenvolvimento. Dessa forma, deveriam ser feitas escolhas entre a extensão e a velocidade com que a sustentabilidade ecológica é alcançada em relação a outros objetivos. Em outros casos, no entanto, a sustentabilidade ecológica e os objetivos de desenvolvimento tradicionais (como a satisfação das necessidades básicas) podem reforçar-se mutuamente (LÉLÉ, 1991).

O Desenvolvimento Sustentável, atinge, então, as esferas ambiental, social e econômica. Para Hopwood, Mello e O'Brien (2005), o conceito de desenvolvimento sustentável é o resultado da crescente conscientização dos vínculos globais entre os crescentes problemas ambientais e as questões socioeconômicas, reduzindo a pobreza, a desigualdade e as preocupações por um futuro saudável para a humanidade. Ele liga fortemente as questões ambientais e socioeconômicas. Segundo os autores, o desenvolvimento proposto pela WCED é um meio para erradicar a pobreza, atender às necessidades humanas e garantir que todos recebam uma parcela justa dos recursos, o que é muito diferente do desenvolvimento em seu sentido tradicional. Justiça social, hoje e no futuro é um componente crucial do conceito de desenvolvimento sustentável.

Outro marco na discussão sobre a nova forma de se entender a nova realidade que se desenhava é a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), que também é conhecida como a "Conferência do Rio", ou a "Cúpula da Terra". A preparação para a Conferência, realizada em junho de 1992, iniciou-se em 1989, com quatro reuniões preparatórias do Comitê Internacional (*PrepComs*), realizadas em diferentes partes do mundo. Paralelamente às *PrepComs*, cada país membro da ONU deveria produzir um relatório nacional que abrangesse atuais aspectos ambientais e de desenvolvimento nacionais e elaboração de um plano de ação para a promoção do desenvolvimento sustentável no contexto nacional. A CNUMAD levou à produção dos principais documentos internacionais de conteúdo relacionado à desenvolvimento sustentável, como a Declaração do Rio, a Agenda 21 e as convenções sobre a desertificação, biodiversidade e mudanças climáticas. Apesar da relevância dos documentos e declarações assinados ao final da Conferência, o legado mais importante da CNUMAD foi a própria natureza do processo preparatório, que, na maioria dos países, envolveu a participação dos principais grupos interessados. Este processo levou o conceito de desenvolvimento sustentável para todos os cantos do mundo, expondo-o a questões como: "O que isso realmente significa para cada comunidade?", "Como podemos ir além de generalidades e colocá-los em prática?", "Como sabemos se estamos nos movendo em direção a um mundo sustentável?" (MEBRATU, 1998).

Para a WCED, no relatório de Brundtland (1987), os objetivos de desenvolvimento econômico e social devem ser definidos em termos de sustentabilidade em todos os países – desenvolvidos ou em desenvolvimento e devem ser orientados para o mercado ou centralmente planejados. As interpretações acerca de tais objetivos podem variar, mas devem compartilhar certas características gerais, como a necessidade de fluir a partir de um consenso sobre o conceito básico de desenvolvimento sustentável e sobre um quadro estratégico abrangente para alcançá-lo, ou seja, deve ser um processo dirigido a um determinado objetivo e que apresente determinadas estratégias para alcançá-los. O desenvolvimento envolve uma transformação progressiva da economia e da sociedade. Um caminho para o desenvolvimento que seja sustentável em um sentido físico poderia, teoricamente, ser buscado, mesmo em um ambiente social e politicamente rígido. Mas a sustentabilidade física não pode ser garantida, a não ser que as políticas de desenvolvimento levem em consideração aspectos como mudanças no acesso aos recursos e na distribuição de custos e benefícios (BRUNDTLAND, 1987).

Segundo Dincer e Rosen (2004), existem vários parâmetros essenciais que podem ajudar na realização de um bem sucedido desenvolvimento sustentável em uma sociedade entre eles: i. sensibilização do público; ii. acesso à informação, educação e treinamento

ambientais; iii. estratégias de energias renováveis, iv. promoção de fontes de energias renováveis, v. financiamento e desenvolvimento de ferramentas de monitoramento e avaliação.

Como visto, a discussão de desenvolvimento sustentável sofreu diversas mudanças e passou por inúmeras discussões, que tornaram inegável a importância da energia sustentável no desenvolvimento sustentável da sociedade. Com isso a próxima sessão abordará a temática a cerca da energia sustentável de forma mais aprofundada.

4 ENERGIAS RENOVÁVEIS

A estimativa de crescimento da população mundial é de que ela dobre até a metade do século XXI e as economias provavelmente irão crescer acompanhando essa tendência. Dessa forma, a demanda global por serviços de energia deverá aumentar até 2050, enquanto a demandas pelas principais fontes de energia deve aumentar de 1,5 a 3 vezes (DINCER, 2000).

Johansson et al. (1993) apontaram que se a expansão da economia mundial evoluir de acordo com as aspirações dos países ao redor do mundo, provavelmente a demanda por energia aumentaria mesmo se fosse feitos esforços estrondosos para aumentar a eficiência do uso de energia. Além disso, tem-se a questão de que os combustíveis que são mais utilizados atualmente em vários setores industriais e não-industriais são os combustíveis fósseis (carvão, petróleo, gás natural, etc.) que causam problemas de saúde e outros problemas prejudiciais ao ser humano. Segundo Midilli, Dincer e Ay (2006) a maior fonte de tais problemas é a escolha de governantes em utilizar extensivamente tecnologias e estratégias baseadas em combustíveis fósseis ao longo dos séculos. Os autores defendem que se chegou a um nível de utilização não mais tolerável.

Para Midilli, Dincer e Ay (2006), energias renováveis, chamadas pelos autores de “energia verde” (definida por eles próprios como uma fonte de energia, com impacto ambiental zero ou mínimo, mais benéfica ambientalmente e mais sustentável, além de ser produzida por fontes solar, hidráulica, biomassa, eólica, geotérmica, etc.), reduzem os efeitos negativos de fontes de energia fósseis e as emissões globais da geração de eletricidade, reduzem os gases do efeito estufa, fazem com que se assuma um papel de melhora do meio-ambiente, e vão ao encontro da demanda por energia limpa, tanto para uso industrial, quanto não-industrial. Considerando os benefícios desse tipo de energia, a sustentabilidade do suprimento dela e seu progresso são assumidos como elementos-chave nas interações entre natureza e sociedade.

Dessa forma, questões como o aumento de demanda por energia, e consequentemente maior demanda por abastecimento, bem como impactos ambientais decorrentes desse aumento (aquecimento global, poluição do ar, chuva ácida, destruição da camada de ozônio, destruição das florestas, emissão de substâncias radioativas, entre outros), devem ser levadas em consideração quando se fala em geração de energia com o mínimo de impactos ambientais (DINCER, 2000). Para Goldemberg (2004), estes são sérios desafios para o desenvolvimento sustentável e as principais estratégias para evitá-lo são: i. o uso mais eficiente da energia, especialmente para usuários finais, como prédios, transporte e processos de produção; ii. o aumento da dependência por energias renováveis; iii. acelerados desenvolvimento e implantação de novas e avançadas tecnologias de energia, incluindo tecnologias de combustíveis fósseis de próxima geração, que reduzem as emissões nocivas a quase zero. A importância relativa destas opções e a ordem de se tornarem relevantes dependem do estágio de desenvolvimento da região, bem como a disponibilidade de recursos naturais e tecnologia.

Na seção seguinte, aborda-se a relação entre a utilização dos recursos energéticos com alguns importantes problemas ambientais.

4.1 Importância da utilização dos recursos energéticos renováveis para os problemas ambientais

De acordo com Johansson et al. (1993), fazer a transição para uma economia intensiva em energias renováveis iria providenciar benefícios ambientais e outros não mensurados economicamente de forma tradicional. Segundo GWEC e Greenpeace (2012), o setor de energia é responsável por mais de 40% de todas as emissões de dióxido de carbono provenientes da queima de combustíveis fósseis, e cerca de 25% das emissões totais de gases de efeito estufa. Caso se pense em fazer reduções significativas de emissões a curto e médio prazo, então é necessário que se olhe para o setor de energia. Os problemas ambientais abrangem uma gama de poluentes, riscos e degradação dos ecossistemas continuamente crescentes e em áreas cada vez mais vastas. Goldemberg (2004), no mesmo sentido, complementa que o atual sistema de energia é fortemente dependente do uso de combustíveis fósseis, sendo que o carvão, o petróleo e o gás contam 80 por cento do consumo de energia primária. O autor também afirma que a queima de combustíveis fósseis é a principal fonte de dióxido de carbono (CO₂) e que as emissões estão crescendo a uma taxa de 0,5% ao ano. As emissões de gases de efeito estufa antropogênicas, principalmente a partir da produção e uso

de energia, estão alterando a atmosfera de forma a afetar o clima. A tendência é que, se as emissões não forem controladas, as concentrações atmosféricas duplicarão antes do ano 2050, em relação aos níveis das épocas pré-industriais.

Os principais problemas ambientais relacionados à energia incluem a chuva ácida, a destruição do ozônio estratosférico e a mudança climática global (DINCER, 2000), apresentadas a seguir de forma a chamar a atenção para a sua relação com as formas atuais de energia.

Chuva Ácida. A chuva ácida tem como principais fontes certas atividades relacionadas com a energia. A geração de energia elétrica, aquecimento residencial e o uso industrial são responsáveis por 80% das emissões de Dióxido de Enxofre (SO₂), sendo o carvão sozinho o responsável por 70%. A maioria das emissões de óxidos de nitrogênio (NOx) restantes são devido à queima de combustíveis fósseis em fontes estacionárias. Os países em que as atividades relacionadas com a energia ocorrem amplamente, são, provavelmente, os contribuintes mais significativos para a chuva ácida. Os maiores contribuintes do mundo são os Estados Unidos, os países da ex-União Soviética e na China² (ANON, 1995, *apud* DINCER, 2000, p. 162).

Destruição do ozônio estratosférico. A redução da camada estratosférica de ozônio é causada pelas emissões de clorofluorcarbono (CFC), halons (compostos orgânicos clorados e bromados) e NOx. A destruição do ozônio na estratosfera pode levar ao aumento dos níveis de radiação ultravioleta que ao atingir o solo pode causar aumento das taxas de câncer de pele, lesões oculares e outros danos para muitas espécies biológicas. Atividades relacionadas com energia são em parte, responsáveis pelas emissões que levam à destruição do ozônio estratosférico, uma vez que os gases causadores são produzidos por queima de combustíveis fósseis, pelos processos de combustão de biomassa, entre outros (DINCER, 2000).

A mudança climática global (efeito estufa). Embora o efeito estufa tenha um papel fundamental para manter a superfície da Terra aquecida (efeito estufa natural, com nuvens e vapores de água), tem sido cada vez mais associado com a contribuição de Dióxido de Carbono (CO₂). No entanto, vários outros gases, como metano (CH₄), CFCs, halons, óxido nitroso (N₂O), ozônio e peroxiacetilnitrato (chamados de gases do efeito estufa) produzido pelas atividades industriais e domésticas também, podem contribuir para este efeito, resultando em um aumento da temperatura da Terra (DINCER, 2000). O efeito estufa, ou aquecimento global, é possivelmente o mais importante problema ambiental relacionado à

² ANON. Urban energy handbook. **Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD)**, Paris, 1995.

utilização de energia. (DINCER, 2000).

O estudo de Dincer (2000) lista algumas soluções possíveis para os problemas ambientais atuais associados às emissões de poluentes nocivos. Dentre elas, são citadas diversas relacionadas à melhor utilização das fontes de energia, como: o Uso de tecnologias de energias renováveis; a Conservação de energia (utilização de energias eficientes); a Cogeração e Aquecimento por distrito; as Tecnologias de armazenamento de energia; as Dimensões de energia para o transporte de Energias Alternativas; a Troca de fontes de energia fósseis para formas de energia ambientalmente benigna; o uso de Tecnologias limpas de carvão; o Controle e Avaliação ótimos de indicadores de energia; Integração política; a aplicação de impostos sobre combustíveis ou carbono, entre outros.

Um ponto importante na discussão sobre mudanças climáticas são os custos relacionados à redução das emissões de carbono. Em uma perspectiva de países em desenvolvimento, a discussão dos custos e benefícios deve levar em conta a necessidade de políticas que promovam o crescimento econômico rápido. Alcançar esse equilíbrio entre desenvolvimento econômico e redução de emissões requer a adoção de políticas nacionais destinadas a melhorar a eficiência do uso de energia e facilitar a troca de combustível, além da implementação de políticas internacionais permitindo fácil acesso a tecnologias avançadas e recursos externos. Em alguns lugares, os preços de muitos recursos energéticos têm aumentado ao longo das duas últimas décadas, em parte, para dar conta dos custos ambientais (DINCER, 2000).

Dessa forma, pode-se perceber que, nos últimos anos se tem notado que as fontes de energia e tecnologias renováveis podem ter um impacto positivo sobre questões ambientais, econômicas e políticas do mundo. Para Dincer e Rosen (2005) os atributos das tecnologias de energias renováveis (como, por exemplo, modularidade, flexibilidade, baixos custos de operação) diferem consideravelmente dos atributos das energias tradicionais baseadas em recursos fósseis como, por exemplo, grandes investimentos de capital, longos prazos de implementação, incertezas nos custos de operação relacionadas a custos futuros de combustíveis, fatores este que não dizem respeito apenas às questões ambientais, mas a todo um desenvolvimento sustentável, conforme apresentado na seção seguinte.

4.2 Importância dos recursos energéticos renováveis e para o desenvolvimento sustentável

Dentre as diversas discussões relacionadas ao desenvolvimento sustentável, uma delas está ganhando força entre pesquisadores que é a energia renovável. Para as sociedades atingirem ou tentarem atingi-lo, muitos esforços devem ser voltados a descobrir recursos energéticos sustentáveis em termos de energias renováveis (DINCER, 2000). Lund (2007) traz que as estratégias para promoção de desenvolvimento sustentável, normalmente envolvem três grandes mudanças tecnológicas, sendo elas: (a) economia de energia pelo lado da demanda; (b) melhorias de eficiência na produção de energia; e (c) substituição de combustíveis fósseis por fontes diferentes de energia renovável. Consequentemente, planos de implementação de energias renováveis em larga escala devem incluir estratégias para integrar fontes renováveis em sistemas de energia coerentes influenciados pela economia de energia e medidas de eficiência.

A exploração de recursos e tecnologias energéticos renováveis é um componente-chave do desenvolvimento sustentável³ (ANON, 1995, *apud* DINCER, 2000, p.172). Há três razões significativas para isso, conforme apresentado a seguir (DINCER, 2000):

(1) Energias renováveis têm muito menos impacto ambiental em comparação com outras fontes de energia, considerando que não há quaisquer fontes de energia com impacto ambiental zero. Há uma grande variedade de opções disponíveis na prática, assim, uma mudança para as energias renováveis poderão proporcionar um sistema de energia muito mais limpo do que seria possível apenas reforçando os controles das energias convencionais;

(2) Recursos energéticos renováveis não podem ser esgotados, ao contrário dos combustíveis fósseis e urânio. Se usado sabiamente em aplicações adequadas e eficientes, eles podem fornecer uma energia fiável e sustentável indefinidamente. Em contraste, combustíveis fósseis e urânio são finitos, diminuindo por extração e consumo;

(3) Energias renováveis favorecem a descentralização do sistema de energia e soluções de aplicação local, mais ou menos independente da rede nacional, aumentando assim a exibilidade do sistema e o poder de fornecimento de energia econômica para pequenos povoados isolados. É por isso que diferentes tecnologias de energia renovável estão potencialmente disponíveis para o uso em áreas urbanas. Simas e Pacca (2013) complementam a contribuição do uso de energias renováveis para a promoção do

³ ANON. Urban energy handbook. **Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD)**, Paris, 1995.

desenvolvimento sustentável ao citarem os benefícios socioeconômicos relacionados, como a inovação tecnológica e o desenvolvimento industrial promovidos; a geração e distribuição de energia universalizadas, facilitando o acesso à energia; o desenvolvimento regional e local, especialmente em zonas rurais; e finalmente, a criação de empregos (DINCER, 2000).

Em concordância, Dincer (2000) defende que uma das formas mais importantes de se contribuir para um desenvolvimento sustentável e reduzir os impactos ambientais, ao mesmo tempo que se ameniza a questão da falta de energia iminente é o maior uso de fontes de energias e tecnologias renováveis. Para o autor, observou-se uma recente evolução das soluções potenciais para os atuais problemas ambientais associados às emissões nocivas de poluentes, sendo a energia renovável uma das soluções mais importantes (DINCER, 2000). As fontes de energia renováveis são consideradas muito importantes em alguns países, e, apesar de o potencial da geração de energia por meio de fontes como solar ou eólica ser substancial, elas ainda constituem apenas uma pequena parte do suprimento total (LUND, 2007). O uso de tecnologias de energia renováveis, portanto, podem prover alternativas benéficas no que diz respeito ao custo-benefício e ao meio-ambiente aos sistemas de energia convencionais (DINCER; ROSEN, 2005). Em resumo, alguns dos benefícios das formas de energias renováveis são apresentadas a seguir:

- Elas são relativamente independentes do custo do petróleo e outros combustíveis fósseis, que são projetados para aumentar significativamente ao longo do tempo. Assim, as estimativas de custo para os sistemas de energia renováveis podem ser feitas de forma confiável e podem ajudar a reduzir o risco de esgotamento dos recursos energéticos não-renováveis do mundo;
 - A implementação é relativamente simples;
 - Elas normalmente não causam degradação ambiental excessiva e por isso podem ajudar a resolver os principais problemas ambientais. O uso generalizado de sistemas de energias renováveis certamente reduzirão os níveis de poluição.
- Elas são muitas vantajosas em países em desenvolvimento. Na verdade, o mercado que demanda por tecnologias de energias renováveis nos países em desenvolvimento provavelmente vai crescer à medida que buscarem uma melhor qualidade de vida.

Ainda sobre a promoção do desenvolvimento sustentável por meio do uso de energias renováveis, Lund (2007) aponta dois desafios para as estratégias que tenham esse fim. Um deles consistem no desafio de incluir o setor de transporte em tais estratégias,

assunto esse que não será aprofundado na presente discussão. O outro diz respeito à integração de uma alta parcela de energia intermitentes no sistema de energia.

Dincer e Rosen (2005) complementam com algumas características das formas de energias renováveis que levam aos desafios técnicos e econômicos, como por exemplo:

- Energias renováveis são geralmente difusas;
- Nem todas não são totalmente acessíveis;
- Muitas vezes, são intermitentes; e
- São variáveis regionalmente.

Os autores afirmam que as questões citadas acima são geralmente passíveis de solução e chama a atenção para o fato de que, mesmo que nem todas as fontes de energia renováveis sejam inerentemente limpas e que não causem nenhum impacto no ambiente em termos de emissões de resíduos, extração de recursos ou outras perturbações ambientais, o uso de recursos energéticos renováveis quase certamente pode fornecer um sistema de energia mais limpa e mais sustentável do que o aumento de controles sobre os sistemas convencionais de energia pode proporcionar.

No mesmo sentido, Johansson et al. (1993) afirmam que, dado um suporte adequado, as tecnologias de energias renováveis podem ser muito mais favoráveis ao encontro do crescimento da demanda mundial com preços mais baixos do que as energias convencionais. A previsão dos autores era a de que na metade do século 21, as fontes renováveis de energia poderiam ser três quintos do mercado mundial de energia e dois quintos do mercado de combustíveis usados diretamente.

Conforme traz a OCDE (2013) , a geração de eletricidade mundial cresceu a uma taxa média anual de 3,7% de 1971 a 2010, maior do que o crescimento de 2,2% na oferta total de energia primária. Este aumento deve-se principalmente ao desenvolvimento de novos aparelhos elétricos, ao desenvolvimento de aquecimento elétrico nos países e de programas de eletrificação rural nos países em desenvolvimento. A participação da produção de eletricidade a partir de combustíveis fósseis tem diminuído gradualmente, de pouco menos de 75% em 1971 para 67% em 2010. Esta diminuição deveu-se a um movimento progressivo longe de petróleo, que caiu de 20,9% para 4,6%. A geração de eletricidade por óleo tem sido substituído, em especial pelo crescimento dramático na geração de eletricidade nuclear, que passou de 2,1% em 1971 para 17,7% em 1996. No entanto, a participação da energia nuclear vem caindo desde então, e representou 12,9% em 2010, com tendência a queda ainda maior. Devido a grandes programas de promoção de desenvolvimento em vários países da OCDE, a

percentagem de energias novas e renováveis, como solar, eólica, geotérmica, biocombustíveis e resíduos aumentou. No entanto, essas formas de energia permanecem de importância limitada: em 2010, foram responsáveis por apenas 3,7% da produção total de energia elétrica para o mundo como um todo (OCDE, 2013). A fim de discutir a possibilidade de aumento da utilização dessas formas de energia, apresenta-se na seção seguinte a viabilização do uso delas.

4.3 O uso de tecnologias de energias renováveis

Conforme Hartley⁴ (1990, *apud* DINCER, 2000, p.167) as tecnologias de energia renováveis podem produzir energia comercializável por meio da conversão de fenômenos naturais em formas de energia útil. Estas tecnologias utilizam a energia inerente à luz solar e os seus impactos diretos e indiretos sobre a Terra (como fótons, vento, água caindo, efeitos de aquecimento e crescimento da planta), as forças gravitacionais (marés) e o calor do núcleo da Terra (geotérmica) como os recursos para produzir energia. Esses recursos representam um potencial enorme de energia que supera a dos recursos fósseis equivalentes. Portanto, a magnitude destas formas de fontes de energia não é uma restrição importante na produção de energia.

Tais fontes são, no entanto geralmente difusas e não totalmente acessíveis, além disso algumas são intermitentes, e todas têm distintas variabilidades regionais. Tais aspectos de sua natureza podem dar origem a dificuldades, mas que podem ser resolvidas. Esse tipo de dificuldade, além de desafios técnicos, institucionais e econômicos são inerentes ao desenvolvimento e uso de recursos energéticos renováveis. Apesar das dificuldades e desafios, a pesquisa e desenvolvimento de fontes de energia renováveis e tecnologias foi expandida durante as duas últimas décadas por causa dos fatos listados acima. As tecnologias relacionadas à energia renovável se beneficiaram do desenvolvimento em eletrônica, biotecnologia, ciências de materiais e outras áreas relacionadas, além dos muitos avanços tecnológicos que vieram de áreas não relacionadas diretamente à energias renováveis, e que eram raramente consideradas tempos atrás. (JOHANSSON et al., 1993).

Atualmente já existem progressos científicos a fim de melhorar as eficiências de coleta e conversão, diminuir os custos iniciais e de manutenção, aumentar a confiabilidade e

⁴ Hartley DL. Perspectives on renewable energy and the environment. In: Tester JW, Wood DO, Ferrari NA, editors. **Energy and the environment in the 21st Century**. Massachusetts: MIT, 1990.

aplicabilidade e, por fim, compreender os fenômenos de sistemas de energias renováveis⁵ (HARTLEY, 1990, *apud* DINCER, 2000, p.167).

Os benefícios gerais de tecnologias das fontes de energia renováveis, muitas vezes, não são bem compreendidos e, conseqüentemente, muitas vezes são avaliadas como não tendo um custo-benefício tão bom quanto os das tecnologias tradicionais. No entanto, para avaliar as tecnologias de energia renovável de forma abrangente, alguns de seus benefícios que muitas vezes não são considerados deve ser contabilizados. Tecnologias de energias renováveis, em geral, são por vezes vistas como substitutas diretas para as tecnologias existentes, assim seus benefícios e os custos são avaliados com metodologias mais adequadas para as tecnologias existentes (DINCER, 2000), o que acaba por avalia-las de forma errônea. Por exemplo, energia solar e outras tecnologias de energia renovável podem fornecer pequenas adições de capacidade incrementais para os sistemas de energia existentes com prazos curtos. Unidades de geração de tais energias costumam fornecer mais exibilidade na oferta incremental do que unidades grandes e de longos prazos como usinas nucleares. (DINCER, 2000).

Apesar das diversas possíveis formas de energia, nem todo o dinheiro investido em pesquisas científicas resultam em soluções adequadas. Conforme Dincer (2000), a compreensão científica do processo é a parte mais fácil e a engenharia se mostra difícil de conduzir. A fim de se perceber os benefícios econômicos e ambientais que oferecem fontes de energia renováveis, um conjunto integrado de atividades como P&D e avaliação de tecnologia, bem como o desenvolvimento de padrões de transferência de tecnologia, que devem ser realizados conforme necessário. Tais atividades também irão incentivar os usuários potenciais a considerar o benefícios da adoção de tecnologias de energias renováveis. Em apoio ao desenvolvimento de mercados de curto prazo, trabalhar a transferência de tecnologia é fundamental para acelerar o uso de tecnologias de energia renovável em comunidades remotas de um país (DINCER, 2000).

O desenvolvimento de tecnologias avançadas de energia renováveis pode servir como alternativas de menor custo, maior efetividade, além de ser ambientalmente responsáveis em relação à geração de energia convencional. Potencial técnico e de mercado existem para aumentar significativamente a contribuição de fontes de energia renováveis para as demandas de energia do país, resulte em emprego e benefícios econômicos. Várias instituições governamentais e agências de energia reconhecem esta oportunidade e apoiam os esforços de sua indústria de energia renovável para explorar potencial comercial de curto

⁵ Hartley DL. Perspectives on renewable energy and the environment. In: Tester JW, Wood DO, Ferrari NA, editors. **Energy and the environment in the 21st Century**. Massachusetts: MIT, 1990.

prazo (DINCER, 2000).

Além disso, devido ao tamanho da maior parte de equipamentos de energia renovável ser pequena, as tecnologias relacionadas podem avançar mais rapidamente do que as tecnologias relacionadas a energias tradicionais. Um cenário de uso intenso de energias renováveis, provavelmente teria as seguintes características (JOHANSSON et al., 1993):

1. Grande diversidade de fontes energéticas, que variarão de região para região. Eletricidade pode ser provida por combinações de energia hidrelétrica, fontes intermitentes de energia renovável (como energias eólica, solar-térmica e fotovoltaica), vindas de biomassa e geotérmica.

2. A ênfase seria dada à eficiência do uso de ambas energias renováveis e convencionais em todos os setores. A ênfase na eficiência do uso de energia facilita a introdução de portadores de energia como metanol e hidrogênio. Possibilita também a extração de energia mais útil de recursos renováveis como energia hidrelétrica e biomassa, que são limitadas por restrições ambientais e de área.

3. Biomassa seria amplamente utilizada. Biomassa seria cultivada de forma sustentável e convertida eficientemente para eletricidade e combustíveis líquidos e gasosos usando modernas tecnologias, em contraste à situação costumeira, na qual a biomassa é usada ineficientemente e às vezes contribui para o desmatamento.

4. Energias renováveis intermitentes iriam prover um terço das necessidades de energia elétrica total na maioria das regiões, sem a necessidade de novas tecnologias de armazenamento elétricos.

5. Uma intensificação futura do uso de energias renováveis iria introduzir novas opções e competição no mercado de energia. O comércio crescente em combustíveis renováveis e gás natural iria diversificar o *mix* de fornecedores e de produtos comercializados, o que iria aumentar a competição e reduziria a tendência de flutuações rápidas de preços e a interrupção do fornecimento. Poderia levar, inclusive, à estabilização dos preços de energia. Além disso, novas oportunidades para fornecedores de energia seriam criadas. Especialmente promissores são os prospectos para comércio de combustíveis alcoólicos, como metanol derivado de biomassa.

6. A maior parte da eletricidade produzida de fontes renováveis seria alimentada em grandes redes elétricas e comercializadas por distribuidoras.

7. Os níveis de desenvolvimento de energias renováveis indicadas por este cenários representam uma pequena fração do potencial técnico para energias renováveis. Níveis mais altos deveriam ser buscados, por exemplo, se a sociedade procurar grandes

reduções de emissões de CO₂ (JOHANSSON et al., 1993).

O trabalho de Dincer e Rosen (2005) traz uma importante contribuição no sentido de se aproveitar melhor o potencial das energias renováveis, quando aponta que um país deve estabelecer um mercado de energia renovável e gradualmente construir a experiência com as tecnologias a fim de aproveitar todo o potencial e oportunidades relacionadas às energias renováveis. Os autores afirmam que as dificuldades para a difusão de energias renováveis devem ser removidas, além da necessidade de ser estabelecida a infraestrutura jurídica, administrativa e de financiamento para facilitar o planejamento e aplicação de projetos de energia renovável. O governo se mostraria útil na promoção das tecnologias de energias renováveis, iniciando pesquisas e estudos para estabelecer seu potencial em ambas as áreas urbanas e rurais.

Visto que, muitas vezes, as concessionárias de energia já existentes desempenham um papel fundamental na determinação da adoção e contribuição de tecnologias de energias renováveis, a estrutura das concessionárias e a estratégia para a integração de energias renováveis devem ser revistas e estudadas. Para os autores, a regulamentação de serviços públicos deve ser analisada de forma a refletir os custos variáveis por meio das redes, aumentar a competitividade e facilitar o acesso da produção independente de energia renovável. Um grande desafio para as energias renováveis é levá-las para um mercado confiável a um preço que seja competitivo em relação às energias derivadas de combustíveis fósseis, sem perturbar as economias locais (DINCER; ROSEN; 2005).

Além disso, dado que, muitas vezes, a utilização de energias renováveis envolve consciência de necessidades percebidas e, às vezes, uma mudança de estilo de vida e design, é essencial que se desenvolva uma troca eficaz de informações e programas de treinamento e de educação. Recursos humanos com conhecimento em tecnologias de energias renováveis devem ser reforçados por programas de educação e formação. Ao mesmo tempo, projetos de pesquisa e desenvolvimento e maior exposição do assunto de energia devem ser encorajados a fim de melhorar a informação e sensibilização da opinião pública. A transferência de tecnologia e o processo de desenvolvimento devem ser institucionalizados através de intercâmbios e de redes internacionais. Para superar os obstáculos na implementação inicial, os programas devem ser projetados para estimular um mercado de energia renovável para que as opções possam ser exploradas por empresas assim que o mercado se tornar rentável. Devem ser instituídos também, incentivos financeiros a fim de reduzir os compromissos de investimento inicial e de incentivo à inovação (DINCER; ROSEN, 2005).

A figura 3 mostra as principais considerações apresentadas pelos autores e que são relevantes para o aumento do uso de energias renováveis, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

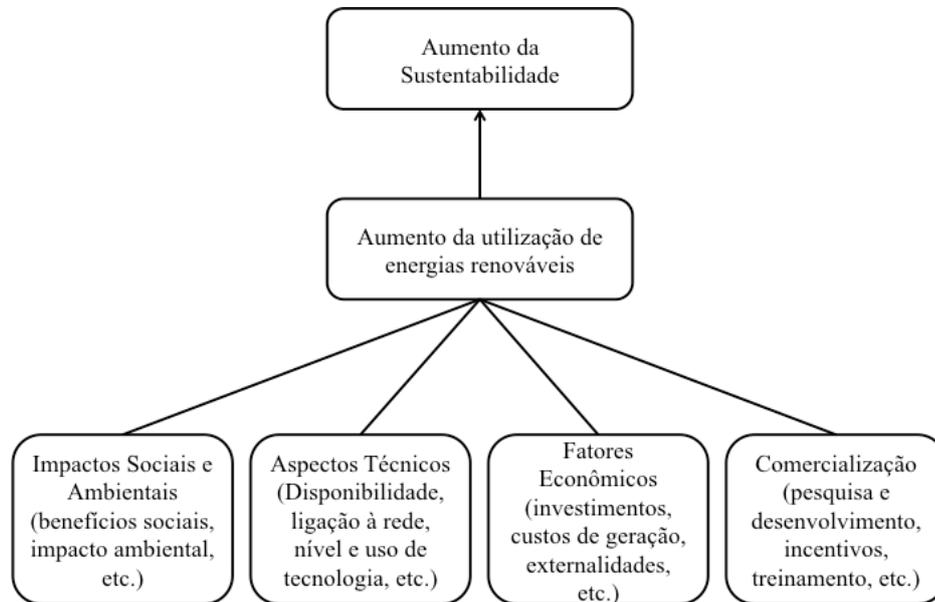


Figura 3 - Principais considerações envolvidas no desenvolvimento de tecnologias de energia renovável para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: Elaborado pela autora com base em Dincer e Rosen (2005).

Algumas formas de energia foram avaliadas por Evans, Strezov e Evans (2009) a fim de encontrar o tipo de energia mais sustentável. Foram consideradas as formas de energia fotovoltaica, hidrelétrica, eólica, geotérmica, carvão e gás. Os critérios usados são apresentados a seguir:

- Preço da eletricidade gerada;
- Emissão de gases do efeito estufa durante o ciclo de vida da tecnologia;
- Disponibilidade de fontes renováveis;
- Eficiência da conversão de energia;
- Necessidade de área;
- Consumo de água;
- Impactos sociais.

O trabalho dos autores encontrou que a energia eólica é a forma de energia mais sustentável dentre as analisadas, seguida pela energia hidrelétrica, fotovoltaica e então a geotérmica. A energia eólica foi identificada com a mais baixa emissão relativa de gases do efeito estufa, o menor consumo de água e com os impactos sociais mais favoráveis quando comparado com as demais tecnologias analisadas. No entanto a energia exige uma grande

área e tem elevados custos de capital. Na análise do setor e do ambiente poderão ser encontradas informações mais aprofundadas sobre essa fonte de energia.

5 ABORDAGEM SISTÊMICA

A presente seção traz informações gerais sobre a abordagem sistêmica, utilizada no trabalho e em seguida detalha a *Soft System Methodology*.

5.1 Aspectos gerais

A abordagem sistêmica tem origem na necessidade de explicações complexas demandadas pela ciência. Partindo da definição de "sistemas", como sendo a "disposição das partes ou dos elementos de um todo, coordenados entre si, e que funcionam como uma estrutura coordenada" (FERREIRA, 1996 *apud* CAVALCANTI; PAULA; 2006)⁶, percebe-se que um sistema pode apresentar um número infinito de estruturas que fazem parte do mundo real, sendo que tais partes são coordenadas, buscando uma organização (CAVALCANTI; PAULA; 2006).

Dessa forma, pode-se concluir que uma organização como uma empresa, ou uma repartição pública ou um conjunto de várias organizações podem se configurar como um sistema. Temos como exemplo o sistema de transporte, de água, econômico, entre outros. Quanto mais elementos apresenta um sistema, mais complexo ele é. Dessa forma, para o bom funcionamento da interação entre todos os elementos que compreendem o sistema é necessária uma Abordagem Sistêmica, que permite uma análise do todo e não das partes separadas (CAVALCANTI; PAULA; 2006).

Diante de um quadro socioambiental no qual o impacto humano sobre o meio ambiente traz cada consequência cada vez mais complexa, enxerga-se como necessária uma estratégia de desenvolvimento que incorpore aspectos políticos, econômicos, sociais, tecnológicos e ambientais (LIBONI; CEZARINO, 2014). Nesse contexto, a sustentabilidade se mostra, então, como um elemento integrador, o que fica claro quando Jacobi (1999) diz que sustentabilidade traz a ideia de promoção de uma inter-relação necessária de justiça social, qualidade de vida, equilíbrio ambiental, além da ruptura com o atual padrão de desenvolvimento.

Segundo Liboni e Cezarino (2014), uma visão sistêmica e integradora se faz necessária diante de uma mudança de paradigma da sociedade que não se encaixa mais no pensamento científico decorrente de Bacon e Descartes. Para que os negócios comecem a realizar ações que refletem sustentabilidade há necessidade de mudanças de atitudes, culturas

⁶ FERREIRA A. B. H. *Novo Dicionário da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1996.

e interesses. Para isso, no entanto, é necessário uma mudança de perspectiva, de modo que se passe a enxergar as situações de forma sistêmica e integrada. Portanto, o pilar básico desse novo paradigma da sustentabilidade é a visão sistêmica, o que permite uma abordagem multidisciplinar.

As metodologias que analisam a organização como um todo são conhecidas como Metodologias Sistêmicas e buscam a efetividade com a harmonização de seus objetivos conflitantes. Elas podem ser *hard*, que são influenciadas pelas ciências exatas, ou *soft*, que consideram o sistema "uma parte percebida, ou uma unidade, que está apta a manter sua identidade, apesar das mudanças ocorridas" (MARTINELLI; VENTURA, 2006).

A *Soft System Methodology* é uma metodologia sistêmica voltada a sistemas *soft*. A seção seguinte traz mais informações sobre a mesma.

5.2 Soft system methodology

A *Soft Systems Methodology* foi desenvolvida pela primeira vez em 1970 por Peter Checkland e seus colegas da Universidade de Lancaster, no Reino Unido. Mas a metodologia como a conhecemos hoje, foi publicado em 1981. SSM é um método de pesquisa-ação e usa modelos para estruturar um debate em que diferentes objetivos conflitantes, necessidades, objetivos, interesses e valores podem ser esmiuçadas e discutidas. A SSM assume que qualquer conjunto complexo de comportamentos tem propriedades emergentes únicas melhor vistas como característica do sistema como um todo ao invés de qualquer aspecto particular dele. Assim, a SSM é uma metodologia sistêmica (em vez de sistemática), ou seja, seu foco é o conjunto, em vez de as partes (MEHREGAN; HOSSEINZADEAH; KAZEMI; 2012).

Segundo traz Mingers e White (2010) a SSM é um Método de Estruturação de Problemas (MEP), que são uma família de modelagem de abordagem interativa e participativa, direcionada a resolver problemas complexos com múltiplos atores, suas várias perspectivas, conflitos de interesse e outras incertezas. Os autores apontam também que normalmente, o elemento mais difícil e mais exigente para enfrentar tais situações pode ser a elaboração e definição das questões que constituem o problema. Nesses casos, os MEPs oferecem apoio por meio de modelagem e facilitação de grupos, com vista a estimular o diálogo e deliberação sobre o domínio do problema, e alcançar o entendimento compartilhado e acordos conjuntos com respeito a ele.

O pano de fundo da SSM como uma abordagem para o pensamento sistêmico é bem estabelecida. Ele foi desenvolvido em resposta ao fracasso percebido de engenharia de

sistemas tradicionais de engenharia (SE), em particular no que diz respeito aos problemas de gestão. Os SEs desenvolvem sistemas considerando o propósito ou objetivo, depois trabalhavam para encontrar formas de atingir esse objetivo, muitas vezes através de um dispositivo de um modelo matemático que buscava um objetivo a partir de um ponto de vista declarado. O SSM, em comparação foi desenvolvido como resultado do fracasso desta abordagem em muitas situações de gestão. Os pioneiros da SSM descobriram que em muitas situações as perguntas "O que é o objetivo?" e "O que estamos tentando alcançar?" eram parte do problema. Sem um acordo sobre objetivos, ou se os objetivos são mal definidos, em seguida, os resultados da SE tradicional seria perda de confiança no modelo e, muito provavelmente, levar à insatisfação por parte daqueles cuja visão dos objetivos não seria implementada. Assim, a contribuição principal da SSM é na análise de situações complexas, onde há pontos de vista divergentes sobre a definição do problema. A SSM foi desenvolvida como um meio para compreender e lidar com a diversidade de pontos de vista e interesses (MINGERS E WHITE, 2010).

A metodologia é aplicada por meio de sete passos, que se revezam nos mundos real e sistêmico. O mundo real é entendido como toda atividade desenvolvida em situação real, como busca por informações ou promoção de debates. Já o mundo sistêmico é entendido como aquele que a situação real é refletida, reorganizada e sistematizada, atividades essas que possibilitarão a proposição de sistemas ideais. A metodologia permite idas e vindas entre os dois mundos, de forma a buscar um resultado satisfatório (GONÇALVES, 2006). As sete etapas são apresentadas a seguir:

Estágio 1 (Averiguação). No primeiro passo da SSM, que se trata da "Averiguação", observa-se a situação-problema mal-definida e se coleta a maior quantidade possível de informações a respeito (GONÇALVES, 2006).

Estágio 2 (Definição da Situação Problema). Nesse passo da SSM procura-se entender a situação em que o problema ocorre. Com esse fim, recomenda-se a elaboração de uma figura que detalhe o ambiente. Gonçalves (2006) chama a atenção para o fato de que devem ser incluídas informações tanto sobre a estrutura como a respeito do processo e a forma como se relacionam.

Estágio 3 (formulação das definições essenciais presentes no sistema). Uma vez esclarecido qual é a situação-problema, quais são os atores envolvidos e qual o papel de cada um no sistema, são elaboradas e discutidas as definições essenciais do sistema em análise (GONÇALVES, 2006). Para formular essas definições, Checkland sugere a utilização no mnemônico, em inglês, CATWOE como guia, trazido no quadro 3:

C - Clientes - internos e externos (Clients)	Quem são os beneficiários ou as vítimas da ação proposta?
A - Atores (Actors)-	Quem desempenha/conduz as principais atividades do sistema?
T - Processo de Transformação (Transformation)	Qual é a transformação feita pelo sistema em questão? (Entrada -> Processo de Transformação -> Saída)
W - Visão de Mundo (World View, Weltanschauungen)	A perspectiva sobre a qual o sistema é percebido por cada ator, a visão de mundo de cada um.
O - Proprietários (Owners)	Aqueles que têm a autoridade para decidir sobre o futuro do sistema, aqueles que têm o poder de fazê-lo iniciar ou cessar.
E - Ambiente (Environment)	Quais são os fatores que afetam o ambiente em que o sistema está inserido; ou seja, definição das limitações resultantes da ação de elementos externos ao sistema, presentes no ambiente em que este se encontra.

Quadro 3 - CATWOE para etapa 3 da SSM.

Fonte: Elaborado pela autora, com base em Gonçalves (2006).

Estágio 4 (elaboração de modelos conceituais). Uma vez conhecidas as definições essenciais, a metodologia indica que devem ser elaborados modelos conceituais, que são definidos como sendo as atividades estruturadas que serão utilizadas para se atingir os objetivos que se espera nas definições essenciais, além das relações entre tais ações (GONÇALVES, 2006).

Essa etapa ocorre no âmbito sistêmico, o que faz com que as propostas que surgem nessa etapa sejam conceituais.

Estágio 5 (comparação da etapa 4 com a 2). Nessa etapa é feita a comparação do que foi elaborado no estágio 4 com a realidade representada na figura desenvolvida na etapa 2.

Estágio 6 (seleção de mudanças a serem implementadas). Aqui são discutidas a viabilidade das mudanças propostas na última etapa. Conforme traz Gonçalves (2006), Checkland indica que podem ocorrer três tipos de mudanças:

- estruturais: de longo prazo e podem ser materializadas de maneiras diversas;
- de procedimentos: envolvem elementos dinâmicos e, por isso, podem ser implementadas mais rápida e facilmente do que os outros tipos;
- de atitudes: estão ligadas aos indivíduos envolvidos e podem ser afetadas pelas outras formas de mudanças.

Estágio 7 (ação para melhorar o problema). Finalmente, nesse último estágio são discutidas como as mudanças podem ser implementadas.

6 ANÁLISE DO SETOR E DO AMBIENTE

Esta análise pretende levantar aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e tecnológicos do setor de energia eólica no Brasil, bem como abordar oportunidades e ameaças do mesmo. O objetivo dessa análise é conhecer questões internas e questões ambientais do setor, desenhando um panorama e identificando atores dele, o que será útil, inclusive, na aplicação da SSM seguinte. É importante esclarecer que muitas informações levantadas, principalmente inseridas nos aspectos políticos e legais, são referentes não só ao setor de energia eólica, mas ao setor de energia e, especificamente o elétrico, visto que ele está inserido nesses dois últimos.

6.1 Levantamento dos aspectos políticos e legais

Essa seção aborda informações não somente sobre o setor de energia eólica, mas todo o setor elétrico do qual ele faz parte e que influencia principalmente os ambientes políticos e econômicos da energia eólica. Dessa forma, serão apresentados aspectos históricos e institucionais do setor elétrico e, uma vez conhecidos tais características, serão apresentadas mais informações do setor eólico.

6.1.1 *Setor de Energia Elétrica no Brasil*

A seguir traz-se informações sobre o setor de energia elétrica no Brasil. As informações apresentadas são importantes para o contexto da pesquisa, visto que o setor de geração de energia eólica no país está inserido nesse setor.

6.1.1.1 Evolução Histórica da Indústria

Para Queiroz (2013) a evolução histórica do setor elétrico brasileiro é marcada por reformas. Segundo o autor, reformas são meios de se arrumar os desajustes setoriais. Quando marcos regulatórios não atendem mais aos propósitos pelos quais foram criados, não gerando resultados esperados, eles são substituídos. No setor elétrico não foi diferente, com as diversas reformas que criaram o arranjo institucional de um setor que mobiliza montantes significativos de recursos financeiros investidos em obras de engenharia, desenvolvimento de novas tecnologias, expansão de unidades fabris, criação de novas empresas, entre outros fins. Todos esses investimentos são destinados de acordo com as decisões que ocorrem no âmbito

das políticas energéticas desenvolvidas pelo governo. O que acontece é que muitas decisões ultrapassam os mandatos de governos diferentes, antes das implantações, o que pode levar ao fracasso da materialização de projetos energéticos.

Outra característica do setor é que o mercado geralmente é constituído por indústrias de redes, que tratam de indústrias que demandam a implantação de malhas para alcançar o consumidor e isso impacta diversos segmentos da sociedade, o que provoca entendimentos diferentes de cunho técnico, político, ideológico que acabam por afetar os negócios planejados ou já em andamento. Essa complexidade demanda que os governos tenham um cuidado especial ao estruturar os modelos de organização do setor. As decisões devem ser negociadas com os diversos segmentos afetados, buscando acertos no longo prazo, já que, se as decisões tomadas forem muito contestadas por diversos desses agentes, o setor pode chegar à desestruturação (QUEIROZ, 2013).

O setor elétrico, como exemplo de indústria de rede, precisa manter um equilíbrio entre oferta e demanda, o que apresenta uma dificuldade de previsão e uma dificuldade de estocagem. Essa indústria tem o Estado como importante ator, agindo como regulador, planejador e empresário, além de estar à frente por meio de concessões reguladas por ele e/ou outorgadas ao setor privado. Os primeiros marcos do setor, indicavam-no como fornecedor de um serviço público sob regime de concessão ou permissão. Os relatórios técnicos apontavam a necessidade de planejamento de projetos que estocassem devido à sazonalidade da energia hidrelétrica (principal fonte e primeira a ser explorada), além da necessidade de uma malha de transmissão bem estruturada devido às grandes dimensões do país, a fim de levar energia às fontes de consumo (QUEIROZ, 2013).

O histórico das organizações retrata em detalhe as mudanças enfrentadas pelo setor. As primeiras atividades ligadas ao que mais tarde se tornaria o Setor Elétrico Brasileiro ocorreram ainda no Império. Mais tarde, ocorreria o estabelecimento de diversas concessionárias estrangeiras em cidades brasileiras de maior desenvolvimento econômico, que poderia oferecer mercado a elas, como ocorreu no eixo Rio-São Paulo com a empresa Light & Power, do Canadá. Na década de 1920 chegaria ao Brasil a empresa americana Amforp (American & Foreign Power Company), que tinha investimentos em toda a América Latina. Foram criadas, ainda, concessionárias privadas nacionais em cidades do interior, mas que ofereciam serviços precários em tais sistemas isolados, em virtude da não capitalização adequada (SOUZA, 2002).

No final da década de 1920, com o aumento da demanda, a Amforp começa a adquirir várias concessionárias em diversos estados brasileiros, o que faz com que haja

mudanças no perfil organizacional do setor, como o processo de concentração industrial, que incluiu diversas concessionárias estrangeiras. Até esse momento, os governos federais e estaduais adotavam uma postura não-intervencionista, apenas acompanhando a expansão do setor. Esse comportamento refletia o espírito liberal da época na Europa e Estados Unidos, além de contar com a falta de recursos para criar condições de infraestrutura. Além disso, a Constituição Federalista de 1891 restringia as ações do governo federal e do legislativo (SOUZA, 2002).

Dessa forma, configurou-se um cenário de monopólio, por uma empresa verticalizada e com tarifas determinadas pela autoridade competente no governo da "República Velha". O papel do governo federal nesse momento era, no caso de empresa estrangeira, autorizar o funcionamento dela no país. A concessão, no entanto, ficava a cargo dos governos estaduais e municipais. Todo esse processo ocorria de forma quase totalmente desregulada. O estabelecimento de contratos de concessão não era previsto por regulamentações de forma explícita, o que beneficiou a concentração industrial no setor. A regulamentação ficou subordinada aos interesses das concessionárias. Em 1930, a Light era responsável por 40% da capacidade total do país, enquanto a Amforp adquiriu 11 concessionárias entre 1927 e 1928. Foi essa situação, no entanto, que impulsionou, mais tarde, a formação de quadros técnicos e gerenciais do setor (SOUZA, 2002).

Depois da Revolução de 1930, observou-se uma reforma institucional de cunho nacionalista, que aumentou a intervenção do Estado no setor elétrico. Nessa época, o Governo Provisório suspendeu os atos de aquisição de empresas, o que quebrou a concentração industrial liderada pela Light e pela Amforp. Nesse momento, em 1934, foi promulgado o Código de Águas, por meio do Decreto nº 26.643 (BRASIL, 1934), que regulamentou que a concessão dos aproveitamentos de energia hidráulica seria da União, instituindo controle e fiscalização sobre as concessionárias. As tarifas passaram a ser fixadas sob a forma de serviço pelo custo, ou seja, a remuneração seria garantida como porcentagem sobre os ativos em operação, avaliados pelo custo histórico. Foi um período de nacionalização do setor, mas ainda com pouca firmeza institucional (SOUZA, 2002).

A situação mudou com a Constituição do Estado Novo em 1937, na qual o Estado tornou mais claro que seria responsabilidade dele as atividades produtivas e desenvolvimentistas. No setor elétrico, as primeiras atividades foram regionais, como a criação da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), no Rio Grande do Sul e a Companhia Elétrica do São Francisco (CHESF) na região nordeste. Ficava mais claro que o Estado era responsável pela regulação dos serviços e controle econômico-financeiro das

tarifas no nível federal. Em 1939, com fim de fazer com que o Estado pudesse coordenar melhor o setor, foi criado o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE), ligado à Presidência da República e que tinha a função de colocar em prática o Código das Águas. O órgão técnico do Conselho passou a ser a já existente Divisão de Águas do Ministério da Agricultura, responsável pelo intermédio entre concessionárias e a administração pública (SOUZA, 2002).

A década de 1950 ficou caracterizada pela alternância de pensamentos liberais e intervencionistas. No setor elétrico isso ficou claro com a proposta de estatização, visando a não dependência ao mercado, ao mesmo tempo que se criava condições de investimento privados estrangeiros no setor. Nesse período foram criadas empresas estatais, que executariam o programa de investimentos em geração e transmissão, formulado pelo governo (PALOMINO, 2009). Nesse período foi criado FURNAS, em 1958, que surgiu como uma solução para a crise energética que ameaçava os principais centros socioeconômicos do país, São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte (FURNAS, 2013).

Queiroz (2013) traz que nessa década, entendia-se que, visto que o setor elétrico tinha características de monopólio, deveria, então, haver um planejamento da expansão com critérios estabelecidos pela operação do sistema, já que um desalinhamento entre planejamento e operação afetaria os objetivos do setor. Um exemplo do estabelecimento de critérios foi a criação de manuais das empresas estatais, que traziam normas baseadas nas empresas americanas, visando padrões de excelência mundiais. Neles haviam indicações de que os equipamentos, máquinas, etc., deveriam ser operados com competência, já que isso traria resultados econômicos positivos às empresas. Por conta disso, o setor passou a investir no treinamento de equipes de engenheiros e técnicos no país e no exterior, com fins a garantir a segurança do sistema.

Em 1957, foi criado o Decreto 41.019 (BRASIL, 1957), que regulamentou os serviços de energia elétrica. Com ele ficou determinado que as concessionárias particulares estrangeiras e nacionais ficariam responsáveis pelos serviços de distribuição de energia elétrica, enquanto as empresas públicas ficariam responsáveis pela expansão da capacidade instalada no Brasil (SOUZA, 2002; PALOMINO, 2009)

No mesmo período foram criados o Ministério de Minas e Energia - MME, pela Lei 3.782, de 1960 (BRASIL, 1960), que tinha o objetivo de administrar aspectos políticos do setor (SOUZA, 2002; PALOMINO, 2009) e as Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS.

Entendia-se que era importante ao setor a promoção do desenvolvimento e fortalecimento de empresas privadas que atuassem com consultorias e projetos, além de construtoras de grandes obras civis e empresas de montagem de equipamentos elétricos. Dessa forma, com um grande número de agentes a serem coordenados, o Estado entendeu que era o mais indicado a organizar essa indústria de rede. Nesse sentido foi que surgiu a proposta de criação de uma empresa estatal que coordenasse todo o processo (QUEIROZ, 2013). A Eletrobrás foi projetada em 1954, mas oficialmente constituída apenas em 1961, pela Lei 3.890-A (BRASIL, 1961; ELETROBRÁS, 2010), visto que resultou de amplas negociações e acordos entre os diferentes atores da sociedade brasileira e seus respectivos interesses, após diversas discussões em grupos de trabalho formados e em debates públicos. (QUEIROZ, 2013).

A Eletrobrás recebeu, então, a função de elaborar estudos, projetos de construção e operação de usinas geradoras, linhas de transmissão e subestações relacionadas ao suprimento de energia elétrica do país (ELETROBRÁS, 2010).

É importante lembrar que a geração de eletricidade no Brasil sempre foi focada na tecnologia hidráulica (pela simplicidade da tecnologia e pela abundância de recursos), com uma complementação pequena de energia térmica, que geralmente, era constituída por empresas estrangeiras e que dependia de recursos fósseis importados (SOUZA, 2002; PALOMINO, 2009).

Durante o regime militar houve uma reorganização institucional do setor elétrico brasileiro, na qual as empresas estrangeiras (Amforp e, mais tarde, Light) foram compradas para evitar problemas políticos externos. O governo federal também realizou grandes investimentos públicos em obras de infraestrutura (SOUZA, 2002). Em 1965, com a reorganização do MME e da Eletrobrás, que assumiram papéis de formulador e executor de políticas, respectivamente, o setor consolidou sua estrutura básica (PALOMINO, 2009).

Em 1969, o CNAEE (Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica) é absorvido pelo DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, as atribuições do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica, por meio do Decreto-lei nº 689, de 18 de julho de 1969 (BRASIL, 1969; ANEEL, 2013b). Na mesma época, tornou-se a responsável pelo planejamento e coordenação do setor elétrico e transformou-se em *holding* das empresas federais regionais executoras da política de energia elétrica, que compreendiam as empresas de Furnas, Chesf, Eletronorte e Eletrosul. Em resumo, o período de 1965 a 1980 ficou marcado por uma intensa intervenção estatal na indústria de energia elétrica, o que ficou representado pela forte institucionalização do setor. Com a crise no setor induzida pelos

choques do petróleo e pela dívida externa, que afetou investimentos nele, tal quadro institucional sofreu fortes abalos, o que contribuiu para a ideia de privatização do mesmo (SOUZA, 2002; PALOMINO, 2009).

No mesmo sentido, Queiroz (2013) aponta que até o final da década de 1980, o quadro institucional do setor foi estável. O autor ainda traz que o desmantelamento da ordem econômica mundial desorganizou esse quadro levando à inadimplência entre importantes estados da federação e ao enfraquecimento da base financeira do setor, o que levou à adoção de políticas econômicas de curto prazo que o afetaram, como o fechamento do balanço de pagamentos e a contenção das tarifas para conter a inflação. Tais medidas colaboraram para o que se configurou como uma crise no setor, o que levou a mudanças na regulação do setor e ao processo de privatização.

A desarticulação institucional ficou mais forte no Governo Collor. Em 1993, a Lei 8.631 (BRASIL, 1993a) extinguiu a remuneração garantida e a equalização tarifária. Os concessionários, então, passaram a propor as tarifas de serviços que seriam pagas pelos consumidores baseadas nos custos, e depois seriam homologadas pelo poder concedente. A medida objetivava adequar a prestação de serviços e o fornecimento de energia (PALOMINO, 2009).

Conforme Pires (2000) complementa, a crise no modelo institucional do setor elétrico, foi inspirada pelos seguintes fatores: (i) crise financeira da União e dos Estados, o que acabou por inviabilizar a expansão da oferta de eletricidade e a manutenção das linhas de transmissão, mesmo com o crescimento elevado da demanda, que se mostrou pouco sensível às flutuações na atividade econômica, principalmente nas classes residencial e comercial; (ii) falta de incentivos às empresas de energia relacionados à eficiência produtiva, bem como falta de critérios técnicos para a gerência administrativa; (iii) regime regulatório inadequado, o que se configurou pela falta de órgão regulador, conflito de interesses sem arbitragem, regime tarifário, regime tarifário baseado no custo de serviço e de remuneração garantida. Segundo o autor, esse aspecto foi agravado pelo fato de as empresas não terem uma série de custos incorridos que não foi validada pelo governo, já que as tarifas foram utilizadas para controle inflacionário.

De forma geral, as decisões do setor elétrico brasileiro foram centralizadas durante a maior parte de sua formação, o que ficou acentuado com a criação da Eletrobrás, que passou a ser o agente que de coordenação do planejamento e da operação do setor, além de ser o agente financeiro. A Eletrobrás tornou-se uma *holding*, tendo como partes as quatro geradoras

federais, o que, na década de 90, representava cerca de 50% de toda a energia gerada no país (PIRES, 2000).

Antes do período de reformas, algumas medidas foram tomadas, mas sem grandes resultados, como aconteceu com a Lei 8.631/93 (BRASIL, 1993a) (que acabou com o regime de equalização tarifária e remuneração garantida, entre outras disposições), o Decreto 915/93 (BRASIL, 1993c) (que permitiu que fossem criados consórcios de geração hidrelétrica entre concessionárias e autoprodutores e o Decreto 1.009/93 (BRASIL, 1993d) (que criou o Sistema Nacional de Transmissão de Energia Elétrica - Sintrel).

Em 1995 foram criadas as Leis 8.987/95 (BRASIL, 1995a) e 9.074/95 (BRASIL, 1995b) que contribuíram para modelo bilateral, que constituiria o Novo Modelo Institucional do Setor Elétrico Brasileiro. A Lei 8.987/95 (BRASIL, 1995a), conhecida como "Lei das Concessões" abrange o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos e é regulamentada pela Lei 9.074/95 (BRASIL, 1995b), que abrange o estabelecimento de normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões dos serviços públicos, e permite, inclusive, a abertura do setor a empresas ou consórcio de empresas para autorização ou concessão de geração de energia elétrica com vistas ao comércio, de parte ou todo, sujeito às regras de comercialização, sendo possível a venda a consumidores específicos (PALOMINO, 2009). Faz isso por meio da criação da figura jurídica do produtor independente de energia elétrica e da permissão aos consumidores livres de contratarem energia, inicialmente de produtores independentes e após, cinco anos, de qualquer concessionária ou produtor de energia (PIRES, 2000).

O Novo Modelo Institucional do Setor Elétrico Brasileiro, no entanto, teve seu início com a Lei 9.427/96 (BRASIL, 1996), que criou a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e com a Lei 9.648/98 (BRASIL, 1998), que estabeleceu quais seriam as regras de entrada, as tarifas e a estrutura do mercado. As reformas que passaram a ocorrer, aconteceram de forma paralela à privatização de ativos federais e estaduais e da criação da Aneel (PIRES, 2000). Segundo o autor, tais fatores se deram baseados na experiência internacional, que possibilitou criar pilares como: a introdução de competição nos segmentos de geração e comercialização de energia elétrica; a criação de um instrumento regulatório que defenda a concorrência nos segmentos competitivos, o que inclui a garantia de acesso livre aos sistemas de transporte (transmissão e distribuição) e; finalmente, o desenvolvimento de mecanismos que regulassem os segmentos que atuassem como monopólio natural (fornecimento de energia no mercado cativo e transmissão de eletricidade), incluindo aspectos de regulação técnica da rede de transmissão.

Sauer (2002) traz que a adoção do Novo Modelo abrangiu a desverticalização da indústria, diferenciando segmentos monopolistas (que se trata daqueles que são regulados - transmissão e distribuição), dos não monopolistas (geração, comercialização, privatização). Além disso foi instituído um modelo comercial baseado na competição dos agentes. A regulação passou a ser técnica e econômica.

As mudanças, no entanto, não trouxeram tantos benefícios. De acordo com Sauer (2002) em menos de uma década depois dos marcos de 1993 e de 1995, os resultados alcançados foram quase insignificantes e acabaram dando prejuízos à economia do país e à população, principalmente a de baixa renda. Alguns pesquisadores chamaram a atenção para o fato de que uma reestruturação baseada em modelos de outros países, nos quais o setor apresentavam diferentes particularidades, poderia afetar o suprimento de energia elétrica (QUEIROZ, 2013).

Em âmbito econômico, as concessões alcançaram baixos valores em suas vendas, diante do valor econômico das empresas. Além disso, observou-se redução na qualidade dos serviços, visto que corpos técnicos altamente qualificados foram dispensados (SAUER, 2002). O setor estatal acabou por ser esvaziado com a demissão dos seus técnicos, o que enfraqueceu sua capacidade de traçar estratégias e parcerias com o setor privado de forma e em uma velocidade adequadas à expansão de oferta de energia, o que mais tarde levaria à crise de abastecimento e conseqüentemente ao racionamento (QUEIROZ, 2013).

As tarifas sofreram um aumento progressivo, sobretudo, no segmento residencial, o que colaborou para a exclusão e para a queda nos investimentos em expansão e manutenção dos sistemas de geração e distribuição. No âmbito estratégico Sauer (2002) aponta que houve perda com a renúncia, pelo Estado, de seu papel de planejador e orientador de políticas do setor que é fundamental para o desenvolvimento econômico do país.

Para Sauer (2002), o que acabou por ocorrer foi o surgimento de um ambiente de incerteza e falta de regras claras, junto com um processo de desverticalização e privatização antecipados, levando a problemas com a produção e distribuição, que resultaram nos blackouts em 1999 e 2002 e um racionamento de 25% do consumo de eletricidade entre 2001 e 2002, o que afetou o crescimento econômico e as condições de vida de todo o país.

Souza (2002) resume a evolução da indústria de energia elétrica brasileira em quatro fases: (i) Até 1930, quando o Estado apenas acompanhava o que acontecia no setor, deixando que os agentes privados suprissem as necessidades do mercado. Como resultado desse período, observou-se o suprimento escasso, irregular e um excesso de empresas estrangeiras no setor; (ii) De 1930 a 1965, quando observou-se um aumento da intervenção estatal, que

buscou prover infraestrutura para o projeto nacional de desenvolvimento e industrialização. A institucionalização dos órgãos estatais, no entanto, ocorreu de forma incipiente, técnica e administrativamente e com baixa eficácia; (iii) De 1965 a 1995, quando o Governo autoritário nacionalizou e praticamente estatizou o setor, estratégia que ruiu diante das crises internacionais do petróleo e da dívida externa, devido às debilidades ideológicas e institucionais; (iv) 1995 até hoje, que se trata de uma fase ainda em evolução, que segue princípios neoliberais e que, segundo o autor, sofre resistências históricas, devido os resultados obtidos face às especificidades do caso brasileiro.

Em 2003, o MME apresentou o documento intitulado "Proposta de Modelo Institucional do Setor Elétrico", que traz a reforma do setor elétrico que passou a ocorrer a partir da década de 1990, sustentada pelas Leis no 10.847 (BRASIL, 2004a) e no 10.848 (BRASIL, 2004b), ambas de 15 de março de 2004 e pelo Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004 (BRASIL, 2004c) e que teve como objetivo estabelecer um marco regulatório estável, de forma a garantir investimentos para a expansão do sistema elétrico e baixas tarifas ao consumidor (QUEIROZ, 2013).

Mas, mais uma vez surgem contestações e questionamentos. Queiroz (2013) mostra que a tentativa de baixar as tarifas não estava funcionando, o que levou ao governo a antecipar a renovação das concessões de energia elétrica, por meio da MP 579/2012 (BRASIL, 2012), que mais tarde tornou-se a Lei 12.783/2013 (BRASIL, 2013). Segundo o autor, foram observados resultados previstos para os segmentos residencial, comercial e parte da indústria, no entanto, essa baixa nas tarifas foi financiada com títulos públicos, gerando críticas entre os economistas.

Queiroz (2013) aponta ainda um questionamento que vem sendo levantado em relação ao enfraquecimento do grupo ELETROBRAS. Com a MP 579 (BRASIL, 2012), ficaram inviabilizadas parcerias das empresas do grupo com empresas privadas para participarem de Leilões de Oferta, diante do impacto negativo financeiro sofrido por ele. Segundo o autor, deverão ser feitos aportes do Governo por meio do BNDES, por exemplo. Além disso, como já ocorreu antes, a ELETROBRÁS vem incentivando seus profissionais a se aposentarem, o que pode levar a um enfraquecimento de sua capacidade técnica.

O debate ainda tem questões técnicas, que levam a questões mais polêmicas, no âmbito ambiental. Apesar de se observar um aumento da demanda, observa-se também uma queda nos níveis dos reservatórios, levando ao aumento da utilização das usinas térmicas. As usinas hidrelétricas na Amazônia já tem mais de 50% do potencial da região explorado, e não há um ambiente político favorável a novos reservatórios. O gás natural, que alimentaria as

usinas térmicas, não é competitivo. Em relação a outras fontes renováveis, Queiroz (2013) não vê um crescimento expressivo delas na matriz elétrica brasileira. Nesse contexto, o autor acredita que o planejamento energético será baseado, então, em energia gerada por carvão e energia nuclear, o que já gera críticas por parte do defensores do mercado de tecnologias "verdes" (QUEIROZ, 2013).

Outra questão é que as térmicas são mais caras que as hidrelétricas, o que fez com que o Governo planejasse o sistema de "bandeiras tarifárias", que deve entrar em vigor oficialmente entre 2014 e 2015. Quando os reservatórios estiverem baixos e as termelétricas tiverem que ser usadas, o custo da energia deve subir e a alteração dos custos será avisada ao consumidor por meio de cores (QUEIROZ, 2013). Segundo a ANEEL (2013a) o sistema indica por meio das cores verde, amarela e vermelha:

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 1,50 para cada 100 quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- Bandeira vermelha: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 3,00 para cada 100 kWh consumidos.

O próprio diretor da ANEEL, Edvaldo Santana, acredita que o modelo atual de leilões está "saturado" e que a taxa de retorno de capital investido no setor elétrico brasileiro está deslocada da realidade do país (VALOR ECONÔMICO, 2013). Dessa forma, mais reformas devem vir para providenciar tais ajustes.

6.1.1.2 Instituições do Setor Elétrico Brasileiro

O histórico de reformas do setor elétrico levou à seguinte configuração institucional do mesmo, conforme trazido pelo ONS (2014b) em seu *website*:

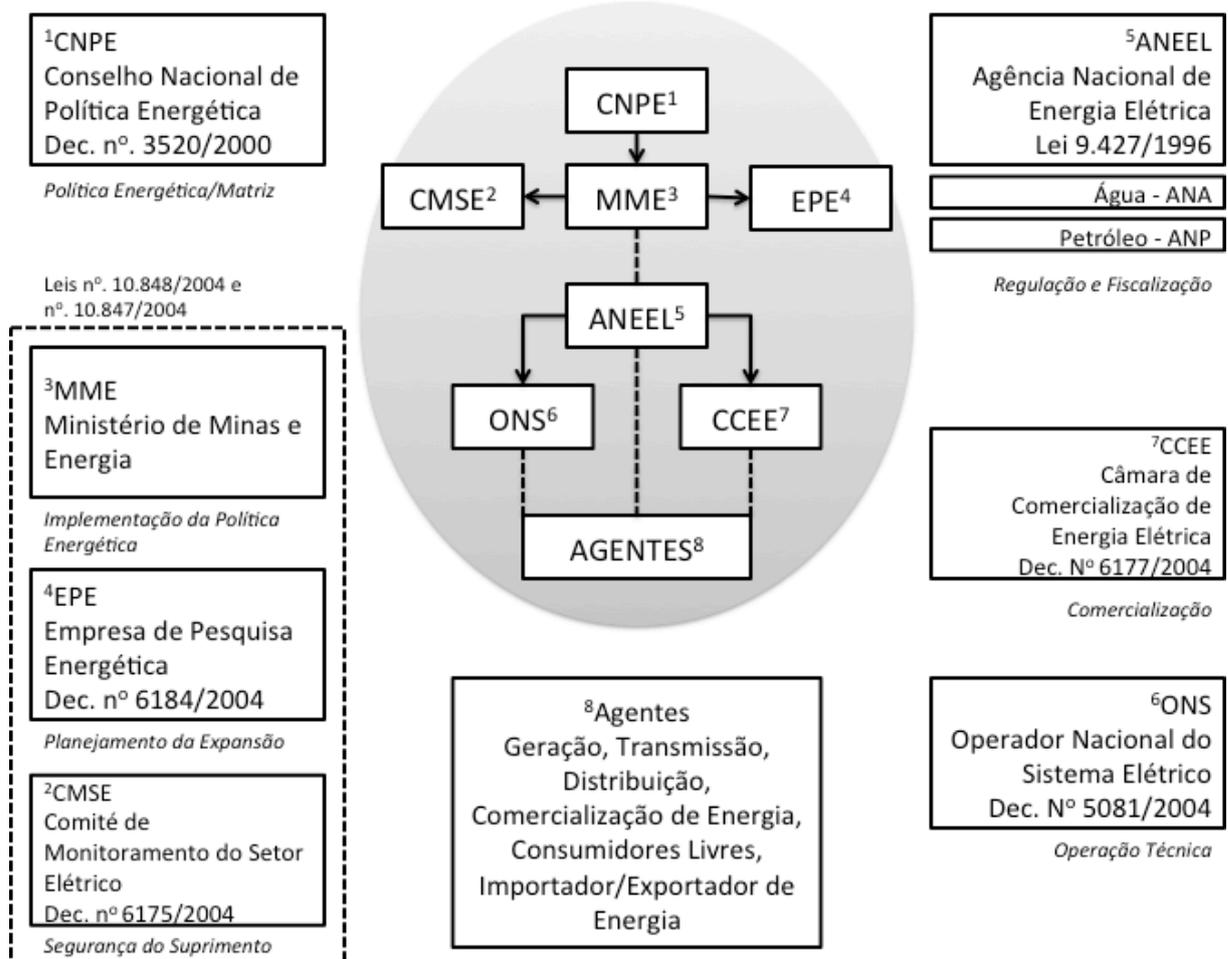


Figura 4 - Instituições do Sistema Elétrico Brasileiro
Fonte: Elaborado pela autora com base em ONS (2014b).

O papel de cada agente representado na figura é descrito a seguir.

Conselho Nacional de Política Energética - CNPE. O CNPE é responsável por assessorar o Presidente da República a formular políticas nacionais e diretrizes de energia. Visa, entre outros objetivos, o aproveitamento natural dos recursos energéticos do país, rever a matriz energética periodicamente e estabelecer diretrizes para programas específicos. É multiministerial e é presidido pelo Ministério de Minas e Energia - MME.

Ministério de Minas e Energia - MME. É o ministério responsável pela formulação, do planejamento e implementação de ações do Governo Federal no âmbito da política energética nacional.

Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico - CMSE. Esse órgão foi criado pela Lei no 10.848/2004 (BRASIL, 2004b), é regulamentado pelo Decreto nº 5.175/2004 (BRASIL, 2004e) e é coordenado pelo MME. Tem função de monitorar e avaliar permanentemente as condições de segurança e continuidade do suprimento de energia no Brasil. O CMSE é composto por:

- Ministério de Minas e Energia, como coordenador;
- Quatro representantes do MME;
- CEOs das seguintes instituições:
 - Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel;
 - Agência Nacional de Petróleo e Gás - ANP;
 - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE;
 - Empresa de Pesquisa Energética - EPE;
 - Operador Nacional do Sistema Elétrica - ONS.

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE. A CCEE consiste em uma pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, regulada e fiscalizada pela ANEEL. Tem a finalidade de viabilizar a comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional - SIN⁷. É o órgão que administra os contratos de compra e venda de energia elétrica, contabiliza-os e liquida-os.

Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS. O ONS trata-se de uma pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, regulada e fiscalizada pela ANEEL. Executa atividades de coordenação e controle da operação de geração e transmissão, no âmbito do Sistema Interligado Nacional - SIN.

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. A ANEEL é uma autarquia sobre regime especial vinculada ao MME. Tem como objetivo regulação da produção, da transmissão, da distribuição e da comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do Governo Federal.

Empresa de Pesquisa Energética - EPE. A EPE realiza estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento dos setores relacionados à energia, como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, entre outros.

Agentes Setoriais:

Agentes Geradores. Agentes autorizados ou concessionários de geração de energia elétrica. Operam plantas e prestam serviços ancilares (serviços que complementam os serviços principais de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia);

⁷ O Sistema Interligado Nacional - SIN, trata-se do sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil. É um sistema hidrotérmico de grande porte, e predominantemente composto por usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. O SIN é formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Existem ainda, pequenos sistemas isolados, que são estão principalmente na região amazônica, mas apenas 1,7% da energia requerida pelo país encontra-se em tais sistemas. Fonte: ONS (2014a).

Agentes de Transmissão. Agentes que detêm concessões para transmissão de energia elétrica, com instalações na rede básica;

Agentes de Distribuição. Agentes que operam um sistema de distribuição em sua área de concessão. Participam do SIN. Contratam serviços de transmissão de energia e serviços ancilares do ONS;

Consumidores Livres. Os consumidores livres têm opção de escolher o fornecedor de energia elétrica, conforme resolução da Aneel;

Agentes Importadores. Têm autorização para implantarem sistemas de transmissão associados à importação de energia elétrica;

Agentes Exportadores. Têm autorização para implantarem sistemas de transmissão associados à exportação de energia elétrica;

Agente Comercializador da Energia de Itaipu. Pelo fato de ser binacional, o relacionamento entre Brasil e Paraguai no que diz respeito à Itaipu segue tratados internacionais. A energia que o Brasil recebe de Itaipu representa cerca de 30% do mercado de energia da região sul/sudeste/centro-oeste. Essa energia tem sua comercialização coordenada pela Eletrobrás (ONS, 2014).

6.1.1.3 Ambientes de Contratação

O Setor Elétrico Brasileiro tem ambientes diferentes de contratação de energia, nos quais atuam os agentes acima apresentados, conforme pode ser verificado no *website* do Ministério de Minas e Energia (MME, 2014).

Ambiente de Contratação Regulada - ACR. Nesse ambiente os agentes vendedores (geradores, comercializadores e autoprodutores) e as distribuidoras estabelecem Contratos de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado - CCEAR. Tais contratos são estabelecidos por meio de licitação, ressalvados casos previstos em lei, seguindo regras e procedimentos de comercialização específicos (MME, 2014).

Energia de Reserva. Trata-se da energia adicional que deve aumentar a segurança no fornecimento de energia elétrica ao SIN. É contratada por meio de Leilões de Energia de Reserva - LER. Tem o objetivo de restaurar o equilíbrio entre as garantias físicas atribuídas às usinas geradoras e a garantia física total do sistema, de modo que não haja impacto nos contratos existentes e nos direitos das usinas geradoras. Tem, ainda, função de reduzir riscos de desequilíbrio entre oferta e demanda da energia elétrica, que podem ocorrer por conta de atrasos de obras, por exemplo, entre outros imprevistos (MME, 2014).

Ambiente de Contratação Livre - ACL. Nesse ambiente os geradores, consumidores livres, autoprodutores, comercializadores, importadores e exportadores de energia podem estabelecer entre si contratos bilaterais de compra e venda de energia com preços e quantidades livremente negociados, seguindo regras e procedimentos de comercialização específicos (MME, 2014).

6.1.1.4 Leilões de Energia Elétrica

Os leilões de energia elétrica são processos de licitação que são executados com o fim de contratarem energia elétrica necessária para assegurar o atendimento da demanda futura no Ambiente de Contratação Regulada (ACR), que se trata do mercado das distribuidoras (MME, 2014). Os vencedores celebram Contratos de Comercialização de Energia Elétrica em Ambiente Regulado (CCEAR) com os agentes de distribuição. Nos contratos ficam estipuladas as necessidades de compra para entrega no ano de início de suprimento da energia contratada. A partir de 2005, foram incluídos nos leilões princípios de segurança no abastecimento e de modicidade tarifária. Isso fez com que aumentasse a competição entre os agentes de geração para contratação de energia elétrica, o que resultou em aquisições de menor preço (MME; 2014).

6.1.1.5 Horizontes de Contratação dos Leilões

Os leilões descritos são divididos de acordo com os prazos de contratação e entrega da energia comercializada. A seguir são descritos os diversos tipos:

Leilão A-5. Nesse processo licitatório, a energia contratada é proveniente de novos empreendimentos de geração realizado com cinco anos de antecedência do suprimento. Esse tipo de licitação foi criado para viabilizar projeto de longa maturação, como os hidrelétricos.

Leilão A-3. O leilão A-3 comercializa energia elétrica para novos empreendimentos que a vão suprir em três anos. Foi criado para viabilizar projetos de médio tempo de maturação, como os termelétricos.

Leilão A-1. Nesse caso, a energia contratada será suprida por empreendimentos já existentes e que a vão suprir em um ano ou até no próprio ano da licitação, em casos excepcionais.

Leilões de Ajuste. Leilões com finalidade de complementar a carga de energia necessária para atender a demanda dos agentes de distribuição, até o limite de 1% do mercado de cada distribuidora (MME, 2014).

6.1.1.6 Leilões Especiais

Leilão de projeto estruturante. Nesses leilões, a energia comercializada é proveniente de projetos de geração que apresentam caráter estratégico e que sejam de interesse público. Eles asseguram modicidade tarifária e confiabilidade no Sistema Elétrico, além de atenderem a demanda por energia considerando planejamento de longo, médio e curto prazos. Nesses leilões foram leiloados a UHE Santo Antônio (Resolução CNPE nº4 de 2007); a UHE Jirau (Resolução CNPE nº1 de 2008) ; e a UHE Belo Monte (Resolução CNPE nº5 de 2009) (BRASIL, 2007; BRASIL, 2008; BRASIL, 2009; MME, 2014).

Leilão de Fontes Alternativas – LFA. Têm o objetivo de diversificar a matriz elétrica brasileira, fazendo com que aumente a participação de fontes renováveis como energia eólica e bioeletricidade, além de introduzir novas fontes (MME, 2014).

Leilão de Energia de Reserva – LER. Contratam energia para garantir o fornecimento ao Sistema Interligado Nacional – SIN. A energia contratada é proveniente exclusivamente para este fim (MME, 2014).

A figura 5 ilustra os tipos de leilões e seus horizontes de contratação.

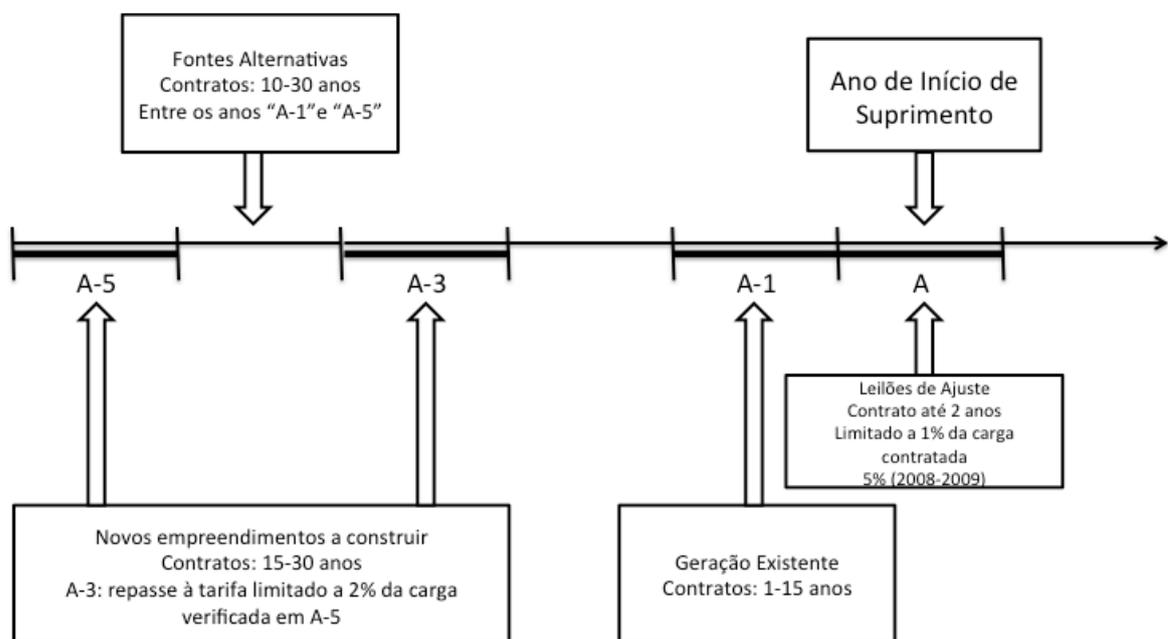


Figura 5 - Horizontes dos Leilões de Energia
 Fonte: Elaborado pela autora com base em ONS (2014b).

6.1.2 Matriz Energética Brasileira e a participação das energias renováveis

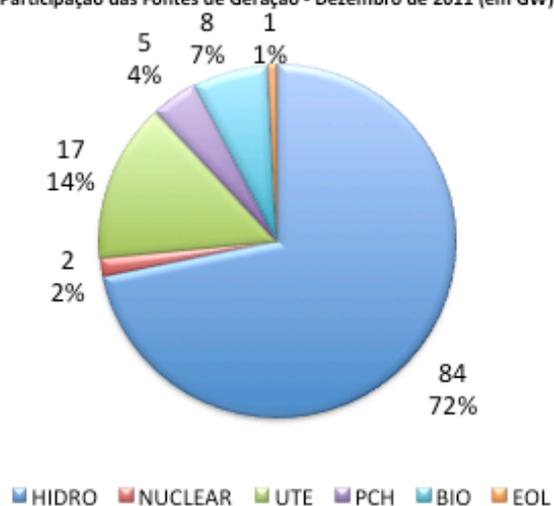
No Brasil, é uma prioridade do governo aumentar a participação de fontes renováveis de energia na matriz energética país. De acordo com a EPE (Empresa Brasileira de Pesquisa Energética) a participação da energia de pequenas usinas hidrelétricas, energia eólica e energia de biomassa na matriz energética brasileira elétrica vai aumentar de 8% para 16% em dez anos (FRANCISCO, 2012).

A maior parte da geração de energia no Brasil é feita por meio da energia hidrelétrica. Em 2012, essa fonte foi responsável por 85,9% de toda a geração elétrica do país. Apesar de ambientalmente amigável, é uma fonte de grande sazonalidade, causando grandes problemas de planejamento. Para amenizar esse problema, é necessário diversificar a matriz energética brasileira, de forma que outras fontes de energia se tornem complementares à energia de fonte hidráulica. Historicamente é energia termelétrica que complementa a oferta de energia, mas é uma fonte que traz riscos ao meio ambiente (BNDES, 2012). A necessidade se torna, então, a de uma fonte de energia complementar e limpa.

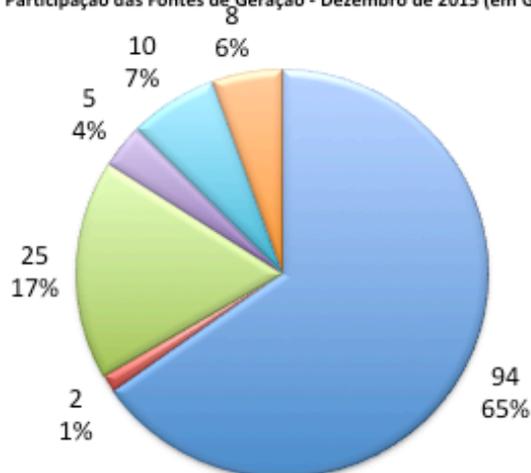
A capacidade energética de fontes alternativas de energia elétrica cresce 12% ao ano no mercado brasileiro (FRANCISCO, 2012). De acordo com MME e EPE (2012) em 2021, haverá 29GW produzidos por fontes alternativas de energia, incluindo as pequenas plantas hidrelétricas, eólicas e de biomassa. Esta capacidade energética irá representar 20% da matriz de energia elétrica, enquanto em 2011 representou apenas 12%, conforme apresentado na figura 6, que inclui as fontes:

- PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas
- EOL – Planta de Energia Eólica
- BIO – Planta de Energia de Biomassa
- HIDRO – Plantas de Energia Hidrelétrica
- UTE – Planta de Energia Termelétrica
- NUCLEAR – Planta de Energia Nuclear

Participação das Fontes de Geração - Dezembro de 2011 (em GW)



Participação das Fontes de Geração - Dezembro de 2015 (em GW)



Participação das Fontes de Geração - Dezembro de 2021 (em GW)

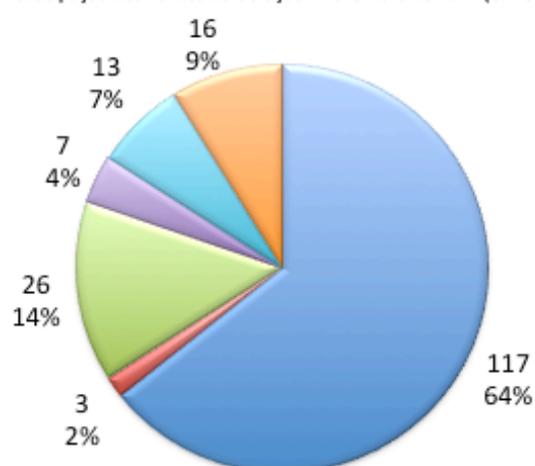


Figura 6 - Evolução da capacidade energética instalada por tipo de fonte de geração (GW em %)
 Fonte: MME; EPE (2012)

Alves (2010) traz que a energia eólica se mostra como uma boa opção de complementação à energia hidráulica, visto que estudos comprovaram que o período de menor vazão dos rios das regiões Nordeste e Sul coincidem com os períodos de incidência de vento. Conforme o Plano Decenal de Expansão de Energia 2021, elaborado por MME e EPE (2012), a fonte de energia eólica é a forma de geração de energia que mais expandiu sua participação em leilões no Brasil desde 2009. Os contratos firmados mostraram que esse tipo de energia atingiu preços competitivos, o que levou ao desenvolvimento da indústria nacional de equipamentos para abastecer tal mercado. Segundo os autores o que levou a tal cenário foram aspectos do cenário externo, do desenvolvimento tecnológico, da cadeia produtiva, além de aspectos regulatórios.

6.1.3 *Histórico e Caracterização do Setor de Geração de Energia Eólica*

A energia proveniente do vento tem sido utilizada há pelo menos três mil anos, mas as pessoas começaram a usá-lo para gerar energia elétrica cerca de 120 anos atrás (LEUNG; YANG, 2012). Até o início do século XX, a energia eólica era usada para fornecer energia mecânica, para bombear água ou para moer grãos. No início da fase industrialização moderna, a utilização dos recursos de energia eólica intermitente foi substituída pelo uso de motores ativados por combustíveis fósseis ou pela rede elétrica, o que proporcionou uma fonte de energia mais consistente. No início de 1970, com o primeiro choque do preço do petróleo, o interesse na energia eólica ressurgiu. Desta vez, no entanto, o foco principal foi na geração de energia elétrica ao invés da energia mecânica. Dessa forma, tornou-se possível prover uma fonte de energia confiável e consistente, usando outras formas de tecnologias em energia através da rede elétrica, como um *back-up* (ACKERMANN; SODER, 2002)

Ainda de acordo com Ackermann e Soder (2002), as primeiras turbinas eólicas para geração de energia elétrica já haviam sido desenvolvidas no início do século XX. A tecnologia foi melhorada passo a passo desde o início dos anos 1970. Até o final da década de 1990, a energia eólica ressurgiu como um dos mais importantes recursos energéticos sustentáveis. Durante a última década do século XX, a capacidade eólica mundial duplicou aproximadamente a cada três anos. Os custos de eletricidade a partir de energia eólica têm caído para cerca de um sexto desde o início da década de 1980. E a tendência parece continuar.

A tecnologia da energia eólica em si também avançou rapidamente, além de ter sempre oscilado com os preços do petróleo. O desenvolvimento da tecnologia da energia

eólica foi impulsionada pela primeira vez durante a crise do petróleo da década de 1970, mas depois sofreu uma desaceleração. Durante a última década, devido à política de distribuição por concessionárias para a indústria de energia eólica adotada por muitos países, o mercado de energia eólica desenvolveu rapidamente, e a tecnologia de turbinas eólicas sofreu uma importante evolução ao longo do tempo. Além dos países pioneiros originais, tais como Alemanha, EUA, Dinamarca e Espanha, países como China e Turquia têm feito esforços significativos para desenvolver sua indústria de energia eólica (LEUNG; YANG, 2012; ACKERMANN; SODER, 2002).

Um parque eólico é um conjunto de turbinas utilizadas para gerar eletricidade através da captação de energia do vento. Um grande parque eólico pode conter várias centenas de turbinas eólicas e cobrem centenas de quilômetros quadrados (LEUNG; YANG, 2012). A energia eólica que usamos hoje vem principalmente de ventos *onshore* (parques eólicos localizados em terra). Ao mesmo tempo, há um interesse crescente em energia eólica *offshore* (parques eólicos localizados no mar), já que o vento é normalmente mais forte e uniforme no mar do que em terra. Os países europeus são os líderes em energia eólica *offshore* (LEUNG; YANG, 2012). A Dinamarca tem aplicado a eólica *offshore* para fornecer eletricidade para cerca de 20 anos (SAWYER, 2010). Em países como os EUA, onde as fontes eólicas costeiras são abundantes, energia eólica *offshore* tem o potencial para se tornar uma grande fonte de energia para aplicações domésticas (MUSIAL; BUTTERFIELD; RAM, 2006).

A geração de energia *offshore* atraiu bastante a atenção das pessoas nos últimos anos. Como já apresentado, a energia eólica é limpa e barata, mas o espaço para as turbinas está se tornando escasso, o que torna a geração de energia eólica *offshore* uma opção atraente. Algumas vantagens da geração de energia *offshore* faz com que haja um interesse crescente na construção de torres de energia eólica desse tipo. O vento *offshore* sopra mais forte, proporcionando uma maior produtividade quando turbinas maiores estão instaladas. Para instalações *offshore* existem enormes áreas potencialmente produtivas disponíveis, nas quais grandes parques eólicos podem ser construídos. Dessa forma, as turbinas eólicas ficam suficientemente longe da costa e da vida humana, o que ameniza as questões do impacto visual e de ruído. Assim, é possível aplicar algumas turbinas eólicas mais eficientes mas barulhentas, como as turbinas de duas lâminas e turbinas “*downwind*” (turbinas nas quais o vento pode bater no lado contrário das pás e que podem usar lâminas mais macias e baratas). Portanto, a energia eólica *offshore* tem sido amplamente focada e desenvolvida, uma vez que é fiável, intensiva, sua fonte é abundante e tem vastas áreas disponíveis para instalação, além de aliviar a dependência do petróleo e reduzir impactos ambientais, estimular o

desenvolvimento da economia marítima e oferecer oportunidades de emprego (LEUNG; YANG, 2012).

6.1.4 Energia Eólica no Brasil

Com a necessidade de se diversificar a matriz energética brasileira, principalmente pela preocupação mundial com questões ambientais e pela segurança do fornecimento de energia, começaram a ser instaladas nos anos 90, as primeiras turbinas eólicas para produção comercial de energia. O setor elétrico até aquela década apresentava um perfil monopolista, que incluía empresas, em sua maioria, estatais e verticalizadas (ou seja, que eram responsáveis pela geração, transmissão e distribuição de energia) e que não poderiam ser escolhidas pelos consumidores (BNDES, 2000).

Com a privatização do setor, que ocorreu efetivamente a partir de 1995, abriu-se oportunidade para que empresas geradoras de energias renováveis alternativas passassem a ser fornecedores de energia elétrica, devido à nova legislação que surgiu com o processo. Alguns anos antes já tinha surgido um dos marcos legais do setor elétrico do Brasil, acompanhando a mudança na matriz energética, a Lei 8.666 de 1993 - Lei das Concessões (BRASIL, 1993b), que instituiu normas para a realização de licitações e contratações para fornecimento ou suprimento de energia elétrica, por meio de organizações concessionárias, permissionárias ou autorizadas. Em 1999, por meio da Resolução 245 (ANEEL, 1999), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) permitiu a substituição total ou parcial das usinas termoeletricas por usinas de fontes renováveis em sistemas isolados, o que mais uma vez favoreceu a entrada da energia eólica na matriz energética (BNDES, 2012).

Em 2001, com a crise energética, o foco da atuação do governo relacionada à energia passou a ser a busca pela segurança da oferta de eletricidade. Criaram-se, então, outros incentivos ao desenvolvimento das energias renováveis, incluindo a energia eólica, destacando-se o Programa Emergencial de Energia Eólica (PROEÓLICA) e o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). O PROEÓLICA tinha como objetivo implantar 1.500 MW gerados a partir de energia eólica até dezembro de 2003, com garantia da Eletrobrás da compra da energia por, pelo menos, 15 anos (BNDES, 2012; ALVES, 2010). A energia gerada seria comprada pelo valor de repasse para as tarifas, que era relativo ao Valor Normativo regulamentado pela ANEEL. Alves (2010, p. 182) complementa a informação explicando que:

Os custos relacionados ao volume de energia comprada pela ELETROBRAS seriam repassados às concessionárias de distribuição do sistema interligado de forma compulsória na proporcionalidade dos seus mercados realizados no ano anterior.

Porém, também conforme Alves (2010), o PROEOLICA não atingiu seu objetivo de facilitar a entrada emergencial de novos projetos eólicos. No entanto, fez com que muitas empresas internacionais passassem a atuar na promoção de fontes renováveis, o que demandou um avanço na regulamentação do setor elétrico.

Já o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), juntamente com a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) foram criados pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002 (BRASIL, 2002) e alterada pela Lei nº 10.762 de 11 de novembro de 2003 (BRASIL, 2003). Esta lei teve como objetivo compartilhar a energia elétrica produzida a partir do vento, pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e projetos de biomassa. O PROINFA é a referência legal para todas as ações de governo que são direcionadas para desenvolvimentos de energia renovável no Brasil. Em sua primeira etapa, 3.300 MW de potência foram igualmente distribuídos entre as fontes. A Lei 10.762 (2003) promoveu mudanças no PROINFA. A compra garantida de energia que foi gerada no programa foi alterada de 15 para 20 anos, através de contratos com a Eletrobrás até o final de abril de 2004 para as instalações que começaram a operar em dezembro de 2006. Foi planejado que a implantação inicial de 3300 MW de potência fosse distribuída igualmente em relação à capacidade instalada de cada fonte que participou do programa. A energia comprada foi definida pelo valor econômico que correspondia às tecnologias específicas de cada fonte, e os valores econômicos que correspondiam às tecnologias de fontes específicas se referiam à quantidade de vendas de energia elétrica. Estas vendas tiveram um certo nível de eficiência, o que tornou economicamente viáveis os projetos de nível médio quando utilizadas as fontes em questão (SILVA et al. , 2013).

Francisco (2012) traz que o custo da energia comprada pela ELETROBRÁS no PROINFA foi rateado entre todas as classes de consumidores finais. No entanto, os consumidores que pertenciam à subclasse residencial de baixa renda (definidos como aqueles com consumo mensal inferior ou igual a 80 kWh / mês, conforme determinado pelo Sistema Nacional Interligado⁸) foram cobrados proporcionalmente em relação ao consumo individual

⁸ O Sistema Nacional Interligado (SNI) é composto de 96,6% da capacidade de produção de energia elétrica do Brasil e é composto de unidades no sul, sudeste, centro-oeste, nordeste e norte de geração. O 3,4% restante da capacidade de produção de eletricidade não contemplada pelo SNI está concentrada em pequenos sistemas isolados, principalmente na região amazônica. Além disso, a oferta interna de energia elétrica em 2010 foi de 548 TWh. Essa eletricidade foi predominantemente produzido a partir de água. A hidroeletricidade foi

verificado. Conforme Silva et al. (2013), uma vez instalados 3.300 MW, o PROINFA promoveu uma segunda etapa, considerando que as energias renováveis deveriam ser responsáveis por 10% de toda a geração de eletricidade no Brasil até 20 anos. Para a segunda fase do PROINFA, a Lei 10.762/2003 (BRASIL, 2003) aumentou o período de tempo pelos quais os contratos deveriam ser assinados com a ELETROBRAS para 20 anos (inicialmente, a Lei 10.438/2002 previa um prazo de 15 anos) (BRASIL, 2002). O PROINFA reforçou a estratégia institucional brasileira de apoiar o desenvolvimento de energias renováveis através de um Sistema Tarifário *feed-in* (PEREIRA, 2012). Este modelo define um preço para a eletricidade produzida a partir de fontes renováveis, e as quantidades de eletricidade que são oferecidos são reguladas pelo mercado. Busca incentivar a adoção de energias renováveis utilizando legislações, que definem que as concessionárias regionais e nacionais devem comprar eletricidade de fontes renováveis em valores estabelecidos pelo governo que são acima do mercado. O modelo é baseado naqueles aplicados em vários países, como a Alemanha, Espanha, Dinamarca, entre outros (BNDES, 2012; PEREIRA, 2012).

O Decreto 5.025, em 2004 (BRASIL, 2004c), estipulou que a capacidade de contratos eólicos contratados na primeira fase do PROINFA não poderia exceder 220 MW em cada Estado (20% da energia eólica-elétrica a ser contratada no PROINFA). Dessa forma, os mecanismos e arranjos que foram adotadas pelo governo brasileiro e suas suposições criaram alternativas que induziriam o desenvolvimento descentralizado da tecnologia eólica-elétrica. Em teoria, o potencial de criação de condições para investimento em energia eólica foi excelente. No entanto, os projetos de energia eólica no âmbito do PROINFA precisam ser ajustados devido a atrasos recorrentes no início das operações, o que se reflete nas dificuldades que são encontradas na execução do programa. Estas dificuldades resultam do caráter inovador do PROINFA e são um espelho da situação socioeconômica brasileira e os seus riscos e incertezas, que são vistos pelos investidores. Como um instrumento de planejamento setorial, o governo brasileiro adotou um sistema de leilão para a expansão de grandes usinas hidrelétricas e de biomassa, parque eólicos, PCHs e usinas de biodiesel. O sistema de leilões exige processos eficientes, a seleção do local, a exploração de tecnologia e contratos de fornecimento de parques eólicos. Para os autores, um fator chave para o uso de leilões é que ele torna o processo mais transparente para a sociedade, além de resultar em preços justos, que são necessários para incentivar a participação de potenciais licitantes e impedir o conluio (SILVA et al. , 2013).

responsável por aproximadamente 74,9% da oferta e a energia eólica foi responsável pela a aproximadamente 0,4% da oferta interna de energia (FRANCISCO, 2012).

O quadro 4 relaciona os principais aspectos Político-Legais do setor apresentados nesta seção.

Aspectos Político-Legais	
Ambiente Institucional	Investimentos no setor de energia são destinados de acordo com as decisões que ocorrem no âmbito das políticas energéticas desenvolvida pelo governo.
	Muitas decisões ultrapassam os mandatos de governos diferentes, antes das implantações, o que pode levar ao fracasso da materialização de projetos energéticos.
	O mercado de energia geralmente é constituído por indústrias de redes, que se tratam de indústrias que demandam a implantação de malhas para alcançar o consumidor e isso impacta diversos segmentos da sociedade.
	O setor elétrico, como exemplo de indústria de rede, precisa manter um equilíbrio entre oferta e demanda, o que apresenta uma dificuldade de previsão e uma dificuldade de estocagem.
	O Estado age como importante ator, sendo regulador, planejador e empresário, além de estar à frente por meio de concessões reguladas por ele e/ou outorgadas ao setor privado.
	A Eletrobrás tem a função de elaborar estudos, projetos de construção e operação de usinas geradoras, linhas de transmissão e subestações relacionadas ao suprimento de energia elétrica do país.
	Devido a reformas malsucedidas, o setor elétrico estatal foi esvaziado com a demissão dos seus técnicos, o que enfraqueceu sua capacidade de traçar estratégias e parcerias com o setor privado de forma e em uma velocidade adequadas à expansão de oferta de energia, o que mais tarde levaria à crise de abastecimento e consequentemente ao racionamento.
	Na década de 90, configurou-se um ambiente de incerteza e falta de regras claras, junto com um processo de desverticalização e privatização antecipados, levando a problemas com a produção e distribuição, que resultaram nos blackouts em 1999 e 2002 e um racionamento de 25% do consumo de eletricidade entre 2001 e 2002, o que afetou o crescimento econômico e as condições de vida de todo o país.
	Conforme o Plano Decenal de Expansão de Energia 2021, elaborado por MME e EPE (2012), a fonte de energia eólica é a forma de geração de energia que mais expandiu sua participação em leilões no Brasil desde 2009.
	No início de 1970, com o primeiro choque do preço do petróleo, o interesse na energia eólica ganhou força. Tornou-se possível prover uma fonte de energia confiável e consistente, usando outras formas de tecnologias em energia através da rede elétrica, como um <i>back-up</i> .
	Em teoria, durante a vigência do PROINFA, o potencial de criação de condições para investimento em energia eólica foi excelente. No entanto, os projetos de energia eólica no âmbito do Programa precisam ser ajustados devido a atrasos recorrentes no início das operações, o que se reflete nas dificuldades que são encontradas na execução do programa.
	O sistema de leilões exige processos eficientes, a seleção do local, a exploração de tecnologia e contratos de fornecimento de parques eólicos. Para Silva et al. (2013), um fator chave para o uso de leilões é que ele torna o processo mais transparente para a sociedade, além de resultar em preços justos, que são necessários para incentivar a participação de potenciais licitantes e impedir o conluio.
A tecnologia da energia eólica em si também avançou rapidamente rumo a novas, além de ter sempre oscilado com os preços do petróleo.	
O modelo atual de leilões está "saturado" e a taxa de retorno de capital investido no setor elétrico brasileiro está deslocada da realidade do país. Dessa forma, mais reformas devem vir para providenciar tais ajustes.	

Matriz Energética	<p>A maior parte da geração de energia no Brasil é feita por meio da energia hidrelétrica. Em 2012, essa fonte foi responsável por 85,9% de toda a geração elétrica do país. Apesar de ambientalmente amigável, é uma fonte de grande sazonalidade, causando grandes problemas de planejamento.</p>
	<p>Apesar de se observar um aumento da demanda, observa-se também uma queda nos níveis dos reservatórios, levando ao aumento da utilização das usinas térmicas. No entanto Queiroz (2013) aponta que o gás natural, que alimentaria as usinas térmicas, não é competitivo. E conforme o BNDES (2012), a energia termoelétrica é uma fonte que traz riscos ao meio ambiente.</p>
	<p>As usinas térmicas são mais caras que a hidrelétrica, o que fez com que o Governo planejasse o sistema de "bandeiras tarifárias", que deve entrar em vigor oficialmente entre 2014 e 2015.</p>
	<p>Para amenizar a questão da sazonalidade e do planejamento energético, é necessário diversificar a matriz energética brasileira, de forma que outras fontes de energia se tornem complementares à energia de fonte hidráulica.</p>
	<p>Em relação a outras fontes renováveis, além da hidrelétrica, Queiroz (2013) não vê um crescimento expressivo delas na matriz elétrica brasileira. Nesse contexto, o autor acredita que o planejamento energético irá, então, basear-se em energia gerada por carvão e energia nuclear, o que já gera críticas por parte dos defensores do mercado de tecnologias "verdes".</p>
	<p>A partir de 2005 foram incluídos nos leilões princípios de segurança no abastecimento e de modicidade tarifária. Isso fez com que aumentasse a competição entre os agentes de geração para contratação de energia elétrica, o que resultou em aquisições de menor preço (MME; 2014).</p>
	<p>Alves (2010) traz que a energia eólica se mostra como uma boa opção de complementação à energia hidráulica, visto que estudos comprovaram que o período de menor vazão dos rios das regiões Nordeste e Sul coincidem com os períodos de incidência de vento.</p>

Quadro 4 - Aspectos Político-Legais

Fonte: Elaborado pela autora.

6.2 Levantamento dos aspectos econômicos

Após 15 anos apresentando taxas de crescimento médio acumulado de cerca de 28%, as instalações de energia eólica comerciais, em cerca de 80 países, totalizaram cerca de 240 GW no final de 2011. Isso representou um aumento de mais de 40 vezes no período citado. Vinte e dois países têm mais de 1.000 MW de potência instalada (GWEC; GREENPEACE, 2012). Os autores apontam que esse é um setor vulnerável à mudanças econômicas, já que a demanda por energia varia conforme o desempenho da economia dos países. Trazem ainda, que, apesar da atual turbulência do mercado, todos os fundamentos que têm impulsionado o crescimento do setor ao longo das duas últimas décadas ainda têm força, e só vão ficar mais fortes ao longo do tempo, como por exemplo: a segurança energética, a estabilidade dos preços de eletricidade, geração de empregos e desenvolvimento econômico local; redução do consumo de água doce e poluição, reduzindo a poluição do ar local e reduzindo as emissões de dióxido de carbono.

Na versão de 2012 do relatório anual *Global Wind Energy Outlook* (GWEO), publicado pelo *Global Wind Energy Council* (GWEC) e pelo *Greenpeace*, as organizações trazem três cenários diferentes para o setor de energia eólica. O cenário baseado no *International Energy Agency* (IEA), mostra um mercado plano, com uma seguinte ligeira redução para a energia eólica para as próximas duas décadas. Já os cenários desenhados do GWEO trazem uma perspectiva moderada e uma avançada. O cenário moderado é mais provável em um mundo que continua mais ou menos do jeito que está atualmente, no qual a energia eólica continua a ganhar terreno, mas ainda luta contra as fontes de energia que são fortemente subsidiadas, além da colcha de retalhos de medidas de redução de emissão de carbono que existem atualmente, com um preço baixo em emissões de carbono, se existir algum. O cenário avançado mostra o potencial da energia eólica para a produção de 20% ou mais da oferta global de eletricidade, em um mundo onde existe um forte compromisso político e uma cooperação internacional para o estabelecimento de alterações climáticas acordado, aumentando a segurança energética, reduzindo drasticamente o consumo de água doce e criando milhões de novos empregos em todo o mundo (GWEC; GREENPEACE, 2012).

A figura 7 e, como complementação, a tabela 1, trazem os números projetados conforme as previsões descritas.

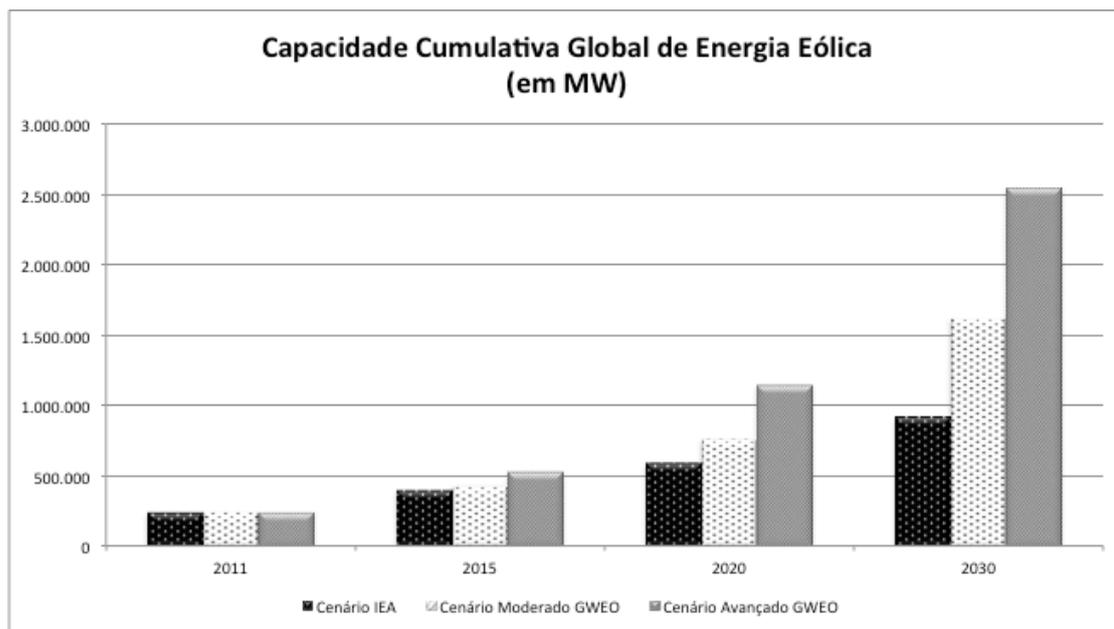


Figura 7 - Capacidade Cumulativa Global de Energia Eólica.

Fonte: Elaborado pela autora, com base em GWEC e Greenpeace (2012).

Tabela 1 - Capacidade Cumulativa Global de Energia Eólica

		Capacidade Cumulativa Global de Energia Eólica			
		2011	2015	2020	2030
Cenário IEA	MW	237.699	397.859	586.729	917.798
	TWh/a	583	976	1.439	2.412
Cenário Moderado GWEO	MW	237.699	425.155	759.349	1.617.444
	TWh/a	583	1.043	1.863	4.251
Cenário Avançado GWEO	MW	237.699	530.945	1.149.919	2.541.135
	TWh/a	583	1.302	2.821	6.678

Fonte: Elaborado pela autora, com base em GWEC e Greenpeace (2012).

O GWEC e Greenpeace (2012) previram que a indústria de geração de energia eólica estava no caminho certo para atender o cenário avançada proposto pelo GWEO, em uma trajetória que superaria 1.000 GW instalados até 2020 e deixaria de liberar 1,6 bilhão de toneladas de CO₂ por ano. Desde o final de 2009, no entanto, passou-se a considerar mais fortemente o cenário moderado. Talvez seja apenas coincidência com o fato daquele ano ter estourado uma crise, mas, conforme GWEC e Greenpeace (2012) as mesmas forças que puseram a agenda de mudança climática em segundo plano nos anos de recessão – a maior parte, países da OCDE; a falta de ambição União Europeia em "consertar" o seu sistema de comércio de emissões; a política inconstante nos EUA e em outros lugares – têm contribuído para um crescimento mais lento no setor de energia eólica – um mercado estável em 2010, um crescimento modesto em 2011 e novamente este ano, e um 2013 de mercado muito incerto. No cenário moderado projetado para 2020 ainda existiria uma capacidade acumulada de mais

de 750 GW, e redução de CO₂ anuais da ordem de 1 bilhão de toneladas/ano. Não é um cenário insignificante, mas é melhor do que o cenário de referência da *International Energy Agency* (IEA) que apontava o desempenho da geração de energia eólica não seria suficiente para desempenhar plenamente o seu papel no combate à crise climática.

Para os autores, a fim de começar a crescer novamente, algumas atitudes deveriam ser tomadas em âmbito global:

- Um fim para a briga partidária sobre a política energética nos EUA, que cria os ciclos de expansão e recessão destrutivas nesse mercado crítico;
- Resolução de problemas da rede, certificação, transparência e qualidade na China;
- A revitalização do mercado de carbono – O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Kyoto tem mais de 100 GW de projetos de energia eólica no *pipeline*, mas na falta de uma nova demanda para os créditos, refletindo a redução da ambição em reduzir as emissões por parte dos governos, o preço para os créditos são tão baixos a ponto de ser quase imaterial;
- A coragem política por parte de, pelo menos, alguns governos para resolver a questão de subsídios no setor de energia convencional;
- E, por fim, talvez o mais importante, políticas estáveis, financiáveis em tantos mercados nacionais de energia quanto possível (GWEC; GREENPEACE, 2012).

Especificamente sobre o mercado de carbono no Brasil, Freitas; Abreu e Albuquerque (2013) trazem que a Lei N° 12.187 de 29 de dezembro de 2009 cria a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), tornando o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) uma forma de consolidar uma economia de baixo carbono na geração de energia. O MDL inclui a geração e distribuição de energia elétrica por meio da implantação de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), parques eólicos e biodigestores.

Existem, no país, alguns mecanismos relacionados a tal mercado a fim de fomentar projetos que reduzam a emissão de gases do efeito estufa, o que inclui um sistema para que os créditos de carbono sejam negociados na bolsa de mercadorias e futuros (BM&F), constituindo o mercado brasileiro de redução de emissões (MBRE). O MBRE funciona por meio de negociação de créditos a projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo e deverá ser operacionalizado em bolsas de mercadorias e futuros, bolsas de valores e entidades de balcão organizado, autorizadas pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM), nos quais serão negociados títulos mobiliários representativos de emissões de gases de efeito estufa

evitadas e certificadas (CASTRO; MOTTA, 2013).

Os mesmos autores citam o estudo de Piris-Cabezas e Lubowski (2010; *apud* CASTRO; MOTTA, 2013, p.65)⁹, que conclui que mercados de carbono implantados nacional ou internacionalmente podem criar uma oportunidade econômica significativa para o país, possibilitando o financiamento do desenvolvimento de uma economia de baixo carbono no País, o que, segundo os autores, aumentaria à medida que mais setores estão cobertos neste mercado.

O estudo de Freitas, Abreu e Albuquerque (2013) entrevistou duas empresas do setor elétrico brasileiro (chamadas pelo autores de empresas Alfa e Beta), geradoras de energia e que trabalham com projetos de MDL. Os representantes das empresas citaram que a participação no mercado de carbono é dificultada pelo relacionamento com as entidades que avaliam e verificam os projetos e a burocracia envolvida.

O representante da empresa Beta comentou, ainda, que o mercado voluntário de créditos de carbono estava indo bem até 2010. O preço não era ruim e que existiam muitos compradores. Porém, a partir de 2010, o mercado voluntário estaria enfraquecido, em virtude das indecisões decorrentes do término do Protocolo de Quioto que foi em 2012. Apesar de o Protocolo ter sido estendido até 2020, ainda existem desafios como a não-adoção de países em desenvolvimento com metas de mitigação obrigatórias, nem dos Estados Unidos e China. Isso tira a credibilidade das políticas relacionadas (FREITAS; ABREU; ALBUQUERQUE, 2013).

Fontes eólicas são geralmente pequenas plantas e totalmente concentradas em áreas geográficas específica. No caso no Brasil, toda essa energia deve ser conectada ao sistema brasileiro de transmissão de energia para ser transportado para os consumidores de energia de todo o Brasil, que trazem os seguintes desafios: prover o acesso de estações de energia alternativas pequenas e remotamente localizadas ao sistema de transmissão brasileiro, com um preço razoável para toda a sociedade (FRANCISCO, 2012).

6.2.1 Situação Brasileira Atual e Projeções

Hoje o Brasil conta com uma capacidade instalada de 3,6 GW de potência eólica distribuída em 148 parques eólicos (ABEEÓLICA, 2014b). A figura 8 traz a potência total por estado, que representa a potência em operação, em construção e contratada, de cada estado.

⁹ PIRIS-CABEZAS, P.; LUBOWSKI, R. **Preliminary modeling of cap and trade scenarios in Brazil**. Rio de Janeiro, 2 ago. 2010.

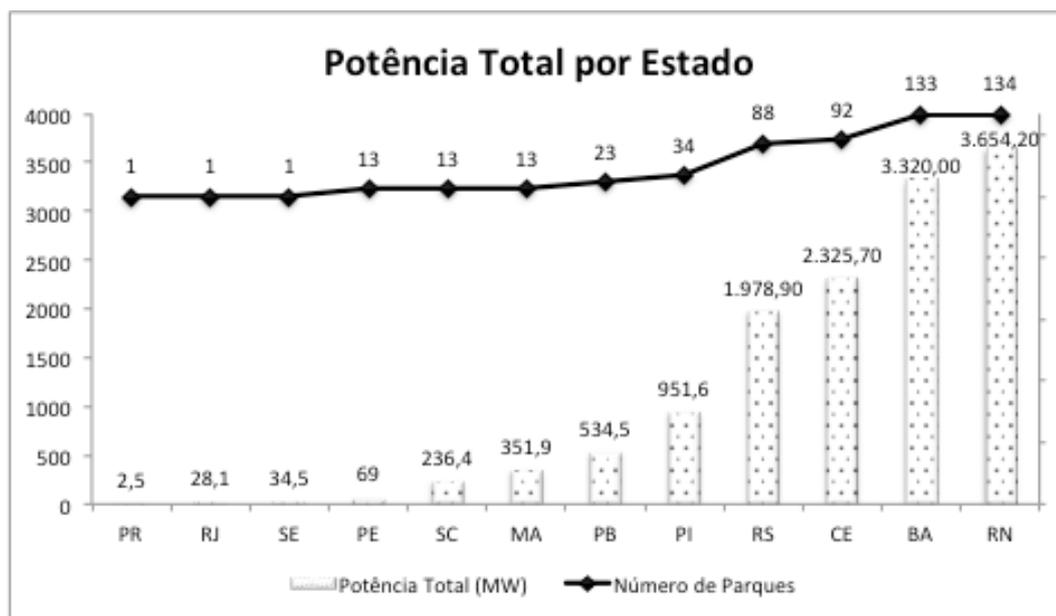


Figura 8 - Potência Total por Estado

Fonte: Elaborado pela autora baseada em ABEEólica (2014a)

A figura 9 mostra a Capacidade Instalada por Estado, conforme o boletim de janeiro de 2014 da ABEólica. Naquele mês, 142 parques estavam em operação, como capacidade para operarem 2.190 MW. Já estão aptos para entrar em operação outros 1.270 MW.

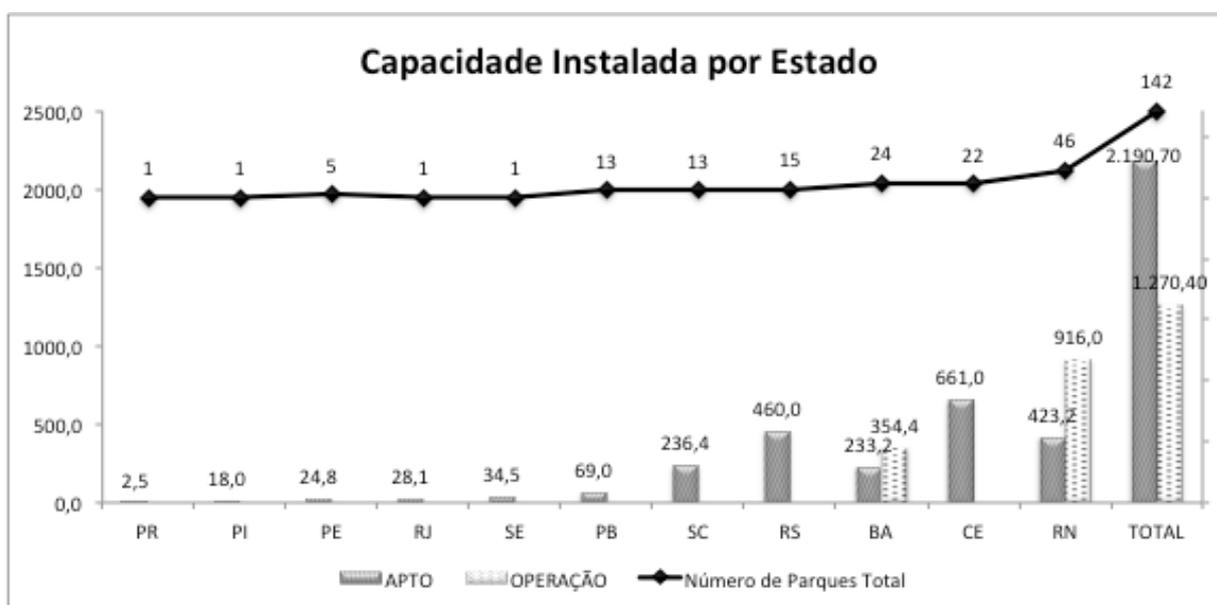


Figura 9 - Capacidade Instalada por Estado

Fonte: Elaborado pela autora baseada em ABEEólica (2014a)

O boletim da ABEEólica (2014a) mostra, ainda, que 404 parques estão em construção, com a capacidade potencial de geração de energia eólica de 3.011,90 MW e 7.014,30 MW contratados, conforme figura 10:

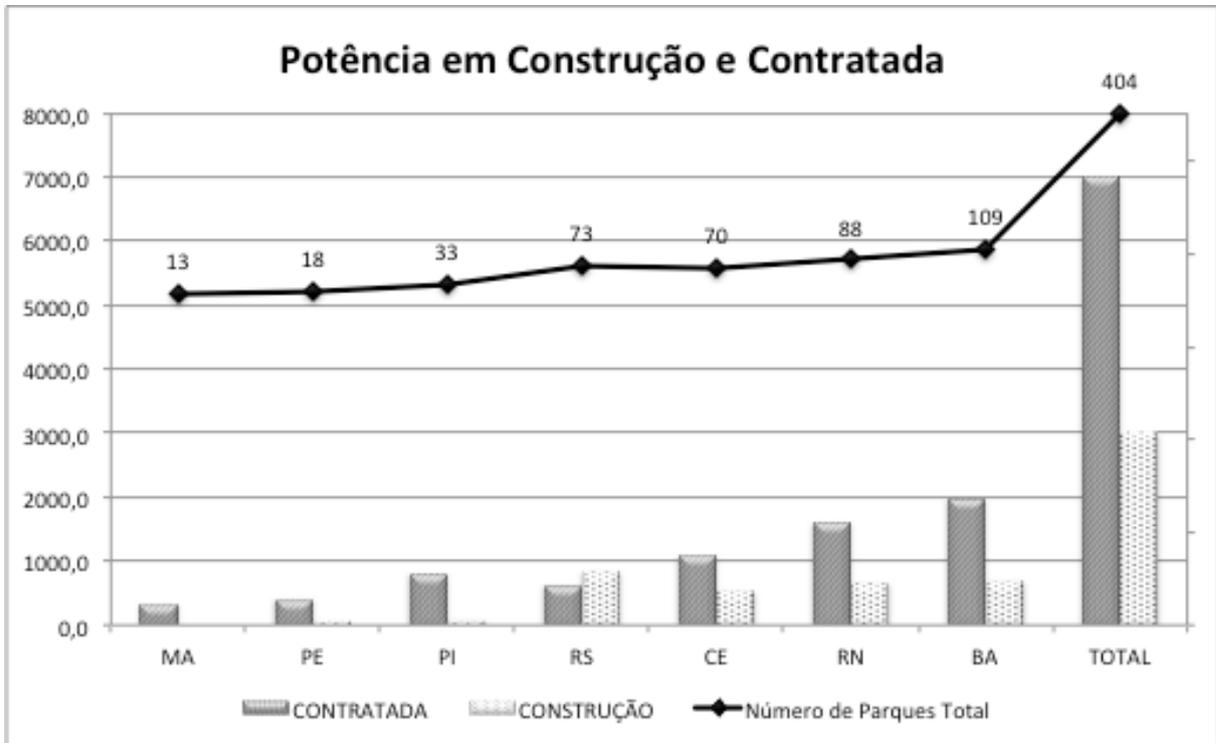


Figura 10 - Potência em Construção e Contratada
Fonte: Elaborado pela autora baseada em ABEEólica (2014a)

Em 2009 ocorreu o Segundo Leilão de Energia de Reserva (LER). Esse foi o primeiro leilão de comercialização exclusiva de energia eólica. Lembrando que, conforme apresentado, os LER contratam um volume de energia além do que é estimado para suprir a demanda do país, com o objetivo de utilizar essa energia como reserva de Garantia Física ao sistema elétrico.

O Segundo LER contratou 1,8 GW e deu início a uma série de leilões que ocorreram nos anos seguintes. Em agosto de 2010 aconteceu o Terceiro LER e o Leilão de Fontes Alternativas (LFA), nos quais foram contratados 2 GW de fonte eólica. Os LFAs não contemplam apenas energia eólica, mas sim diversas fontes renováveis competindo entre si. Em 2011 ocorreram o Quarto LER, o A-3 e o A-5, nos quais a fonte de energia eólica destacou-se ao negociar um total de 2,9 GW. Em dezembro de 2012 ocorreu o leilão A-5, que tinha objetivo de contratar energia para que o suprimento comece em 2017. Nesse leilão foram contratados 281,9 MW de energia de fonte eólica. Além das contratações por meio do

PROINFA e dos leilões, a energia eólica é ainda negociada no Mercado Livre, no qual as condições contratuais são negociadas entre as partes envolvidas (ABEEÓLICA; 2014b).

Segundo Boletim do mês de janeiro de 2014 da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓLICA, 2014a) ao final de 2013 a fonte eólica contabilizou 4,7 GW contratados. As tabelas 2 e 3, trazidas pela Associação compilam informações sobre os leilões dos quais a energia eólica participou:

Tabela 2 - Consolidado dos Leilões

Leilão	Cadastrado (MW)	Habilitado (MW)	Contratado (MW)	Preço-Teto (R\$/MWh)	Preço Médio (R\$/MWh)	Deságio
LER 2013	16.040,0	8.999,0	1.505,2	117,00	110,51	5,55%
A-3 2013	15.042,0	9.191,0	867,6	126,00	124,43	1,25%
2º A-5 2013	16.420,0	13.287,0	2.337,8	122,00	119,03	2,43%
Total	47.502,0	31.477,0	4.710,6	-	-	-
Média	15.834,0	10.492,3	-	121,67	117,99	3,08%

Fonte: Elaborado pela autora baseada em ABEEólica (2014a)

Tabela 3 - Estatísticas dos Leilões

Leilão	Investimento (em bilhões)	Empregos Gerados	Casas Abastecidas (em milhões)	Emissões de CO2 evitadas (Toneladas/ano)
LER 2013	R\$ 6,77	22.578	2,7	1.294.294
A-3 2013	R\$ 3,90	13.014	1,6	746.033
Segundo A-5 2013	R\$ 10,52	35.067	4,2	2.010.231
Total	R\$ 21,19	70.659	8,5	4.050.558

Fonte: Elaborado pela autora baseada em ABEEólica (2014a)

O Boletim (ABEEÓLICA, 2014a) traz a evolução da capacidade instalada da fonte eólica e a previsão de crescimento em função das contratações já realizados nos leilões regulados e no mercado livre. Devido à contratação que ocorreu no 2º leilão A-5/2013, o quadro que demonstra a evolução da capacidade instalada teve em sua relação de anos o acréscimo do ano 2018, no qual 2.337,8 MW serão instalados.

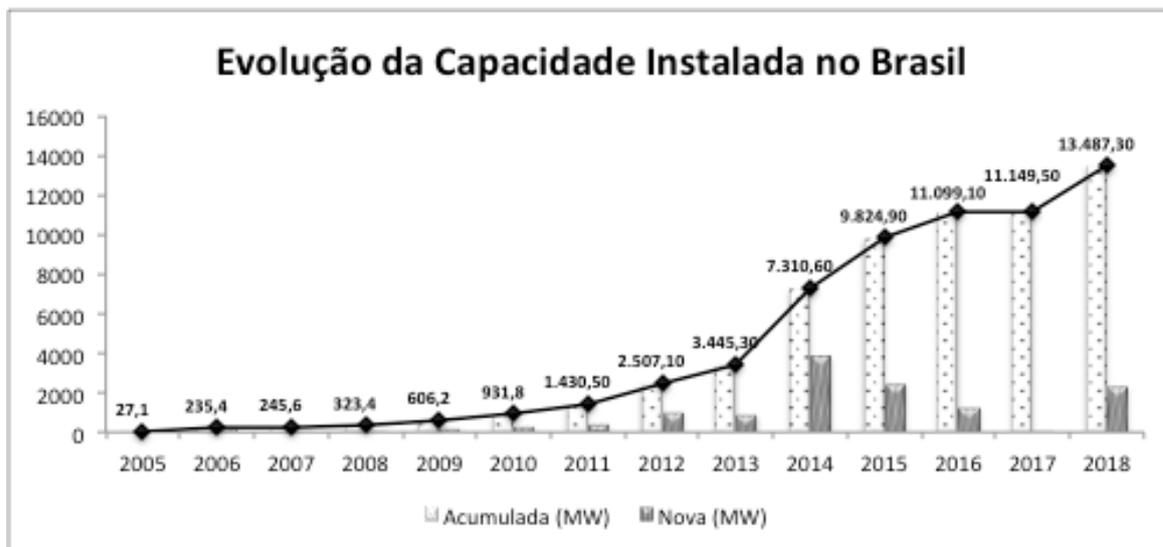


Figura 11 - Evolução da Capacidade Instalada no Brasil
Fonte: Elaborada pela autora baseada em ABEEólica (2014a)

A energia contratada representada acima é dividida nos leilões representados na figura 12:

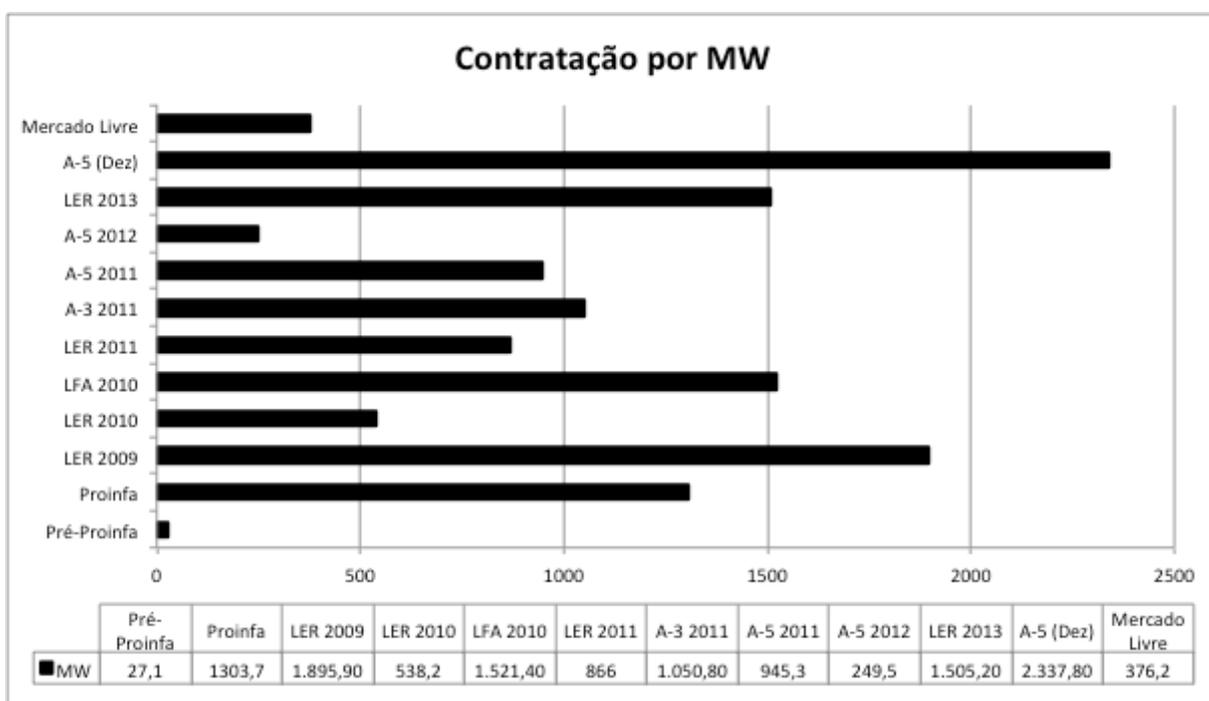


Figura 12 - Contratação por MW
Fonte: Elaborada pela autora baseada em ABEEólica (2014a)

6.2.2 Estrutura de Custos do Setor

O trabalho publicado por Dutra e Tomalsquim (2002), traz a distribuição dos custos iniciais de um projeto eólico, que devem ser considerados quando analisada sua viabilidade econômica.



Figura 13 - Distribuição dos custos iniciais de um projeto eólico.
Fonte: Elaborado pela autora, baseado em Dutra e Tomalsquim (2002).

Como pode ser observado na figura 13 acima, os custos de um projeto eólico incluem custos com os estudos de viabilidade, o levantamento de custos e projetos de engenharia, investimentos em instalações e infraestrutura, compra de equipamentos, investimentos em negociações parcerias, além de despesas diversas, como treinamentos, contingências entre outros.

Uma vez implantado os projetos, os custos são relacionados à Operação e Manutenção (O&M). Esses custos incluem despesas com os equipamentos (como reposição e prevenção), despesas com arrendamento do terreno, seguros, entre outros. O principal custo é, geralmente, o de manutenção das turbinas (DUTRA; TOMALSQUIM; 2002).

Segundo os autores os custos são influenciados pelo tamanho do parque eólico. Um empreendimento pequeno tem de duas a cinco turbinas, enquanto um médio ou grande tem acima de 5 turbinas. Um projeto piloto, normalmente tem uma quantidade pequena de turbina e apresentam altos custos iniciais e de O&M.

O estudo de Dutra e Tomalsquim, realizado em 2002, fez uma média da participação de cada custo nos investimentos de um projeto eólico, conforme mostrado na tabela 4. As informações levantadas são de até 1998, portanto podem apresentar diferenças das atuais. Não foram encontradas informações mais recentes com esse nível de detalhamento.

Tabela 4 - Custos iniciais de projetos em energia eólica

Categoria de custos iniciais do projeto	Fazenda Eólica de médio/grande porte (%)	Fazenda eólica de pequeno porte (%)
Estudo de viabilidade	menos de 2	1-7
Negociações de desenvolvimento	1-8	4-10
Projeto de engenharia	1-8	1-5
Custo de equipamentos	67-80	47-71
Instalações e infraestrutura	17-26	13-22
Diversos	1-4	2-15

Fonte: Elaborado pela autora, baseado em Dutra e Tomalsquim (2002).

É possível perceber que os principais custos são com os equipamentos, ou seja, com as turbinas. Os demais gastos acabam se dissolvendo em projetos de médios/grandes.

Blanco (2009) levantou os custos da geração de energia eólica na Europa. As informações vão ao encontro das apresentadas por Dutra e Tomalsquim (2002) e ainda traz mais detalhes. Segundo Blanco (2009), os principais parâmetros que regem os custos de energia eólica são:

- Custos de capital, que incluem as turbinas eólicas, fundações, construção de estradas e de ligação à rede, que podem representar 80% do custo total do projeto em toda a sua vida;
- Custos variáveis, compostos principalmente por custos de O&M das turbinas eólicas, mas que também incluem outras categorias, tais como aluguel de terras, seguros e impostos ou de gestão e administração. Os custos variáveis são relativamente baixos e oscilam em torno de 20% do investimento total;
- A eletricidade produzida, que por sua vez depende das condições locais do vento, especificações técnicas das turbinas eólicas, características locais e reduções de geração de energia. O indicador que melhor caracteriza a capacidade de geração de

energia elétrica de um parque eólico é o fator de capacidade, que expressa a porcentagem de tempo que uma fazenda de energia eólica produz energia elétrica durante um ano representativo;

- A taxa de desconto e a duração do investimento. Tais indicadores refletem a percepção de risco do projeto, o ambiente regulatório e de investimento em cada país e da rentabilidade dos investimentos alternativos.

É importante diferenciar entre os custos da usina eólica em termos de capacidade instalada (total de custos de capital e custos variáveis) e o custo da energia eólica por kWh produzido, o que leva em conta o recurso eólico.

Os custos de combustível de um parque eólico são, obviamente, zero. Esta é a diferença fundamental entre a eletricidade gerada por energia eólica e por outras opções de geração de eletricidade mais convencionais. Por exemplo, em uma usina de gás natural, cerca de 40 a 60% dos custos estão relacionados com combustível e O&M, em comparação com cerca de 10% de um parque eólico *onshore*. Por outro lado, o fato de que os projetos de energia eólica requerem investimentos substanciais de capital afeta a viabilidade financeira dos projetos. O dono do projeto precisa ter a maior parte dos fundos disponíveis (cerca de 80%) no momento em que o parque eólico é construído, ou seja, acesso à capital e boas condições de pagamento são essenciais. Alguns projetos podem não se concretizar devido ao financiamento necessário durante esta fase inicial, no entanto, ao longo do tempo, essa pode ser a opção mais barata. A vantagem da energia eólica é que, após o processo de instalação e, desde que as medições de vento sejam calculados corretamente, o custo de geração desta tecnologia é previsível. Isso reduz o risco global do portfólio de energia de uma empresa ou país (BLANCO, 2009).

O autor ainda detalha os custos de capital e variáveis citados. Os custos de capital, incluem:

- Custo da turbina, que inclui a produção, as lâminas, o transformador, o transporte para o local e a instalação de turbina);
- Custo de conexão à rede, incluindo cabos, subestação, conexão e sistemas de evacuação de energia (quando são especificamente relacionado e propositadamente construído para o parque eólico);
- Custo da obra civil, incluindo as fundações, a construção de estradas e edifícios;
- Outros custos de capital, incluindo desenvolvimento e engenharia de custos,

processos de licenciamento, consultoria e alvarás, SCADA (Supervisão, Controle e Aquisição de Dados) e sistemas de monitoramento.

Em relação aos custos variáveis, Blanco (2009) traz que os mais importantes são:

- Custos de O&M, incluindo provisões para reparação e peças de reposição e manutenção da instalação elétrica;
- Custo da terra e o arrendamento da subestação;
- Seguros e impostos;
- Custos com gestão e administração, incluindo auditorias, atividades de gestão, serviços de previsão e medidas de controle remoto.

O autor chama a atenção para o fato de que esses últimos são os custos que mais variam de país para país.

Sobre custos de transmissão, Evans, Strezov e Evans (2009) chamam atenção para o fato de que longas distâncias de transmissão são mais comuns com as energias renováveis do que com as não-renováveis, especialmente parques localizados no mar (IEA,2004). Energias renováveis intermitentes como energia fotovoltaica e eólica podem exigir *backup*, o que implica no aumento dos custos. No entanto, os custos da energia eólica podem ser minimizados através da seleção cuidadosa de geradores adequadamente dimensionados, de acordo com a qualidade do recurso específica do local.

Salles (2004) concorda que os custos de investimento são os principais componentes dos custos de geração de energia em geral. Especificamente em relação à energia eólica, a autora aponta que é ainda maior do que em relação ao custo de investimento de fontes tradicionais. No entanto, isso vem mudando com o desenvolvimento de turbinas maiores e mais eficientes, desenvolvimento tecnológico, redução de custo de O&M, entre outros.

O estudo de Dantas e Leite (2009) aponta que particularmente no Brasil existe um aumento dos custos devido à infraestrutura, como as estradas em condições precárias na região nordeste, na qual se encontram grande número de parques eólicos.

Os autores defendem mecanismos que garantam a competitividade dos produtores nacionais de aero geradores por meio de uma política de desoneração tributária. Isso, além de fortalecer a indústria nacional, atrairia outros fabricantes, fomentando a concorrência (DANTAS; LEITE; 2009).

O estudo de Lima et al. (2013) concluiu que o preço da energia eólico é composto em sua essência pelos custos com equipamentos, que incluem problemáticas de produção, armazenamento e distribuição. Nesse contexto, os incentivos governamentais que se baseiam

em apoios fiscais e financiamentos a projetos eólicos, além da competitividade promovida pelos leilões, fazem com que muitos produtores consigam comercializar energia a um custo menor. Assim, tais fatores fazem com que essa energia torne-se viável ao consumidor final.

Os autores concluem que, sendo assim, o preço da energia eólica depende de todo um sistema energético, além da evolução tecnológica e socioambiental (LIMA et al, 2013). No mesmo sentido, Berry (2009) traz que tal preço não deve ser formado isoladamente apenas por seus custos, face à multicolinearidade entre os fatores de produção e os fatores externos, nos quais o autor inclui fatores sociopolíticos e ambientais.

Ainda no estudo de Lima et al. (2013), os autores acreditam que atualmente parte dos investimentos relacionados às plantas de geração de energia eólica estão sendo financiados por instituições financeiras diversas, e que, logo, os custos iniciais de tais projetos devem cair e deixarão de ser vistos como uma problemática na geração de energia eólica, atraindo mais produtores diante da perspectiva de lucro a um menor prazo de retorno.

Blanco (2009) concorda, ao trazer como conclusão de seu estudo, que um quadro político adequado pode certamente diminuir o custo de geração de energia eólica. Políticas de P&D são decisivas, e devem concentrar-se na otimização do tamanho das turbinas eólicas, a aplicação de materiais avançados para as lâminas, a melhoria das técnicas de previsão e de montagem, a introdução novos componentes às turbinas, como O&M com dispositivos de controle remoto, e o projeto de redes inteligentes, que podem acomodar maior quantidade de energia eólica. Como complemento, medidas de mercado que aumentem a segurança dos investimentos durante o período de reembolso de 20 anos precisam ser colocadas em prática: elas devem incluir a definição de metas de instalação de longo prazo, prover uma noção da ordem de grandeza do investimento necessário, regulamentação clara sobre acesso à rede e custos de conexão, remoção das barreiras administrativas, bem como a articulação de um mecanismo de pagamento de apoio apropriado.

O quadro 5 resume os principais pontos relacionados aos Aspectos Econômicos do setor:

Aspectos Econômicos	
Ambiente Internacional	Após 15 anos de taxas de crescimento médio acumulado de cerca de 28%, as instalações de energia eólica comerciais, em cerca de 80 países, no final de 2011 totalizaram cerca de 240 GW.
	O setor de energia eólica é vulnerável a mudanças econômicas, já que a demanda por energia varia conforme o desempenho da economia dos países.
	Apesar da atual turbulência do mercado, todos os fundamentos que têm impulsionado o crescimento do setor ao longo das duas últimas décadas ainda têm força, e só vão ficar mais fortes ao longo do tempo, como por exemplo: a segurança energética, a estabilidade dos preços de eletricidade, geração de empregos e desenvolvimento econômico local; redução do consumo de água doce e poluição, reduzindo a poluição do ar local e reduzindo as emissões de dióxido de carbono.
	Um dos cenários de previsão do setor, baseado no International Energy Agency (IEA), mostra um mercado plano, com uma seguinte ligeira redução para a energia eólica para as próximas duas décadas.
	O cenário moderado é mais provável em um mundo que continua mais ou menos do jeito que está atualmente, no qual a energia eólica continua a ganhar terreno, mas ainda luta contra as fontes de energia que são fortemente subsidiadas, além da colcha de retalhos de medidas de redução de emissão de carbono que existem atualmente, com um preço baixo em emissões de carbono, se existir algum.
	O cenário avançado mostra o potencial da energia eólica para a produção de 20% ou mais da oferta global de eletricidade, em um mundo onde existe um forte compromisso político e uma cooperação internacional para o estabelecimento de alterações climáticas acordadas, aumentando a segurança energética, reduzindo drasticamente o consumo de água doce e criando milhões de novos empregos em todo o mundo.
	Em âmbito global, segundo GWEC e Greenpeace (2012), para que o setor comece a crescer novamente, algumas atitudes deveriam ser tomadas em âmbito global: <ul style="list-style-type: none"> · Um fim para a briga partidária sobre a política energética nos EUA, que cria os ciclos de expansão e recessão destrutivas nesse mercado crítico; · Resolução de problemas da rede, certificação, transparência e qualidade na China; · A revitalização do mercado de carbono – O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Kyoto tem mais de 100 GW de projetos de energia eólica no <i>pipeline</i>, mas na falta de uma nova demanda para os créditos, refletindo a redução da ambição em reduzir as emissões por parte dos governos, o preço para os créditos são tão baixos a ponto de ser quase imaterial; · A coragem política por parte de, pelo menos, alguns governos para resolver a questão de subsídios no setor de energia convencional; · E, por fim, talvez o mais importante, políticas estáveis, financiáveis em tantos mercados nacionais de energia quanto possível.
Mercado de Carbono Brasileiro	Existem, no país, alguns mecanismos relacionados ao mercado de crédito de carbono, a fim de fomentar projetos que reduzam a emissão de gases do efeito estufa, o que inclui um sistema para que os créditos sejam negociados na bolsa de mercadorias e futuros (BM&F), constituindo o mercado brasileiro de redução de emissões (MBRE).
	Os mercados de carbono implantados nacional ou internacionalmente podem criar uma oportunidade econômica significativa para o Brasil possibilitando o financiamento do desenvolvimento de uma economia de baixo carbono no país, o que, segundo os autores, aumentaria à medida que mais setores estão cobertos neste mercado.
	A participação no mercado de carbono é dificultada pelo relacionamento com as entidades que avaliam e verificam os projetos e a burocracia envolvida.
	Até 2010, o mercado de crédito de carbono ia bem. O preço não era ruim e que existiam muitos compradores. Porém, a partir desse ano, o mercado voluntário estaria

	<p>enfraquecido, em virtude das indecisões decorrentes do término do Protocolo de Quioto que foi em 2012. Apesar de o Protocolo ter sido estendido até 2020, ainda existem desafios como a não-adoção de países em desenvolvimento com metas de mitigação obrigatórias, nem dos Estados Unidos e China. Isso tira a credibilidade das políticas relacionadas.</p>
Infraestrutura	<p>Existe a necessidade de se facilitar o acesso às estações de energia alternativas pequenas e remotamente localizadas ao sistema de transmissão brasileiro, com um preço razoável para toda a sociedade.</p>
	<p>Hoje o Brasil conta com uma capacidade instalada de 3.399 MW de potência eólica distribuída em 140 parques eólicos.</p>
	<p>Em janeiro 142 parques estavam em operação, como capacidade para operarem 2.190 MW. Já estão aptos para entrar em operação outros 1.270 MW.</p>
	<p>O boletim da ABEEólica (2014a) mostra, ainda, que 404 parques estão em construção, com a capacidade potencial de geração de energia eólica de 3.011,90 MW e 7.014,30 MW.</p>
Ambiente Institucional	<p>Em 2009 ocorreu o Segundo Leilão de Energia de Reserva (LER). Esse foi o primeiro leilão de comercialização exclusiva de energia eólica.</p>
	<p>Em agosto de 2010 aconteceu o Terceiro LER e o Leilão de Fontes Alternativas (LFA), nos quais foram contratados 2 GW de fonte eólica.</p>
	<p>Em 2011 ocorreram o Quarto LER, o A-3 e o A-5, nos quais a fonte de energia eólica destacou-se ao negociar um total de 2,9 GW.</p>
	<p>Em dezembro de 2012 ocorreu o leilão A-5, que tinha objetivo de contratar energia para que o suprimento comece em 2017. Nesse leilão foram contratados 281,9 MW de energia de fonte eólica.</p>
	<p>Ao final de 2013 a fonte eólica contabilizou 4,7 GW contratados.</p>
Investimentos	<p>Os custos de um projeto eólico incluem custos com os estudos de viabilidade, o levantamento de custos e projetos de engenharia, investimentos em instalações e infraestrutura, compra de equipamentos, investimentos em negociações parcerias, além de despesas diversas, como treinamentos, contingências entre outros.</p>
	<p>Uma vez implantado os projetos, os custos são relacionados à Operação e Manutenção (O&M). Esses custos incluem despesas com os equipamentos (como reposição e prevenção), despesas com arrendamento do terreno, seguros, entre outros. O principal custo é, geralmente, o de manutenção das turbinas (DUTRA E TOMALSQUIM; 2002).</p> <ul style="list-style-type: none"> · Custos de capital incluem as turbinas eólicas, fundações, construção de estradas e de ligação à rede, que pode representar 80% do custo total do projeto em toda a sua vida; · Custos variáveis são compostos principalmente por custos de O&M das turbinas eólicas, mas que também incluem outras categorias, tais como aluguel de terras, seguros e impostos ou de gestão e administração. Os custos variáveis são relativamente baixos e oscilam em torno de 20% do investimento total; · A eletricidade produzida depende das condições locais do vento, especificações técnicas das turbinas eólicas, características locais e reduções de geração de energia. O indicador que melhor caracteriza a capacidade de geração de energia elétrica de um parque eólico é o fator de capacidade, que expressa a porcentagem de tempo que uma fazenda de energia eólica produz energia elétrica durante um ano representativo; · A taxa de desconto e a duração do investimento. Tais indicadores refletem a percepção de risco do projeto, o ambiente regulatório e de investimento em cada país e da rentabilidade dos investimentos alternativos.
	<p>Os custos de combustível de um parque eólico são, obviamente, zero. Esta é a diferença fundamental entre a eletricidade gerada por energia eólica e por outras opções de geração de eletricidade mais convencionais. Por exemplo, em uma usina de gás natural, cerca de 40 a 60 % dos custos estão relacionados com combustível e</p>

	O&M, em comparação com cerca de 10% de um parque eólico <i>onshore</i> .
	O fato de que os projetos de energia eólica requerem investimentos substanciais de capital afeta a viabilidade financeira dos projetos.
	A vantagem da energia eólica é que, após o processo de instalação e desde que as medições de vento foram calculados corretamente, o custo de geração desta tecnologia é previsível
	Energias renováveis intermitentes como energia fotovoltaica e eólica podem exigir <i>backup</i> , o que implica no aumento dos custos. No entanto, os custos da energia eólica podem ser minimizados através da seleção cuidadosa de geradores adequadamente dimensionados, de acordo com a qualidade do recurso específica do local.
	Os custos de investimento são os principais componentes dos custos de geração de energia em geral. Especificamente em relação à energia eólica, a autora aponta que é ainda maior do que em relação ao custo de investimento de fontes tradicionais. No entanto, isso vem mudando com o desenvolvimento de turbinas maiores e mais eficientes, desenvolvimento tecnológico, redução de custo de O&M, entre outros.
	No Brasil existe um aumento dos custos devido à infraestrutura, como as estradas em condições precárias na região nordeste, na qual se encontram grande número de parques eólicos.
	Dantas e Leite (2009) defendem mecanismos que garantam a competitividade dos produtores nacionais de aerogeradores por meio de uma política de desoneração tributária.
	O estudo de Lima et al. (2013) concluiu que o preço da energia eólica é composto em sua essência pelos custos com equipamentos, que incluem problemáticas de produção, armazenamento e distribuição. Nesse contexto, os incentivos governamentais que se baseiam em apoios fiscais e financiamentos a projetos eólicos, além da competitividade promovida pelos leilões, fazem com que muitos produtores consigam comercializar energia a um custo menor. Assim, tais fatores fazem com que essa energia torne-se viável ao consumidor final.
	Lima et al. (2013) acreditam que atualmente parte dos investimentos relacionados às plantas de geração de energia eólica estão sendo financiados por instituições financeiras diversas, e que, logo, os custos iniciais de tais projetos devem cair e deixarão de ser vistos como uma problemática na geração de energia eólica, atraindo mais produtores diante da perspectiva de lucro a um menor prazo de retorno.
	Um quadro político adequado pode certamente diminuir o custo de geração de energia eólica.
	Políticas de P&D são decisivas, e devem concentrar-se na otimização do tamanho das turbinas eólicas, a aplicação de materiais avançados para as lâminas, a melhoria das técnicas de previsão e de montagem, a introdução novos componentes às turbinas, como O&M com dispositivos de controle remoto, e o projeto de redes inteligentes, que podem acomodar maior quantidade de energia eólica.
	Medidas de mercado que aumentem a segurança dos investimentos durante o período de reembolso de 20 anos precisam ser colocadas em prática: elas devem incluir a definição de metas de instalação de longo prazo, prover uma noção da ordem de grandeza do investimento necessário, regulamentação clara sobre acesso à rede e custos de conexão, remoção das barreiras administrativas, bem como a articulação de um mecanismo de pagamento de apoio apropriado.

Quadro 5 - Aspectos Econômicos

Fonte: Elaborado pela autora.

6.3 Levantamento dos aspectos sociais e ambientais

Magoha (2002) traz que é possível comparar o impacto de diferentes tecnologias de energia analisando seus custos externos ou sociais. Os custos sociais são definidos como os custos totais que surgem como resultado de processos de produção e consumo de um determinado sistema energético. A análise do custo social inclui geralmente: efeitos ambientais, os efeitos nos empregos, efeitos no comércio exterior, o esgotamento das reservas de energia de baixo custos de produção, subsídios e despesas públicas. Com base nessa definição, os aspectos sociais e ambientais são apresentados neste trabalho na mesma seção.

O autor afirma que a maior parte dos estudos realizados na área focavam aspectos ambientais, abrangendo apenas alguns aspectos da poluição do ar. Uma razão para isso é que, apesar de haver conhecimento insuficiente sobre relação de causa e efeito na área ambiental, em geral é possível reconhecer a conexão entre as causas e danos. Outra razão é que os danos que ocorrem são na sua maioria relacionados com os esforços para removê-los. Apesar disso, a quantificação monetária continua a ser difícil e tem uma grande variedade de incertezas, já que um método abrangente de análise seria muito complexo, enquanto que uma consideração parcial deve ignorar setores e pistas importantes levando à simplificações que são difíceis de justificar (MAGOHA, 2002).

Os custos externos de produção por meios convencionais (como a poluição do ar, danos a longo prazo para a saúde e limpeza de derramamento de óleo) geralmente não são incluídos em cálculos de custos de eletricidade. Quando as comparações são feitas com base nisso, a energia eólica produz eletricidade mais barata do que usinas a carvão e energia nuclear. Outros exemplos dos custos externos da queima de carvão incluem problemas de saúde ocupacional da mineração e os danos causados a construções, agricultura, pesca e ecossistemas de chuva ácida. Além disso, os custos externos das alterações climáticas são enormes (MAGOHA, 2002).

Segundo Goldemberg (2004), além da melhoria da saúde por conta das reduções de emissões de gases poluentes e da redução de conflitos por conta de recursos como o petróleo, o maior uso de energias renováveis está intimamente ligada à redução e eliminação da pobreza, já que os serviços ligados à energia podem: i. melhorar o acesso à água potável bombeada - água potável e alimentos cozidos ajudam a reduzir a fome (95% da necessidade para cozinhar alimentos); ii. reduzir o tempo gasto por mulheres e crianças em atividades básicas de sobrevivência (coletar lenha, buscar água, cozinhar, etc.) e, iii. fornecem

iluminação que permite estudo em casa, aumenta a segurança e permite o uso de mídia e comunicação educacionais na escola, além de reduzir desmatamento.

O autor traz também um levantamento sobre a geração de empregos ligadas às energias renováveis. O estudo aponta que as fontes renováveis, com exceção da hidroeletricidade, geram muito mais empregos diretos que os combustíveis fósseis (GOLDEMBERG, 2004). Para Simas e Pacca (2013) os empregos gerados pela energia eólica e outras fontes renováveis, podem ser agrupados em três categorias que levam em consideração características de volume de empregos gerados, localização, natureza temporal e nível de especialização. As categorias são: i. empregos gerados em desenvolvimento tecnológico (incluindo P&D e fabricação de equipamentos); ii. empregos gerados na instalação e descomissionamento de usinas (incluindo planejamento, gestão de projetos, transporte e construção de usinas); e iii. empregos gerados em operação e manutenção - O&M (incluindo os próprios serviços de O&M da usina, geração e distribuição de energia). O trabalho dos autores traz o quadro 6, de Sastresa et al. (2010) que resume as características de empregos gerados em cada categoria:

Categoria	Volume de empregos	Localização dos empregos (de maior para menor probabilidade)	Natureza Temporal	Nível de especialização
Desenvolvimento tecnológico	Médio	De não local para local	Estável	Muito alta
Instalação e descomissionamento	Alto	De local para não local	Temporário	Alta
Operação e manutenção	Baixo	Local	Estável	Média

Quadro 6 - Empregos gerados por energias renováveis e características.

Fonte: Elaborado pela autora com base em Sastresa et al. (2010) e Simas e Pacca (2013).

O estudo de Simas e Pacca (2013) mostrou que uma usina eólica pode gerar 11,7 empregos diretos por ano por MW instalado, sendo a maior parte desse empregos gerados na fase de construção da usina, o que permite que se contrate trabalhadores locais, contribuindo para a geração de emprego e renda nas comunidades em que um parque eólico é instalado. Os empregos gerados na operação dos parques são em menor quantidade, mas têm maior duração. Juntamente com os empregos indiretos, a previsão é de que "a instalação e operação de parques eólicos irá gerar mais de 195 mil postos de trabalho entre 2010 e 2020" (SIMAS; PACCA, 2013, p.109).

Para que se aumente o número de trabalhadores locais envolvidos com a geração de energia eólica é necessário que se faça investimentos em capacitação nos trabalhadores locais, fazendo com que não seja necessário levar trabalhadores de outros locais para a região (SIMAS; PACCA, 2013). Para Sastresa et al. (2010), o treinamento, além de aumentar a mão-de-obra local disponível, aumenta a competitividade das empresas e favorece novas oportunidades de investimento e negócios. No sentido de gerar empregos também, deve-se haver políticas para manter ou aumentar o número de projetos instalados anualmente, visto que a maior parte dos empregos gerados são temporários e durante a construção da planta.

Outro importante fator de geração de empregos é a busca por inovação. Segundo Simas e Pacca (2013), o desenvolvimento tecnológico cria empregos estáveis e de alta qualificação.

Em relação aos impactos ambientais, observa-se que a fonte de energia eólica tem baixo potencial para gerar poluição ambiental e consome pouca água, no entanto, produz poluição sonora, interferência visual e impactos negativos na vida selvagem (SAIDUR et al; 2011). A seguir são apresentadas mais informações sobre tais impactos.

Emissões de gases de efeito estufa. A energia eólica tem a menor emissão de gases causadores do efeito estufa, com apenas cerca de 25 g/kW h CO_{2-e}. Para a energia fotovoltaica e energia eólica, a maior parte das emissões são o resultado da utilização de eletricidade durante a fabricação (EVANS, STREZOV E EVANS; 2009). Segundo Saidur et al. (2011), geralmente, a energia eólica tem zero de poluição direta do ar. Uma pequena quantidade de emissões de CO₂ é liberado pela energia eólica durante as suas fases de construção e manutenção. No entanto, essa quantidade é muito menor do que outras plantas de energia com base em combustíveis fósseis e pode, na verdade, ser absorvida pela árvore pelo processo da fotossíntese. Cada unidade (KWh) de eletricidade produzida pelo vento substitui uma unidade de eletricidade seria produzida por uma estação de energia por meio da queima de combustíveis fósseis. Ela não produz dióxido de carbono, dióxido de enxofre, mercúrio, partículas, ou qualquer outro tipo de poluição do ar, assim como as fontes de alimentação de combustível fóssil (SAIDUR et al 2011; CRAWFORD, 2009).

Uso de área. As plantas de energia eólica podem ser incorporadas em terras agrícolas, reduzindo seus impactos ambientais. Os autores Gagnon et al. (2002) apontam uma ocupação de 72 km²/TWh para a energia eólica, sem atribuir qualquer parte da área para a agricultura.

Consumo de água. A água também é consumida na produção de turbinas eólicas, no entanto é pouco usada durante a operação e manutenção, configurando um baixo consumo de

água de ciclo de vida (EVANS, STREZOV E EVANS; 2009). Saidur et al. (2011) mencionam que as usinas convencionais usam grandes quantidades de água para a parte de condensação do ciclo termodinâmico. Ao reduzir a utilização de água, a água pode ser conservada e utilizada para outros fins. A energia eólica tem o menor consumo de água das tecnologias consideradas, sendo de 1kg de água por kWh produzido, conforme apresentado na tabela 5.

Tabela 5 - Consumo de água de plantas de energias convencionais e fontes baseadas em energia renovável.

Tecnologia	l/kWh
Nuclear	2,3
Carvão	1,9
Petróleo	1,6
Gás de ciclo combinado	0,95
Eólica	0,004
Solar	0,11

Fonte: Elaborado pela autora com base em Saidur et. al (2011).

Apesar das usinas eólicas terem relativamente pouco impacto sobre o meio ambiente, em comparação com as usinas de combustíveis fósseis, existem preocupações sobre o ruído produzido pelas pás do rotor, impactos visuais, e mortes de pássaros e morcegos que voam para os rotores (SAIDUR et al 2011).

Impactos na vida selvagem. Saidur et. al (2011) alertam em seu estudo que um dos pontos negativos da geração de energia eólica é a morte de aves. Cohn (2008) também alerta que é grande o número de pássaros e morcegos mortos pelas turbinas eólicas, apesar de reconhecer que a energia eólica é uma fonte de energia ambientalmente mais amigável do que o carvão, petróleo e gás, não produzindo nenhum poluente de ar, água ou térmico, além de não emitir gases de efeito estufa. Saidur et. al (2011) defendem, no entanto, que os parques eólicos matam menos aves do que as fontes fósseis de energia e do que outras atividades humanas, como caça, uso de pesticidas, torres de comunicação, entre outras.

Entre as possíveis soluções, Cohn (2008) descreve a construção de parques eólicos em áreas com poucos ninhos ou que os pássaros frequentemente não voam ou que estejam fora de sua rota de migração. Estão sendo analisadas também sugestões como a não operação dos parques em épocas de migração dos pássaros e morcegos ou o desenvolvimento de uma “certificação verde” para os parques adequadamente localizados. Os avanços tecnológicos reduziram o risco para as aves migratórias, aumentando o tamanho e visibilidade das lâminas, diminuindo a velocidade de rotação e usando torres tubulares com escadas internas e fiação subterrânea para eliminar locais que podem se tornar ninhos na própria estrutura (MAGOHA, 2002).

Impacto sonoro. Segundo Saidur et al. (2011) o impacto ambiental mais crítico de uma turbina eólica é a poluição sonora. O efeito de poluição sonora tem o potencial de reduzir os valores de propriedades dentro de um raio variável da construção. Como resultado, as turbinas devem ser afastadas de residências e linhas de propriedade, isolando moradores de terras vizinhas das preocupações com ruído e segurança. Antes de construir uma turbina eólica, os engenheiros devem estar familiarizados com os tipos de ruído que ela produz.

O som gerado pelo movimento das lâminas da turbina eólica pode ser dividido em dois grupos diferentes de acordo com o tipo de fonte: mecânico e aerodinâmico. O ruído mecânico é causado pela caixa de velocidades, pelo gerador e pelos rolamentos. O nível depende da potência nominal e construção. Quanto maior o sistema de conversão, mais som produz. O ruído aerodinâmico é provocado pelas pás do rotor que varrem através do ar. O nível depende da velocidade, da forma e das características das lâminas. De um modo geral, quanto maior a velocidade e a falta de atenção dada à seleção de uma lâmina apropriada, maior é o ruído aerodinâmico. Também é importante a quantidade da turbulência no fluxo de ar (rugosidade do terreno). O ruído de fundo varia de acordo com as condições locais e isso é considerado para determinar a distância entre as turbinas e a habitação mais próxima. O nível de ruído de fundo é relacionado com a velocidade do vento, a sua ação em construções, árvores, cercas e outros fatores, como o ruído de tráfego rodoviário e atividades agropecuárias (MAGOHA, 2002).

Magoha (2002) afirma também que o controle de ruído pode ser obtido tanto pela limitação do ruído gerado na fonte, quanto pela implantação cuidadosa da turbina eólica para garantir que o público não seja incomodado. O som feito pelas caixas de velocidades e pelos geradores foram minimizados por meio de uma engenharia eficiente e qualquer ruído restante foi contido pelo isolamento de som, com materiais adequados. O ruído aerodinâmico foi reduzido por meio de refinamentos dos projetos de lâmina com estudos adequados.

Impacto Visual. Apesar do fato de que parques eólicos causam impactos visuais, Krohn e Damborg (1999) mostram, que a aceitação do público aumentou após a instalação local de parques eólicos. Tais impactos visuais podem ser causados pela cor, pelo contraste, pelo tamanho, pelas sombras e pelos reflexos causadas pelas hélices (que podem ser minimizados pela uniformidade da superfície da pá do rotor e por revestimento da turbina com um material que tem menos propriedades de reflexão). Tais impactos variam com a distância em que o parque eólico se encontra das residências (maior a distância, menor o impacto visual) e pela velocidade das hélices (quando em movimento, quase não se pode vê-las) (SAIDUR et al, 2011).

Os impactos visuais sempre podem ser reduzidos com um bom planejamento do local onde o parque eólico será instalado. Magoha (2002) defende que construindo um pequeno número de grandes turbinas ao invés de um grande número de pequenas turbinas, permite-se uma utilização melhor dos locais e se reduz drasticamente o impacto visual. O autor chama a atenção também para o fato de que os problemas com as paisagens depende da percepção do público em relação à urgência em lidar com problemas como a emissão de CO₂ e defende que uma vez que as pessoas entendam isso, elas estarão dispostas a aceitar esse incômodo visual ao invés de levar poluição às gerações futuras. O autor lembra, ainda, que em muitos países os parques eólicos são considerados atrações turísticas.

Em resumo, Saidur et al. (2011) resumem algumas características da geração de energia eólica, quando comparada com outras fontes, conforme quadro 7:

Impactos no habitat	Carvão	Gás natural	Petróleo	Nuclear	Hidrelétrica	Eólica
Poluição no ar e na água	x	x	x			
Aquecimento Global	x	x	x			
Poluição térmica da água				x		
Alagamento da terra					x	
Eliminação de resíduos	x			x		
Mineração e perfuração	x	x	x	x		
Construção de plantas	x	x	x	x	x	x

Quadro 7 - Comparação dos impactos no habitat da energia eólica e de outras fontes de energia
 Fonte: Elaborado pela autora, com base em Saidur et al. (2011).

O quadro 8, a seguir, mostra os impactos relacionados às energias fotovoltaica, eólica, hidrelétrica e geotérmica, bem como a magnitude deles. Percebe-se que a energia eólica é a que apresenta impactos de âmbitos menores em relação aos demais.

Avaliação qualitativa do impacto de diferentes formas de energia		
Tecnologia	Impacto	Magnitude
Fotovoltaica	Toxinas Visual	Pequeno-grande Pequeno
Eólica	Colisão com Aves Ruído Visual	Pequeno Pequeno Pequeno
Hidrelétrica	Deslocamento Agrícola Danos ao rio	Pequeno-grande Pequeno-grande Pequeno-grande
Geotérmica	Atividade sísmica Odor Poluição Ruído	Pequeno Pequeno Pequeno-grande Pequeno

Quadro 8 - Avaliação qualitativa de diferentes formas de energia.
 Fonte: elaborada pela autora com base em Evans, Strezov e Evans (2009).

Evans, Strezov, Evans (2009) concluem seu estudo, considerando os aspectos apresentados, que a energia eólica é a forma de energia renovável mais sustentável, quando comparada com a fotovoltaica, hidrelétrica e geotérmica. A tabela 6 a seguir detalha a pontuação que cada tipo de energia recebeu no estudo e que resultou na somatória que levou à conclusão apresentada.

Tabela 6 - Avaliação qualitativa do impacto das energias renováveis

	Fotovoltaica	Eólica	Hidrelétrica	Geotérmica
Preço	4	3	1	2
Emissões CO ₂ -e	3	1	2	4
Disponibilidade e limitações	4	2	1	3
Eficiência	4	2	1	3
Uso do solo	1	3	4	2
Consumo de água	2	1	3	4
Impactos sociais	2	1	4	3
TOTAL	20	13	16	21

Fonte: elaborada pela autora com base em Evans, Strezov e Evans (2009).

Como sugestão para redução dos impactos das plantas de energia eólica na vida selvagem, Kuvlesky Jr. et al. (2007) trazem que seria útil o desenvolvimento de algumas orientações para produtores de energia eólica escolherem os locais de seus projetos. Uma segunda consideração seria a compilação de dados de onde estão os projetos geradores de energia eólica para que se tenha uma melhor ideia do que está acontecendo. A terceira consideração seria a criação de mecanismos nas diretrizes que incentivariam os produtores a evitarem áreas de alto risco e, se essas áreas de alto risco não puderem ser evitadas, deveriam ser criadas formas de compensar ou mitigar os impactos da alocação de projetos em tais áreas de alto risco. Os autores complementam afirmando também que o desenvolvimento de tais orientações deveria ser um esforço de colaboração entre o Estado, as agências de recursos federais, organizações não governamentais, grupos de defesa de pássaros e cidadãos.

Ainda se tratando das possíveis orientações trazidas por Kuvlesky Jr. et al. (2007), os autores indicam que um método deveria ser criado para estimular os produtores a procurarem as agências estaduais e federais no início do processo de planejamento do projeto para determinar quais as questões ambientais que irão encontrar nas áreas em que desejam desenvolver. Isso poderia acontecer por meio de um processo de revisão formal ou a informação poderia ser fornecida através de uma página da Web para que os desenvolvedores poderiam olhar para as questões ambientais e de evitar problemas de confidencialidade.

Algo nesse sentido já existe no Brasil. Para Salles (2004), para minimizar os impactos ambientais do projeto de energia eólica é importante a obtenção do licenciamento

prévio de instalação junto ao órgão ambiental, como a elaboração de um Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto ao Meio Ambiente - EIA/RIMA, conforme a Resolução do CONAMA 001/86. O EIA/RIMA serve de instrumento técnico-científico para mitigar, quantificar e monitorar as atividades a serem desenvolvidas no local em análise.

Baseado nas informações apresentadas, confirma-se que a energia eólica é uma das mais promissoras formas de energia renovável disponíveis, o que chama a atenção para a importância de estudos sobre ela. O quadro 9 resume os principais pontos relacionados aos Aspectos Sociais e Ambientais do setor:

Aspectos Sociais e Ambientais	
Impactos Ambientais	A análise do custo social inclui geralmente: efeitos ambientais, os efeitos nos empregos, efeitos no comércio exterior, o esgotamento das reservas de energia de baixo custos de produção, subsídios e despesas públicas.
	Os custos externos de produção por meios convencionais (como a poluição do ar, danos a longo prazo para a saúde e limpeza de derramamento de óleo) geralmente não são incluídos em cálculos de custos de eletricidade. Quando as comparações são feitas com base nisso, a energia eólica produz eletricidade mais barata do que usinas a carvão e energia nuclear.
	Além da melhoria da saúde por conta das reduções de emissões de gases poluentes e da redução de conflitos por conta de recursos como o petróleo, o maior uso de energias renováveis está intimamente ligada à redução e eliminação da pobreza.
	Em relação aos impactos ambientais, observa-se que a fonte de energia eólica tem baixo potencial para gerar poluição ambiental e consome pouca água, no entanto, produz poluição sonora, interferência visual e impactos negativos na vida selvagem.
	A energia eólica tem a menor emissão de gases causadores do efeito estufa, com apenas cerca de 25 g/kW h CO _{2-e} . Uma pequena quantidade de emissões de CO ₂ é liberado pela energia eólica durante as suas fases de construção e manutenção. No entanto, essa quantidade é muito menor do que outras plantas de energia com base em combustíveis fósseis e pode, na verdade, ser absorvida pela árvore pelo processo da fotossíntese.
	As plantas de energia eólica podem ser incorporadas em terras agrícolas, reduzindo seus impactos ambientais.
	A água também é consumida na produção de turbinas eólicas, no entanto é pouco usada durante a operação e manutenção, configurando um baixo consumo de água de ciclo de vida.
	Apesar das usinas eólicas terem relativamente pouco impacto sobre o meio ambiente, em comparação com as usinas de combustíveis fósseis, existem preocupações sobre o ruído produzido pelas pás do rotor, impactos visuais, e mortes de pássaros e morcegos que voam para os rotores. Saidur et. al (2011) defendem, no entanto, que os parques eólicos matam menos aves do que as fontes fósseis de energia e do que outras atividades humanas, como caça, uso de pesticidas, torres de comunicação, entre outras.
	Entre as possíveis soluções, Cohn (2008) descreve a construção de parques eólicos em áreas com poucos ninhos ou que os pássaros frequentemente não voam ou que estejam fora de sua rota de migração. Estão sendo analisadas também sugestões como a não operação dos parques em épocas de migração dos pássaros e morcegos ou o desenvolvimento de uma “certificação verde” para os parques adequadamente localizados.
	Segundo Saidur et al. (2011) o impacto ambiental mais crítico de uma turbina eólica é a poluição sonora. O efeito de poluição sonora tem o potencial de reduzir os valores de propriedades dentro de um raio variável da construção. Como resultado, as turbinas

	<p>devem ser afastadas de residências e linhas de propriedade, isolando moradores de terras vizinhas da preocupações com ruído e segurança. Antes de construir uma turbina eólica, os engenheiros devem estar familiarizados com os tipos de ruído que ela produz.</p>
	<p>Magoha (2002) afirma também que o controle de ruído pode ser obtido tanto pela limitação do ruído gerado na fonte, quanto pela implantação cuidadosa da turbina eólica para garantir que o público não seja incomodado. O som feito pelas caixas de velocidades e pelos geradores foram minimizados por meio de uma engenharia eficiente e qualquer ruído restante foi contido pelo isolamento de som, com materiais adequados. O ruído aerodinâmico foi reduzido por meio de refinamentos dos projetos de lâmina com estudos adequados.</p>
	<p>Apesar do fato de que parques eólicos causam impactos visuais, Krohn e Damborg (1999) mostram, que a aceitação do público aumentou após a instalação local de parques eólicos. Os impactos visuais sempre podem ser reduzidos com um bom planejamento do local onde o parque eólico será instalado.</p>
	<p>Percebe-se que a energia eólica é a que apresenta impactos de âmbitos menores em relação às energias fotovoltaica, eólica, hidrelétrica e geotérmica.</p>
	<p>Kuvlesky Jr. et al. (2007) sugere a criação de algumas orientações que guiem os produtores de energia eólica a escolherem o local de instalação de seus projetos de modo a evitarem ou reduzirem o impacto ambiental causado por ele, principalmente relacionado à vida selvagem do local. Tais orientações deveriam ser elaboradas com a participação de diferentes grupos relacionados aos impactos.</p>
	<p>Para minimizar os impactos ambientais do projeto de energia eólica é importante a obtenção do licenciamento prévio de instalação junto ao órgão ambiental, como a elaboração de um Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto ao Meio Ambiente - EIA/RIMA, conforme a Resolução do CONAMA 001/86. O EIA/RIMA serve de instrumento técnico-científico para mitigar, quantificar e monitorar as atividades a serem desenvolvidas no local em análise (SALLES, 2004).</p>
Impactos Sociais	<p>As fontes renováveis, com exceção da hidroeletricidade, geram muito mais empregos diretos que os combustíveis fósseis.</p>
	<p>O estudo de Simas e Pacca (2013) mostrou que uma usina eólica pode gerar 11,7 empregos diretos por ano por MW instalado, sendo a maior parte desse empregos gerados na fase de construção da usina, o que permite que se contrate trabalhadores locais, contribuindo para a geração de emprego e renda nas comunidades em que um parque eólico é instalado.</p>
	<p>Os empregos gerados na operação dos parques são em menor quantidade, mas têm maior duração.</p>
	<p>A previsão é de que "a instalação e operação de parques eólicos irá gerar mais de 195 mil postos de trabalho entre 2010 e 2020.</p>
	<p>Para que se aumente o número de trabalhadores locais envolvidos com a geração de energia eólica é necessários que se faça investimentos em capacitação nos trabalhadores locais, fazendo com que não seja necessário levar trabalhadores de outros locais para a região (SIMAS; PACCA, 2013).</p>
	<p>O treinamento, além de aumentar a mão-de-obra local disponível, aumenta a competitividade das empresas e favorece novas oportunidades de investimento e negócios.</p>
	<p>No sentido de gerar empregos também, deve-se haver políticas para manter ou aumentar o número de projetos instalados anualmente, visto que a maior parte dos empregos gerados são temporários e durante a construção da planta.</p>
	<p>Outro importante fator de geração de empregos é a busca por inovação. Segundo Simas e Pacca (2013), o desenvolvimento tecnológico cria empregos estáveis e de alta qualificação.</p>

Quadro 9 - Aspectos Sociais e Ambientais

Fonte: Elaborado pela autora.

6.4 Levantamento dos aspectos tecnológicos

6.4.1 Aspectos técnicos

A energia eólica tem a segunda maior eficiência, que é geralmente comparável à de carvão ou de gás, conforme apresentado no quadro a seguir. A eficiência da energia eólica também é ampla, devido à grande variação na qualidade dos recursos eólicos em locais diferentes. Um bom recurso eólico, com localização cuidadosamente selecionada, dará uma eficiência maior do que 40% (EVANS, STREZOV E EVANS, 2009).

Tabela 7 - Eficiência na geração de eletricidade

Eficiência na geração de eletricidade	
Fotovoltaica	4-22%
Eólica	24-54%
Hidrelétrica	> 90%
Geotérmica	10-20%
Carvão	32-45%
Gás Natural	45-53%

Fonte: elaborada pela autora com base em Evans, Strezov e Evans (2009).

Um ponto negativo, no entanto, é que a energia eólica sofre de problemas de intermitência, contudo Edmonds et al. (2007) sugerem a instalação de parques distribuídos em uma ampla área geográfica para reduzir flutuações. Sobre as limitações, as turbinas não devem funcionar quando a velocidade do vento é muito alta (> 25 m/s) a fim de não se causar danos a elas. Além disso, elas não funcionarão quando a velocidade do vento for muito baixa (<3m/s) (EVANS, STREZOV E EVANS, 2009).

6.4.2 Cadeia produtiva

As turbinas de vento convertem a energia do vento em eletricidade. Geralmente, uma *gearbox* (caixa multiplicadora) gira a turbina de rotor de baixa rotatividade em marchas de rotação mais rápida, que convertem energia mecânica em eletricidade em um gerador. Algumas turbinas modernas não tem mais caixas multiplicadoras. Embora menos eficientes, turbinas pequenas podem ser utilizadas em casas ou edifícios. Os parques eólicos hoje são localizados em terra e no mar, com turbinas individuais que variam em tamanho até 7 MW, com 10 MW planejados. A captação de energia eólica de alta altitude também está sendo buscada hoje por várias empresas (JACOBSON; DELUCCHI, 2011).

Melo (2013) traz que em 2013 havia 11 fabricantes na indústria eólica brasileira, que

apresentavam uma capacidade média de produção de 500 MW cada um, por ano, em equipamentos. A autora, no entanto, chama a atenção para o fato de que isso não significa que haja uma oferta de 5.000MW de máquinas para atender a indústria brasileira. Isso se dá por três fatores:

1. Nem todos os fabricantes estão completamente instalados no país. Dessa forma a real capacidade de produção varia de acordo com a proporção e com a velocidade em que as fábricas são implementadas. A velocidade depende da capacidade contratada de cada fornecedor;

2. Os fabricantes precisam ter código Finame para terem seus equipamentos financiados pelo programa do BNDES, o que nem sempre ocorre. Caso contrário, sem financiamento, dificilmente tais empresas terão mercado, já que os custos de financiamentos variam até quatro pontos percentuais, o que é faz bastante diferença pelo fato de se tratar de um setor tão competitivo;

3. Pelo fato de o Brasil ter bacias eólicas encontradas em lugares bem distintos, devido suas dimensões, as características do vento mudam bastante de uma lugar para o outro, o que faz com que haja um projeto ideal para cada local, com equipamentos específicos. Isso caracteriza os aerogeradores como não sendo *commodities* (nem sempre há máquinas substitutas perfeitas entre si, dificultando a troca de fabricante ou fazendo com o que o empreendedor faça escolhas aleatórias entre as máquinas que existem). Essa indústria se estrutura, portanto, como um oligopólio diferenciado.

Em 2012, o BNDES aprovou a mudança das regras para financiamento de aerogeradores. A partir de 2013, a metodologia para credenciamento e apuração do conteúdo local para aerogeradores mudou de modo que se aumente gradativamente os componentes nacionais dos aerogeradores por meio da fabricação no Brasil de componentes com alto conteúdo tecnológico e uso intensivo de mão de obra (BNDES s/d).

Por esse motivo, os fabricantes do setor cada vez mais estão procurando aumentar os componentes nacionais dos equipamentos que produzem, de modo que seus clientes possam ter acesso ao financiamento do BDNES. No entanto, pelo fato de ser uma indústria nova no país, alguns componentes dos aerogeradores ainda são importados (MELO, 2013).

O processo de nacionalização e industrialização do setor deve ser concluído em 2015 e demanda qualificação e certificação de fornecedores. Além disso, será necessário também todo um processo de transferência de tecnologia (MELO, 2013).

Segundo a publicação de Melo (2013), para se adequar à regra do BNDES, os fabricantes deverão, antes de dar início à fabricação de quase todos os equipamentos no país,

apresentar um plano de negócios da planta industrial (o que deveria ter sido feito até julho de 2013), construir as obras civis e comprar o maquinário para fabricação de *nacelles* (o que deveria ter sido feito até janeiro de 2014) e, por fim, montar a *nacelle* com fundidos e caldeirados de procedência nacional (o que deverá ser feito até julho de 2014). Apesar de haver demanda pelos aerogeradores, a cadeia produtiva no Brasil ainda encontra-se em desenvolvimento, com oito fábricas já em operação e treze empresas atuando no mercado nacional. Além disso, o setor conta com seis fábricas de torres eólicas em operação e a segunda maior fabricante de pás eólicas do mundo, que se trata de uma empresa totalmente brasileira, a Tecsis - que hoje produz cerca de 6.000 pás eólicas por ano, sendo 40% destinado ao mercado interno e teve faturamento de R\$ 1,3 bilhão em 2012 (CARAZZAI, 2013). Diante de tal cenário a autora aponta a oportunidade do país em atrair investimentos em capital e em tecnologia, de forma a fortalecer essa indústria (MELO, 2013).

Melo (2013) dá ênfase à necessidade de incentivos à inovação para que as perspectivas do setor sejam positivas.

6.4.3 Inovação e competitividade

Para Melo (2013), um ambiente de competição é necessário para o fortalecimento de um setor industrial. Dessa forma, permitir importações faria com que a indústria nacional procurasse investir em inovações e tentar competir com os concorrentes externos. Isso, no entanto, aconteceria em um cenário no qual a indústria nacional não estivesse tão longe da fronteira tecnológica do setor. De outro modo, a competição com as importações a mataria.

É importante perceber que, no caso de a indústria estar em reais condições de competir com as importações, o setor como um todo sairia ganhando, visto que a produtividade aumentaria e os custos de produção reduziriam, mas com equipamentos mais modernos. Sem a competição, as empresas nacionais se acomodariam e sobreviveriam em um equilíbrio de baixa produtividade, com equipamentos de baixa tecnologia e com altos custos, o que configura uma situação *locked-in* (MELO, 2013).

Em comparação com países como China ou países da Europa, os custos de instalação de parques eólicos/MW no Brasil ainda são muito altos. Isso pode ser explicado pelo alto custo das turbinas eólicas, que tem seus preços compostos pelos custos dos insumos no país, pela escala de produção e pelo Custo Brasil (custos inerentes ao país, como aqueles relacionados à deficiência de infraestrutura, custo de transporte, baixa concorrência de fornecedores de componentes elétricos e escassez de mão-de-obra). Portanto, uma forma de se

reduzir o custo de implantação de projetos de energia eólica no país seria reduzindo os custos das turbinas, o que, segundo Melo (2013) demanda grandes incentivos ao progresso tecnológico, por meio de investimentos diretos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) ou por meio da manutenção de uma relativa abertura do país a investimentos externos. De qualquer forma, é essencial para o desenvolvimento do setor e todas as consequências disso que se trabalhe para a melhorar a competitividade dele. O resultado dos investimentos recentes já apareceram nos últimos leilões, com a redução dos custos da energia eólica. Mas enquanto os preços por MWs no Brasil são um dos mais competitivos no mundo, o Capex de um projeto eólico ainda é muito alto.

Com a crise financeira que teve início em 2008, países como os da Europa reduziram os investimentos em projetos de energia eólica, o que trouxe fabricantes ao Brasil. Para entrar no país com custos mais baixos, esses fabricantes, inicialmente, ofertaram equipamentos com tecnologia secundária, o que passou a mudar a partir dos leilões que ocorreram em 2010 e 2011 por meio dos quais, foram instalados equipamentos com tecnologia de ponta (MELO, 2013).

Para Melo (2008), o grau de evolução tecnológica dos equipamentos para geração de energia eólica, bem como a estrutura de mercado mundial mostram que ainda há muito para que essa indústria se desenvolva. No mesmo sentido, Islam, Mekhilef e Saidur (2013) apontam que a tecnologia de energia eólica está estabelecida, mas ainda não totalmente madura e, portanto, há muitas áreas onde as melhorias são necessárias, tanto para redução dos custos, quanto para maximizar o desempenho da turbina. Para isso, os fabricantes têm procurado desenvolver componentes de turbinas mais avançados e turbinas maiores. Componentes mais avançados prometem maior eficiência, maior disponibilidade, e a redução das perdas de geração (ISLAM; MEKHILEF; SAIDUR, 2013).

O livro Química Verde no Brasil (CGEE, 2010) traz o mapa tecnológico de energias renováveis no mundo. Pode se analisar, pela figura 14, que as tecnologias ligadas à energia eólica (representada pelo código T6d) encontram-se atualmente em estágio de produção/processo.

Estágios	Desenvolvimento do tema “energias renováveis” no mundo		
	2010-2015	2016-2025	2026-2030
Comercialização	T6f	T6d T6e	
Produção/ processo	T6e T6b T6d		T6a
Inovação/ implantação		T6a	
Scale-up		T6a	
Fase demonstração		T6a	
Fase piloto	T6a		
Pesquisa em bancada			

Figura 14 - Mapa tecnológico do tema “energias renováveis” no mundo 2010-2030

Notação: T6a – Produção biológica de hidrogênio; T6b – Biogás; T6c – Eficiência energética; T6d – Energia eólica; T6e – Energia solar fotovoltaica; T6f – Energia hidráulica.

Fonte: Elaborado pela autora com base em CGEE, 2010.

O estudo do CGEE (2010) traz, em comparação, o mesmo mapa tecnológico para as energias renováveis no Brasil (figura 15).

Estágios	Desenvolvimento do tema “energias renováveis” no Brasil		
	2010-2015	2016-2025	2026-2030
Comercialização		T6d	
Produção/ processo	T6f T6b T6d		
Inovação/ implantação	T6e		T6a
Scale-up	T6e		T6a
Fase demonstração		T6a	
Fase piloto		T6a	
Pesquisa em bancada	T6a T6e		

Figura 15 - Mapa tecnológico do tema “energias renováveis” no Brasil 2010-2030

Notação: T6a – Produção biológica de hidrogênio; T6b – Biogás; T6c – Eficiência energética; T6d – Energia eólica; T6e – Energia solar fotovoltaica; T6f – Energia hidráulica.

Fonte: Elaborado pela autora com base em CGEE, 2010.

É possível perceber que, conforme o estudo, as tecnologias relacionadas a energia eólica (T6e) atualmente estão em fase de produção/processo, mais adiantadas do que tecnologias relacionadas a energia fotovoltaica, por exemplo, mas ainda não se encontram nos estágios mais avançados. Além disso, Islam, Mekhilef e Saidur (2013) trazem que algumas tecnologias eólicas antigas podem ser substituídas para a sustentabilidade da energia eólica. Esse mapa mostra também que o desenvolvimento de tais tecnologias no Brasil é um pouco mais demorado do que o desenvolvimento mundial.

O quadro 10 resume os principais pontos relacionados aos Aspectos Tecnológicos do setor:

Aspectos Tecnológicos	
Matriz Energética	A energia eólica tem a segunda maior eficiência, que é geralmente comparável à de carvão ou de gás.
Cadeia Produtiva	Isso não significa que haja uma oferta de 5.000MW de máquinas para atender a indústria brasileira.
	Nem todos os fabricantes estão completamente instalados no país. Dessa forma a real capacidade de produção varia de acordo com a proporção e com a velocidade em que as fábricas são implementadas. A velocidade depende da capacidade contratada de cada fornecedor.
	Pelo fato de o Brasil ter bacias eólicas encontradas em lugares bem distintos, devido suas dimensões, as características do vento mudam bastante de um lugar para o outro, o que faz com que haja um projeto ideal para cada local, com equipamentos específicos. Isso caracteriza os aerogeradores como não sendo <i>commodities</i> (nem sempre há máquinas substitutas perfeitas entre si, dificultando a troca de fabricante ou fazendo com o que o empreendedor faça escolhas aleatórias entre as máquinas que existem). Essa indústria se estrutura, portanto, como um oligopólio diferenciado.
	Apesar de haver demanda pelos aerogeradores, a cadeia produtiva no Brasil ainda encontra-se em desenvolvimento, com oito fábricas já em operação e treze empresas atuando no mercado nacional.
	No caso de a indústria estar em reais condições de competir com as importações, o setor como um todo sairia ganhando, visto que a produtividade aumentaria e os custos de produção reduziriam, mas com equipamentos mais modernos. Sem a competição, as empresas nacionais se acomodariam e sobreviveriam em um equilíbrio de baixa produtividade, com equipamentos de baixa tecnologia e com altos custos, o que configura uma situação <i>locked-in</i> .
Financiamento	Os fabricantes precisam ter código Finame para terem seus equipamentos financiados pelo programa do BNDES, o que nem sempre ocorre. Caso contrário, sem financiamento, dificilmente tais empresas terão mercado, já que os custos de financiamentos variam até quatro pontos percentuais, o que é faz bastante diferença pelo fato de se tratar de um setor tão competitivo;
	Os fabricantes do setor cada vez mais estão procurando aumentar os componentes nacionais dos equipamentos que produzem, de modo que seus clientes possam ter acesso ao financiamento do BNDES. No entanto, pelo fato de ser uma indústria nova no país, alguns componentes dos aerogeradores ainda são importados (MELO, 2013).
	Em comparação com países como China ou países da Europa, os custos de instalação de parques eólicos/MW no Brasil ainda são muito altos. Isso pode ser explicado pelo alto custo das turbinas eólicas, que tem seus preços compostos pelos custos dos insumos no país, pela escala de produção e pelo Custo Brasil (custos inerentes ao país, como aqueles relacionados à deficiência de infraestrutura, custo de transporte, baixa concorrência de fornecedores de componentes elétricos e escassez de mão-de-obra).
Inovação/ Tecnologia	O setor demanda grandes incentivos ao progresso tecnológico, por meio de investimentos diretos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) ou por meio da manutenção de uma relativa abertura do país a investimentos externos.
	O grau de evolução tecnológica dos equipamentos para geração de energia eólica, bem como a estrutura de mercado mundial mostram que ainda há muito para que essa indústria se desenvolva.
	No mundo as tecnologias ligadas à energia eólica encontram-se atualmente em estágio de produção/processo.
	No Brasil as tecnologias relacionadas a energia eólica atualmente estão em fase de produção/processo, mais adiantadas do que tecnologias relacionadas a energia fotovoltaica, por exemplo, mas ainda não se encontram nos estágios

	mais avançados.
	Tecnologias eólicas antigas podem e devem ser substituídas para a sustentabilidade da energia eólica.
	O desenvolvimento de tais tecnologias no Brasil é um pouco mais demorado do que o desenvolvimento mundial.
	Um ponto negativo da energia eólica é que essa fonte sofre de problemas de intermitência, contudo Edmonds et al. (2007) sugerem a instalação de parques distribuídos em uma ampla área geográfica para reduzir flutuações.
	Sobre as limitações, as turbinas não devem funcionar quando a velocidade é muito alta (> 25 m/s) a fim de não se causar danos a elas. Além disso, elas não funcionarão quando a velocidade do vento for muito baixa.
	Melo (2013) traz que em 2013 havia 11 fabricantes na indústria eólica brasileira, que apresentavam uma capacidade média de produção de 500 MW cada um, por ano, em equipamentos.
	O processo de nacionalização e industrialização do setor deve ser concluído em 2015 e demanda qualificação e certificação de fornecedores. Além disso, será necessário também todo um processo de transferência de tecnologia (MELO, 2013).
	Diante de tal cenário Melo (2013) aponta a oportunidade do país em atrair investimentos em capital e em tecnologia, de forma a fortalecer essa indústria (MELO, 2013).
	Para Melo (2013), um ambiente de competição é necessário para o fortalecimento de um setor industrial. Dessa forma, permitir importações faria com que a indústria nacional procurasse investir em inovações e tentar competir com os concorrentes externos. Isso, no entanto, aconteceria em um cenário no qual a indústria nacional não estivesse tão longe da fronteira tecnológica do setor. De outro modo, a competição com as importações a mataria.

Quadro 10 - Aspectos Tecnológicos

Fonte: Elaborado pela autora.

6.5 Levantamento das oportunidades e ameaças

É perceptível o aumento da geração de energia do setor, bem como a evolução da legislação relativa à comercialização dela. No entanto, Alves (2010) chama a atenção para a necessidade de melhora das condições de financiamento e da legislação no que diz respeito à compra da energia gerada, tornando possíveis novos projetos de geração eólica no país. Segundo o autor, faltam financiamentos de longo prazo adequados. Há uma aversão dos financiadores ao risco, uma vez que as energias renováveis apresentam alto custo de produção, além de não terem um mercado definido, não serem fontes de energia difundidas e por serem produzidas em escala reduzidas. Financiamentos públicos podem ser efetuados por meio de recursos não-reembolsáveis, financiamentos a baixo custo e prestação de garantias, enquanto financiamentos privados podem se dar na forma de capital de risco (*venture capital*), podendo atuar em consórcio com o capital público.

O relatório do BNDES (2012), focado na indústria eólica, ou seja, na indústria de bens de capital relacionados à energia eólica, como aerogeradores, também chama a atenção para a necessidade de financiamento para toda essa indústria. O relatório aponta uma importante oportunidade à indústria que consiste não só na expansão da geração de energia eólica no Brasil, mas também no potencial de exportação de aerogeradores para países do Cone-Sul, que possuem demanda suficiente para absorver o excedente do que é produzido no Brasil. Para isso, no entanto, é preciso tornar a indústria competitiva, o que traz a discussão de volta à questão do financiamento das atividades relacionadas à energia eólica, visto que características como preço, qualidade, características técnicas dos componentes e condições de financiamento são determinantes da decisão de compra por máquinas e equipamentos.

Segundo o BNDES, as linhas disponíveis para empresas brasileiras pelo banco brasileiro, incluem financiamento às exportações, como a linha BNDES Exim Pré-Embarque, na qual o recurso é usado como capital de giro relacionado à produção que será exportada; e a linha BNDES Exim Pré-Embarque, na qual o recurso é utilizado para comercialização, no exterior, de bens e serviços brasileiros (BNDES, 2012). Além do apoio já existente do BNDES, como principal financiador de longo prazo no Brasil e no Cone Sul (este último, no sentido de aumentar as exportações brasileiras), é possível observar hoje no Brasil investimentos de outras fontes, como o do *Chinese Development Bank*, no parque eólica Barra dos Coqueiros, no estado de Sergipe.

Apesar do bom desempenho nos leilões – o que causa otimismo no governo, as empresas envolvidas com geração de energia eólica acreditam que deve haver investimentos

que levem a instrumentos econômicos para incentivar o setor, de forma sustentável e que envolva o desenvolvimento da Ciência e Tecnologia nacional (CGEE, 2012). Se comparado às reais necessidades ao desenvolvimento do setor eólico, o país apresenta baixos investimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I). A Aneel regula um Programa de P&D que investiu em 11 anos, cerca de R\$ 19 milhões em pesquisas relacionadas à energia eólica, representando apenas 0,6% do montante total do Programa e 3,6% do valor total destinado a pesquisas relacionadas a energias renováveis. Na segunda fase, essas porcentagens aumentaram para 1% e 6% respectivamente, além disso, os perfis e valores dos projetos mudaram, tornando-se mais complexos e com maiores resultados. O investimento médio na primeira fase foi de R\$ 364 mil por projeto, enquanto na segunda fase tal valor mudou para R\$ 2,19 milhões por projeto (CGEE, 2012).

Segundo o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2012), dos investimentos oriundos do CNPq, o valor investido em energia eólica na última década, foi menos da metade do valor investido em outros editais do Programa de P&D/Aneel. Os investimentos foram feitos em temas abrangentes, incluindo sistemas híbridos e energias renováveis, que às vezes contemplava linhas relacionadas a energia eólica. Já a FINEP investiu na última década, pouco mais de R\$ 40 milhões em PD&I em energia eólica, o que foi feito, principalmente por meio da subvenção econômica, além de editais no âmbito de fundos setoriais. Esse valor significou 25% do valor investido pela FINEP em energias renováveis no mesmo período.

Esse volume baixo de investimentos pode significar um número baixo de especialistas no tema no Brasil, ou então, um descompasso entre a velocidade do desenvolvimento do setor e a velocidade de formação de recursos humanos na área, o que fez com que os poucos profissionais capacitados fossem atraídos às empresas, deixando o desenvolvimento tecnológico carente de pesquisadores. O estudo do CGEE (2012) identificou 68 grupos de pesquisa em instituições distintas no Brasil, concentrados, principalmente nas regiões Nordeste e Sul, que são as regiões com maior capacidade de geração de energia eólica instalada. Um grande número de grupos identificados no Sudeste pode demonstrar o potencial da região em desenvolver pesquisas relacionadas à energia, principalmente pelos grandes centros de excelência em energia localizados na região. Para Alves (2010), fica claro que as fontes de energia renováveis demandam recursos públicos obrigatoriamente, para P,D&I ou para subsidiar os custos iniciais de produção.

Além do uso da energia eólica garantir uma segurança energética à matriz brasileira, o mesmo funciona no sentido de promoção do desenvolvimento sustentável, à medida que

gera empregos locais (SIMAS; PACCA, 2013); pode levar energia à população, proporcionando melhor alimentação, melhores condições de saúde, moradia, educação, entre outros benefícios relacionados; reduz conflitos por recursos naturais (GOLDEMBERG, 2004), além dos benefícios ambientais já apresentados, como, por exemplo, a redução da emissão de 2.382.904 ton/ano de CO₂ (ABEEÓLICA, 2013).

O quadro 11 resume os principais aspectos apontados na seção:

Oportunidades e Ameaças	
Financiamento	A melhora das condições de financiamento e da legislação no que diz respeito à compra da energia gerada pode tornar possíveis novos projetos de geração eólica no país.
	Financiamentos de longo prazo adequados também se mostram como boas oportunidades.
Cadeia Produtiva	Para a produção de aerogeradores, o relatório BNDES (2012) aponta uma importante oportunidade à indústria que consiste não só na expansão da geração de energia eólica no Brasil, mas também no potencial de exportação de aerogeradores para países do Cone-Sul, que possuem demanda suficiente para absorver o excedente do que é produzido no Brasil.
Investimentos	As empresas envolvidas com geração de energia eólica acreditam que deve haver investimentos que levem a instrumentos econômicos para incentivar o setor, de forma sustentável e que envolva o desenvolvimento da Ciência e Tecnologia nacional.
	O volume baixo de investimentos pode significar um número baixo de especialistas no tema no Brasil, ou então, um descompasso entre a velocidade do desenvolvimento do setor e a velocidade de formação de recursos humanos na área, o que fez com que os poucos profissionais capacitados fossem atraídos às empresas, deixando o desenvolvimento tecnológico carente de pesquisadores.
Inovação/ Tecnologia	Para Alves (2010), fica claro que as fontes de energia renováveis demandam recursos públicos obrigatoriamente, para P,D&I ou para subsidiar os custos iniciais de produção.

Quadro 11 - Oportunidades e ameaças

Fonte: Elaborado pela autora.

7 ANÁLISE DA ENTREVISTA

Conforme apresentado, foi realizada uma entrevista com a Sra. Elbia Melo, Presidente da Associação Brasileira de Energia Eólica - ABEEólica, como forma de complementação e reafirmação das informações levantadas por meios secundários.

Para realização da entrevista foi utilizado o roteiro disponível no APÊNDICE A, que foi construído conforme informações secundárias levantadas até então, a fim de se conhecer um outro ponto de vista, realizando, assim, a Triangulação de Dados.

Para análise da entrevista, foi aplicada a Análise de Conteúdo, conforme já apresentado também. As informações obtidas na entrevista foram classificadas de acordo com as categorias estabelecidas, conforme apresentado no Quadro 1, trazido na subseção 2.4.2.

Esta seção apresenta os resultados da aplicação da Análise de Conteúdo na entrevista realizada. As informações obtidas aqui, juntamente com aquelas levantadas na Análise do Setor e do Ambiente, possibilitarão a aplicação da SSM.

Aspectos Políticos e Legais

Ambiente Institucional

Existe uma diferença entre a Política Energética Brasileira e a Política do Setor Elétrico Brasileiro. A Política Energética trata da fonte de energia para todos os usos, inclusive para produção de energia elétrica e é responsabilidade do Ministério de Minas e Energia - MME. As decisões a respeito da Política Energética são tomadas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), com base em estudos realizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). O CNPE tem como seu presidente o Ministro de MME, e tem como participantes o Ministro da Fazenda; do Meio Ambiente; da Ciência, Tecnologia e Inovação; da Casa Civil; do Planejamento, entre outros, que possam ser afetados pelas decisões. A Política do Setor Elétrico, portanto é uma parte da Política Energética.

A Política Energética deve se basear em três pilares básicos, conforme reforma do setor executada pela Lei 10.848, de 15 de março de 2004 (BRASIL, 2004b). A Política deve buscar, então:

- Segurança do abastecimento;
- Competitividade dos preços da fonte (modicidade tarifária);
- Credibilidade regulatória (estabilidade regulatória).

Além disso, foi incluída a diretriz da universalização do serviço de energia elétrica, o que significa levar luz para a população que ainda não tinha acesso à energia elétrica.

Apesar de parecer que a Política Energética é voltada para a fonte hidrelétrica, segundo Melo, isso não ocorre na realidade. O que ocorre é que a Política busca seguir os três pilares apontados, e o Brasil tem muitos recursos hidrelétricos e esses recursos são competitivos, o que cumpre os três pilares apontados, promovendo uma matriz elétrica competitiva. Segundo a entrevistada, desde que o Brasil começou a fazer investimentos em hidrelétricas, há cem anos, ele desenvolveu mais as hidrelétricas porque esse era o recurso que o país tinha de forma mais fácil e de forma mais competitiva. Portanto, não existe hoje uma política direta, estrita, dizendo que o Brasil só vai expandir a fonte hidrelétrica, assim, como não existe uma política exclusivamente voltada para qualquer outra fonte de energia elétrica.

No início dos anos 2000 aconteceu o primeiro racionamento, o que fez com que os responsáveis pelas políticas, começassem a perceber que por conta do crescimento da demanda de energia, a fonte hidrelétrica não seria o suficiente. Dessa forma, começou-se a pensar na utilização de termelétricas, para diversificar a matriz energética, de forma a garantir o abastecimento.

Também por conta dessa crise, começou-se a olhar para fontes alternativas de energia, o que já estava sendo feito na Europa desde os anos 90, por se tratar de um continente que sempre dependeu de combustíveis fósseis, como carvão, óleo e gás natural, visto que é pobre em recursos hídricos, comprometendo a segurança energética daqueles países.

O Brasil nunca teve grandes problemas que comprometessem a segurança energética nacional por conta dos amplos recursos naturais. Mesmo para a utilização da termelétricas, há reservas de carvão e algum recurso de gás natural por meio de um contrato com a Bolívia.

Naquela época, o Brasil começou a vislumbrar outros investimentos, nas chamadas fontes renováveis não convencionais, ou seja, fontes renováveis e limpas que não eram a hídrica, ou seja, pequenas centrais hidrelétricas, biomassa e eólica. Foi promovida, então, uma política de fontes renováveis, que foi o PROINFA, o Programa de Fontes Alternativas de energia, decreto de 2004, que regulamentou uma Lei de 2002. Por meio do PROINFA foram contratados mais ou menos 3300 MW de PCH, eólica e biomassa, mas num programa de subsídios. A razão de se ter trabalhado por meio de um programa de subsídios é que tais fontes eram de 3 a 5 vezes mais caras que a hidrelétrica, e, portanto, o país não tinha condição de expandi-las de forma muito avançada, visto que o custo de produção delas era muito alto.

Foi com o PROINFA a primeira vez que se investiu em eólica e partir daquele de então, deu-se a sinalização para os investimentos em biomassa e também nas pequenas centrais hidrelétricas. De 2004 a 2009, foram realizados investimentos e foram construídos os parques.

A partir de 2009, desenvolveu-se outro cenário. Com os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento em energias alternativas (principalmente solar e eólica) feitas por países europeus e alguns americanos, houve uma revolução tecnológica na área, o que tornou a fonte eólica bastante competitiva, inclusive no Brasil. A partir desse ponto o Brasil passou a olhar para a fonte eólica em outro contexto, que incluía contratação da fonte, mas sem a necessidade de subsídio, já que a energia eólica já estava custando mais ou menos a metade do que ela custava quando eram oferecidos subsídios em 2004.

Suprimento Energético/Matriz Energética

As fontes de energia renováveis têm como natureza serem intermitentes e sazonais. O primeiro termo refere-se ao fato de não se ter controle sobre ela, enquanto o segundo diz respeito ao fato de não serem constantes durante todo o ano.

No caso da fonte hidrelétrica no Brasil, não se percebe muito a intermitência, porque se trabalha com reservatórios. No entanto se percebe claramente a sazonalidade dela, como acontece no atual período. Nesse sentido, percebe-se claramente que não há como se trabalhar com uma única fonte de energia como base de uma matriz elétrica. Uma matriz elétrica ideal deve ser diversificada, de forma a garantir o suprimento de energia. Os problemas que se enfrenta atualmente se deve ao fato de 70% da matriz elétrica brasileira ser hidrelétrica, o que seria eliminado ou reduzido com uma matriz mais diversificada.

Uma matriz ideal, além de ser diversificada, leva em conta a segurança no suprimento, sustentabilidade socioambiental e competitividade. Para Melo, o Brasil é um dos poucos países no mundo que tem condições de alcançar uma matriz com tais características.

No entanto, atualmente a fonte de energia complementar à hidrelétrica na matriz energética brasileira é a termelétrica, que é uma fonte mais cara e considerada mais suja, o que faz com que a matriz do país não esteja totalmente adequada. As termelétricas foram contratadas baseando-se na crença de que a hidrelétrica seria suficiente para atender a demanda do país. O que aconteceu, no entanto, foi um período de estiagem maior do que o esperado. Segundo a entrevistada, em 2011, por exemplo, 90% da geração de energia no Brasil veio de hidrelétrica, ou seja, apenas 10% vieram de outras fontes. Em 2014, 30% da energia gerada vem de fonte térmica, por conta do risco de racionamento. Em um período de longo prazo, existe a possibilidade de se contratar uma quantidade de termelétricas a preços mais competitivos. Apesar do fato de ser uma fonte considerada suja, esse impacto é reduzido caso se estructure uma matriz muito bem diversificada.

Para Melo, o fato de o país estar utilizando muita energia térmica hoje é porque o desenho da matriz não está adequado. O ideal seria levar em conta também, além da termelétrica, outras fontes, como a eólica, mas em proporções adequadas e custos adequados. Uma vez que se monte uma boa combinação de energia vinda de fontes como: solar, eólica, biomassa, PCH e hídrica, percebe-se a redução de cada vez mais a necessidade da fonte térmica, mantendo-a apenas como *backup*. Dessa forma, chega-se a uma matriz otimizada, que custa menos e que polui menos.

No ponto de vista da presidente da ABEEólica, o Brasil ainda tem que passar por mudanças para se atingir essa matriz otimizada, visto que a prioridade dos leilões são apenas fontes com preços mais baixos, enquanto, que para se atingir uma situação sustentável, as compras devem levar em conta três pilares centrais: preço (competitividade), segurança e sustentabilidade ambiental. Esses três pilares não foram seguidos adequadamente nos últimos dez anos, o que trouxe ao país a essa situação de superutilização de termelétricas.

Essa situação pode ser mudada com alterações nas políticas públicas, ou seja, com mudanças na política energética e na política para o setor elétrico, de modo que elas possam ser baseadas nos três pilares citados. A entrevistada acredita que hoje, é possível que o Governo Federal esteja repensando essa questão.

Aspectos Econômicos

Investimento

O custo de investimento de um parque eólico, cerca de 70% está associado à máquina, ao aerogerador, esse é o custo maior, seguido de alguns custos com O&M e depois com obras civis. A tecnologia tem evoluído a tal ponto no sentido de cada vez mais ser diminuído o custo do aerogerador, o *Capex*, que é o Capital Expend. Na época do Proinfa, era cerca de R\$7 milhões por MW instalado, hoje está em torno de R\$3,5 a R\$4. A tecnologia está indo justamente nessa direção.

Subsídios e leilões

Alguns países utilizam a chamada *feed in tariff*, que se trata de um subsídio para a compra de energia. Para a entrevistada, a *feed in tariff* é altamente proibitivo para o Brasil e até para os demais países que estão utilizando-a. O PROINFA foi uma espécie de *feed in tariff*. Esse subsídio é fundamental para uma indústria em seu estágio inicial, mas a partir do momento em que a indústria alcança uma determinada maturidade, ele é proibitivo e maléfico, tanto que países da Europa estão cortando-os, como acontece com a Alemanha, que está

reduzindo os subsídios da energia renovável e com a Espanha, que quebrou contratos de energia renovável, justamente para cortar tais subsídios.

Por meio desse sistema acaba-se por contratar um pacote de energia produzida, o que acaba por atrair projetos ineficientes. E em termos de eficiência, o Brasil tem tecnologia de ponta de equipamentos eficientes. Dessa forma, o fato de você trabalhar com o *feed in tariff* pode prejudicar a competição e pode causar o que Schumpeter chama de *lock-in*, ou seja, o produtor acaba ficando com aquela localização daquela tecnologia e não busca inovação, ao contrário de um modelo competitivo, no qual o produtor recebe pela energia produzida, o que faz com que ele tornar seu parque eólico o mais produtivo possível, escolhendo o melhor sítio, o melhor vento e a melhor combinação de máquina. Na opinião da presidente da ABEEólica essa competição é a solução para as fontes renováveis no mundo, já que agora elas já estão alcançando um grau de maturidade.

Comercialização

Um dos principais motivos da queda dos preços da energia eólica nos últimos anos é revolução tecnológica promovida no setor. Isso permitiu que a energia eólica passasse a ser contratada por meio de leilões competitivos, como já era feito no setor elétrico para outras fontes desde 2004, com a reforma no mesmo.

Em dezembro de 2009, o Governo Federal promoveu um leilão competitivo específico para fonte eólica. Naquele leilão foram contratados 1.8 GW de energia elétrica de fonte eólica, com preço de R\$ 180 por MW/hora. A título de comparação, o preço em 2004 era de R\$ 320 por MW/hora. Diante desse cenário, investidores e fabricantes de equipamentos principalmente da Europa e Estados Unidos, que tinham suas atividades concentradas na Europa, começaram a observar o Brasil como um mercado em potencial, e os atraiu para o país. A vinda de tais agentes para cá tornou o mercado brasileiro ainda mais competitivo, visto que houve aumento da oferta de equipamentos.

Em 2010, novo leilão foi realizado, no qual foram contratados cerca de 2 GW por R\$ 150 por MW/hora. E em 2011, foram contratados 2.7 GW de fonte eólica, a um preço de R\$ 100. Com isso a energia eólica alcançou o patamar de segunda fonte mais competitiva do Brasil, já que a energia de grandes hidrelétricas custam de R\$ 90 a R\$ 95 por MW/hora.

Segundo a presidente da ABEEólica, ficou claro para o Governo Federal que a fonte eólica seria uma forma muito simples de expandir a matriz elétrica brasileira, de maneira competitiva, limpa e com recursos abundantes.

Em 2013, 62% do que foi contratado de energia naquele ano foi de fonte eólica, superando a hidrelétrica. Foram contratados 4,7 GW. A eólica detém hoje o segundo lugar em termos de contratação no Brasil e em termos de capacidade instalada de participação na matriz, o que cresce a cada ano.

Segundo a entrevistada é importante entender que a fonte eólica só vem ganhando espaço porque tem se tornado competitiva e por ser limpa e abundante. A política do Brasil, do ponto de vista de energia elétrica é uma política ampla que procura três pontos: segurança, competitividade e estabilidade de regras. Não há políticas específicas voltadas para uma fonte ou para outra fonte.

Aspectos Tecnológicos

Competitividade

A revolução tecnológica não é o único fator que explica o preço competitivo da eólica no Brasil. A revolução também ocorreu na Europa e a energia eólica lá é comercializada por € 300 por MW/hora. Fatores conjunturais e estruturais são responsáveis pela competitividade dessa forma de energia. Dentre os fatores estruturais está a tecnologia, que é presente em outros países também. Um segundo fator estrutural, diferencial no caso brasileiro, é a qualidade do vento daqui, que é mais rápido e mais constante, o que torna mais produtivos os equipamentos utilizados na geração de energia por meio dessa fonte. Ainda existe um terceiro fator estrutural que é a forma de comercialização da energia. Enquanto em países da Europa, por exemplo, são contratados pacotes de energia que são subsidiados, no Brasil, o processo de compra acontece por meio de leilões, o que faz com que os produtores procurem tornar a energia mais barata. Por fim, um último fator estrutural é a linha de financiamento oferecida pelo BNDES, que favorecem a competitividade, por meio de contratos de 15 anos.

Em relação aos fatores conjunturais, pode ser citado o fato de que, depois de 2009, com a crise que atingiu a Europa, os países de lá reduziram investimento em fontes renováveis de energia, o que trouxe muitos fabricantes de equipamentos para o Brasil, dispostos a venderem seus equipamentos a preços mais baixos. Outro fator conjuntural que favoreceu esse movimento da época foi a taxa de câmbio.

Nacionalização da tecnologia

O planejamento do BNDES é que a tecnologia seja nacionalizada em 3 ou 4 anos, por meio da exigência da compra de equipamentos com conteúdo nacional da ordem de 60%,

para concessão de seus financiamentos. A entrevistada acredita que esse prazo seja muito pequeno, que não há como se nacionalizar uma indústria em 3 ou 4 anos. Em outros países esse prazo foi de 7 a 8 anos.

A ideia é que a produção seja nacionalizada a fim de manter no país a tecnologia e os recursos investidos. Mas o prazo estabelecido parece ser insuficiente para se alcançar o cenário que se espera.

Cadeia Produtiva

A cadeia produtiva hoje no Brasil não acompanha a evolução dos projetos, do andamento geral do setor. Isso ocorre justamente pelo prazo. A indústria é nova, tem cerca de 3 anos no Brasil, acompanhadas de exigências muito fortes do BNDES. Em termos de conteúdo, hoje a indústria está enfrentando um desafio muito grande que é desenvolver a cadeia de componentes, composta por uma série de fornecedores, chamados de subfornecedores, ou de componentes da cadeia, e tem sido um desafio para a indústria, pelo fato de ela ser muito nova.

Infraestrutura

Para Melo, a infraestrutura elétrica atual não é um grande problema para o país. O Brasil é um país muito complexo e grande e tem um sistema interligado que exige quilômetros de rede pra interligar reservatórios a fontes de geração. Tal sistema é uma forma que o país escolheu de otimizar o uso dos recursos e para a entrevistada é uma forma adequada.

O que acontece é que existem alguns desafios enfrentados à medida que se expande a geração. As linhas de transmissão não conseguem chegar a tempo de tal expansão, como aconteceu com algumas usinas eólicas. No entanto, tais problemas já foram resolvidos e as eólicas já estão funcionando. A entrevistada explica também que foi mudada a forma de construir linhas de transmissão, o que fez com que um trecho que antes era implantado em dois anos passou a ser feito em quatro anos, demonstrando que o modelo precisa ser readequado. Melo explica ainda, que o tempo de expansão das linhas ficou maior porque elas estão cada vez mais longe do centro de carga, tornando sua implantação mais complexa. Além disso, para a construção de linhas é necessário negociação com o proprietário da terra, obtenção de licenças (entre elas a ambiental), entre outros fatores que tornam o processo complexo.

Aspectos Sociais e Ambientais

Em relação aos impactos socioambientais da fonte eólica, a entrevistada argumenta que os aerogerados matam menos pássaros que os prédios nas grandes cidades. A discussão de morte de pássaro era pertinente principalmente do final dos anos 90, quando as máquinas tinham 50 metros de altura e por isso ficavam na rota migratória dos pássaros. Hoje, com a evolução da tecnologia, as torres têm de 100 a 120 metros e estão ficando cada vez mais altas, fora da rota dos pássaros. Para a instalação de um parque atualmente é necessário licença ambiental, que leva em consideração a rota migratória de pássaros.

O fato de os aerogeradores estarem ficando mais altas também ameniza o impacto sonoro, que faz com que o ruído incomode menos. Além disso, a mudança tecnológica contribuiu para a redução do ruído, que hoje é menor do que 50 decibéis.

E no que se refere à morte de pássaros, hoje os parques são licenciados, levando em consideração a rota migratória de pássaros. Então se você vai fazer um parque em uma região, que tem uma rota de pássaros, o órgão ambiental não permite. No caso do Brasil, a Lei Ambiental é extremamente rigorosa e no Rio Grande do Sul principalmente, por que no Nordeste a gente não tem problema com pássaros, a Lei é extremamente rigorosa e só licencia parques que não estejam na rota migratória dos pássaros.

Oportunidades e Ameaças

O Governo Federal visa o curtíssimo prazo. E agora a prioridade do Governo deve ser ter capacidade instalada, ter acesso a fontes que entrem rapidamente do sistema e que sejam competitivas. Por esse motivo é possível que se dê mais atenção à fontes como a eólica nos próximos leilões. Mas isso acontecerá apenas porque a eólica atende às necessidades dele.

Além disso, para Melo, o Governo tem percebido que precisa diversificar a matriz, por isso, é possível que esse ano ele abra leilões para outras fontes, como solar também. É possível também que ele se disponha até a pagar mais caro pelo carvão, porque a fonte termelétrica não é intermitente e nem sazonal. Então ela é a fonte mais segura de abastecimento, embora seja a mais cara e a mais poluente.

Em relação à exploração do pré-sal e a possibilidade de a extração do gás natural influenciar na matriz elétrica brasileira, a entrevistada acredita que isso talvez pudesse acontecer, mas em uma visão de longo prazo. Segundo Melo, atualmente fala-se em três usos para a exploração do pré-sal: o uso na própria exploração, o uso da queima da indústria e o uso para produção de energia elétrica. Aparentemente a quantidade de gás explorada não seria suficiente para todos esses usos, portanto, deverá ser feita uma escolha na utilização dele.

Dessa forma, não se sabe até que ponto esse gás natural do pré-sal pode afetar a produção de energia elétrica.

Existe ainda um outro fator, considerado como principal pela entrevistada, que é o custo. Estima-se que o gás do pré-sal custe cerca de US\$ 14 por milhão de BTU, ao passo que os Estados Unidos vende a US\$ 4 por milhão de BTU. Assim, entende-se que nessas condições não seja competitivo para a produção de energia elétrica e que seja, então, direcionado a outros fins.

Concluindo, a Sra. Elbia Melo acredita que o Brasil vai ter que expandir a matriz de energia elétrica pensando uma matriz diversificada e otimizada. Pensando nisso, há espaço para todas as fontes, visto que o crescimento da demanda é de cerca de 5GW por ano. Então, há espaço para todas as fontes. A entrevistada crê que a fonte solar é uma fonte que virá bem na sequencia, mas que também não é uma competição com a eólica, mas sim uma complementação.

8 APLICAÇÃO DA SSM

A SSM foi aplicada levando em consideração as informações obtidas com a Análise do Setor e do Ambiente e com as entrevistas.

8.1 Estágio 1 (averiguação)

No caso analisado, por se tratar de um setor, buscou-se conhecer os atores que o compõem, suas funções no setor, bem como a forma como eles se relacionam.

O setor de geração de energia eólica no Brasil está inserido no setor elétrico do país. Apesar de se mostrar como uma importante fonte de energia elétrica, que tem grande potencial de atuar como fonte complementar à energia hidrelétrica, ainda enfrenta algumas condições para firmar-se como tal.

Nesse sentido, vê-se como importante entender o setor em sua complexidade para que se considere tais desafios e como eles podem ser superados, de modo que a matriz energética brasileira possa beneficiar-se da exploração da energia eólica.

8.2 Estágio 2 (definição da situação problema)

Nesse estágio espera-se que sejam apresentados o sistema, seus atores e como são as relações entre eles de modo que se desenhe a situação analisada. Essa descrição já foi apresentada na Análise do Setor e do Ambiente, que apresentou o sistema em seus âmbitos políticos, econômicos, sociais, ambientais e tecnológicos.

Para melhor ilustrar quem são os atores e como se relacionam foi elaborada uma Figura Rica (Figura 16), conforme previsto pela SSM. Nela é possível visualizar que as instituições ligadas ao Governo exercem influência sobre os agentes que produzem e distribuem a energia por meio do estabelecimento das políticas que regem o setor elétrico e por meio da regulação do mesmo. Ao mesmo tempo, atores complementares, como bancos, universidades, fornecedores e associações atuam de forma a promover viabilidade técnica à geração de energia eólica, cada um com um determinado objetivo em relação a ela (descritas nos quadros amarelos). As setas verdes indicam os impactos que o grupo de atores exercem ou sofrem, de acordo com as informações levantadas na Análise do Setor e do Ambiente.

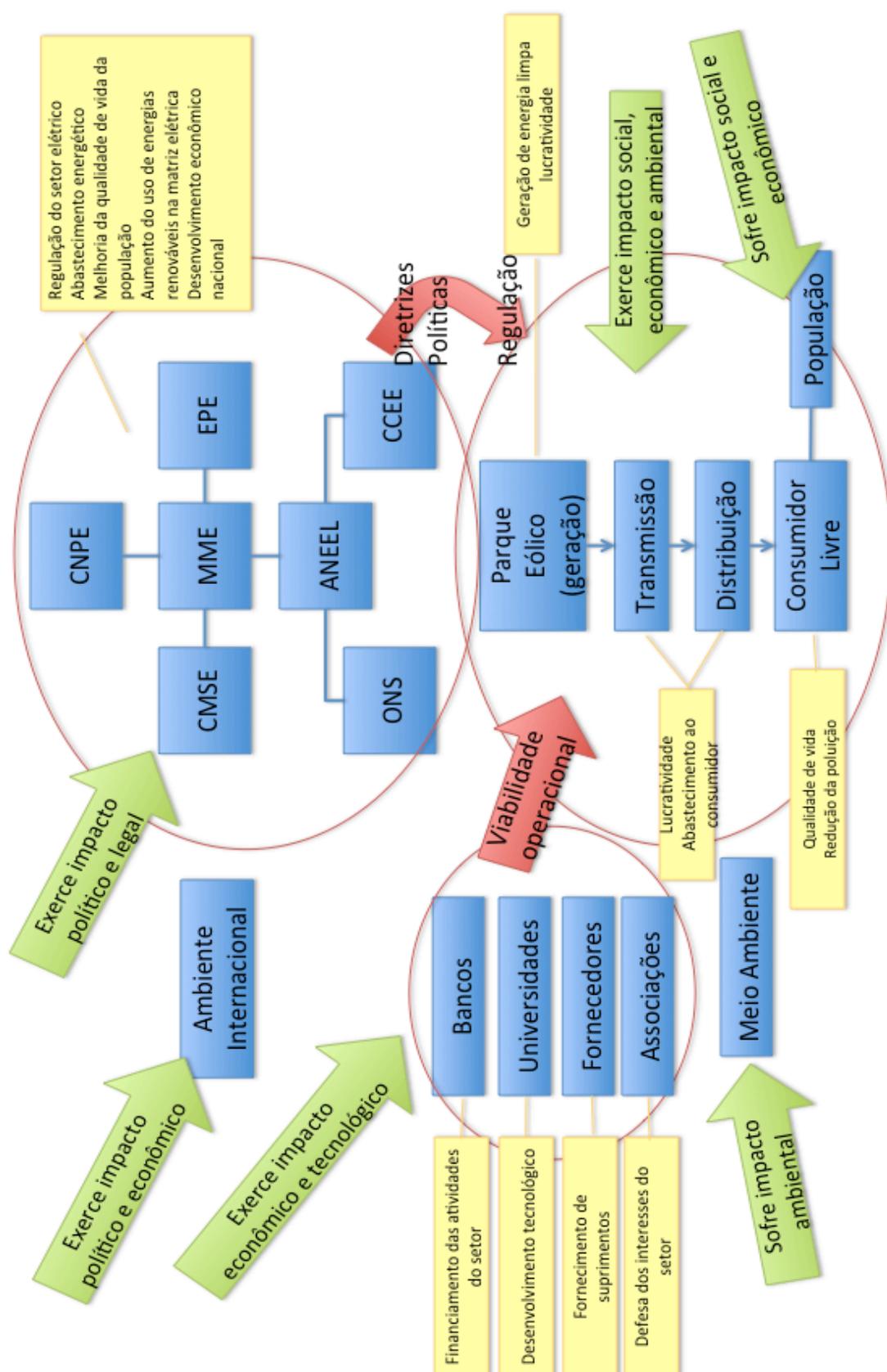


Figura 16 - Figura rica - Sistema de geração de energia eólica.
Fonte: Elaborada pela autora

8.3 Estágio 3 (formulação das definições essenciais presentes no sistema)

Para se entender as definições essenciais do sistema, é conveniente aplicar o *check-list* CATWOE. Nesse caso, pode-se observar que o sistema é composto por:

C - Clientes - Como se está analisando todo um setor ligado a um serviço básico de um país, que é a energia elétrica, os clientes aqui, ou seja, aqueles que são afetados pelo setor, são os consumidores (pessoas físicas e jurídicas), os produtores de energia eólica, as empresas da cadeia produtiva, o próprio governo (no que diz respeito ao setor, como o Ministério de Minas e Energia, a CCEE, entre outros apresentados) e o meio ambiente ao redor do mesmo.

A - Atores - As principais atividades do sistema são desempenhadas pelo governo (que regula as atividades do setor) e pelos produtores de energia eólica.

T - Processo de Transformação - O processo de transformação desse sistema é a geração, comercialização e distribuição de energia elétrica, por meio de fonte eólica, ou seja, fazer com que a energia chegue até o consumidor final, de forma sustentável ambiental, social e economicamente.

W - *Weltanschauung* (Visão de Mundo) - a visão que os envolvidos compartilham do sistema é a de que há a necessidade de se garantir o fornecimento de energia elétrica ao país e fortalecer o setor eólico de modo que a fonte eólica de energia possa fazer parte da matriz elétrica brasileira, colaborando para que ela seja sustentável social, ambiental e economicamente.

O - Proprietários (*Owners*) - os donos do sistema aqui são as instituições ligadas ao Governo Federal, que têm capacidade de decidir e influenciar, por meio de políticas, o desempenho do setor.

E - Ambiente (*Environment*) - as decisões ligadas à geração de energia eólica são altamente limitadas por decisões do Governo Federal. Além disso, há ainda a influência de políticas mundiais, como as decisões relacionadas ao Protocolo de Quioto, bem como o desempenho das economias mundial e do país, que afetam o consumo de energia.

8.4 Estágio 4 (elaboração de modelos conceituais)

Uma vez conhecidas as definições essenciais, a metodologia indica que devem ser elaborados modelos conceituais, que são definidos como sendo as atividades estruturadas que serão utilizadas para se atingir os objetivos que se espera nas definições essenciais, além das relações entre tais ações (GONÇALVES, 2006). Essa etapa ocorre no âmbito sistêmico, o que faz com que as propostas que surgem nessa etapa sejam conceituais.

A proposta do presente trabalho é sugerir mudanças para que o setor de geração de energia eólica no país se fortaleça de forma sustentável. Dessa forma, os modelos conceituais aqui apresentados serão propostos baseando-se nas discussões sobre Desenvolvimento Sustentável já apresentados anteriormente. As apresentações serão feitas de acordo com as dimensões de análise utilizadas até agora.

As considerações levarão em conta, portanto, o conceito de Desenvolvimento Sustentável trazido pelo relatório de BRUNDTLAND (1987), que o traz como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades. As sugestões aqui, levarão em conta, ainda, os comentários de Mebratu (1998), que trazem que um desenvolvimento que seja sustentável envolve atender as necessidades essenciais da população mundial pobre, ponderando limitações impostas pelo estado da tecnologia e da organização social sobre a capacidade do meio ambiente para atender às necessidades atuais e futuras.

Lembrando também o que traz Dincer e Rosen (2004), o desenvolvimento sustentável de uma sociedade leva em conta: i. sensibilização do público; ii. acesso à informação, educação e treinamento ambientais; iii. estratégias de energias renováveis, iv. promoção de fontes de energias renováveis, v. financiamento e desenvolvimento de ferramentas de monitoramento e avaliação.

Dincer (2000), Goldemberg (2004), Johansson et al. (1993) concordam ao defenderem um maior uso de energias alternativas nas sociedades de forma a se alcançar maiores benefícios econômicos, sociais e ambientais. No mesmo sentido, Lund (2007) aponta, que os planos de implementação de energias renováveis em larga escala devem incluir estratégias para integrar fontes renováveis em sistemas de energia coerentes influenciados pela economia de energia e medidas de eficiência.

Dincer (2000) traz ainda que encontrar um equilíbrio entre desenvolvimento econômico e benefícios ambientais demanda a adoção de políticas nacionais que melhorem a

eficiência do uso de energia e facilitem a troca de combustíveis. Com base em tais considerações, a seguir apresenta-se os modelos conceituais.

Aspectos Político-Legais

Modelo 1. Um cenário ideal, com ampla utilização de energias renováveis, inclui uma ampla diversidade de fontes renováveis na matriz elétrica, conforme trazido por Johansson et al. (1993). O autor também aponta que as energias convencionais não seriam desutilizadas, mas haveria uma maior eficiência na utilização de ambas as formas de energia. Além disso, as energias renováveis intermitentes iriam prover um terço das necessidades de energia elétrica total na maioria das regiões, sem necessidade de novas tecnologias de armazenamento elétricos. É importante que se aumente a participação da energia eólica na matriz elétrica brasileira, a fim de torná-la limpa, com um custo mais baixo e garantir o abastecimento de energia.

Para a entrevistada Elbia Melo, uma matriz ideal se baseia em segurança no suprimento, sustentabilidade socioambiental e competitividade. Isso pode ser feito com o aumento de leilões de fontes alternativas ou exclusivos para energia eólica. O diferencial da energia eólica nesse caso é que atualmente é a energia renovável mais economicamente viável, além da hidrelétrica. O próprio BNDES tem consciência disso quando afirma que para amenizar esse problema, é necessário diversificar a matriz energética brasileira, de forma que outras fontes de energia se tornem complementares à energia de fonte hidráulica. Historicamente é energia termoelétrica que complementa a oferta de energia, mas é uma fonte que traz riscos ao meio ambiente (BNDES, 2012). Além disso, conforme traz Alves (2010) a energia eólica se mostra como uma boa opção de complementação à energia hidráulica, visto que estudos comprovaram que o período de menor vazão dos rios das regiões Nordeste e Sul coincidem com os períodos de incidência de vento.

Modelo 2. É importante também que as decisões tomadas pelo Governo, tenham a concordância dos diversos segmentos impactados, conforme indica Queiroz (2013). Portanto, seria interessante se fossem incluídos nos Conselhos responsáveis pela definição da Política Energética e do setor elétrico do país, representantes de produtores de energias renováveis, por exemplo.

Modelo 3. Para fortalecimento do setor, é importante a contratação de profissionais capacitados também para a gestão do mesmo, como para a Eletrobrás.

Modelo 4. É importante também que o ambiente institucional do setor elétrico esteja muito bem definido, de forma que as incertezas em relação às decisões dos atores do sistema sejam reduzidas.

Modelo 5. É interessante que os modelos dos leilões sejam diversificados para que os participantes não criem padrões de comportamento, mantendo assim, a característica de competitividade dessas licitações.

Aspectos Econômicos

Modelo 6. Leung e Yang (2012), Sawyer (2010), Musial, Butterfield e Ram (2006) apontam benefícios da instalação de parques eólicos offshore. Seguindo tais autores, poderiam haver no Brasil mais investimentos em projetos de parques *offshore*, aumentando a produtividade dessa fonte de energia, além de serem reduzidos os impactos sociais e ambientais.

Modelo 7. Em um cenário ideal, deveria haver um forte compromisso político e uma cooperação internacional para o estabelecimento de alterações climáticas acordado, aumentando a segurança energética, reduzindo drasticamente o consumo de água doce e criando milhões de novos empregos em todo o mundo.

Modelo 8. Para GWEC; Greenpeace (2012), para que o mercado de energia eólica se desenvolva, questões internacionais, como a revitalização do mercado de carbono e uma melhor articulação dele com o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, previsto pelo Protocolo de Kyoto, que, por sua vez, deveria ser melhor definido, a fim de ganhar credibilidade junto à comunidade internacional. Isso incentivaria os países a inserirem mais fontes renováveis.

Modelo 9. Outro fator importante para impulsionar as energias renováveis, é terminar com subsídios no setor de energia, conforme o relatório de GWEC; Greenpeace, (2012). Para Elbia Melo, subsídios são importantes quando o setor está começando a se estabelecer. No entanto, para que ele se fortaleça, é importante que o governo corte esses subsídios em algum momento.

Modelo 10. Para o comércio de carbono no Brasil, Freitas, Abreu e Albuquerque (2013) apontam que a participação nele é dificultada pelo relacionamento com as entidades que avaliam e verificam os projetos e a burocracia envolvida. Assim, podem ser revistos os atuais processos, de forma que sejam facilitados para aqueles que têm projetos de MDL. Isso inclui os processos de relacionamento com as empresas que pretendem implantar os projetos, bem como o processo de avaliação deles.

Modelo 11. Prover o acesso de estações de energia alternativas pequenas e remotamente localizadas ao sistema de transmissão brasileiro, com um preço razoável para toda a sociedade.

Modelo 12. Oferecer boas condições de financiamento.

Modelo 13. Providenciar melhorias de infraestrutura poderia reduzir os custos de implantação dos projetos.

Modelo 14. Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento podem reduzir os custos dos equipamentos, além de reduzirem custos posteriores com O&M (BLANCO, 2009).

Modelo 15. Desenvolvimento de medidas de mercado que aumentem a segurança dos investimentos durante o período de reembolso de 20 anos precisam ser colocadas em prática: elas devem incluir a definição de metas de instalação de longo prazo, prover uma noção da ordem de grandeza do investimento necessário, regulamentação clara sobre acesso à rede e custos de conexão, remoção das barreiras administrativas, bem como a articulação de um mecanismo de pagamento de apoio apropriado (BLANCO, 2009).

Modelo 16. Para Alves (2010) é importante para o setor que sejam ampliados financiamentos de longo prazo.

Modelo 17. Financiamentos públicos podem ser efetuados por meio de recursos não-reembolsáveis, financiamentos a baixo custo e prestação de garantias, enquanto financiamentos privados podem se dar na forma de capital de risco (venture capital), podendo atuar em consórcio com o capital público.

Aspectos Sociais e Ambientais

Modelo 18. Dincer e Rosen (2005) apontam que os recursos humanos devem receber treinamentos relacionados a tecnologias de energias renováveis, ou seja, devem ser desenvolvidos programas de educação e formação em energias renováveis.

Modelo 19. Dincer e Rosen (2005) defendem também que sejam desenvolvidos projetos de pesquisa e que haja maior exposição de assuntos relacionados a energias renováveis, de forma que o público em geral, possa ser informado e que a opinião pública se torne cada vez mais favorável à utilização delas.

Modelo 20. Realização de investimentos em capacitação nos trabalhadores locais, para que não seja necessário leva-los de outros locais (SIMAS; PACCA, 2013).

Modelo 21. Investimento em treinamento, a fim de aumentar a mão-de-obra disponível para os projetos eólicos, proporcionando competitividade às empresas e favorecendo novas oportunidades de investimento e negócios (SASTRESA et al, 2010).

Modelo 22. Desenvolvimento de políticas para manter ou aumentar o número de projetos instalados anualmente, visto que a maior parte dos empregos gerados são temporários e durante a construção da planta.

Modelo 23. Investimento em inovação a fim de gerar empregos estáveis e de alta qualificação (SIMAS E PACCA, 2013).

Modelo 24. Investimento em desenvolvimento tecnológico de modo que os novos equipamentos tenham menos impacto sobre a vida selvagem (pássaros e morcegos) (MAGOHA, 2002).

Modelo 25. As áreas escolhidas para implantação de parques eólicos devem ser muito bem analisadas, de modo que não sejam implantados projetos perto de residências, a fim de se reduzir impacto sonoro (SAIDUR et al, 2011; MAGOHA, 2002) e os impactos visuais (MAGOHA, 2002).

Modelo 26. Seguindo as sugestões de KUVLESKY JR. et al. (2007), o ideal seria a compilação das orientações em relação a locais para instalação de projetos eólicos, levando em consideração os impactos ambientais, visuais e sonoros.

Modelo 27. Fazer um trabalho de conscientização da população, melhorar a imagem dos parques, promovê-los de forma turística.

Modelo 28. Compilar dados de onde estão os projetos geradores de energia eólica para que se tenha uma melhor ideia do que está acontecendo (KUVLESKY JR. et al., 2007).

Modelo 29. Criação de mecanismos que incentivariam os produtores a evitarem áreas de alto risco ou então e mecanismos de compensação ou mitigação dos impactos da alocação de projetos em tais áreas de alto risco (KUVLESKY JR. et al., 2007).

Modelo 30. Os autores complementam afirmando também que o desenvolvimento de tais orientações deveria ser um esforço de colaboração entre o Estado, as agências de recursos federais, organizações não governamentais, grupos de defesa de pássaros e cidadãos (KUVLESKY JR. et al, 2007).

Aspectos Tecnológicos

Modelo 31. Para que haja um aumento na produção de energias renováveis, Dincer (2000) acredita que é necessário que se implemente políticas internacionais permitindo fácil acesso a tecnologias avançadas e recursos externos. O autor também aponta que a promoção de transferência de tecnologia é fundamental para se acelerar o uso de tecnologias de energia renováveis em um país e sugere que se trabalhar um conjunto integrado de atividades como a P&D e avaliação de tecnologia, além do desenvolvimento de padrões de transferência de

tecnologia, que devem ser realizados conforme necessário. Para Melo (2013) é necessário a promoção de capacitação, desenvolvimento de fornecedores e transferência de tecnologia. O Investimento em tecnologia é necessário para fortalecer a indústria nacional, para que ela tenha condições de competir com o mercado internacional. Uma vez que a indústria esteja fortalecida, permitir importações para promover competitividade da indústria e, conseqüentemente, reduzir os custos dos empreendedores (MELO, 2013). Johansson et al. (1993) apontam que em um cenário de uso intensivo de tecnologias renováveis, surgiria um maior número de fornecedores, o que geraria um ambiente de competição, reduzindo flutuações de preços e riscos de interrupção de fornecimento.

Modelo 32. Para Johansson et al. (1993), a maior parte da eletricidade produzida de fontes renováveis seria alimentada em grandes redes elétricas e comercializadas por distribuidoras.

Modelo 33. Para Dincer e Rosen (2005) um país deve estabelecer um mercado de energia renovável e gradualmente construir a experiência com as tecnologias a fim de aproveitar todo o potencial e oportunidades relacionadas às energias renováveis.

Modelo 34. Prover o acesso de estações de energia alternativas pequenas e remotamente localizadas ao sistema de transmissão brasileiro, com um preço razoável para toda a sociedade.

Modelo 35. Investimento em treinamento, a fim de aumentar a mão-de-obra disponível para os projetos eólicos, proporcionando competitividade às empresas e favorecendo novas oportunidades de investimento e negócios (SASTRESA et al., 2010).

Modelo 36. No guia a ser elaborado, poderia haver uma indicação de que devem ser realizados estudos sobre o vento no local escolhido, já que a eficiência da energia eólica varia de acordo com a qualidade dos recursos eólicos em locais diferentes. Um recurso eólico adequado, com localização cuidadosamente selecionada, dará uma eficiência maior do que 40% (EVANS, STREZOV E EVANS, 2009). No guia poderia, constar, ainda, uma indicação de que os parques distribuídos em uma ampla área geográfica para reduzir flutuações (EDMONDS et al., 2007).

8.5 Estágio 5 (comparação da etapa 4 com a 2)

Nessa etapa se compara os modelos conceituais propostos com a realidade apresentada na etapa 2. No caso do sistema analisado, a maior parte dos modelos devem ser executados pelo Governo Federal, que não tem mobilidade para executar mudanças à curto prazo e, muitas vezes, não tem interesse em investir em políticas de longo prazo, que ultrapassam mandatos. Além disso, o Governo Federal tem como política não implantar políticas que beneficiem uma fonte específica de energia. Algumas outras demandas implicam em mudanças internacionais, o que também as torna difíceis de serem atendidas, pelo menos em um curto ou médio prazo.

Nessa subseção, são apresentados os modelos propostos e a situação real. Na seção seguinte, é estudada a viabilidade de cada um deles.

Aspectos Político-Legais

Modelo 1

Etapa 4: Inserir energia eólica na matriz.

Etapa 2: A entrevistada Elbia Melo, apontou que a Política Energética do país atualmente busca segurança do abastecimento, competitividade dos preços das fontes e credibilidade regulatória. Percebe-se que, levando em consideração que os autores trazem sobre desenvolvimento sustentável, as preocupações ambientais deveriam ser levadas em consideração também em tais objetivos.

Além disso, para a entrevistada, os problemas com a falta de energia atualmente, se devem ao fato de que 70% da matriz elétrica ser formada por energia hidrelétrica. O Brasil conta com diversos recursos naturais e energéticos, o que o torna um dos poucos que consegue buscar uma matriz energética equilibrada.

Modelo 2

Estágio 4: Inclusão de outros representantes nos Conselhos responsáveis pela definição da Política Energética do país.

Estágio 2: As decisões em relação às políticas energéticas e do setor elétrico são tomadas pelo CNPE (Conselho Nacional de Política Energética), MME (Ministério de Minas e Energia), EPE (Empresa de Pesquisa Energética) e CMSE (Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico), que são basicamente constituídos por representantes de vários Ministérios e de aparelhos ligados ao regulação.

Modelo 3

Estágio 4: Contratação de profissionais capacitados também para a gestão do mesmo, como para a Eletrobrás.

Estágio 2: Em meio a reformas do setor, acabou-se por tirar funcionários capacitados da gestão do setor, como da Eletrobrás, o que continua ocorrendo por meio do incentivo a aposentarias na empresa.

Modelo 4

Estágio 4: Organização do ambiente institucional do setor elétrico.

Estágio 2: A legislação do setor é constituída de diversas leis, artigos, etc.

Modelo 5:

Estágio 4: Diversificação nos modelos de leilões.

Estágio 2: Os leilões atualmente seguem sempre os mesmos padrões, o que pode levar aos participantes a antecipar padrões de comportamento e prever, o que acaba por não trazer competitividade às negociações.

Aspectos Econômicos*Modelo 6*

Estágio 4: Investimentos em parques eólicos offshore.

Estágio 2: Atualmente a maior parte dos parques eólicos são *onshore*. A implantação desses parques contribuiria para a produtividade do setor trazer produtividade (já que os ventos são melhores no mar) e redução de impactos ambientais.

Modelo 7

Estágio 4: Aumentar o compromisso político e cooperação internacional.

Estágio 2: Cada país tem políticas diferentes e lida de maneiras diferentes, muitas vezes conflitantes, com as questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável.

Modelo 8

Estágio 4: Revitalização do mercado de carbono e melhor definição do Protocolo de Kyoto

Estágio 2: Com a indefinição por parte de alguns países em participar do Protocolo, o mesmo perde credibilidade e afeta o mercado de carbono, que acaba por não atingir os resultados esperados.

Modelo 9

Estágio 4: Subsídios oferecidos até determinado momento.

Estágio 2: Alguns países oferecem subsídios aos produtores de energia. Não é o caso do Brasil, que comercializa sua energia por meio de leilões.

Modelo 10

Estágio 4: Revisão de processos para os mecanismos relacionados ao mercado de carbono brasileiro.

Estágio 2: Atualmente os processos são burocráticos e há dificuldade de comunicação entre os agentes avaliadores dos projetos e os proponentes.

Modelo 11

Estágio 4: Prover o acesso de estações de energia alternativas pequenas e remotamente localizadas ao sistema de transmissão brasileiro, com um preço razoável para toda a sociedade.

Estágio 2: O sistema de transmissão não chega a áreas remotas e fazer com que elas cheguem tem um custo muito alto.

Modelo 12

Estágio 4: Oferecer boas condições de financiamento.

Estágio 2: Não há muitas linhas de financiamento para projetos de energia renovável, ou especificamente para projetos eólicos.

Modelo 13

Estágio 4: Providenciar melhorias de infraestrutura poderia reduzir os custos de implantação dos projetos.

Estágio 2: As condições das estradas de acesso aos parques e da infraestrutura de distribuição são deficientes, tornando os projetos mais caros.

Modelo 14

Estágio 4: Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento para reduzir os custos dos equipamentos e com O&M.

Estágio 2: As tecnologias atuais ainda são muito caras e demandam gastos com O&M.

Modelo 15

Estágio 4: Desenvolvimento de medidas de mercado que aumentem a segurança dos investimentos durante o período de reembolso de 20 anos precisam ser colocadas em prática: elas devem incluir a definição de metas de instalação de longo prazo, prover uma noção da ordem de grandeza do investimento necessário, regulamentação clara sobre acesso à rede e custos de conexão, remoção das barreiras administrativas, bem como a articulação de um mecanismo de pagamento de apoio apropriado.

Estágio 2: Pelo fato de o investimento inicial dos projetos eólicos ser muito alto, há insegurança em relação a eles.

Modelo 16

Estágio 4: Ampliação dos financiamentos de longo prazo.

Estágio 2: Projetos eólicos tem grandes investimentos iniciais, portanto, demandam financiamentos de longo prazo.

Modelo 17

Estágio 4: Aumento de financiamentos públicos (recursos não-reembolsáveis, financiamentos a baixo custo e prestação de garantias) e financiamentos privados (capital de risco - venture capital), podendo atuar em consórcio com o capital público.

Estágio 2: Pelo fato de o investimento inicial dos projetos eólicos ser muito alto, há insegurança em relação a eles.

Aspectos Sociais e Ambientais*Modelo 18*

Estágio 4: Desenvolvimento de programas de educação e formação em energias renováveis.

Estágio 2: Atualmente existem pouca capacitação específica em energias renováveis, o que deixa os setores relacionados desprovidos de qualificação.

Modelo 19

Estágio 4: Desenvolvimento de projetos de pesquisa e aumento da exposição de assuntos relacionados a energias renováveis, para informação do público em geral.

Estágio 2: O público em geral ainda tem poucas informações sobre energias renováveis

Modelo 20

Estágio 4: Investimentos em capacitação nos trabalhadores locais, para que não seja necessário leva-los de outros locais.

Estágio 2: A implantação de um parque eólico demanda grande quantidade de mão-de-obra. Capacitar trabalhadores locais levaria desenvolvimento aos lugares de instalação das plantas.

Modelo 21

Estágio 4: Investimento em treinamento, a fim de aumentar a mão-de-obra disponível para os projetos eólicos, proporcionando competitividade às empresas e favorecendo novas oportunidades de investimento e negócios.

Estágio 2: A implantação de um parque eólico demanda grande quantidade de mão-de-obra e a administração dos mesmos demanda mão-de-obra qualificada.

Modelo 22

Estágio 4: Desenvolvimento de políticas para manter ou aumentar o número de projetos instalados anualmente.

Estágio 2: A maior parte dos empregos gerados são temporários e durante a construção da planta.

Modelo 23

Estágio 4: Investimento em inovação a fim de gerar empregos estáveis e de alta qualificação

Estágio 2: A maior parte dos empregos gerados são no início do desenvolvimento do projeto.

Modelo 24

Estágio 4: Investimento em desenvolvimento tecnológico

Estágio 2: As turbinas podem causar impacto sobre a vida selvagem da região, matando pássaros e morcegos.

Modelo 25

Estágio 4: As áreas escolhidas para implantação de parques eólicos devem ser muito bem analisadas, de modo que não sejam implantados projetos perto de residências.

Estágio 2: Os parques eólicos causam impacto sonoro e visuais

Modelo 26

Estágio 4: Compilar as orientações em relação a locais para instalação de projetos eólicos, levando em consideração os impactos ambientais, visuais e sonoros.

Estágio 2: Existem muitas informações importantes a serem consideradas na escolha do local de instalação de um projeto eólico e essas informações não estão compiladas.

Modelo 27

Estágio 4: Fazer um trabalho de conscientização da população, melhorar a imagem dos parques, promove-los de forma turística.

Estágio 2: Promover uma campanha de conscientização da população.

Modelo 28

Estágio 4: Compilar dados de onde estão os projetos geradores de energia eólica para que se tenha uma melhor ideia do que está acontecendo.

Estágio 2: Existe a necessidade de monitoramento dos impactos de um parque eólico

Modelo 29

Estágio 4: Criação de mecanismos nas diretrizes que incentivariam os produtores a evitarem áreas de alto risco ou então, mecanismos de compensação ou mitigação dos impactos da alocação de projetos em tais áreas de alto risco

Estágio 2: Os lugares de instalação dos parques devem ser muito bem planejados a fim de serem evitados impactos ambientais, sonoros e visuais.

Modelo 30

Estágio 4: O desenvolvimento de tais orientações deveria ser um esforço de colaboração entre o Estado, as agências de recursos federais, organizações não governamentais, grupos de defesa de pássaros e cidadãos (KUVLESKY JR. et al., 2007).

Estágio 2: Pelo fato de os parques eólicos terem impactos de diversos âmbitos, diversos representantes devem tomar essas decisões com conjunto.

Aspectos Tecnológicos*Modelo 31*

Estágio 4: Desenvolver um trabalho um conjunto integrado de atividades como a P&D, avaliação de tecnologia e desenvolver de padrões de transferência de tecnologia.

Estágio 2: Para os autores analisados, bem como para Elbia Melo, as empresas brasileiras precisam amadurecer suas tecnologias para tornar-se competitivas em relação ao mercado internacional.

Modelo 32

Estágio 4: Para Johansson et al. (1993), a maior parte da eletricidade produzida de fontes renováveis seria alimentada em grandes redes elétricas e comercializadas por distribuidoras.

Estágio 2: Atualmente a infraestrutura de redes elétricas do país não é suficiente e, segundo o que levantado na entrevista com a Sr. Elbia Melo, há uma dificuldade em ampliá-la em prazos curtos.

Modelo 33

Estágio 4: Inserção gradual na matriz de um país a fim de construir a experiência com as tecnologias e aproveitar todo o potencial e oportunidades relacionadas às energias renováveis.

Estágio 2: A matriz brasileira é baseada em sua maior parte em hidrelétrica que é renovável, mas é sazonal. A principal energia complementar é a térmica, mais cara e mais suja.

Modelo 34

Estágio 4: Prover o acesso de estações de energia alternativas pequenas e remotamente localizadas ao sistema de transmissão brasileiro, com um preço razoável para toda a sociedade.

Estágio 2: Como já apresentado, o sistema de transmissão brasileiro precisa ser aprimorado para alcançar lugares remotos. E isso precisa ser feito com baixos custos.

Modelo 35

Estágio 4: Investimento em treinamento.

Estágio 2: É necessário aumentar a mão-de-obra disponível para os projetos eólicos, proporcionando competitividade às empresas e favorecendo novas oportunidades de investimento e negócios

Modelo 36

Estágio 4: No guia a ser elaborado no último item, poderia haver uma indicação de que devem ser realizados estudos sobre o vento no local escolhido e uma indicação de que os parques distribuídos em uma ampla área geográfica para reduzir flutuações.

Estágio 2: A eficiência da energia eólica varia de acordo com a qualidade dos recursos eólicos em locais diferentes. Um recurso eólico adequado, com localização cuidadosamente selecionada, dará uma eficiência maior do que 40%.

8.6 Estágios 6 e 7 (seleção de mudanças a serem implementadas e ações para melhorar o problema)

Finalmente, nos dois últimos estágios são discutidas como as mudanças podem ser implementadas. Nas duas últimas etapas os modelos foram elaborados conforme os assuntos trazidos na Análise do Setor e do Ambiente. Além disso, foram categorizadas considerando os aspectos do macroambiente (Aspectos Políticos e Legais, Econômicos, Sociais e Ambientais e Tecnológicos). Dessa forma, alguns assuntos apareceram em mais de um modelo. A fim de evitar repetição e já sugerir as mudanças ao setor, os estágios 6 e 7 aqui apresentados serão apresentados conforme assunto abordado e, não mais categorizados conforme a Análise do Setor e do Ambiente.

Matriz Energética
<p><i>Modelo 1.</i> Inserir energia eólica na matriz.</p> <p><i>Modelo 33.</i> Inserção gradual na matriz de um país a fim de construir a experiência com as tecnologias e aproveitar todo o potencial e oportunidades relacionadas às energias renováveis.</p>
<p>Viável. A matriz pode tornar-se gradualmente mais limpa, mais viável economicamente e até mais segura se construída de forma balanceada, levando em consideração formas de energias renováveis, e no, presente momento, especialmente a energia eólica. Isso não quer dizer que a matriz toda será constituída por energias renováveis. Uma matriz adequada pode incluir termelétricas a fim de garantir a provisão de energia, o que não é recomendável é que a matriz seja focada em apenas uma forma de energia (que é intermitente) e que a maior parte de sua compensação seja feita por uma energia suja e mais cara. Isso pode acontecer por meio das contratações feitas com os leilões. Esses devem ser mais bem planejados para que se contrate mais energia de fontes renováveis, e principalmente de energia eólica nesse momento, pelo fato de ser uma fonte de energia cada vez mais competitiva. Essas alterações passam por mudanças nas políticas públicas relacionadas à energia e ao setor elétrico.</p>

Quadro 12 - Seleção de mudanças - Matriz Energética

Fonte: Elaborado pela autora.

Ambiente Institucional
<p><i>Modelo 2.</i> Inclusão de outros representantes nos Conselhos responsáveis pela definição da Política Energética do país.</p> <p><i>Modelo 3.</i> Contratação de profissionais capacitados também para a gestão do mesmo, como para a Eletrobrás.</p> <p><i>Modelo 4.</i> Organização do ambiente institucional do setor elétrico.</p> <p><i>Modelo 5.</i> Diversificação nos modelos de leilões.</p>
<p>É pouco provável que outros representantes sejam inclusos nos Conselhos. Isso depende de algumas mudanças políticas, o que não deve acontecer facilmente, apesar de ser desejável.</p> <p>Já o modelo 3, é viável e necessário, já que, uma vez que há o incentivo para aposentadoria de funcionários mais antigos, é importante que se providencie a contratação de novos, bem como sua capacitação, para que a gestão do setor não fique prejudicada.</p> <p>Em relação à organização do ambiente institucional, é inviável, pelo menos em curto prazo. Uma reforma dessas provavelmente demandaria uma reforma jurídica em vários âmbitos. Portanto, por mais necessário que seja, não parece ser uma reforma que deva ser implementada em um curto ou médio prazo. Além disso, reformas assim, são complicadas pelo fator de impactar diversos setores, o que faz com que haja embates de pontos de vista, tornando o processo moroso e os resultados não satisfatórios.</p> <p>Quanto à mudança dos modelos de leilões, é viável. Visto que o país passa por momentos difíceis em termos de abastecimento energético, esse seria um bom momento para se rever alguns processos relacionados ao setor elétrico. Nesse sentido, é recomendável que o Governo Federal dê início à análises de possíveis mudanças que evitem situações de risco energético.</p>

Quadro 13 - Seleção de mudanças - Ambiente Institucional

Fonte: Elaborado pela autora.

Ambiente Internacional
<p><i>Modelo 7.</i> Aumentar o compromisso político e cooperação internacional.</p> <p><i>Modelo 8.</i> Revitalização do mercado de carbono e melhor definição do Protocolo de Kyoto.</p> <p><i>Modelo 9.</i> Subsídios oferecidos até determinado momento.</p>
<p>Por se tratar do ambiente internacional, os modelos 7 e 8 têm baixa possibilidade de serem viáveis. Dificilmente os países entrarão em um acordo em relação às políticas relacionadas ao desenvolvimento sustentável. Isso porque tais decisões impactam diretamente suas economias.</p> <p>Visto que o Protocolo foi expandido até 2020, espera-se que ajustes sejam feitos ao modelo aos poucos de modo que ganhe força e, conseqüentemente, credibilidade.</p> <p>Já em relação ao modelo 9, é provável que se tenha cada vez mais mudanças, conforme apontado, inclusive pela entrevistada Elbia Melo, que citou os exemplos da Espanha e da Alemanha. O Brasil, no entanto, já deixou de oferecer esse tipo de subsídios à energia eólica quando passou a comercializar energia por meio de leilões e não trabalhar mais com as tarifas <i>feed in</i>, que faziam parte da estratégia do PROINFA. Segundo Elbia Melo, esse tipo de tarifa é importante para o desenvolvimento de uma indústria, mas pode ser prejudicial ao desenvolvimento de sua competitividade se mantida.</p>

Quadro 14 - Seleção de mudanças - Ambiente Internacional

Fonte: Elaborado pela autora.

Mercado de Carbono Brasileiro
<p><i>Modelo 10.</i> Revisão de processos para os mecanismos relacionados ao mercado de carbono brasileiro.</p>
<p>Viável. Uma reformulação nos processos, encurtando-os, bem como a promoção de uma proximidade maior com os avaliadores dos projetos poderia incentivar o desenvolvimento de projetos de MDL.</p>

Quadro 15 - Seleção de mudanças - Mercado de carbono brasileiro

Fonte: Elaborado pela autora.

Financiamento
<i>Modelo 12.</i> Oferecer boas condições de financiamento.
<i>Modelo 16.</i> Ampliação dos financiamentos de longo prazo.
<i>Modelo 17.</i> Aumento de financiamentos públicos (recursos não-reembolsáveis, financiamentos a baixo custo e prestação de garantias) e financiamentos privados (capital de risco - venture capital), podendo atuar em consórcio com o capital público.
Existe o financiamento do BNDES, mas outras linhas de outros bancos poderiam ser criados, afim de incentivar os investimentos em projetos eólicos.

Quadro 16 - Seleção de mudanças - Financiamento

Fonte: Elaborado pela autora.

Investimentos
<i>Modelo 6.</i> Investimentos em parques eólicos <i>offshore</i> .
<i>Modelo 15.</i> precisam ser colocadas em prática Desenvolvimento de medidas de mercado que aumentem a segurança dos investimentos durante o período de reembolso de 20 anos. Devem incluir a definição de metas de instalação de longo prazo, prover uma noção da ordem de grandeza do investimento necessário, regulamentação clara sobre acesso à rede e custos de conexão, remoção das barreiras administrativas, bem como a articulação de um mecanismo de pagamento de apoio apropriado.
O modelo 6 depende de estudos de viabilidade de projetos <i>offshore</i> , o que incluiria estudos relacionados à qualidade dos ventos <i>offshore</i> no país, bem como viabilidade financeira dos projetos. Esse modelo está ligado às empresas produtoras de energia e suas estratégias de investimento. Já o modelo 15 é viável e é consequência de outras mudanças. É necessário reduzir as incertezas em relação aos investimentos, que são de longo prazo, como aumentar a segurança em relação ao acesso a rede elétrica e seus custos. Reformas institucionais também contribuem para a redução dessas incertezas, que podem reduzir os riscos dos investimentos.

Quadro 17 - Seleção de mudanças - Investimentos

Fonte: Elaborado pela autora.

Infraestrutura
<i>Modelo 11.</i> Prover o acesso de estações de energia alternativas pequenas e remotamente localizadas ao sistema de transmissão brasileiro, com um preço razoável para toda a sociedade.
<i>Modelo 13.</i> Providenciar melhorias de infraestrutura poderia reduzir os custos de implantação dos projetos.
<i>Modelo 32.</i> Para Johansson et al. (1993), a maior parte da eletricidade produzida de fontes renováveis seria alimentada em grandes redes elétricas e comercializadas por distribuidoras.
<i>Modelo 34.</i> Prover o acesso de estações de energia alternativas pequenas e remotamente localizadas ao sistema de transmissão brasileiro, com um preço razoável para toda a sociedade.
Os modelos são viáveis e necessários. As reformas necessárias para alteração da forma de ampliação da rede elétrica passam por decisões políticas e técnicas, inclusive, decisões sobre os leilões do setor elétrico. Dessa forma, são decisões que muitas vezes vão ser difíceis de serem tomadas em consenso, mas são essas alterações que promoverão mudanças significativas para que o Governo Federal garanta o abastecimento de energia elétrica do país de forma sustentável.
O mesmo acontece para reformas de infraestrutura como a qualidade de estradas que dão acesso aos parques eólicos, por exemplo.

Quadro 18 - Seleção de mudanças - Infraestrutura

Fonte: Elaborado pela autora.

Inovação
<p><i>Modelo 14.</i> Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento para reduzir os custos com equipamentos e com O&M.</p> <p><i>Modelo 19.</i> Desenvolvimento de projetos de pesquisa e aumento da exposição de assuntos relacionados a energias renováveis, para informação do público em geral.</p> <p><i>Modelo 23.</i> Investimento em inovação a fim de gerar empregos estáveis e de alta qualificação.</p> <p><i>Modelo 24.</i> Investimento em desenvolvimento tecnológico.</p> <p><i>Modelo 31.</i> Desenvolver um trabalho um conjunto integrado de atividades como a P&D, avaliação de tecnologia e desenvolver de padrões de transferência de tecnologia.</p>
<p>Investimentos em P&D podem fazer com que novos equipamentos tenham menor custo e permitam que a operação e manutenção sejam feitas de maneira remota, por exemplo, o que pode reduzir os custos desse tipo. Além disso, os investimentos em pesquisas nas áreas de energias renováveis permitem que os profissionais se especializem na área, o que aumenta a capacitação deles, e torna os empregos mais estáveis. Em relação aos impactos ambientais, os investimentos em inovação e desenvolvimento tecnológico podem desenvolver novas turbinas que evitam impactos na vida selvagem, como, sinais emitidos por elas, de modo que os animais possam evitá-las e podem desenvolver turbinas que produzam menos poluição sonora. Por fim, promover atividades de P&D e transferência de tecnologia torna o mercado brasileiro mais competitivo, trazendo equipamentos mais potentes e adequados para os parques, o que aumenta a produtividade dos mesmos.</p> <p>Isso pode acontecer, por exemplo, com a promoção de incentivos a projetos de pesquisa voltados a energias renováveis e, especificamente, à energia eólica, por meio de editais de chamamento de pesquisas (que podem ser feitos em conjunto entre o Governo Federal e suas instituições de fomento de pesquisas e as empresas do setor).</p> <p>Johansson et al. (1993) apontam que em um cenário de uso intensivo de tecnologias renováveis, surgiria um maior número de fornecedores, o que geraria um ambiente de competição, reduzindo flutuações de preços e riscos de interrupção de fornecimento. No entanto é importante que a indústria tenha um prazo adequado para isso. Portanto, sugere-se também o ajuste dessa prazo, estabelecido pelo BNDES. Uma vez que a indústria esteja fortalecida, é importante que se permita importações para promover competitividade da indústria e, conseqüentemente, reduzir os custos dos empreendedores.</p>

Quadro 19 - Seleção de mudanças - Inovação

Fonte: Elaborado pela autora.

Capacitação/Geração de Empregos
<p><i>Modelo 18.</i> Desenvolvimento de programas de educação e formação em energias renováveis.</p> <p><i>Modelo 20.</i> Investimentos em capacitação nos trabalhadores locais, para que não seja necessário levá-los de outros locais.</p> <p><i>Modelo 21.</i> Investimento em treinamento, a fim de aumentar a mão-de-obra disponível para os projetos eólicos, proporcionando competitividade às empresas e favorecendo novas oportunidades de investimento e negócios.</p> <p><i>Modelo 22.</i> Desenvolvimento de políticas para manter ou aumentar o número de projetos instalados anualmente.</p> <p><i>Modelo 35.</i> Investimento em treinamento.</p>
<p>São modelos viáveis. Devem ser implementados em Instituições de Ensino Técnico e Superior cursos voltados para energias renováveis, e, especificamente sobre energia eólica. É interessante que sejam implantados nas potenciais regiões dos parques eólicos, de forma que a mão-de-obra formada possa ser da região em que serão instalados, trazendo desenvolvimento ao entorno dos parques.</p> <p>Além disso, com a melhoria do ambiente institucional e econômicos do setor, espera-se um aumento do número de projetos, que possam absorver a mão-de-obra de projetos já implantados.</p> <p>O investimento em treinamento traz, ainda, benefícios aos projetos eólicos que aumentam sua competitividade e sua capacidade de planejamento.</p>

Quadro 20 - Seleção de mudanças - Capacitação/Geração de empregos

Fonte: Elaborado pela autora.

Impactos Ambientais/Sonoros/Visuais
<p><i>Modelo 25.</i> As áreas escolhidas para implantação de parques eólicos devem ser muito bem analisadas, de modo que não sejam implantados projetos perto de residências.</p> <p><i>Modelo 26.</i> Compilar as orientações em relação a locais para instalação de projetos eólicos, levando em consideração os impactos ambientais, visuais e sonoros.</p> <p><i>Modelo 27.</i> Fazer um trabalho de conscientização da população, melhorar a imagem dos parques, promove-los de forma turística.</p> <p><i>Modelo 28.</i> Compilar dados de onde estão os projetos geradores de energia eólica para que se tenha uma melhor ideia do que está acontecendo.</p> <p><i>Modelo 29.</i> Criação de mecanismos nas diretrizes que incentivariam os produtores a evitarem áreas de alto risco ou então, mecanismos de compensação ou mitigação dos impactos da alocação de projetos em tais áreas de alto risco.</p> <p><i>Modelo 30.</i> O desenvolvimento de tais orientações deveria ser um esforço de colaboração entre o Estado, as agências de recursos federais, organizações não governamentais, grupos de defesa de pássaros e cidadãos.</p> <p><i>Modelo 36.</i> No guia a ser elaborado no último item, poderia haver uma indicação de que devem ser realizados estudos sobre o vento no local escolhido e uma indicação de que os parques distribuídos em uma ampla área geográfica para reduzir flutuações.</p>
<p>São modelos viáveis. Os empreendedores devem levar em consideração o entorno ao implantar um parque a fim de reduzir os impactos ao mesmo.</p> <p>As instituições do setor podem juntar informações importantes de diversos representantes, que podem fornecer informações sobre meio ambiente, qualidade dos ventos, possibilidades de financiamento, entre outras questões importantes e elaborar um material ou uma central de informações disponíveis aos empreendedores. É recomendável também promover uma campanha, por meio de diversos meios de comunicação, que mostre às pessoas os benefícios da geração de energia eólica, de modo que ela fique mais conhecida nas principais regiões de instalação dos projetos e que, assim, seja reduzida possíveis resistências da população local em relação a essa forma de energia.</p> <p>Poderá ser implantada uma central de monitoramento, que capte informações ambientais, sociais e de qualidade dos ventos dos parques eólicos, de modo que os futuros projetos possam basear-se em tais informações para melhor planejamentos dos investimentos.</p> <p>Devem ser criadas multas para projetos instalados em áreas de alto risco e incentivos fiscais, por exemplo, para projetos que apresentarem mecanismos de compensação de impactos.</p> <p>As instituições do setor poderiam organizar um guia com informações técnicas, tecnológicas, estratégicas, entre outras pertinentes, que poderiam favorecer a viabilidade econômica, social e ambiental dos projetos. Algumas das informações poderiam ser levantadas por meio do monitoramento de informações. A informações compiladas para orientação dos empreendedores devem partir do Estado, agências de recursos, ongs, entre outros, que tenham interesses diversos sobre o setor.</p>

Quadro 21 - Seleção de mudanças - Impactos ambientais, sonoros e visuais.

Fonte: Elaborado pela autora.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente seção compila as informações apresentadas, trazendo as sugestões apontadas no SSM e retomando as bases teóricas da pesquisa, além de fazer apontamentos para futuros trabalhos.

O trabalho teve como objetivo compreender o setor de energia eólica e seus desafios, a fim de propor sugestões para a busca de sua sustentabilidade e competitividade. Para isso, pautou-se na teoria de desenvolvimento sustentável e de como as energias renováveis, especificamente a energia eólica, podem colaborar para o alcance desse padrão.

O paradigma do Desenvolvimento Sustentável, ou seja, a busca por um desenvolvimento econômico que leve em consideração a sustentabilidade social e ambiental, faz surgir novas formas de atuação dos mercados, fazendo com que sejam implementadas novas práticas, sejam criados novos setores e desenvolvidas novas atividades industriais e comerciais. Nesse sentido, a exploração de novas formas de energia se mostra como grande trunfo para a busca desse paradigma. Com base nisso, fica claro que é de grande importância para um país que busca um Desenvolvimento Sustentável que este tenha uma matriz energética equilibrada.

O Brasil tem grandes oportunidades de montar uma matriz com grande participação de fontes de energias renováveis, de forma a garantir a provisão de energia para o país, de forma limpa e com custos mais baixos do que os atuais. Isso pode ser providenciado por meio de alterações na Política Energética e Política do setor elétrico, dando prioridades a fontes limpas e de custo mais baixo nos leilões. Pensando em buscar tais condições, a energia eólica demonstra ser uma das que mais se encaixam atualmente no Brasil, por estar alcançando o patamar de uma das formas de energia mais competitivas do país.

No entanto os investimentos iniciais dos projetos eólicos ainda são muito altos e não há amplas linhas de financiamento de longo prazo. Portanto, para que essa fonte de energia seja mais desenvolvida no país, é necessário a ampliação dessas linhas. Além disso, algumas condições estruturais tornam os investimentos mais arriscados, como a infraestrutura de distribuição que precisa ser ampliada e a infraestrutura de acesso aos parques, que precisa ser melhorada, por exemplo. É importante que o país altere a forma de ampliação da rede elétrica e, se possível, organize o ambiente institucional do setor elétrico em geral, para que se reduza os riscos em relação aos investimentos em projetos eólicos. Tais aspectos são desejáveis e são melhorias que se espera que sejam feitas não só em benefício de parques eólicos, mas para todo o setor elétrico brasileiro.

Para se reduzir o investimento inicial dos projetos um conjunto de atividades é necessário, como o fortalecimento da indústria nacional, o que vem sendo feito por meio da política do BNDES de financiar equipamentos nacionais. No entanto, é importante que seja dado um prazo adequado para que a indústria brasileira se nacionalize de forma fortalecida. A indústria deve investir em suas competências tecnológicas para estar hábil à transferência de tecnologia e, em um segundo momento, estar em condições de competir em um mercado internacional. Nesse momento, cabe ao governo, por meio de suas políticas, permitir a importação e equipamentos para promover competição, e conseqüentemente competitividade, o que levaria a queda dos custos.

O investimento em inovação também é importante para se reduzir os custos dos equipamentos, para desenvolver equipamentos que causem menos impactos ambientais e sonoros, além de aumentar o número de empregos qualificados (e duradouros) na indústria. Esse é outro ponto importante para a sustentabilidade do setor, o investimento em questões sociais, como a geração local de empregos, que também pode ser promovido por meio da capacitação da população local. Isso poderá ser feito por meio da criação de cursos técnicos e tecnológicos em instituições de ensino nas regiões dos parques eólicos. Dessa forma, a população local se beneficiaria com a capacitação e os empregos. O incentivo à implantação de mais projetos e a qualificação dos funcionários garante que a durabilidade dos empregos gerados.

Em relação aos impactos ambientais e sociais, esses também podem ser reduzidos se forem seguidas determinadas instruções, que podem ser elaboradas por diversos órgãos responsáveis, e compiladas em documentos que devem ser seguidos pelos empreendedores quando estiverem procurando locais para instalação de plantas eólicas. As instituições do setor devem também promover a divulgação da fonte eólica, inclusive promovendo os parques eólicos como pontos de turismo, de modo que a população possa conhece-la melhor, o que reduziria possíveis resistências da opinião pública em relação a essa forma de fonte de energia.

É importante ressaltar que, no que diz respeito à inserção da energia eólica na matriz energética do país, políticas públicas nesse sentido são factíveis, mas provavelmente não serão direcionadas exclusivamente à energia eólica. Além disso, o governo normalmente procura soluções a curto prazo, principalmente quando se diz respeito à questões urgentes, como o suprimento de energia elétrica. Dessa forma, mesmo que seja factível realizar leilões que aumentem o provisionamento de energia do país por meio de fonte eólica e que isso seja desejável do ponto de vista da viabilidade econômica, ambiental e social, o Governo não o

fará se isso não atender os interesses de curto e curtíssimo prazo dele, que incluem a garantia de fornecimento, evitando racionamento e falta de energia.

Retomando a questão da promoção de desenvolvimento sustentável, uma medida que se faz necessária pensando em todas as formas de energia renovável no país, é a redução da burocracia para análise e aprovação de projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo, para que possam comercializar créditos de carbono.

No mesmo sentido, em âmbito global, a revitalização do mercado de carbono, bem como uma melhor definição do Protocolo de Quioto são extremamente relevantes para que se busque um desenvolvimento que seja sustentável. No entanto, são medidas internacionais, que têm relação muito próxima com as economias dos países, o que as tornam extremamente complexas, e que, são portanto, de longo prazo.

É importante que seja desenvolvida uma consciência global em relação à necessidade de se implantar políticas que visem questões sociais e ambientais, além das econômicas. A pressão da opinião popular pode fazer com que os governos repensem suas formas de atuação. De qualquer forma, nenhuma reforma terá sucesso se não tiver contribuição de todos os envolvidos.

É necessário que haja conscientização e esforços de primeiros, segundos e terceiros setores em âmbito global, de forma sistêmica, para que essa busca se torne palpável e seja traduzida em estratégias e ações reais. Pelo fato de a maior utilização de energias renováveis ser uma forma de materialização desse esforço, trabalhar para que as matrizes energéticas tenham em sua composição quantidades equilibradas de formas de energia renovável, demonstra que o Desenvolvimento Sustentável está deixando de ser apenas um discurso. No Brasil, como demonstrado nesse trabalho, existe um grande potencial de utilização dessas fontes, especialmente de energia eólica, que além de limpa, também tem se tornado cada vez mais viável economicamente. Nesse sentido, incentivar o desenvolvimento do setor acaba por se tornar um esforço válido para buscar o desenvolvimento econômico e social, levando em consideração a sustentabilidade ambiental, iniciativa essa que se espera de todo o mundo.

É importante chamar a atenção aqui para o fato de que a situação considerada no trabalho envolve um setor inteiro, com diversos atores e que sofre e causa impactos no ambiente em que está inserido, demonstrando o caráter sistêmico dela. Nesse sentido, a abordagem utilizada foi de fundamental importância para que se fosse possível analisar uma grande quantidade de informações que interagem entre si. A sobreposição de informações em diversos momentos das análises evidenciou essa característica. Dessa forma, foi possível perceber que a abordagem sistêmica e a utilização da SSM permitiu que uma situação difusa e

complexa fosse analisada, organizada e traduzida em ações reais, mostrando a validade da utilização da metodologia em situações como essa.

Para futuras pesquisas seria interessante se mais pontos de vistas fossem observados, o que enriqueceria as análises e as sugestões propostas.

Como essa pesquisa tem como ênfase a busca pelo Desenvolvimento Sustentável, foi importante que se tivesse uma visão sistêmica do ambiente em que o setor está inserido, portanto, era importante que se analisasse o todo. No entanto, outras pesquisas poderão estudar em separado questões como aspectos econômicos, sociais e ambientais do setor de modo a contribuir para o desenvolvimento e para a competitividade do mesmo.

Além disso, fica como sugestão a realização de estudos comparativos entre o setor no Brasil e em outros países, buscando aprender com as experiências internacionais.

REFERÊNCIAS

- ABEEÓLICA. Boletim Mensal de Dados do Setor Eólico - Público. **Associação Brasileira de Energia Eólica**. n. 5. Mai. 2013. Disponível em: <<http://www.abeeolica.org.br/pdf/Boletim-Dados-ABEEolica-maio-2013.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2013.
- ABEEÓLICA (a). Boletim Mensal de Dados do Setor Eólico - Público. **Associação Brasileira de Energia Eólica**. n. 1. Jan. 2014. Disponível em: <http://www.portalabeeolica.org.br/images/pdf/Boletim_Dados-ABEEolica-Janeiro-2014-Publico.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2014.
- ABEEÓLICA (b). Nosso Setor. **Associação Brasileira de Energia Eólica**. Site da Associação. 2014. Disponível em: <<http://www.abeeolica.org.br/index.php/nosso-setor.html>>. Acesso em: 10 abr. 2014.
- ANEEL (a). **Bandeiras Tarifárias**. 2013. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=758>>. Acesso em 29 jan. 2014.
- ANEEL (b). **Histórico**. 2013. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=8>>. Acesso em 11 jan. 2014.
- ANEEL. **Resolução nº 245, de 11 de agosto de 1999**. Estabelece as condições e os prazos para a sub-rogação dos benefícios do rateio da Conta de Consumo de Combustíveis – CCC aos projetos a serem estabelecidos em sistemas elétricos isolados em substituição à geração termelétrica que utilize derivados de petróleo. 1999. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/res1999245.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2014.
- ACKERMANN, T.; SÖDER, L. An overview of wind energy-status 2002. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 6, n. 1-2, p. 67-127, jan. 2002.
- ALVES, J. J. A. Análise regional da energia eólica no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 6, n. 1, 2010. Disponível em: <<http://www.rbgdr.net/012010/artigo8.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2013.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Editora 70, 2011.
- BERRY, D. Innovation and the price of wind energy in the US. **Energy Policy**, v. 37, p. 4493-4499, 2009.
- BLANCO, M. I. The economics of wind energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 6, p. 1372-1382, 2009.
- BNDES. Potencial exportador da indústria eólica brasileira para o Cone Sul e o papel do financiamento. **BNDES Setorial**. 37. p 5-32, 2012.
- BNDES. Regras para o credenciamento e financiamento de aerogeradores. **BNDES**. s/d. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Ferramentas_e_Normas/Credenciamento_de_Equipamentos/credenciamento_aerogeradores.html>. Acesso em 16 mar 2014.

BRASIL. **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934.** Decreta o Código de Águas. 1934. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D24643.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL. **Decreto nº 41.019, de 26 de fevereiro de 1957.** Regulamenta os serviços de energia elétrica. 1957. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D41019.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL. **Lei nº 3.782, de 22 de julho de 1960.** Cria os Ministérios da Indústria e do Comércio e das Minas e Energia, e dá outras providências. 1960. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/1950-1969/L3782.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL. **Lei nº 3.890-a, de 25 de abril de 1961.** Autoriza a União a constituir a empresa Centrais Elétricas Brasileiras S. A. - ELETROBRÁS, e dá outras providências. 1961. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l3890acons.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 689, de 18 de Julho de 1969.** Extingue o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica, do Ministério das Minas e Energia, e dá outras providências. 1969. Disponível em: < <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1960-1969/decreto-lei-689-18-julho-1969-374769-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL (a). **Lei nº 8.631, de 4 de março de 1993.** Dispõe sobre a fixação dos níveis das tarifas para o serviço público de energia elétrica, extingue o regime de remuneração garantida e dá outras providências. 1993. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8631.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL (b). **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993.** Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. 1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL (c). **Decreto nº 915, de 6 de setembro de 1993.** Autoriza a formação de consórcios para geração de energia elétrica. 1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D0915.htm> Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL (d). **Decreto nº 1.009, de 22 de dezembro de 1993.** Cria o Sistema Nacional de Transmissão de Energia Elétrica SINTREL, e dá outras providências. 1993. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D1009.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL (a). **Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995.** Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. 1995. Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8987cons.htm>. Acesso em: 23. jun. 2014.

BRASIL (b). **Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995**. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. 1995. Disponível: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9074cons.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL. **Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996**. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9427compilada.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL. **Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998**. Altera dispositivos das Leis no 3.890-A, de 25 de abril de 1961, no 8.666, de 21 de junho de 1993, no 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, no 9.074, de 7 de julho de 1995, no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e autoriza o Poder Executivo a promover a reestruturação das Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS e de suas subsidiárias e dá outras providências. 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9648cons.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL. **Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002**. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, no 9.648, de 27 de maio de 1998, no 3.890-A, de 25 de abril de 1961, no 5.655, de 20 de maio de 1971, no 5.899, de 5 de julho de 1973, no 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências. 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10438.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL. **Lei nº 10.762, de 11 de novembro de 2003**. Dispõe sobre a criação do Programa Emergencial e Excepcional de Apoio às Concessionárias de Serviços Públicos de Distribuição de Energia Elétrica, altera as Leis nos 8.631, de 4 de março de 1993, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10762.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL (a). **Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004**. Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências. 2004. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10847.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL (b). **Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004**. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nos 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10848.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL (c). **Decreto nº 5.025, de 30 de março de 2004**. Regulamenta o inciso I e os §§ 1o, 2o, 3o, 4o e 5o do art. 3o da Lei no 10.438, de 26 de abril de 2002, no que dispõem sobre o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA, primeira etapa, e dá outras providências. 2004. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5025.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL (d). **Decreto nº 5.165 de 2 de agosto de 2004**. Regulamenta a Medida Provisória nº 197, de 7 de julho de 2004, que cria o Programa de Modernização do Parque Industrial Nacional - MODERMAQ e dá outras providências. 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5165.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL (e). **Decreto nº 5.175 de 9 de agosto de 2004**. Constitui o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico - CMSE de que trata o art. 14 da Lei no 10.848, de 15 de março de 2004. 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5175.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL. **Medida provisória nº 579, de 11 de setembro de 2012**. Dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais, sobre a modicidade tarifária, e dá outras providências. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/mpv/579.htm>. Acesso em : 23 jun. 2014.

BRASIL. **Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013**. Dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais e sobre a modicidade tarifária; altera as Leis nos 10.438, de 26 de abril de 2002, 12.111, de 9 de dezembro de 2009, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e 10.848, de 15 de março de 2004; revoga dispositivo da Lei no 8.631, de 4 de março de 1993; e dá outras providências. 2013. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/L12783.htm>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resolução nº 4, de 28 de setembro de 2007**. Indica a Usina Hidrelétrica denominada UHE Santo Antônio, localizada no Rio Madeira, no Estado de Rondônia, como projeto de geração com prioridade de licitação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos_comite/CNPE/resolucao_2007/Rsolucao04.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resolução nº 1, de 11 de fevereiro de 2008**. Indica a Usina Hidrelétrica denominada UHE Jirau, localizada no Rio Madeira, no Estado de Rondônia, como projeto de geração com prioridade de licitação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos_comite/CNPE/resolucao_2008/Rsolucao01.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resolução nº 5, de 3 de setembro de 2009**. Indica o projeto de geração de energia elétrica denominado Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte, localizado no rio Xingu, no Estado do Pará, prioritário para efeito de licitação e implantação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos_comite/CNPE/resolucao_2009/RESOLUxO_CNPE_5.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2014.

BRUNDTLAND, G. H. Report of the World Commission on Environment and Development: **Our common future**. United Nations, 1987.

CASTRO, L. M.; MOTTA, R. S.. Mercado de Carbono no Brasil: analisando efeitos de eficiência e distributivos. **Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD**, v. 34, n. 125, p. 57-78, 2013.

CAVALCANTI, M. F.; PAULA, V. A. F. Teoria Geral dos Sistemas I. In: MARTINELLI, D.P.; VENTURA, C. A. A. (Orgs.). **Visão Sistêmica e Administração**. Conceitos, Metodologias e Aplicações. São Paulo: Saraiva, 2006.

CARAZZAI, E. H. Antes exportadora, empresa de pás eólicas destina 40% da produção ao país. **Folha de São Paulo**, Curitiba, 26 ago. 2013. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2013/08/1332067-antes-exportadora-empresa-de-pas-eolicas-destina-40-da-producao-ao-pais.shtml>>. Acesso em: 28 nov. 2013.

CGEE. Análises e percepções para o desenvolvimento de uma política de CT&I no fomento da energia eólica no Brasil. **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Ciência, Tecnologia e Inovação**. Série Documentos Técnicos. Brasília, 2012.

CGEE. **Química verde no Brasil: 2010 - 2030**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília – DF, 2010.

COHN, J. P. How Ecofriendly Are Wind Farms. **BioScience**, v. 58, n. 7, p. 576-578, 2008.

CRAWFORD, R. H. Life cycle energy and greenhouse emissions analysis of wind turbines and the effect of size on energy yield. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 9, p. 2653-2660, 2009.

DANTAS, G. de A.; LEITE, A. L. da S. Os custos da energia eólica brasileira. **Grupo de estudos do setor elétrico/UFRJ**. Rio de Janeiro/RJ: Agência Canal Energia, 2009.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **Handbook of qualitative research**. Universidade da Califórnia, Sage Publications, 1994.

DINCER, I. Renewable energy and sustainable development: a crucial review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 4, n. 2, p. 157-175, jun. 2000.

DINCER, I.; ROSEN, M. A. Energy as a Driver for Achieving Sustainability. **International Journal of Green Energy**, v. 1, n. 1, p. 1-19, 26 dez. 2004.

DINCER, I.; ROSEN, M. A. Thermodynamic aspects of renewables and sustainable development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 9, n. 2, p. 169-189, abr. 2005.

DUTRA, R. M.; TOLMASQUIM, M. T. Estudo de viabilidade econômica para projetos eólicos com base no novo contexto do setor elétrico. **Revista Brasileira de Energia**, v. 9, p. 135-158, 2002.

EDMONDS, J. et al. End-Use Energy Technologies. In: Global energy technology strategy: **Addressing climate change**. Relatório elaborado para Batelle Memorial Institute. 2007.

ELETROBRÁS. **História**. 2010. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/elb/data/Pages/LUMISB33DBED6PTBRIE.htm>>. Acesso em 11 jan. 2014.

EVANS, A.; STREZOV, V.; EVANS, T. J. Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 5, p. 1082-1088, jun. 2009.

FRANCISCO, C. M. **Connecting Renewable Power Plant to the Brazilian Transmission Power System**. The Institute of Brazilian Business and Public Management Issues. The Minerva Program. The George Washington University. Washington, DC. 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Artigo_Cecilia_Francisco.pdf>.

FREITAS, A. R. P.; ABREU, M. C. S.; ALBUQUERQUE, A. M. Implicações Estratégicas de Projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo em Empresas de Energia Renovável. **Sistemas & Gestão**, v. 8, n. 4, p. 334-345, 2013.

FURNAS. **Quem Somos**. 2013. Disponível em: <<http://www.furnas.com.br/frmEMQuemSomos.aspx>>. Acesso em 11 jan. 2014.

GAGNON, L.; BÉLANGER, C.; UCHIYAMA, Y. Life-cycle assessment of electricity generation options: The status of research in year 2001. **Energy Policy**, v. 30, n. 14, p. 1267-1278, nov. 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GODOI, C. K.; BALSINI, C.P.V. Estudo de caso qualitativo. In: GODOI, C. K.; BANDEIRA-DE-MELLO, R.; SILVA, B. da. **Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais: paradigmas, estratégias e métodos**. São Paulo: Saraiva, 2006.

GOLDEMBERG, J. The case for renewable energies. Relatório Temático. **International Conference for Renewable Energy**. Bonn. Jan. 2004. Disponível em: <<http://www.hellasres.gr/English/giati-ape/RES%20case.pdf>>. Acesso em 20 jun. 2013.

GONÇALVES, P. M.; Metodologia de Sistemas Flexíveis In: MARTINELLI, D.P.; VENTURA, C. A. A. (Orgs.). **Visão Sistêmica e Administração**. Conceitos, Metodologias e Aplicações. São Paulo: Saraiva, 2006.

GWEC; GREENPEACE. **Global Wind Energy Outlook**. 2012.

HOPWOOD, B.; MELLOR, M.; O'BRIEN, G. Sustainable development: mapping different approaches. **Sustainable Development**, v. 13, n. 1, p. 38-52, fev. 2005.

IEA. **World Energy Outlook**. International Energy Agency Report. 2004.

ISLAM, M. R.; MEKHILEF, S.; SAIDUR, R. Progress and recent trends of wind energy technology. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 21, p. 456-468, 2013.

JACK, E. P.; RATURI, A. S. Lessons learned from methodological triangulation in management research. **Management Research News**, v. 29, n. 6, p. 345-357, 2006.

JACOBI, P. Meio ambiente urbano e sustentabilidade: alguns elementos para a reflexão. In: CAVALCANTI, C. (org.). **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas**. São Paulo: Cortez, 1999. p.384-390.

JACOBSON, M. Z.; DELUCCHI, M. A. Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials. **Energy Policy**, v. 39, n. 3, p. 1154-1169, 2011.

JOHANSSON, T. KELLY, H.; REDDY, A. K. N.; WILLIAMS, R. H. (Ed.). **Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity**. Island Press, Washington, DC. 1993.

KROHN, S.; DAMBORG, S. On Public Attitudes Towards Wind Power. **Renewable Energy**, v. 16, p. 954-960, 1999.

KUVLESKY JR, W. P.; BRENNAN, L. A.; MORRISON, M. L.; BOYDSTON, K. K.; BALLARD, B. M.; BRYANT, F. C. Wind energy development and wildlife conservation: challenges and opportunities. **The journal of wildlife management**, v. 71, n. 8, p. 2487-2498, 2007.

LEE, S. G.; CHAE, S. H.; CHO, K. M. Drivers and inhibitors of SaaS adoption in Korea. **International Journal of Information Management**, v. 33, n. 3, p. 429-440, 2013.

LÉLÉ, S. Sustainable Development: A Critical Review. **World Development**, v. 19, n. 6, p. 607-621, 1991.

LEUNG, D. Y. C.; YANG, Y. Wind energy development and its environmental impact: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 1, p. 1031-1039, jan. 2012.

LIBONI, L. B.; CEZARINO, L. O. Strategy for sustainability in a Brazilian sugarcane industry. **World Journal of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development**, v. 10, n. 1, p. 2-12, 2014.

LIMA, N. C.; DE SOUZA, G. H. S.; PENEDO, A. S. T.; QUEIROZ, J. V. A formação de preço da energia eólica no estado do rio grande do norte como processo de gestão da inovação. **IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. Rio de Janeiro. 2013

LUND, H. Renewable energy strategies for sustainable development. **Energy**, v. 32, n. 6, p. 912-919, jun. 2007.

MAGOHA, P. Footprints in the wind?: Environmental impacts of wind power development. **Refocus**, v. 3, n. 5, p. 30–33, set. 2002.

MARTINELLI, D. P.; VENTURA, C. A. A. Metodologias Sistêmicas I. In: MARTINELLI, D.P.; VENTURA, C. A. A. (Orgs.). **Visão Sistêmica e Administração**. Conceitos, Metodologias e Aplicações. São Paulo: Saraiva, 2006.

MEBRATU, D. Sustainable and Sustainable Development: Historical and Conceptual Review. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 9255, n. 98, p. 493-520, 1998.

MEHREGAN, M. R.; HOSSEINZADEH, M.; KAZEMI, A. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**. v. 41 p. 426-433, 2012.

MELO, E. Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, p. 125-142, 2013.

MIDILLI, A.; DINCER, I.; AY, M. Green energy strategies for sustainable development. **Energy Policy**, v. 34, n. 18, p. 3623-3633, dez. 2006.

MINGERS, J.; WHITE, L. **European Journal of Operational Research**. v. 207 (3) p. 1147-1161. 2010

MME. **Leilões de Energia Elétrica. Ambientes de Contratação**. Ministério de Minas e Energia. 2014. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/leiloes_de_energia/menu/inicio.html>. Acesso em 20 jan. 2014.

MME; EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2021**. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2012.

MME; EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2022**. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2013.

MUSIAL, W.; BUTTERFIELD, S.; RAM, B. Energy from Offshore Wind: Preprint. **Offshore Technology Conference NREL**, Houston, 2006.

OECD. Electricity generation. In: **OECD Factbook 2013: Economic, Environmental and Social Statistics**. OECD Publishing. 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/factbook-2013-43-en>>.

ONS (a). **O que é o SIN - Sistema Interligado Nacional**. Operador Nacional do Sistema Elétrico. 2014. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/o_que_e_sin.aspx>. Acesso em 29 jan. 2014.

ONS (b). **Relacionamentos**. Operador Nacional do Sistema Elétrico. 2014. Disponível em: <http://www.ons.org.br/institucional_linguas/relacionamentos.aspx>. Acesso em 29 jan. 2014.

PALOMINO, J. M. G. **Formação de preço de energia elétrica gerada por biomassa no Ambiente de Contratação Livre brasileiro: uma abordagem computacional baseada em agentes**. 2009. 118 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

PEREIRA, M. G.; CAMACHO, C. F.; FREITAS, M. A. V.; SILVA, N. F. The renewable energy market in Brazil: Current status and potential. **Renewable and Sustainable Energy**

Reviews, v 16, n 6, p. 3786–3802, ago. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.024>>.

PIRES, J. C. L. **Desafios da reestruturação do setor elétrico brasileiro**. Textos para Discussão, nº 76, março de 2000.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo, Atlas, 1999.

QUEIROZ, R. Setor elétrico brasileiro: uma história de reformas. **Grupo de Economia da Energia. Blog Infopetro**. 09 nov. 2013. Disponível em: <<http://infopetro.wordpress.com/2013/09/09/setor-eletrico-brasileiro-uma-historia-de-reformas/>>. Acesso em 27 jan. 2014.

SAIDUR, R. et al. Environmental impact of wind energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 5, p. 2423-2430. 2011.

SALLES, A. C. N. **Metodologias de análise de risco para avaliação financeira de projetos de geração eólica**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

SASTRESA, E. L.; USON, A. A.; BRIBIÁN E. Z.; SCARPELLINI, S. Local impact of renewables on employment: Assessment methodology and case study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.14, n.2, p.679-90, fev. 2010.

SAUER, I. Um novo modelo para o setor elétrico brasileiro. Relatório técnico. **Universidade de São Paulo – IEE**. 2002.

SAWYER, S. A fresh boost for offshore wind in the USA? **Renewable Energy Focus**, v. 11, n. 4, p. 52-54, jul. 2010.

SEVKLI, M.; OZTEKIN, A.; UYSAL, O.; TORLAK, G.; TURKYILMAZ, A.; DELEN, D. Development of a fuzzy ANP based SWOT analysis for the airline industry in Turkey. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 1, p. 14-24, 2012.

SILVA, N. F.; ROSA, L. P.; FREITAS, M. A.V.; PEREIRA, M. G. Wind energy in Brazil: From the power sector's expansion crisis model to the favorable environment. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 22, p. 686–697, jun 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.054>>.

SIMAS, M.; PACCA, S.. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estudos Avançados**. São Paulo, v. 27, n. 77, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142013000100008>>.

SOUZA, Paulo Roberto. **Evolução da indústria de energia elétrica brasileira sob mudanças no ambiente de negócios: um enfoque institucionalista**. Tese doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2002

VALOR ECONÔMICO. **Diretor da ANEEL quer mudar modelo de leilão**. 6 set. 2013. Disponível em <<http://www.valor.com.br/brasil/3260982/diretor-da-aneel-quer-mudar-modelo-de-leilao>>. Acesso em 29 jan. 2014.

APÊNDICE A - Roteiro para a elaboração da entrevista

Aspectos Políticos e Legais

1. Em relação a aspectos políticos. O setor elétrico brasileiro é baseado na geração de energia hidrelétrica, portanto suas políticas não são totalmente adequadas às outras formas de energias renováveis, como é o caso da energia eólica. Na visão daqueles que defendem o setor eólico (produtores, ambientalistas que defendem formas de energia mais limpa), quais alterações deveriam ser feitas no ambiente político e institucional do setor para incluir adequadamente a energia eólica na matriz energética brasileira?

Aspectos Econômicos

2. Os relatórios relacionados indicam uma expansão do setor, além disso, por conta da crise energética que observamos, é possível que surja cada vez mais projetos eólicos. A cadeia produtiva (fornecedores de pás e turbinas, os componentes mais caros de um parque eólico) é forte o suficiente para sustentar uma expansão do setor?

3. A energia eólica teve que participar de leilões separados por conta dos seus baixos custos, o que reduzia a competitividade de outras formas de energia, como a bioeletricidade. No entanto, há alguns anos essa forma de energia era bem mais cara aqui no Brasil. O que provocou essa mudança? Houve mudanças políticas ou incentivos governamentais, além do financiamento dos equipamentos pelo BNDES?

4. E o financiamento para aquisição desses equipamentos? Em 2013 o BNDES tornou mais difícil o financiamento, o que garantia equipamentos nacionais, mas também os tornava mais caros. Qual sua opinião sobre tais mudanças? Como está isso hoje? É adequado ao desenvolvimento do setor? Se não, o que falta?

5. Pelo seu artigo publicado em 2013, é necessário que haja competição, portanto, é interessante que se abra o mercado nacional para importação. A política de financiamento de aerogeradores com componentes nacionais do BNDES não vai contra isso? E se ela não for configurada dessa forma, não há o risco de o setor ser inundado por equipamentos importados? Na sua opinião, então, como promover a competição e o desenvolvimento tecnológico (de forma a levar os produtores a utilizar equipamentos mais potentes e baixar custos) ao mesmo tempo que se promove o desenvolvimento do setor nacional?

6. Adotar tarifas *feed-in* (como acontece em outros países) poderia funcionar aqui?

Aspectos Tecnológicos

7. Uma dificuldade considerável de se trabalhar com a energia eólica é a sua intermitência e a dificuldade de se prever o comportamento dos ventos, o que reduz a segurança energética. Existe uma forma de isso ser revertido ou reduzido? Diante dessa característica, qual é a melhor forma de inserção dessa fonte de energia na matriz energética do país?

8. O sistema de distribuição elétrica no Brasil atualmente tem capacidade de atender todos os projetos eólicos que estão prontos e que estão em construção? Se não, como essa falta pode prejudicar o desenvolvimento do setor?

Aspectos Sociais e Ambientais

9. Do ponto de vista socioambiental, as usinas eólicas podem prejudicar pássaros e morcegos, além de destruir paisagens naturais. Como essas questões devem ser trabalhadas? Existem formas de minimizar tais impactos?

Oportunidades e Ameaças

10. Diante da crise energética enfrentada nos últimos meses, a senhora acredita que o cenário do setor de energia eólica deve mudar? Isso poderá trazer investimentos ou mesmo mais atenção do governo para promoção dessa forma de energia?

11. A exploração do pré-sal pode significar uma ameaça de alguma maneira ao avanço do setor de energia eólica?

12. Quais outras oportunidades e ameaças a senhora enxerga para o setor?