

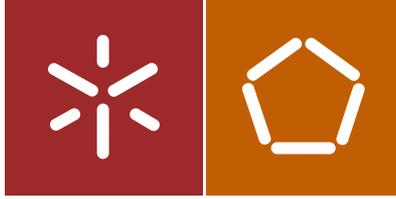


Lunardo Alves de Sena

Impactos e aceitação social de energias renováveis na matriz elétrica brasileira: o caso do Estado do Rio Grande do Norte

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Lunardo Alves de Sena

Impactos e aceitação social de energias
renováveis na matriz elétrica brasileira:
o caso do Estado do Rio Grande do Norte

Tese de Doutoramento
Programa Doutoral em
Engenharia Industrial e Sistemas (PDEIS)

Trabalho efectuado sob a orientação da
Professora Doutora Paula Varandas Ferreira

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração da presente tese. Confirmando que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri à prática de plágio ou a qualquer forma de falsificação de resultados.

Mais declaro que tomei conhecimento integral do Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, 18/11/2016

Nome completo: Lunardo Alves de Sena

Assinatura:



DEDICATÓRIA

À Solange, Ismael, Arthur, Felipe e a João Lucas (netinho que acabou de chegar).

Aos meus pais, Seu Manoel Raimundo (in memoriam) e Dona Diva (in memoriam), que nunca mediram esforços para que todos os seus oito filhos alcançassem o auge. Seu Manoel Raimundo já estava em outro plano quando iniciei esta jornada, mas nunca esqueci sua maneira persistente de buscar seus objetivos. Eternamente um exemplo. Já Dona Diva, me viu começar, mas quis Deus que não mais estivesse aqui na conclusão. Sempre apoiando e estimulando minhas atividades. Quando falava em desistir, citando a dificuldade em conciliar minhas atividades acadêmicas com a tese, ela dizia: “começou, meu filho, termine!” A minha irmã Leda (in memoriam) que também como meu pai não me viu começar este trabalho, mas sempre foi referência por ter sido a primeira a atingir o grau de doutora na família. Ao meu irmão Luciano (in memoriam), que me viu começar esse trabalho, mas foi chamado precocemente para o outro lado. Foi um grande estimulador da minha entrada na vida acadêmica. Quando na conclusão da minha graduação em Engenharia Elétrica, ele já professor, foi o responsável pela minha entrada numa instituição de ensino. Por fim dedico aos meus irmãos Luiz, Lucarine, Fátima, Júnior e João Cícero (um irmão especial) que sempre foram motivadores dessa minha empreitada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado coragem para enfrentar esse desafio, saúde e disposição para chegar até aqui.

A minha orientadora Professora Doutora Paula Fernanda Varandas Ferreira, da Universidade do Minho, pela paciência, pelas críticas precisas e construtivas, pelos seus valiosos comentários e incentivo constante durante todo este trabalho. É a grande responsável por todas as metas atingidas.

Ao IFRN no nome do seu Reitor Belchior de Oliveira Rocha

À Universidade do Minho no nome do seu Reitor António M. Cunha.

Ao meu irmão Manoel Raimundo de Sena Júnior (Professor Doutor da Universidade Federal de Pernambuco) e a Professora Doutora Ana Cristina Braga, da Universidade do Minho, que deram suporte no tratamento estatístico do trabalho. À Professora Doutora Maria Madalena, da Universidade do Minho, que foi meu modelo inspirador.

Sou grato ao Professor José Yvan Pereira Leite, Pró-reitor de Pesquisa e Inovação do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), pelo suporte logístico e apoio oferecido, principalmente na coleta de dados desse trabalho junto ao instituto.

Agradeço aos Colegas doutorandos Maria João Santos, Welington Alves e José Henrique de Souza que deram suporte em fases importantes desse trabalho, imprescindíveis para a sua materialização. Sempre estavam a apresentar críticas e sugestões. Agradeço também ao amigo Herbert Senzano pelo apoio.

Também expressar minha gratidão a todos os peritos que participaram das entrevistas e também a toda comunidade acadêmica do IFRN que respondeu ao questionário.

Às secretarias da Universidade do Minho, no nome de Alexandra Fernandes (DPS) e Verónica Costa (Secretaria dos Serviços Académicos) pelo apoio e atenção sempre dispensados.

À minha esposa, Maria Solange, pela paciência, renúncia e companheirismo e aos meus filhos e noras, Ismael & Joana, Arthur & Jadla e Felipe & Raphaela pela compreensão.

ABSTRACT

Energy efficiency and renewable energy resources are key strategies for sustainable energy planning to ensure economic competitiveness, minimization of environmental impacts and social equity. So far in Brazil, energy planning has been focusing predominantly on both economic and environmental dimensions. Social aspects are mentioned as relevant but frequently are not explicitly taken into account in energy decisions. This work aims at contributing for the inclusion of the social dimension on electricity planning by presenting and demonstrating a participative methodology that can support the decision making process for an electricity system with high reliance on renewable energy sources.

The research focused on a case study of a region in Brazil, characterized by high solar and wind potential namely the State of Rio Grande do Norte (RN). The methodology included both interviews with experts and questionnaires to the population. The interviews aimed at collecting both qualitative and quantitative information and resulted on the sustainability evaluation of different electricity production options in RN. For the analysis of public awareness and acceptance of renewable energy sources by the population, a questionnaire was implemented on the academic community of Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN).

From the case study of RN it was possible to conclude on the important role of renewable energies in the future electricity system, in particular for the case of wind and solar energy. The impacts of all electricity generation are recognized and the involvement of local population is deemed to be a key element for the effective development of the sector. The results of the questionnaire showed that the target population, representative of IFRN, is highly favourable to both solar and wind power technologies which is largely explained by the associated perspectives of local development. As for NIMBY (*Not In My BackYard*) situation, frequently reported in the literature in different countries, it is not yet significant in RN but its importance should not be overlooked given the projected future growth of the renewable sector.

Keywords: Energy planning; Renewable energies; Social acceptance; Multicriteria analysis; NIMBY (*Not In My BackYard*); Brazil.

RESUMO

A eficiência energética aliada às fontes de energias renováveis representam estratégias fundamentais para o planeamento elétrico sustentável que garanta a competitividade da economia, a minimização dos impactos ambientais e assegure a equidade social. Os padrões atuais de planeamento elétrico, principalmente no Brasil, têm-se focado sobretudo nas dimensões económica e ambiental. Os aspetos sociais são referidos como relevantes mas frequentemente não são explicitamente considerados nas decisões aplicados ao setor. Pretendeu-se com o trabalho realizado contribuir para a inclusão da dimensão social no planeamento elétrico apresentando e demonstrando uma metodologia participativa que auxilia este processo direcionada sobretudo para sistemas elétricos com elevado contributo de energias renováveis.

A pesquisa centrou-se num estudo de caso de uma região do Brasil que se caracteriza pelo seu elevado potencial eólico e solar, o Estado do Rio Grande do Norte (RN). A metodologia incluiu entrevistas com peritos e questionários à população. As entrevistas visaram a recolha de informação qualitativa e quantitativa resultando na avaliação da sustentabilidade (tripé social, económico e ambiental) de diferentes opções de produção de eletricidade no RN. Para a análise da perceção e aceitação das energias renováveis pela população local recorreu-se a um questionário aplicado à comunidade académica do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN).

Do estudo do caso do RN concluiu-se que as energias renováveis têm um papel essencial na matriz elétrica futura, com particular destaque para a energia eólica e solar. No entanto reconhece-se que todas as tecnologias de produção de eletricidade têm impactos que importa acautelar, sendo o envolvimento da população local considerado um elemento chave para o efetivo desenvolvimento do setor. A população alvo do questionário, representativa da comunidade do IFRN, revelou-se claramente favorável às tecnologias solar e eólica na região sobretudo pela perspetiva de desenvolvimento local associada. De um modo geral, verifica-se que o efeito NIMBY (*Not In My BackYard*) frequentemente referido na literatura em diferentes países não é ainda acentuado no RN, mas a sua importância não deverá ser descurada dado o crescimento futuro esperado para o setor renovável.

Palavras-chave: Planeamento elétrico; Energias renováveis; Aceitação social; Análise multicritério; NIMBY (*Not In My BackYard*); Brasil.

ÍNDICE

Dedicatória.....	vii
Agradecimentos.....	ix
Abstract.....	xi
Resumo.....	xiii
Índice.....	xv
Lista de Figuras.....	xvii
Lista de Tabelas.....	xix
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xxi
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	6
1.3 Procedimentos metodológicos.....	7
1.4 Organização da dissertação.....	12
2. Revisão da Literatura.....	15
2.1 Importância das energias renováveis nos sistemas elétricos.....	16
2.2 Impactos da produção de eletricidade a partir de fontes de energias renováveis.....	19
2.3 Aceitação social de projetos de produção de eletricidade a partir de fontes de energias renováveis.....	24
2.4 O caso do Brasil.....	26
2.5 Considerações finais.....	30
3. Matriz elétrica do Brasil.....	33
3.1 Histórico da matriz elétrica brasileira.....	33
3.2 O sistema elétrico brasileiro.....	37
3.3 As energias renováveis na matriz elétrica Brasileira.....	44
3.3.1 Energia Hídrica.....	47
3.3.2 Energia eólica.....	51
3.3.3 Energia Solar.....	55
3.3.4 Biomassa.....	58
3.4 O sistema elétrico de Rio Grande do Norte.....	61
3.5 Considerações finais.....	65

4.	Sustentabilidade na produção de eletricidade no RN.....	67
4.1	Preparação das entrevistas.....	68
4.2	Público-alvo e perfil dos entrevistados.....	71
4.3	Resultados das entrevistas semiestruturadas	73
4.5	Análise Multicritério	90
4.5.1	Avaliação dos critérios	91
4.5.2	Avaliação das opções de produção de eletricidade no RN	94
5.	Aceitação social da energia eólica e solar no sistema elétrico brasileiro.....	101
5.1	Público-alvo.....	101
5.2	Metodologia utilizada.....	103
5.3	Apresentação dos resultados.....	104
5.3.1	Reconhecimento de tecnologias de energia solar e eólica	105
5.3.2	Aceitação tecnologias de energia solar e eólica.....	107
5.3.3	Perceção dos impactos nos custos	111
5.3.4	Perceção dos impactos ambientais	116
5.3.5	Perceção dos impactos sociais	118
5.4	Discussão dos resultados	123
5.5	Considerações finais	125
6.	Conclusões e trabalho futuro.....	129
6.1	Contribuições da pesquisa.....	133
6.2	Recomendações para trabalho futuro	134
	Bibliografia	137
	Anexo I – Entrevista.....	151
	Anexo II – Questionário.....	153

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 - Organograma do estudo - Baseado em Quivy & Campenhoutdt (1998)	10
Figura 2-1 - Importações de petróleo (a) e (b) gás natural - Fonte: OPEC <i>Annual Statistical Bulletin</i> , http://www.opec.org/ , visitado em maio de 2016	18
Figura 3-1 - Distribuição, em termos de capacidade instalada, das fontes geradoras de energia elétrica no Brasil em junho de 2016 - Fonte: BIG <i>online</i> - http://www2.aneel.gov.br/	38
Figura 3-2 - Projeção da potência instalada no sistema elétrico brasileiro entre os anos de 2014 e 2024 - Fonte: MME (2015b)	39
Figura 3-3 - Percentual de geração de eletricidade mundial por combustível, 2012-2040 - Fonte: EIA (2016)	45
Figura 3-4 - Estimativa da variação da contribuição das FER no mundo entre os anos de 2012 e 2040 - Fonte: EIA (2016)	48
Figura 3-5 - Quota percentual das fontes de geração hidráulica no mundo - Fonte: EIA (2016)	48
Figura 3-6 - Ranking mundial dos países produtores de energia hidráulica do mundo em 2011 - Fonte: https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/hydropower/ consultado em junho de 2016	49
Figura 3-7 - Distribuição de potência hidroelétrica no Brasil, por Estado - Mapa obtido em http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/ com dados do BIG <i>online</i> - http://www2.aneel.gov.br/ , consultado em julho de 2016	51
Figura 3-8 - Potencial eólico estimado do Brasil para vento médio anual igual ou superior a 7,0 m/s (fonte: MME 2001)	52
Figura 3-9 - Distribuição de parques eólicos em operação no Brasil, por Estado - Mapa obtido em http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/ com dados do BIG <i>online</i> - http://www2.aneel.gov.br/ , consultado em junho de 2016	53
Figura 3-10 - Distribuição de parques eólicos em construção no Brasil, por Estado - Mapa obtido em http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/ com dados do BIG <i>online</i> - http://www2.aneel.gov.br/ , consultado em junho de 2016	54
Figura 3-11 - Radiação solar global média diária no território brasileiro - média anual típica (Wh/m ² .dia) - Mapa extraído do Atlas de Energia Elétrica do Brasil (ANEEL, 2005)	57
Figura 4-1 - Perfil dos peritos entrevistados	73
Figura 4-2 - Ponderação dos critérios de acordo com os peritos (<i>boxplot</i>)	91
Figura 4-3 - Resultado do MCDA aplicado à avaliação da ponderação dos critérios	92

Figura 4-4 - Resultado do MCDA aplicado ao ordenamento das opções.....	96
Figura 5-1 - Cobertura geográfica do IFRN no Estado do RN em 2014.	102
Figura 5-2 - Reconhecimento de energia eólica e solar	106
Figura 5-3 - Reconhecimento das tecnologias conforme o género	107
Figura 5-4 - Aceitação da energia solar e da energia eólica	108
Figura 5-5 - Efeito de proximidade da energia eólica e solar para os <i>campi</i> urbanos (no universo dos <i>campi</i> urbanos)	110
Figura 5-6 - Efeito de proximidade da energia eólica e solar para os <i>campi</i> não urbanos (no universo dos <i>campi</i> não urbanos).....	110
Figura 5-7 - Perceção do impacto sobre os preços da eletricidade	111
Figura 5-8 - Influência de variáveis socioeconómicas sobre a perceção dos impactos nos custos na energia eólica	113
Figura 5-9 - Influência de variáveis socioeconómicas sobre a perceção dos impactos nos custos na energia solar	113
Figura 5-10 - Influência de variável “faixa etária” sobre a perceção dos impactos nos custos na energia eólica	114
Figura 5-11 - Influência da variável “faixa etária” sobre a perceção dos impactos nos custos na energia solar.....	114
Figura 5-12 - Influência da variável “condição” (professor / aluno) sobre a perceção dos impactos nos custos da energia eólica e solar	115
Figura 5-13 - Influência da variável “grau de instrução” sobre a perceção dos impactos nos custos na energia eólica	116
Figura 5-14 - Influência da variável “grau de instrução” sobre a perceção dos impactos nos custos na energia solar	116
Figura 5-15 - Perceção dos impactos ambientais da energia eólica e da energia solar.....	117
Figura 5-16 - Perceção dos impactos sociais da energia eólica e da energia solar	119
Figura 5-17 - Influência da variável “renda familiar” sobre a perceção dos impactos socioeconómicos da energia eólica	120
Figura 5-18 - Influência da variável “renda familiar” sobre a perceção dos impactos socioeconómicos da energia solar	121

Figura 5-19 - Influência da variável “faixa etária” sobre a percepção dos impactos socioeconómicos da energia eólica	121
Figura 5-20 - Influência da variável “faixa etária” sobre a percepção dos impactos socioeconómicos da energia solar	122
Figura 5-21 - Influência da variável “grau de instrução” sobre a percepção dos impactos socioeconómicos da energia eólica	122
Figura 5-22 - Influência da variável “grau de instrução” sobre a percepção dos impactos socioeconómicos da energia solar.....	123
Figura 5-23 - Nível de NIMBYism para a comunidade IFRN.....	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-1 - Custos médios nivelados (2013 US\$/MWh) para centrais entrando em serviço até 2020 (sem subsídios)	4
Tabela 3-1 - Variação da capacidade de potência elétrica instalada de geração de energia elétrica do Brasil entre janeiro de 2015 e janeiro de 2016	42
Tabela 3-2 - Potência instalada no RN, empreendimentos em operação.....	62
Tabela 4-1 - Tecnologias de geração de energia para o RN	68
Tabela 4-2 - Descrição dos critérios. Escala de 0 a 10 onde (0 muito negativo-10 muito positivo)	70
Tabela 4-3 - Questão 1: Triangulação entrevista e bibliografia	82
Tabela 4-4 - Questão 2: Triangulação entrevista e bibliografia	84
Tabela 4-5 - Questão 3: Triangulação entrevista e bibliografia	86
Tabela 4-6 - Questão 4: Triangulação entrevista e bibliografia	87
Tabela 4-7 - Questão 5: Triangulação entrevista e bibliografia	88
Tabela 4-8 - Questão 6: Triangulação entrevista e bibliografia	89
Tabela 4-9 - Valoração dos critérios em função da tecnologia (usando a mediana)	94
Tabela 5-1 - Caracterização dos inquiridos	105
Tabela 5-2 - Influência de variáveis socioeconómicas sobre o reconhecimento da tecnologia	106
Tabela 5-3 - Influência de variáveis socioeconómicas sobre a aceitação da tecnologia.....	108
Tabela 5-4 - Influência de variáveis socioeconómicas sobre a percepção dos impactos nos custos	112
Tabela 5-5 - Influência de variáveis socioeconómicas sobre a percepção dos impactos ambientais.....	118
Tabela 5-6 - Influência de variáveis socioeconómicas sobre a percepção dos impactos sociais	120

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

ABEEólica - Associação Brasileira de Energia Eólica
ACL - Ambientes de Contratação Livre
ACR - Ambientes de Contratação Regulada
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ARSEP - Agência Reguladora de Serviços Públicos do Rio Grande do Norte
BIG - Banco de Informações de Geração
BNB - Banco do Nordeste do Brasil
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CCEAR - Contrato de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado
CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CEB - Companhia Energética de Brasília
CEMA - Centro de Mecânica Aplicada do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio
CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais
CERNE - Centro de Estudos em Recursos Naturais e Energia
CESP - Companhia Energética de São Paulo
CGH - Central Geradora Hidrelétrica
CGTEE - Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica
CH₄ - Metano
CHESF - Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
CNEL - Custo Nivelado de Energia Elétrica
CO₂ - Dióxido de carbono
COFINS - Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPEL - Companhia Paranaense de Energia
COSERN - Companhia Energética do Rio Grande do Norte
CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz
CTGAS-ER - Centro de Tecnologia do Gás e Energias Renováveis
DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral
EE - Eficiência Energética

EE - Energia Eólica

EIA - *Energy Information Administration*

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

ELETRORÁS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A

ELETRONORTE - Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A.

ELETRONUCLEAR - ELETRORÁS Termonuclear S.A.

ELETROSUL - Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A.

EOL - Central Geradora Eólica

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

ES - Energia Solar

EUA - Estados Unidos da América

FAPERN - Fundação de Amparo à Pesquisa no Rio Grande do Norte

FER - Fontes de Energias Renováveis (do inglês *Renewable Energy Sources - RES*)

FIERN - Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Norte

FMI - Fundo Monetário Internacional

GEE - Gases do Efeito Estufa

GLP - Gás Liquefeito de Petróleo

GNL - Gás Natural Liquefeito

GW - Giga Watt (unidade de potência)

GWEC - Conselho Global de Energia Eólica (do inglês *Global Wind Energy Council GWEC*)

GWh - Giga Watt-hora (unidade de energia)

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMS - Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços

ICOPEV - *International Conference on Project Evaluation*

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

IEA - *International Energy Agency*

IFRN - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*

KWh - Quilo Watt-hora (unidade de energia)

MCDA - Multi-criteria decision analysis

MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário

MMA - Ministério do Meio Ambiente
MME - Ministério das Minas e Energia
Mtep - Milhões de toneladas equivalentes de petróleo
MW - Mega Watt (unidade de potência)
MWh - Mega Watt-hora (unidade de energia)
N₂O - Óxido nitroso
NIMBY - “Não em meu quintal” (do inglês *Not In My Back Yard NIMBY*)
NS - Estatisticamente não significativo
O&M - Operações e Manutenção
OCDE - Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Económico
ONS - Operador Nacional do Sistema
OPEP - Organização dos Países Exportadores de Petróleo
P&D - Pesquisa e Desenvolvimento
PASEP - Programa de Formação de Patrimônio do Servidor Público
PCH - Pequena Central Hidrelétrica
PEC - Proposta de Emenda à Constituição
PFRH - Programa de Formação de Recursos Humanos da Petrobras
PIB - Produto Interno Bruto
PIS - Programa de Integração Social
PNE - Plano Nacional de Energia
PNPB - Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
PROEÓLICA - Programa Emergencial de Energia Eólica
PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Renováveis de Energia Elétrica
PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
RIMA - Relatório de Impacto Ambiental
RN - Rio Grande do Norte
ROL - Receita Operacional Líquida
S - Estatisticamente significativo
SCG - Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração
SEBRAE/RN - Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do RN
SEDEC - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico
SENAI - DR-RN – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Diretoria RN

SFG - Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Geração
SIN - Sistema Interligado Nacional
SM - Salário Mínimo
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SPV - Energia Solar Fotovoltaica (do inglês *Solar Photovoltaics SPV*)
TUSD - Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição
TUST - Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Transmissão
UFERSA - Universidade Federal Rural do Semi-Árido
UFRN - Universidade Federal do rio Grande do norte
UFV - Central Geradora Solar Fotovoltaica
UHE - Usina Hidrelétrica
US\$ - Dólar Americano (EUA)
UTE - Usina Termelétrica
UTN - Usina Termonuclear
VREs - Energias Renováveis Variáveis
Wh - Watt-hora

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo descreve o contexto da tese e situa o estudo proposto da pesquisa, trazendo a realidade e números da situação da geração de energia elétrica no Brasil e no mundo, com foco nas fontes de energia renováveis. São explicitados os objetivos da pesquisa e são apresentados os procedimentos metodológicos, com as questões da investigação, a forma de como será feita a análise da pesquisa, público-alvo e delimitação do universo desse público.

1.1 Enquadramento

O relatório lançado recentemente pela *Energy Information Administration* (EIA, 2016), denominado *International Energy Outlook 2016*, projeta que o consumo mundial de energia vai crescer 48% entre 2012 e 2040. A maior parte desse crescimento virá de países que não fazem parte da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), incluindo países onde a procura é impulsionada pelo forte crescimento económico, especialmente na Ásia. Estes países que não fazem parte da OCDE, Ásia, incluindo China e Índia, serão os responsáveis por mais de metade do aumento total no consumo de energia do mundo durante o período desta projeção. As renováveis não hidrelétricas serão as fontes que terão mais rápido crescimento. Estas foram responsáveis por 5% da geração total de eletricidade mundial em 2012, mas a sua participação neste setor em 2040 deverá ser de 14% com grande parte desse crescimento proveniente de energia eólica. Esse documento demonstra ainda que o *mix* de combustíveis para gerar eletricidade no mundo mudou muito ao longo das últimas décadas, mas o carvão continua a ser o combustível mais utilizado. A geração por energia nuclear cresceu significativamente a partir da década de 1970 até os anos 1980 e geração a partir de gás natural aumentou bastante após a década de 1980. O uso do petróleo caiu após o final dos anos 1970, com o aumento dos preços. No início de 2000, as preocupações com as consequências ambientais aumentaram o interesse no desenvolvimento de fontes de energia renováveis que permitem reduzir consideravelmente as emissões de CO₂. As perspectivas de longo prazo apontam para o aumento da geração a partir de gás natural,

nuclear e fontes renováveis de energia sendo estas as que mais crescerão, com aumentos anuais em média de 2,9% entre 2012 e 2040 (EIA, 2016).

A EIA publicou ainda um artigo denominado *Today in energy*, onde defende que embora os combustíveis líquidos, principalmente à base de petróleo, continuem a ser a maior fonte de energia a participação destes no mundo deverá cair de 33% em 2012 para 30% em 2040. O carvão é a fonte de energia de crescimento mais lento do mundo, com aumento de 0,6% ao ano até 2040. Ao longo desse período de projeção, os três principais países consumidores de carvão serão China, Estados Unidos da América (EUA) e Índia, que responderão por mais de 70% do consumo mundial. A China que é responsável por quase metade do consumo de carvão no mundo, começará a ter diminuição desse consumo nos últimos anos do período de projeção, mas na Índia o uso do carvão continuará a subir e ultrapassará o consumo dos EUA a partir de 2030 (EIA 2016).

De acordo com o relatório da empresa BP (2015) as renováveis incluem a energia derivada de processos naturais que não envolvem o consumo de recursos não renováveis, como combustíveis fósseis e urânio. Hidroeletricidade, eólica, energia das ondas, energia solar, geotérmica, combustíveis renováveis e resíduos renováveis (gás de aterro, incineração de resíduos, biomassa sólida e biocombustíveis líquidos) constituem as energias renováveis. O uso de energias renováveis cresceu 12,0% no período 2013-2014, considerada a menor taxa de crescimento desde 2006. Mesmo assim, esta forma de geração de energia elétrica continua a aumentar sua participação na matriz elétrica mundial. No Brasil a taxa de crescimento foi de 30,2% entre 2013 e 2014. A África registrou a taxa de maior crescimento e chegou a 57,7% nesse mesmo período. Ainda conforme esta avaliação, as renováveis representavam 6,0% da eletricidade gerada no mundo, com a China liderando a produção de eletricidade por fontes renováveis. A Europa continuou a liderar em termos de quota de geração de energias renováveis não hídricas, fornecendo quase 17% da energia da União Europeia. O Brasil aumentou o consumo de biocombustíveis e de eletricidade proveniente de energia eólica em 5.5% e 84.8% respetivamente, no período citado. Mais recentemente, os valores apresentados no relatório BP (2016) para os anos de 2014 e 2015 indicam que globalmente o uso de energias renováveis cresceu 15,2%, recuperando-se da desaceleração do período anterior. A energia eólica teve um crescimento de mais de 17,4% no período 2014-2015. No Brasil esse incremento foi de 78,0%, enquanto a hídrica teve uma queda de 3,3% no mesmo período e um crescimento de apenas 1% a nível mundial. Para esse mesmo período a solar teve um incremento de 32,6% no mundo e de 184,5% no Brasil, porém com números ainda pequenos e com reduzida

representatividade relativa no consumo mundial (menos de 0,05TWh do consumo de eletricidade do planeta). Também nesse intervalo os biocombustíveis no Brasil tiveram um crescimento no consumo de 6,8%.

No final de 2009, a capacidade total de potência eólica instalada no mundo era de 160 GW, dos quais 2,1 GW vinha do mar, capaz de atender cerca de 1,8% da procura por eletricidade de todo o planeta. Esta contribuição pode aumentar para 20% até 2050 se forem feitos os esforços ambiciosos para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e enfrentar os outros fatores limitantes para o desenvolvimento de energia eólica em grande escala (Raadal, Vold, Myhr, & Nygaard, 2014). As perspectivas de crescimento dos setor eólico são evidentes, tendo a potência instalada no mundo atingido 370 GW sendo apenas superada pela hídrica no setor renovável para a produção de eletricidade (REN21, 2015). Do mesmo modo, o relatório REN 21 (2015) demonstra o crescimento do setor fotovoltaico que passou de menos de 3 GW instalados em 2004 para 177 GW instalados em 2014. Nesse ano, os setores solares e eólicos foram responsáveis pela maior fatia de investimentos em energias renováveis (não incluindo grandes hídricas) representando mais de 55% no caso solar e 36,8% no caso da tecnologia eólica. O caso do Brasil é destacado nesse mesmo relatório sendo indicado como o quarto país no mundo com maior investimento realizado no setor eólico em 2014, atrás da China, Alemanha e EUA (REN21, 2015).

As previsões de longo prazo, feitas pelo Conselho Mundial de Energia, estimavam que 60% da produção de energia elétrica seria obtida a partir de sistemas fotovoltaicos no final deste século (WEC, 2007). Algumas previsões recentes são menos otimistas indicando mesmo assim que as energias renováveis no total deverão representar 40% da produção de energia elétrica em 2040, mantendo-se a dominância da energia hidroelétrica, seguida da eólica e finalmente da solar, sendo esta última a que mais deverá crescer (EIA, 2016).

O custo nivelado de energia elétrica (CNEL) é uma medida relativamente precisa da competitividade global das diferentes tecnologias de geração. Representa o custo por kWh associado à construção e operação de uma unidade de geração de energia elétrica ao longo do seu ciclo de vida incluindo os compromissos financeiros. Os principais fatores a considerar para o cálculo do CNEL incluem os custos de capital, custos de combustível, operações e manutenção (O&M) fixas e variáveis, custos de financiamento, e taxa de utilização. A importância dos fatores varia entre as tecnologias (EIA, 2015). A disponibilidade de vários incentivos, incluindo os incentivos do Estado ou créditos tributários federais,

também podem afetar o cálculo do CNEL. Na Tabela 1-1 estão apresentados os custos, levantados para os EUA, de três tecnologias renováveis, eólica, solar e hídrica. A eólica *onshore* é a que apresenta menor custo, mostrando a real tendência da queda de preço dessa tecnologia, seguida da hídrica, tecnologia já madura. Como acontece com qualquer projeção, há incerteza sobre todos esses fatores e seus valores podem variar regionalmente e através do tempo com a evolução das tecnologias e os preços dos combustíveis, mas demonstra-se já que a energia eólica se afigura como uma das opções renováveis mais competitivas e que os custos da energia solar poderão ser ainda uma barreira significativa à sua ampla disseminação.

Tabela 1-1 - Custos médios nivelados (2013 US\$/MWh) para centrais entrando em serviço até 2020 (sem subsídios) - Fonte: EIA (2015)

Tecnologia	Fator de capacidade	Custo de capital nivelados	Custos fixos de O&M	Custos variáveis de O&M (incluindo combustível)	Investimento em transmissão	CNEL total do sistema
	(%)	US\$/MWh				
Eólica <i>Onshore</i>	36	57.7	12.8	0.0	3.1	73.6
Eólica <i>Offshore</i>	38	168.6	22.5	0.0	5.8	196.9
Solar SPV ²	25	109.8	11.4	0.0	4.1	125.3
Solar Térmica	20	191.6	42.1	0.0	6.0	239.7
Hidroelétrica ³	54	70.7	3.9	7.0	2.0	83.5

¹ Esses fatores de capacidade pode variar significativamente por região

² Os custos expressos em termos de potência AC líquida

³ É suposta a hidroelétrica ter armazenagem sazonal que possa ser despachado dentro de uma temporada, mas a operação global é limitada pelos recursos disponíveis pelo local e pela época

Ao longo dos últimos anos, os governos têm incentivado os investimentos em geração de energia renovável, principalmente em energias renováveis variáveis (VREs) de onde se destacam a solar e eólica. Estas tecnologias criam novos desafios para o setor e sua grande penetração tem um efeito de redução de preços, o que poderá diminuir a rentabilidade de outras formas de geração. A incerteza relativa a novos investimentos e tarifas crescentes devido aos subsídios as VREs afetam numerosos mercados (Osório & van Ackere, 2016). No entanto, diferentes estratégias têm permitido reduzir consideravelmente os custos das VREs evitando o recurso a subsídios especialmente em países com potencial renovável significativo. De acordo com Brown, Müller, & Dobrotková (2011), particularmente na América Latina, os leilões tornaram-se um instrumento importante para o desenvolvimento do mercado de energia eólica. As economias emergentes, como o Brasil e Peru utilizam atualmente leilões para cumprir suas metas de

energia eólica *onshore*, sendo as ofertas tarifárias vencedoras para eólica nos leilões recentes significativamente mais baixas que as tarifas praticadas antes dos leilões.

Em países desenvolvidos as estratégias políticas em geração de energia elétrica têm como resultado o frequente aumento da utilização de tecnologias de energias renováveis. Esta estratégia, direcionada para as energias renováveis, e o debate em torno de cenários renováveis em sistemas elétricos é evidente no caso dos países Europeus (Comissão Europeia, 2014), mas também em países como o Brasil (Pereira, Costa, Costa, Marreco, & La Rovere, 2013), Japão (Ayoub & Yuji, 2012) ou Austrália (Byrnes, Brown, Foster, & Wagner, 2013). A opção por estas novas tecnologias é frequentemente justificada pelos ganhos sociais (melhoria no emprego e renda, na saúde pública, na infraestrutura, ou seja, benefícios que tragam mais conforto para as populações), ambientais e mesmo económicos tornando-se por isso essencial a utilização de ferramentas que permitam a avaliação de diferentes critérios e indicadores e que apoiem neste tipo de tomada de decisão.

Definir caminhos para um desenvolvimento sustentável implica a concretização de ações de longo prazo no setor da energia (Maxim, 2014). As decisões no setor de energia têm assim um impacto fundamental ao nível económico, ambiental e no bem-estar social das futuras gerações (Ferreira, Araújo, & O'Kelly, 2010). Uma discussão mais profunda entre especialistas é essencial a fim de se obter solidez e concordância sobre os aspetos positivos e negativos para a sustentabilidade social, sob o risco de um modelo de planeamento não ser capaz de traduzir a realidade e melhorá-la.

Os aspetos económicos e de meio ambiente permitem recorrer a uma modelagem quantitativa. Porém, os aspetos sociais são colocados frequentemente de forma subjetiva com evidentes dificuldades de identificação de variáveis a considerar e mesmo na sua avaliação (Ribeiro, Ferreira, & Araújo, 2011). Deste modo, avaliar a aceitação social e realizar a avaliação abrangente dos impactos destas novas tecnologias são desafios a ser vencidos. Estudos nesse sentido apontam que para se alcançar o sucesso de um projeto desse tipo a dimensão social deve ser levada em consideração garantindo a aceitação destes projetos e acautelando eventuais reações negativas da população (Devine-Wright, 2013; Bidwell, 2013).

Considera-se que a relevância deste trabalho para a área de planeamento de sistemas elétricos, está na abordagem à integração das energias renováveis na matriz elétrica Brasileira, reconhecendo a importância da avaliação de impactos externos e da aceitação social. Pesquisas recentes mostram que

a inclusão da dimensão social no planeamento de sistemas de energia deve fazer parte das políticas de implantação desses empreendimentos (veja-se Sheikh, Kocaoglu, & Lutzenhiser (2016) ou Upham, Oltra, & Boso (2015), que apresentam revisões recentes no tema). Os estudos desta temática no Brasil são ainda escassos, mas as perspectivas de alteração da matriz elétrica no país, com um claro direcionamento para energia eólica e solar justificam novas abordagens científicas que permitam auxiliar os decisores centrais, governo local e investidores. Será então apresentada uma proposta de metodologia participativa de planeamento de um sistema elétrico que integre as fontes de energia renováveis, visando avaliar impactos, inferir sobre o nível de conhecimento da população, avaliar a aceitação das energias renováveis e identificar fatores condicionadores ou promotores destas.

1.2 Objetivos

O objetivo primeiro deste projeto de doutoramento é a elaboração e demonstração de uma metodologia participativa que contribua para a inclusão de aspirações sociais no planeamento de uma matriz elétrica sustentável e com elevado contributo de energias renováveis. A implementação da metodologia proposta deverá permitir avaliar o caso particular do Estado do Rio Grande do Norte (RN), uma região caracterizada por escassez de chuva e grande incidência de radiação solar. Espera-se com este projeto contribuir para promover a utilização de recursos naturais de forma racional e equilibrada, preservando o meio ambiente, beneficiando o Estado no aspeto social e no aspeto económico, com energia limpa e bem aceita pela população.

Apesar da implementação se centrar numa região em particular espera-se que a metodologia proposta neste projeto de doutoramento seja passível de ser adaptada a outros sistemas, permitindo a sua aplicação a diferentes regiões com características energéticas e socioeconómicas diferenciadas. Pretende-se assim contribuir para apoiar a tomada de decisão dos gestores considerando o interesse e a aceitação social das tecnologias de produção de eletricidade a partir de fontes de energias renováveis.

Os objetivos específicos podem ser descritos como:

- Análise crítica do planeamento elétrico identificando e analisando as tecnologias mais relevantes no presente e na futura matriz elétrica do Brasil e do RN e os principais impactos a estas associadas numa perspectiva de planeamento elétrico sustentável.

- Identificação do interesse social e aceitação de tecnologias de geração de energia elétrica, reconhecendo os impactos das tecnologias e em particular de projetos de produção de eletricidade a partir de fontes de energias renováveis e relacionado estes impactos com a aceitação ou rejeição das populações relativamente a estes projetos.
- Proposta de uma metodologia participativa combinando entrevistas com peritos, modelação multicritério e inquéritos com validação estatística para avaliação do conhecimento e aceitação das tecnologias de geração de energia elétrica, identificando critério relevantes, métodos de pesquisa e *stakeholders* a envolver na pesquisa.
- Implementação da proposta de metodologia ao caso do Estado do RN, objetivando conclusões a respeito de impactos esperados, percepção e aceitação da população para diferentes tecnologias geração de energia elétrica. Serão assim apresentados resultados que se perspetivam valiosos no processo de tomada de decisão ao nível das políticas energéticas e dos futuros investidores.

1.3 Procedimentos metodológicos

O tema da sustentabilidade no planeamento elétrico e na avaliação de tecnologias de produção de eletricidade está bem presente na literatura científica internacional. A dimensão social tem tido uma importância crescente sobretudo com o desenvolvimento das energias renováveis, mas ainda está longe de ser um tema completamente explorado ou mesmo consensual. Com este trabalho espera-se contribuir para o planeamento elétrico sustentável reconhecendo a importância da inclusão da avaliação de impactos e da aceitação social neste processo e na tomada de decisão relacionada, respondendo às questões de investigação:

- Que impactos poderão ser esperados para diferentes opções de produção de eletricidade no RN tendo em consideração a importância crescente das fontes de energia renováveis?
- Qual a percepção da população e aceitação social de novos projetos de produção de eletricidade a partir de fontes de energia renováveis no RN?

A análise da pesquisa, de acordo com Quivy & Campenhoutdt (1998), baseou-se em três ações: rutura, construção e verificação, como descrito na Figura 1-1.

Na fase da rutura procura-se romper com preconceitos e falsas evidências, o que neste trabalho passou por: (1) formulação das perguntas iniciais de pesquisa (formulação do problema); (2) exploração por leituras, entrevistas exploratórias; e (3) definição da problemática identificando lacunas entre a literatura e opinião dos entrevistados. Assim, esta fase requereu a construção de um quadro teórico de referência com uma revisão bibliográfica que assegura a qualidade da problematização. Foram ainda utilizadas entrevistas semiestruturadas com peritos para que se obtivessem informações da realidade local, com pessoas comprovadamente envolvidas com as questões de energia e sustentabilidade que permitiram estabelecer a problemática em estudo.

Na construção existe uma intercessão com a rutura quando se fez um balanço dos aspetos levantados procurando: (4) construção do modelo de análise (operacionalização das variáveis) que se adeque à problemática identificada. Na construção do modelo de análise é importante transformar o que se colheu na fase de rutura numa linguagem que se possa operacionalizar e permita a recolha e análise dos dados. Assim, esta fase implicou a definição de um modelo de recolha de informação adaptado aos *stakeholders* selecionados onde se incluem peritos e a população local, neste caso representada pela comunidade académica do Instituto Federal do Rio Grande do Norte¹ (IFRN).

Em seguida foi feita a verificação, que foi o confronto dos fatos. Na observação os modelos de análise foram submetidos aos testes e confrontados com os dados. Houve a observação direta extraída da literatura, mas houve também uma observação indireta que foram as opiniões colhidas através de entrevistas e o questionário aplicado a comunidade académica do IFRN passando por: (5) observação com recolha dos dados; (6) análise das informações observando se os resultados obtidos correspondiam aos esperados e interpretando-se os fatos inesperados, para uma reflexão visando sugestões de aperfeiçoamento do modelo de análise ou proposições para investigações futuras; e (7) conclusão com apresentação da contribuição gerada para comunidade.

A realização da pesquisa foi desenvolvida de acordo com três elementos essenciais:

¹ No capítulo 5, item 5.1 apresenta-se a justificativa da escolha desse público-alvo

- Revisão da literatura;
- Implementação de uma metodologia participativa baseada em
 - entrevistas com peritos para avaliação de impactos de tecnologias de produção de eletricidade;
 - questionários para avaliação da percepção e aceitação social das energias renováveis pela população;
- Análise dos resultados e conclusões.

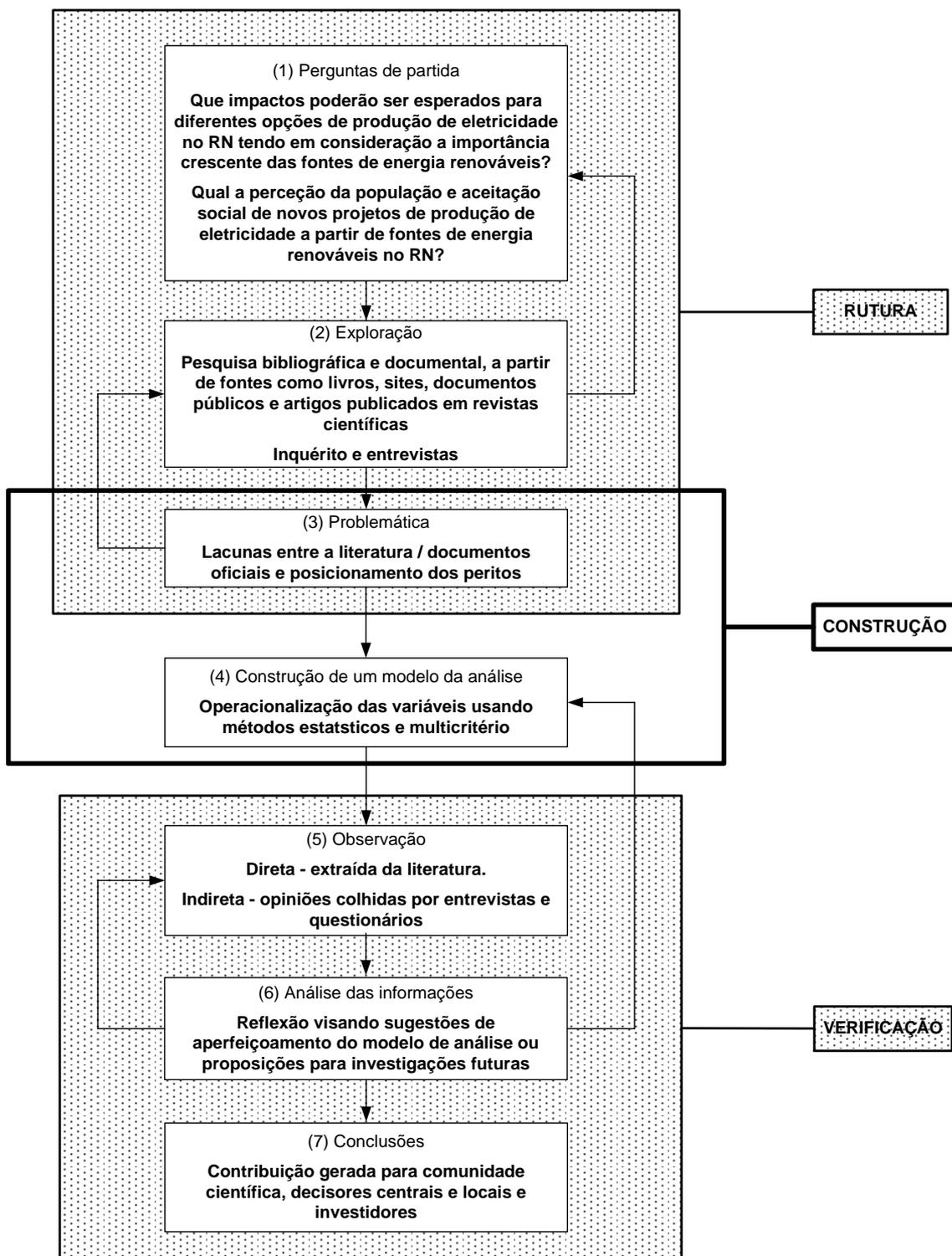


Figura 1-1 - Organograma do estudo - Baseado em Quivy & Campenhoutdt (1998)

Os procedimentos empregados foram pesquisa bibliográfica e documental, a partir de fontes como livros, sites, documentos públicos e artigos publicados em revistas científicas, e um estudo de caso de uma

região (Rio Grande do Norte), que incluiu entrevistas semiestruturadas e não estruturadas, com perguntas abertas e classificatórias, direcionadas a peritos com comprovado conhecimento em energia no Estado do RN e ainda um questionário direcionado à população da região em estudo representada pela comunidade académica do IFRN.

As entrevistas com os peritos foram realizadas entre maio e julho de 2015. Para a realização da entrevista foi elaborado um guião onde se incluiu uma componente semiestruturada e outra estruturada (Fontana & Frey, 2005). A componente semiestruturada inclui um conjunto de perguntas de natureza avaliativa que visaram recolher a perceção dos entrevistados relativamente a: (1) perspetivas de desenvolvimento do setor elétrico e em particular das energias renováveis; (2) barreiras e incentivos ao desenvolvimento das energias renováveis; (3) impactos positivos e negativos das energias renováveis; (4) perceção do entrevistado relativamente à aceitação social no mundo e local das energias renováveis. A componente estruturada inclui um conjunto de perguntas fechadas de natureza quantitativa onde se pretendia que o entrevistado: (1) atribuísse ponderações que refletissem a importância dada a diferentes critérios previamente identificados na literatura como relevantes para avaliação da sustentabilidade de tecnologias de produção de eletricidade e (2) classificasse as diferentes tecnologias de eletricidade de acordo com os critérios referidos. Será de referir que antes de ser aplicada, a entrevista foi testada por terceiros, como professores que não ocupavam cargo de chefia e também pelos que ocupavam cargo de chefia no IFRN, alunos do curso de doutorado e por algumas pessoas da iniciativa privada, marcando eventuais problemas na compreensão das perguntas e apresentando sugestões com as quais o guião foi melhorado.

Foi feito também um questionário, onde a coleta de dados ocorreu entre setembro de 2014 a março de 2015, implementado em uma comunidade académica, no caso, o IFRN, que abordou as tecnologias de energia eólica e solar com a finalidade de tirar conclusões sobre: (1) o nível de conhecimento destas tecnologias; (2) a perceção do impacto do desenvolvimento económico, ambiental e local; e (3) a aceitação destas novas usinas no país no RN ou município (efeito de proximidade). O questionário foi testado previamente numa amostra de inquiridos, incluindo alunos do *Campus* Mossoró do próprio IFRN e suas famílias, alunos do *Campus* Natal Central do IFRN e alguns professores do mesmo *campus*, o que permitiu validar o questionário, procedimento e aplicação.

Para interpretação dos resultados foi realizada inicialmente uma análise qualitativa das entrevistas semiestruturadas com comparação com a literatura internacional e documentação específica do Brasil, com objetivo de triangular os resultados obtidos (Enevoldsen & Sovacool, 2016). Numa segunda fase, procedeu-se à análise multicritério dos resultados das entrevistas estruturadas com avaliação da sustentabilidade de diferentes opções de geração de eletricidade e análise estatística dos resultados dos inquéritos. Finalmente, os resultados dos questionários foram analisados de acordo com diferentes testes estatísticos tendo como objetivos a obtenção de resultados estatisticamente válidos e representativos da comunidade em estudo.

A investigação seguiu assim uma estrutura típica em estudos de caso como descrito por Eisenhardt (1989) combinando diferentes métodos de recolha de dados como pesquisa bibliográfica, entrevistas e questionários com evidências qualitativas e quantitativas. Uma das principais críticas ao estudo de caso centra-se no pressuposto da impossibilidade de generalização dos resultados obtido (Flyvbjerg, 2006). No entanto, Eisenhardt (1989) descreve vários exemplos de construção de teorias partindo estudos de caso e Flyvbjerg (2006, p. 12) defende que “É possível frequentemente generalizar partindo de um único estudo de caso, e o estudo de caso pode ser central para o desenvolvimento científico (...) a generalização formal está sobrevalorizada como fonte do desenvolvimento científico, enquanto o exemplo é subvalorizado”. De facto, os estudos de caso permitem aumentar o entendimento relativamente a uma temática, simplificando processos complexos, abordando situações reais e gerando assim novo conhecimento que poderão ser uteis em situações semelhantes. Reconhece-se assim, que os resultados obtidos pelo conjunto de entrevistas e mesmo para o questionário realizado no IRFN não poderão ser generalizados a todo o Brasil nem mesmo ao Estado do Rio Grande do Norte, mas os métodos propostos, os grupos envolvidos e os resultados obtidos permitem sem dúvida trazer novo conhecimento e informação válida e relevante para a comunidade científica, decisores centrais e estaduais, investidores e *stakeholders* locais.

1.4 Organização da dissertação

De acordo com os objetivos traçados, a dissertação foi organizada da seguinte forma:

A revisão da literatura, capítulo 2, será onde o trabalho terá seu embasamento teórico, através da literatura brasileira e internacional, evidenciando a importância do envolvimento, aceitação e participação

da comunidade na tomada de decisão das políticas de implantação e operação de empreendimentos de geração de eletricidade em suas localidades, considerando o conceito de sustentabilidade. São abordados os impactos e a aceitação social da produção de eletricidade a partir de fontes renováveis no Brasil e no mundo. Este capítulo contribui assim para a identificação de critérios considerados importantes para avaliação da sustentabilidade da implantação de projetos de produção de energia elétrica.

Com base na literatura brasileira e documentos do governo, no capítulo 3, é caracterizada a matriz elétrica brasileira e do Rio Grande do Norte (RN) assim como as condições económicas e demográficas. São apresentados alguns números atuais e perspectivas futuras sobre a energia elétrica brasileira e do RN sendo referidas em particular as fontes de energia renováveis no Brasil e no RN, o seu potencial atual e projeções futuras.

No capítulo 4 é descrita a elaboração, aplicação e análise de uma metodologia participativa para avaliar aspectos da sustentabilidade da geração de eletricidade no RN, recorrendo a entrevistas com peritos. Apresenta-se o instrumento utilizado para a avaliação desta sustentabilidade, a forma de aplicação da metodologia proposta, o público-alvo escolhido e os resultados obtidos. Partindo da análise qualitativa e pela triangulação com a literatura internacional, mas sobretudo com exemplos relativos ao caso brasileiro, os resultados são analisados de modo a avaliar o potencial de desenvolvimento do setor renovável, os incentivos e barreiras e percepção relativa à importância da dimensão social no planeamento sustentável. Neste capítulo são ainda apresentados os resultados da análise quantitativa recorrendo a técnicas de multicritério para avaliação da sustentabilidade de diferentes opções de produção de eletricidade no RN.

O capítulo 5 aborda a questão da aceitação e percepção social do ponto de vista da população local centrando-se nos casos da energia eólica e solar no sistema elétrico do RN e recorrendo a questionários com validação estatística. É apresentado o instrumento utilizado para ser feita esta avaliação, é justificada a escolha do público-alvo pela caracterização do universo desse público e é detalhada a implementação dos questionários. A análise dos resultados permite avaliar o nível de aceitação destas tecnologias, justificando a percepção da população com as características socioeconómicas de diferentes grupos.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões do trabalho, contribuição da pesquisa para a comunidade científica e recomendações para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo será trabalhado o embasamento teórico da pesquisa. Foi observado, dentro deste embasamento teórico, que uma das grandes preocupações que se deve ter em fontes de energia renováveis (FER) deve recair no envolvimento das comunidades nesses projetos. As decisões políticas sobre o uso de energia sustentável devem levar em conta preocupações sociais e ambientais (Ferreira et al., 2010). Propõe-se abordar a integração das energias renováveis na matriz elétrica Brasileira, seus impactos externos e aceitação social. Para isso, será considerada a literatura internacional para a análise e seleção de metodologias que abranjam a participação da sociedade na tomada de decisão em sistemas elétricos, considerando o conceito tridimensional de sustentabilidade (Elkington, 1997) que define os três principais campos de sustentabilidade como ambiental, econômico e social, como também a definição de desenvolvimento sustentável como "...a capacidade de satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras" (United Nations, 1987, p. 27).

A progressiva aceitação do princípio do desenvolvimento sustentável tem encorajado o surgimento de novas abordagens para o planejamento elétrico. Atingir as metas de desenvolvimento sustentável implica reconhecer não só a importância dos fatores econômicos como dos impactos ambientais e da inclusão social no processo de tomada de decisão. Estes impactos ambientais e sociais são frequentemente descritos como custos ou externalidades da atividade (Ferreira et al., 2010). Deste modo, além da incerteza dos custos, aspectos sociais e ambientais representam também dimensões fundamentais a serem incluídos no processo de tomada de decisão energia, tanto do ponto de vista público como privado (Ribeiro, Ferreira, Araújo, & Braga, 2014).

A energia renovável é frequentemente associada com a produção de eletricidade limpa e livre de efeitos adversos significativos. No entanto, vários estudos têm destacado a importância da avaliação dos impactos sociais dessas tecnologias, incluindo não só os benefícios, mas também os potenciais aspectos negativos mais frequentes que afetam a população local. A matriz energética no Brasil já é constituída em grande parte por um sistema renovável suportado em energia hidrelétrica, mas outras tecnologias,

com especial ênfase na energia eólica começam a ter um papel importante, com um forte crescimento previsto nos próximos anos.

Com base na literatura brasileira e internacional pretende-se alcançar consistência científica para apresentar uma proposta de metodologia participativa de planejamento de um sistema elétrico que integre as fontes de energia renováveis, visando avaliar impactos, inferir sobre o nível de conhecimento da população, avaliar a aceitação das energias renováveis e identificar fatores condicionadores ou promotores destas. A implementação da metodologia deverá ser demonstrada no caso do Estado de Rio Grande do Norte (RN) pretendendo-se, no entanto, que tenha potencial de implementação a outros sistemas elétricos ou regiões.

Após esta introdução, será mostrado a importância das energias renováveis sobre tudo numa ótica ambiental e econômica onde se destaca o seu papel no combate às alterações climáticas e garantia de segurança de abastecimento. Serão em seguida apresentados os principais impactos da produção de eletricidade a partir de renováveis e abordada a temática da aceitação social desses projetos sendo destacada a análise do caso do Brasil. As considerações finais do capítulo resumem as principais conclusões desta revisão da literatura.

2.1 Importância das energias renováveis nos sistemas elétricos

Conforme indicado pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), aproximadamente desde 1850, o uso de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás) dominou o fornecimento de energia, levando a um rápido crescimento de emissão do dióxido de carbono (CO₂). Para Wilkinson, Smith, Joffe, & Haines (2007) o desafio passa por intensificar os esforços para lidar com os efeitos atuais do uso de energia, com as inevitáveis mudanças climáticas e aumentar os benefícios para a saúde reduzindo riscos. Em particular, devem ser adotadas medidas, com políticas de desenvolvimento econômico, mas também apontar ganhos à saúde para indivíduos mais necessitados. Os autores defendem ainda que a maioria dos graves riscos associados a saúde pelo uso de energia pelo homem são os de extração, transporte e queima de combustíveis carbonáceos.

Os gases do efeito estufa (GEE) resultantes da geração e uso de energia contribuíram significativamente para o aumento histórico das concentrações totais de GEE na atmosfera (IPCC, 2012). A estratégia de

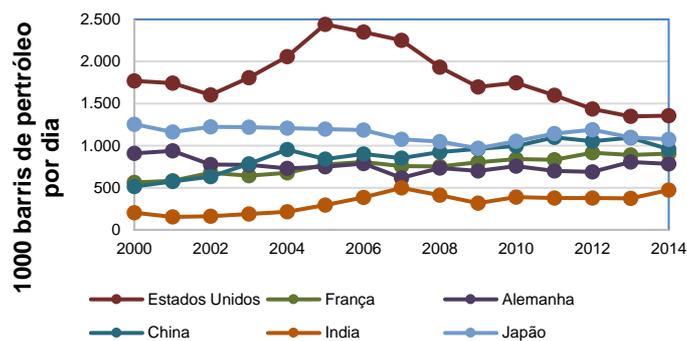
energia em relação às FER e o debate sobre os cenários renováveis nos sistemas de energia têm sido o foco de vários estudos para diferentes países em todo o mundo, a maioria deles compartilhando a conclusão de que as FER podem desempenhar um papel significativo nos sistemas futuros de energia e na redução das emissões de GEE (Cochran, Mai, & Bazilian, 2014). Brouwer, van den Broek, Seebregts, & Faaij (2014) consideram que os sistemas de energia a partir de 2030 podem ser constituídos em grande parte por dois tipos de geradores de baixo carbono: fontes de energia renováveis intermitentes, como eólica e solar fotovoltaica e geradores térmicos tais como usinas de energia com captura de carbono. De acordo com o estudo de El-Fadel, Chedid, Zeinati, & Hmaidan (2003) a mudança para fontes de energia renováveis pode virtualmente eliminar as emissões diretas. Geralmente, as fontes renováveis de energia podem oferecer reduções substanciais das emissões de GEE em comparação com o uso de combustíveis fósseis, desde que o seu desempenho económico continue a melhorar de modo a que estas se tornem economicamente competitivas no mercado. Em particular, a energia eólica tem apresentado um crescimento muito significativo nos últimos anos e de acordo com o Relatório Especial do IPCC sobre fontes renováveis de energia e alterações climáticas e mitigação (IPCC, 2012), a energia eólica oferece um potencial significativo para a redução de emissão GEE de curto prazo (2020) e longo prazo (2050).

Percebe-se ainda que a independência energética é uma meta a ser atingida, porém para tal será necessário redirecionar a produção e o uso de energia destacando-se as energias renováveis que permitem a utilização de recursos endógenos e simultaneamente poderão trazer benefícios ambientais significativos.

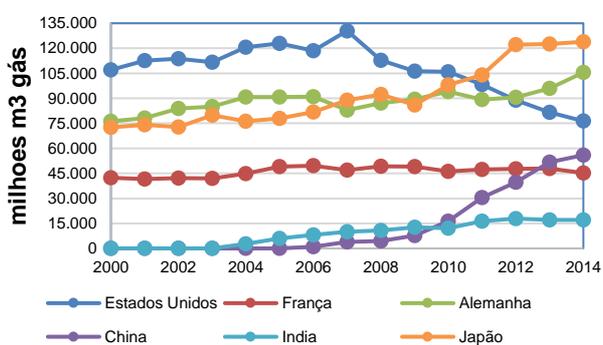
A independência de energia nos países do primeiro mundo pode ser uma meta importante, mas como uma questão prática esta independência é remota. A quantidade de petróleo importado por alguns países é tão grande que operar sem ele ao longo das próximas décadas será extremamente difícil para qualquer horizonte de avanço industrial. O quadro é semelhante se considerar os principais países industrializados. De acordo com dados do Banco Mundial², na França em 2014 as importações representavam 44% do total de energia usada no país e esse valor chegava a 61% na Alemanha e 94% no Japão. Embora as importações de petróleo e gás possam mostrar alguma redução em alguns anos, a tendência ainda não

² Dados obtidos em <http://data.worldbank.org/indicator> consultado em maio de 2016.

é evidente para a maior parte dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Figura 2-1 mostra a evolução das importações de petróleo e gás natural desde 2000 em alguns países desenvolvidos (membros da OCDE - EUA, Alemanha e França) e alguns países em desenvolvimento fortemente industrializados (não membros OCDE, China e Índia).



(a) Petróleo



(b) Gás natural

Figura 2-1 - Importações de petróleo (a) e (b) gás natural - Fonte: OPEC *Annual Statistical Bulletin*, <http://www.opec.org/>, visitado em maio de 2016

A estratégia de redução de importações de produtos elétricos deverá contribuir para os objetivos de segurança de abastecimento, passando frequentemente pelo aumento da eficiência energética e pelo crescimento do contributo das FER nos sistemas elétricos. A importância das FER na redução da dependência energética é demonstrada por Gouveia, Dias, Martins, & Seixas (2014) que mostram que a

integração das FER no sistema elétrico português permitiu reduzir a dependência energética externa em mais de 20% entre 2004 e 2011.

Sendo as FER uma estratégia prioritária no combate às alterações climáticas e na segurança do abastecimento pela redução das importações fica evidente a sua importância ao nível ambiental e económico. Será agora importante avaliar os seus impactos e a forma como são vistas pelas populações e diferentes *stakeholders*.

2.2 Impactos da produção de eletricidade a partir de fontes de energias renováveis

Investir numa economia de baixo carbono cria riscos e oportunidades. De acordo com Fankhaeser, Sehlleier, & Stern (2008), um dos benefícios mais importantes de políticas de energia renovável é a inovação, que exige mudança técnica adaptada a uma nova estrutura de mercado. Além disso, a busca por novas tecnologias e processos aumenta a procura por mão-de-obra qualificada. Nesta linha, a geração de emprego impulsionada pela ascensão das energias renováveis tem sido bastante discutida pela comunidade académica (Wei, Patadia, & Kammen, 2010); (Sastresa, Usón, Bribián, & Scarpellini, 2010); (Lehr, Lutz, & Edler, 2012).

del Río & Unruh (2007), chamam à atenção para o facto dos benefícios socioeconómicos das energias renováveis não dependerem apenas do tipo de energia, como geralmente tem sido anunciado, mas sim de vários fatores. As características socioeconómicas específicas das regiões em questão, incluindo a estrutura de produção da área, as relações entre as partes interessadas e a participação dos atores locais no projeto de energia renovável pode desempenhar um papel relevante neste sentido. Utilizando três estudos de caso em três locais diferentes, del Río & Burguillo (2009), verificaram que a contribuição das energias renováveis para as dimensões económica e social do desenvolvimento sustentável pode ser significativa. Constataram que a literatura tem centrado muito nos efeitos diretos de emprego associados à implantação de energia renovável como a contribuição mais importante para a sustentabilidade. Os autores consideram que este é o benefício mais relevante desse tipo de projeto, no entanto, mostraram também que uma grande variedade de outros benefícios tangíveis e intangíveis deve ser considerada, incluindo a geração de rendimento que complementa e diversifica as formas de remuneração da população local. Acrescentam ainda que apesar de projetos de energia renovável poderem dar um contributo significativo para a sustentabilidade das comunidades rurais, não devem ser considerados

como panaceias para resolverem os graves problemas socioeconómicos dessas áreas. Para concluir eles referem: “De facto, a energia renovável poderia ser um dos pilares (mas nunca o único) em que basear o desenvolvimento económico dos países a médio e longo prazo, tendo em conta que o setor é altamente dinâmico e tem enormes perspectivas de crescimento em todo o mundo” (del Río & Burguillo, 2009, p. 1325).

As energias renováveis apesar de serem consideradas “energias limpas”, não estão imunes a impactos ambientais. Em particular os parques eólicos estão ainda associados a alguns impactos que importa levar em consideração (Katsaprakakis, 2012). Garcia, Canavero, Ardenghi, & Zambon (2015) referem a relocação de habitantes, geralmente causada pela construção das infraestruturas permanentes dos parques eólicos, como estradas de acesso e bases de turbinas eólicas, assim como as aves que começam a evitar um parque eólico e áreas circundantes, mudando suas rotas normais, são impactos a serem considerados. No caso de atitudes em relação a projetos de energia eólica, por vezes, um tipo de valor ético e estético, por exemplo, o desejo de preservar "intocado" um determinado local ou uma área de beleza natural, é visto como estando em oposição, por exemplo, ao desejo de reduzir os impactos negativos sobre o clima (Waldo, 2012). Em países da OCDE os impactos percebidos na comunidade, como aspetos visuais, mas também a preocupação com mortes de pássaros e morcegos têm impacto significativo na aceitação da tecnologia eólica (Moriarty & Honnery, 2016). É assim fundamental que a localização da central eólica e a distribuição dos aerogeradores que a compõem sejam definidos com base em apurado estudo ambiental (Filho & Azevedo, 2013).

Pedersen & Larsman (2008) constataram que, em locais onde os parques eólicos são percebidos como tendo um impacto visual negativo, a probabilidade da irritação do ruído, independentemente do nível de pressão sonora, é aumentada. Também King, Pilla, & Mahon (2012), em um trabalho sobre o ruído em parques eólicos na Irlanda, constataram que o ruído e impacto visual são os efeitos negativos mais comuns relacionados a parques eólicos. Referiram ainda que quando o vento sopra o ruído das turbinas podem ser mascarados pelo ruído do vento, especialmente se existe uma abundância de vegetação na área. Os impactos técnicos não devem também ser descurados. Segundo del Río & Unruh (2007) o problema da ligação à rede elétrica é uma barreira para a futuro da difusão da energia eólica. Deste modo, devem ser garantidos reforços na rede assim como também a agilização de procedimentos de acesso à rede estabelecida.

Os parques eólicos são muito questionados pela mudança na paisagem. Park & Selman (2011) realizaram uma pesquisa para a medir a atitude do público e aceitação da mudança da paisagem em áreas rurais na Inglaterra. Os autores concluíram que mudança da paisagem pode não ter sido considerada como unicamente negativa ou algo a ser evitada e que os que moram em áreas urbanas são mais propensos a aceitar mudança da paisagem do que aqueles que vivem em zona rural. Para promover a aceitação para a mudança da paisagem, os autores sugerem que o caminho deverá ser através da educação com enfoque nas gerações mais jovens. Para Pasqualetti (2011), a mudança da paisagem esbarra na imutabilidade, ou seja, parte da condição humana em acreditar que as paisagens com as quais se estar familiarizada não vão mudar ao longo do tempo. O autor também cita que a imposição também representa algo negativo, levando a crença de que projetos eólicos são ideias de outras pessoas, para o benefício de outras pessoas, e para o lucro de outras pessoas.

Há também que reconhecer impactos positivos trazidos pelas FER. No caso dos parques eólicos, as características da tecnologia permitem que os terrenos ocupados sejam ainda assim utilizados para atividades agrícolas ou pastorícia, por exemplo. Ainda pode proporcionar a utilização da mão-de-obra local para as obras de construção civil e estímulo ao comércio. Outras receitas são geradas resultantes dos contratos de arrendamento dos terrenos diretamente destinados ao parque eólico, criação de postos de trabalho para a operação e manutenção do parque, estradas, turismo, aumento de capacidade de produção de energia, dentre outras (Langaro & Balbinot, 2008). A mão-de-obra empregada nesses parques, normalmente em locais de pouca densidade demográfica, gera potencial para capacitação dos nativos dessas diversas localidades. Além de geração de emprego na construção, a maioria de caráter temporário, há oportunidade de emprego na operação e manutenção das usinas, em menor número (Simas, 2012).

Analisando o caso particular do País de Gales Munday, Bristow, & Cowell (2011) concluíram que as necessidades económicas das comunidades rurais afetadas por empreendimentos de FER são difíceis de se reconhecer, mesmo onde havia consulta prévia específica sobre o que a comunidade queria. Os autores dizem ainda que, de modo mais geral, o resultado do desenvolvimento económico de projetos de geração eólica é relativamente limitado. Os valores colocados em fundos de benefício da comunidade são bastante baixos quando comparados com os potenciais retornos.

Diversas tecnologias de FER têm também impactos significativos ao nível da utilização do terreno. Chen & Önal (2016) referem, por exemplo, que ao desviar terras de culturas alimentares para a produção de biocombustível, aumentaria os preços de milho e soja em 30% e 21% respetivamente, até 2022 em comparação com os preços das commodities que ocorreriam sem qualquer biocombustível. Mahtta, Joshi, & Jindal (2014) referem que o verdadeiro potencial solar é também limitado pela disponibilidade de terras, eficiência de conversão, topografia e quantidade mínima de radiação necessária para instalar uma usina de energia solar.

No caso das grandes centrais hidrelétricas estas inundam florestas e em alguns casos, cidades inteiras são realocadas. Adicionalmente, levam frequentemente à destruição de ecossistemas naturais com impactos na população de peixes e outras espécies endógenas (Fearnside, 2014). Diversos estudos em diferentes países e regiões põem em evidência a magnitude dos efeitos das grandes barragens com impactos ambientais e sociais significativos que resultam também em custos acrescidos sobretudo para a população local. Tajziehchi, Monavari, Karbassi, Shariat, & Khorasani (2013) referem-se às alterações de larga escala dos terrenos, deslocalização de população indígena, perda de biodiversidade e consequências socioeconómicas e culturais para as populações.

A solução para a degradação ambiental, devido à crescente necessidade de energia, carece de uma abordagem equilibrada. É importante classificar de forma abrangente as várias tecnologias de geração de energia elétrica com base em sua compatibilidade com o desenvolvimento sustentável. No decorrer da sua pesquisa Maxim (2014) constatou que grandes projetos hidrelétricos são o tipo de tecnologia mais sustentável, seguido de pequenas centrais hidrelétricas, eólica *onshore* e energia solar fotovoltaica (SPV). Onat & Bayar (2010), num estudo sobre os indicadores de sustentabilidade de sistemas de produção de energia, concluíram que, no que diz respeito aos parâmetros de sustentabilidade, tais como a emissão de CO₂, uso da terra, a produção de energia, o consumo de água doce e os efeitos ambiental e sociais, a energia eólica e as centrais de energia nuclear têm os mais altos indicadores de sustentabilidade. As células de combustível que usam hidrogénio obtido a partir do carvão e do gás natural são as mais desfavoráveis no que diz respeito à sustentabilidade. Citam ainda que as fontes de energia renováveis são tecnologias sustentáveis e que o uso do carvão na produção de energia elétrica será abandonado completamente em 2050. Deste modo, o tema da avaliação da sustentabilidade de tecnologias de geração de eletricidade está longe de ser consensual e depende dos critérios considerados e mesmo na importância relativa a eles atribuída.

Udaeta (1997), cita aspetos que identificam uma política energética com base na sustentabilidade e que deverão ser considerados como impactos a ter em conta numa análise da sustentabilidade de cenários ou opções de produção de eletricidade:

- Garantia de suprimento, através da diversificação das fontes, novas tecnologias e descentralização da produção de energia;
- Uso, adaptação e desenvolvimento racional de recursos;
- Custo mínimo da energia;
- Valor agregado a partir dos usos, gerados pela e na otimização dos recursos;
- Custos reais da energia, contemplando impactos ambientais e sociais, devido a represamento, extração, produção, transmissão e distribuição, armazenamento, e uso das energias negociadas no mercado, inclusive definindo métodos específicos de internalização das externalidades.

A maioria dos estudos de investigação sobre as energias renováveis estão focados em aspetos técnicos e económicos e os aspetos sociais das decisões de energia são muitas vezes difíceis de avaliar (Ribeiro et al., 2011). Em linha com esse argumento Conrad & Henner (2011) consideram que tem sido dada prioridade aos impactos técnicos e económicos, mas as preocupações com aspetos sociais precisam também de ser equacionadas. Para alcançar o sucesso de tais projetos de energia, deve ser levado em consideração uma maneira de garantir a aceitação dos projetos e evitar possíveis reações negativas da população (Devine-Wright, 2013). Ribeiro et al. (2011), enfatizaram igualmente a inclusão da dimensão social no planeamento de sistemas de energia como um problema, tanto do ponto de vista do decisor central como do investidor privado. Em consonância com isso Assefa & Frostell (2007) concluíram que tanto o setor público como o privado, envolvidos na pesquisa e desenvolvimento de tecnologias ambientalmente sustentáveis e economicamente viáveis devem considerar os aspetos sociais desde o início. Embora estes estudos sociais possam consumir recursos financeiros, o custo de realizar a avaliação torna-se bastante baixa em comparação com o custo de atrasar a introdução das tecnologias. Os autores também destacaram a importância de sensibilizar e conquistar a opinião pública para as tecnologias, reduzindo o tempo entre a primeira discussão e implementação. Para o caso da energia eólica, del Río & Unruh (2007) defendem que as campanhas de sensibilização sobre os benefícios desta tecnologia poderão favorecer a aceitação de turbinas eólicas no futuro, quando a sua presença na paisagem será generalizada. Isso evitaria alguns dos problemas encontrados em alguns países de oposição da sociedade.

Kaldellis, Kapsali, Kaldelli, & Katsanou (2013) referem que, considerando a situação atual da indústria de energia elétrica, no nível nacional e internacional, fica evidente que a integração em larga escala de utilização de energia renovável é imprescindível tendo em vista a contribuição para o desenvolvimento sustentável da sociedade. Neste contexto, vários investidores privados e públicos têm investido em instalações de produção com base em fontes renováveis, um esforço que muitas vezes tem suscitado oposição séria local. Segundo os autores, a experiência tem mostrado que a opinião pública é geralmente considerada como altamente instável. Para Parker (1999) a opinião pública, na verdade, depende de vários fatores, tais como ignorância ou desinformação dos benefícios da tecnologia empregada, as condições ambientais locais, políticas energéticas nacionais ou a experiência das pessoas com este tipo de projetos, dentre outros. Deste modo, as posições da população estão continuamente mudando, sendo reformuladas e repensadas em resposta à evolução das circunstâncias, o que aumenta a complexidade dos processos de avaliação da aceitação social das diferentes tecnologias.

No Brasil embora aparentemente as populações não rejeitem projetos de FER, a literatura internacional mostra que esta não é uma verdade absoluta. Aspectos relacionados a valores e até mesmo as condições socioeconômica podem influenciar nesse comportamento. Não se tem notícia de estudos, mais acurados, realizados no Brasil voltados para esta vertente.

2.3 Aceitação social de projetos de produção de eletricidade a partir de fontes de energias renováveis

A aceitação social de projetos de FER não é sempre clara e certa. Muitas comunidades rejeitam estes empreendimentos perto de suas casas, com este fenômeno sendo frequentemente descrito como “não no meu quintal” reconhecido pela sigla em inglês a como síndrome NIMBY- *Not In My BackYard* (Devine-Wright, 2013) que poder surgir relacionada com diferentes tecnologias de produção de eletricidade incluindo as FER como a biomassa, hídrica, parques eólicos e até mesmo centrais fotovoltaicas (Fast, 2013). Diferentes estudos têm demonstrado que as características socioeconômicas das populações influenciam claramente o nível de aceitação e motivações para centrais de FER. Shamsuzzoha, Grant, & Clarke (2012), analisaram a aceitação social das FER em áreas rurais da Escócia (no distrito de Clydesdale) caracterizada pela falta de fornecimento de energia. Os autores fizeram uso de entrevistas e questionários com a população local. De acordo com os resultados, muitas pessoas foram motivadas a

usar FER na Escócia rural devido a deficiências na rede e também as implicações ambientais. Ribeiro et al (2014) demonstraram que em Portugal que o nível de aceitação das FER é muito alto com a população reconhecendo os ganhos ambientais e sociais destes projetos. O envolvimento da comunidade desempenha um papel crucial na determinação da aceitação de energias renováveis e a opção pela descentralização do uso de energia renovável pode ser a melhor maneira de promover estas tecnologias e simultaneamente apoiar o desenvolvimento de áreas rurais.

Musall & Kuik (2011) referem o caso particular das metas Alemãs para a próxima década que exigem um aumento substancial da capacidade de energia renovável instalada. Embora o apoio público a essas medidas seja alto em um nível abstrato, a situação no contexto local é muito diferente. Aqui, o impacto da energia renovável pode provocar resistência. Os autores referem a possibilidade de recorrer a um modelo de propriedade em comunidade no sentido de ter um efeito positivo sobre a aceitação, fornecendo evidências de que a copropriedade é um meio de conciliar aceitação local com uma maior utilização de energias renováveis.

Sardianou & Genoudi (2013) realizaram um trabalho na Grécia sobre fatores determinantes da disponibilidade dos consumidores em adotar as energias renováveis no setor residencial. Neste trabalho os autores observaram que a idade é um fator estatisticamente significativo na adoção de FER no sector residencial. Os consumidores mais jovens estão menos dispostos a pagar mais do que os consumidores de meia-idade. Também perceberam que os consumidores com maior escolaridade são mais propensos do que outros para implementar FER em suas residências.

Assefa & Frostell (2007) estudaram o caso das tecnologias de energia no município de Kil, no oeste central da Suécia, recorrendo a um questionário. Três indicadores foram selecionados como relevantes para os fins deste estudo: o conhecimento, a percepção e o medo. Os resultados demonstraram que não é fácil para os entrevistados envolverem-se em discussões básicas sobre tecnologias energéticas do futuro. Essa falta de conhecimento desencoraja a participação nas discussões e decisões sobre a priorização de tecnologias futuras e em que investir dinheiro público. Foi observado que os entrevistados eram favoráveis a novas tecnologias de energia em geral. No entanto, quando se fala em tecnologias específicas, as preferências recaíram sobre as tecnologias já estabelecidas. Essa dificuldade é expressa nos comentários adicionais dos entrevistados, tais como: "É um pouco difícil de responder a perguntas sobre coisas que não está familiarizado". "Eu considero-me uma pessoa bem informada, mas ainda

assim eu nunca ouvi falar dessas coisas”. Estes comentários e outros semelhantes indicam a necessidade de os decisores e promotores de tecnologias de FER chegarem ao público com informações sobre novas tecnologias e também ouvirem as opiniões que o público e alguns *stakeholders* podem ter sobre cada projeto. Um outro comentário preocupante foi o de um entrevistado que relutou em responder o questionário: "Quem se importa com o que eu penso?". Este comentário sugere que há uma falha na incorporação do que o público pensa sobre decisões de vários sistemas técnicos.

2.4 O caso do Brasil

Apesar dos custos da energia eólica vir diminuindo vertiginosamente, percebe-se queda expressiva no preço do MWh contratado nos últimos leilões de energia (Oliveira & Araújo, 2015), o alto custo de produção de eletricidade a partir do vento foi o principal obstáculo para o desenvolvimento da energia eólica no Brasil, particularmente dada a opção da hidráulica com grande potencial inexplorado e menores custos (Pereira, Camacho, Freitas, & Silva, 2012). No entanto, Schmidt, Cancelli, & Pereira Jr (2016) consideram que existem muitas opções para expansão de capacidade de geração no Brasil. Os autores afirmam que existe ainda um potencial hidrelétrico inexplorado e recursos de energia eólica significativos, como também produção de energia térmica, devido à disponibilidade de campos de gás. Há também uma possível expansão das nucleares e biomassa sem falar no potencial técnico solar.

Echegaray (2014) defende que o sucesso de tecnologias de energias renováveis, tais como a solar fotovoltaica, depende criticamente da sua aceitação pelos consumidores e clientes. Mesmo em contextos favoráveis, a sua implementação enfrenta muitos desafios, incluindo o fraco conhecimento e percepções dos erros das partes interessadas brasileiras. O autor refere ainda que as descobertas apontam para a aprovação favorável da energia eólica e energia solar no Brasil, mas também concluiu que são necessários esforços para educar o público. No seu trabalho Echegaray (2014) discute ainda como a pesquisa de mercado tem sido fundamental para o desenvolvimento do primeiro empreendimento SPV no Brasil, identificando as crenças do público, o nível de apoio às energias alternativas, testando as reações a uma fonte de energia com rótulo ecológico, proposta como ferramenta fundamental de comunicação. O estudo revela uma lacuna de avaliação entre o conceito e o rótulo ecológico, o que levou a um novo design do rótulo ecológico capaz de enfrentar melhor as crenças desfavoráveis, melhorando a aceitação geral.

O envolvimento da população local em novos projetos é uma estratégia sensata no Brasil como mostram Els, Vianna, & Jr. (2012). Os autores concluíram que os mais bem-sucedidos projetos de eletrificação rural na Amazônia foram executados como projetos de desenvolvimento local, levando em consideração aspectos técnicos, socioeconômicos, culturais e com a participação expressiva das comunidades locais. Também Andrade, Rosa, & da Silva (2011) chamaram à atenção para a importância de se levar em conta características e necessidades das sociedades para projetos de geração de energia elétrica em comunidades rurais isoladas na Amazônia, juntamente com capacitação e envolvimento dos cidadãos nas possibilidades de desenvolvimento específicos para assegurar benefícios diretos para a população local.

Num estudo de Mendes, Gorayeb, & Brannstrom (2016) sobre o impacto de aerogeradores no litoral do Estado do Ceará, foi concluído que a aplicação de metodologias participativas ajuda na solução de problemas e demandas de comunidades locais. A comunidade estudada mostrou-se motivada em colaborar com a gestão do território, evidenciando que metodologias participativas contribuem na resolução de conflitos, sobretudo em comunidades de pescadores tradicionais, como a do litoral cearense.

O relatório recente de Oliveira & Araújo (2015) para o setor eólico no RN destacou um sentimento geral positivo para esta tecnologia indicando que é bem aceita por grande parte da população e representa uma oportunidade para o desenvolvimento local, um dos mais pobres Estados do Brasil. Em 2011, o produto interno bruto (PIB) *per capita* do RN foi de 52% do PIB *per capita* do país. De acordo com o Censo de 2010, o analfabetismo ainda atingiu mais de 17% da população do RN contra um valor médio de 9% para o Brasil (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, <http://www.ibge.gov.br>, consultado em fevereiro de 2016). Este último aspecto está fortemente relacionado a uma das barreiras para ocasionar o desenvolvimento de energia na região apontado por Oliveira & Araújo (2015), que é a falta de trabalhadores qualificados. Os autores destacam a necessidade de empresas e trabalhadores especializados, que possam trazer importantes oportunidades para empresas locais e para o desenvolvimento econômico do Estado. As instituições acadêmicas locais têm, então, um papel fundamental para garantir que essas oportunidades trazidas pelos investimentos das FER cheguem a população local através de formação especializada, contribuindo para a divulgação, esclarecimento público e conscientização da comunidade sobre esses projetos.

Apesar da visão positiva dos estudos anteriormente referido para o Brasil, Brown (2011) descreveu o crescente movimento de oposição pública à indústria de energia eólica no Estado brasileiro de Ceará. Neste estudo, os especialistas profissionais e promotores de energia eólica locais foram convidados a identificar os impactos positivos e negativos do uso de energia eólica. Inúmeros benefícios associados à qualidade ambiental regional e à criação de emprego foram apontados, embora em números decepcionantes face às estimativas do governo. Muitos impactos negativos também foram detetados, incluindo o bloqueio do acesso às zonas de pesca, danificando casas e infraestrutura local, intimidação de apoiantes de parques eólicos e benefícios locais fugazes ou insignificantes. No geral, os autores identificaram um desequilíbrio sobre os impactos da energia eólica no Nordeste do Brasil: os benefícios foram distribuídos de maneira regional, mas os impactos negativos dos parques eólicos foram voltados para os residentes locais.

Silva, Rosa, Freitas, & Pereira (2013) relataram também alguns conflitos sociais em regiões brasileiras devido a questões de terra, reconhecendo que, não obstante a importância da aceitação social da energia eólica para o desenvolvimento do setor no país, a questão não foi devidamente abordada por agências de licenciamento ambiental. Os autores também reconheceram que os processos de audiências públicas precisam ser melhorados, uma vez que as tecnologias de FER para serem bem-sucedidas e amplamente utilizadas devem ser aceites a nível local. Simas & Pacca (2013) citam um aspecto importante que é o arrendamento de terras por parques eólicos. Uma vez que aerogeradores ocupam apenas uma pequena fração da área e a receita de arrendamento de terras pode ser investido em outras atividades produtivas na propriedade.

Existem assim alguns exemplos focados nos impactos locais das centrais eólicas em diferentes regiões do Brasil. No entanto, estudos científicos direcionados para inclusão da dimensão social no planeamento de sistemas de energia ainda são insipientes a nível nacional e dos diferentes Estados. Não há registo formal de consulta ou envolvimento da população quando se deseja implantar novos projetos de energia em regiões do país. Uma prova desse fato pode ser observada pelos graves problemas que o governo brasileiro teve que enfrentar com a construção de uma hidrelétrica na região Norte do país, a Hidrelétrica de Belo Monte. Relativamente a isso, uma reportagem do Jornal Correio Brasiliense³ apresenta uma

³ Étore Medeiros, Conflitos agravam impasse nas obras da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, <http://www.correiobrasiliense.com.br>, publicado em 01/01/2014, consultado em março de 2014.

critica do consultor do Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas, Carlos Bittencourt que diz “(Os índios) são vistos como pequenas pedras no caminho, que com uma mão se retiram e se lançam fora”. Diz ainda que “O modelo de desenvolvimento atual vai matando tudo o que é autenticamente brasileiro - as populações indígenas e sua cultura, a biodiversidade, nossos gigantescos mananciais e rios - em nome da lucratividade de uns poucos”. Percebe-se que os empreendimentos na área de energia são vistos como sendo feitos a revelia das populações nativas.

O envolvimento da população para garantir a aceitação social e a confiança nos projetos deverá ser sustentada numa gestão dos empreendimentos com efetivos ganhos para essa população local. Alguns exemplos, de má gestão dos benefícios que esses empreendimentos podem trazer e gerar desconfiança, prendem-se com o mau uso dos *royalties* do petróleo em algumas cidades do Estado do RN. Em 2012, uma dessas cidades foi notícia com denúncia de corrupção e má utilização dos recursos provenientes dos *royalties*. Esta cidade era em 2012 o 25º município do Brasil em PIB *per capita*, ultrapassando mesmo cidades como São Paulo (maior cidade do Brasil). No entanto, segundo dados do senso do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, os analfabetos representavam mais de um quinto (24,06%) da população (o dobro da média brasileira) e mais de um décimo da população (14,8%) viviam na extrema pobreza⁴.

Demonstra-se assim a necessidade da cidade citada no exemplo anterior e muitas outras que ainda não foram contempladas com projetos de geração de energia renovável, terem seus gestores acompanhados por pesquisadores de características multidisciplinares, com o propósito de apresentar alternativas de políticas públicas que envolvam e atinjam toda comunidade e que também possam verdadeiramente ser transformadoras. Soluções de sucesso para os problemas ambientais só podem ser alcançadas não só por intervenção governamental e regulamentos aplicáveis, mas também através da participação de toda a sociedade (Esengun, Sayili, & Akca, 2006).

Quando a oposição à energia eólica surgiu em países ditos mais ricos, geralmente estava centrada em preocupações estéticas (Brown, 2011). Em vez disso, o estudo de Brown (2011) para o Brasil demonstra que a oposição se centra em questões de natureza local e à reconhecida falta de contribuições ao

⁴ Informação retirada de Revista Exame - Edição de 27/08/2012 e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (Senso de 2010), <http://www.ibge.gov.br/>, visitado em março de 2014.

desenvolvimento local. Deste modo, os principais impactos negativos dos empreendimentos eólicos no Nordeste brasileiro não advêm das características inatas de tecnologia eólica. Não se estão encenando bloqueios por causa da estética, mas devido a escolhas particulares de planeamento de projetos feitos por empresas e aos encargos que são impostos aos moradores mais humildes. O autor mostra ainda que os moradores locais ainda não foram seriamente incluídos no planeamento dos projetos. Estes poderiam fornecer orientações sobre implantação, os direitos de acesso local, transporte de equipamentos de construção e ajuda ao desenvolvimento local. Os responsáveis pelas centrais de energia eólica poderiam dar melhor apoio ao desenvolvimento económico local através da criação de programas de formação profissional, promovendo políticas de arrendamento local, garantindo direitos de acesso à pesca e estabelecendo um fundo de longo prazo para investimentos em escolas locais, saúde e infraestrutura.

2.5 Considerações finais

Este capítulo tratou do embasamento teórico da pesquisa. Recorreu-se a literatura brasileira e internacional com a finalidade de dar sustentação teórica ao trabalho. Buscou-se verificar o que está documentado em termos de impactos provocados pela produção de eletricidade a partir de FER e a aceitação social dessas tecnologias. Ficou evidenciado que as decisões políticas sobre FER devem levar em conta preocupações sociais e ambientais, considerando o conceito tridimensional da sustentabilidade. Ficou evidente também que o uso de combustíveis fósseis acarreta o crescimento de emissão do dióxido de carbono (CO₂) e a geração de energia contribui significativamente para o aumento de GEE na atmosfera. É importante dar uma atenção especial também às tecnologias de energia renovável que não estão totalmente isentas de danos ambientais e sociais sendo necessário que os trabalhos de investigação vão além dos aspetos técnicos e económicos procurando modelos de avaliação que permitam contribuir para o desenvolvimento sustentável do setor elétrico. Reconhece-se que os aspetos sociais nas decisões sobre energia precisam ser incluídos e muitas vezes são difíceis de avaliar, mas existe já uma extensa literatura sobre a temática centrando-se não apenas na avaliação de impactos, mas também na proposta de metodologias para envolvimento da população local, procurando garantir a aceitação social destes empreendimentos e evitar possíveis reações negativas da população.

O caso do Brasil reveste-se de particular importância pelo esperado desenvolvimento do setor renovável nos próximos anos. Alguns estudos apontam já para focos de resistência local ao desenvolvimento de parques eólicos a que não será alheia a falta de envolvimento das populações locais nos processos de decisão. É consensual entre os autores que este envolvimento é fundamental para garantir a aceitação social e uma partilha de benefícios justa que permita assegurar o desenvolvimento local. Tendo em consideração a importância da temática das energias renováveis no setor elétrico do Brasil e em particular do RN identificam-se duas áreas de pesquisa inter-relacionadas que serão exploradas nos capítulos seguintes: (1) a identificação dos impactos e análise das metodologias seguidas na avaliação destes impactos em projetos e tecnologias de produção de eletricidade com especial destaque para as FER (2) a questão da aceitação destes projetos FER pela comunidade e fatores condicionantes ou promotores dessa aceitação.

CAPÍTULO 3

3. MATRIZ ELÉTRICA DO BRASIL

Neste capítulo serão apresentadas a caracterização da matriz elétrica do Brasil e do Rio Grande do Norte (RN). Será feito um levantamento baseado em pesquisas bibliográficas e documentos oficiais, para que se tenha uma ideia da situação da geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica no Brasil e no RN, atual e perspectivas futuras e também a situação e a importância do setor das energias renováveis no presente e no futuro.

Após esta introdução será apresentada uma perspectiva histórica da matriz elétrica brasileira. Na sequência será descrito esse sistema elétrico destacando-se o papel das energias renováveis que serão abordadas na secção seguinte, detalhando em particular a importância da energia hídrica, eólica, solar e biomassa na produção de eletricidade. O caso do Rio Grande do Norte é abordado nas secções finais procurando apresentar um enquadramento económico e geográfico do Estado e a caracterização do seu sistema elétrico. No final apresentam-se algumas notas conclusivas.

3.1 Histórico da matriz elétrica brasileira

No ano de 1934 foi promulgado o Código de Águas, marco inicial da regulamentação da indústria de energia elétrica no Brasil. A energia no Brasil, por muito tempo, foi gerida pelo Ministério da Agricultura, caracterizando a falta de prioridade, dada pelos gestores públicos a este setor. Apenas em 1961 foi criado o Ministério de Minas e Energia (MME). Em 1990 o MME foi extinto e suas atribuições foram transferidas ao Ministério da Infraestrutura. Em 1992 o Ministério de Minas e Energia voltou a ser criado.

O MME tem como empresas vinculadas a Eletrobras⁵ e a Petrobras⁶, ambas de economia mista. A Eletrobras, por sua vez, controla as empresas Furnas Centrais Elétricas S.A., Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica (CGTEE), Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A. (ELETROSUL) e Eletrobras Termonuclear S.A. (ELETRONUCLEAR). São também vinculadas três instituições: as agências nacionais de Energia Elétrica (ANEEL⁷) e do Petróleo (ANP⁸) e o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM⁹) (MME - <http://www.mme.gov.br/>, consultado em outubro de 2014).

Na década de 70, o mundo era muito dependente do petróleo (Fantine & Alvin, 2008). Em 1973, a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) aumentou de forma exagerada o preço do barril de petróleo no que foi o primeiro choque petrolífero. A reação brasileira (que estava sob o domínio dos militares) a este fenômeno foi de intensificação da construção de hidrelétricas (construção de Itaipu Binacional) e a construção das usinas nucleares de Angra para diminuir a dependência do petróleo na matriz energética nacional. Iniciou-se também, neste período, o incentivo da extração de petróleo em águas profundas (Conte, 2013).

⁵ A Eletrobras instituiu-se oficialmente em 11 de junho de 1962. Atualmente, a companhia controla 12 subsidiárias, uma empresa de participações (Eletrobras Eletropar), um centro de pesquisas (Eletrobras Cepel, o maior do ramo no hemisfério Sul) e ainda detém metade do capital de Itaipu Binacional, em nome do governo brasileiro ("ELETROBRAS," 2010).

⁶ A Petrobras, Petróleo Brasileiro S/A foi criada em 3 de outubro de 1953. Responsável pela execução do monopólio estatal do petróleo para pesquisa, exploração, refino do produto nacional e estrangeiro, transporte marítimo e sistema de dutos (Petrobras, 2013).

⁷ A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi instituída em 26 de dezembro de 1996. Uma autarquia sob regime especial, com a finalidade de regular e fiscalizar a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as Políticas e Diretrizes do Governo Federal ("ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica," 2014).

⁸ A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), implantada em 14 de janeiro de 1998 é o órgão regulador das atividades que integram a indústria do petróleo e gás natural e a dos biocombustíveis no Brasil. Tem como finalidades: regular, contratar e fiscalizar o funcionamento das indústrias e do comércio de óleo, gás e biocombustíveis ("ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis," 2014).

⁹ O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) foi criado por decreto em 08 de março de 1934, decreto este que não está mais em vigor - Situação: Revogado(a). Em 13 de abril de 1992 o DNPM passa a ser incorporado ao Ministério de Minas e Energia. Cujas missões é gerir o patrimônio mineral brasileiro de forma sustentável, utilizando instrumentos de regulação em benefício da sociedade ("DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral,").

No Brasil, o potencial energético é considerado “Bem da União Federal”. Conforme a Constituição Federal de 1988 o Estado possui a soberania e jurisdição do que é considerado uso de bens da União Federal com sua origem legal no art.20: São bens da União: “(...) VIII - os potenciais de energia hidráulica; IX - os recursos minerais, inclusive os do subsolo; (...) § 1º - É assegurada, nos termos da lei, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, bem como a órgãos da administração direta da União, participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de outros recursos minerais no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, ou compensação financeira por essa exploração” (Constituição de 1988¹⁰).

Tramita atualmente no congresso uma Proposta de Emenda à Constituição (PEC) 97/2015, que transforma também o potencial de energia eólica em “Patrimônio da União” (www.camara.gov.br/ consultado em maio de 2016). Isso garante que a exploração da energia eólica para geração de eletricidade (os chamados *royalties*) seja compartilhada entre a União, Estados, Distrito Federal e Municípios. É importante salientar que o Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), cuja cobrança incide diretamente na conta de energia elétrica, repassando o valor ao Governo Estadual, é pago onde ocorre o consumo da energia (ANEEL, 2011) e não para o Estado onde ocorre a produção.

Na década de 1990 o Brasil viveu um clima de mudanças no setor elétrico. O modelo monopolista, sob o controle de empresas públicas, migrou para empresas do setor privado, onde a concorrência era estimulada. O desmembramento do setor elétrico brasileiro em segmentos de geração, transmissão e distribuição era o propósito do processo de privatização que se iniciava. Verificou-se neste momento a eminente possibilidade de falha de abastecimento em consequência de não terem ocorrido investimentos no setor desde os meados da década de 1980, especialmente em geração (Aguiar, 2004). As privatizações concentraram-se no segmento de distribuição. A tática das novas controladoras das concessionárias privatizadas foi a de adotar uma política de distribuição de lucros aos acionistas, com o objetivo de reduzir o tempo de retorno dos investimentos (Rosa, Tolmasquim, & Pires, 1998). Com a Lei nº 9.427, de dezembro de 1996, que instituiu ANEEL determinou-se que a exploração dos potenciais hidráulicos fosse concedida por meio concorrência ou leilão, em que o maior valor oferecido pela outorga

¹⁰ Constituição Brasileira de 1988 - http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm - consultado em fevereiro de 2016

(Uso do Bem Público) determinaria o vencedor. Esta implantação, de concorrência ou leilões, marcou a retomada da responsabilidade do planejamento do setor de energia elétrica pelo Estado.

No ano de 2001 ocorreu uma grande crise no setor elétrico brasileiro, levando o governo a decretar racionamento de energia. Com esta crise foram adotadas medidas para otimização do modelo do setor elétrico composto quase integralmente por hidroelétricas e deste modo, muito dependente do clima e do nível dos rios. Foi então instituído o Programa Prioritário de Térmicas, utilizando principalmente usinas a gás natural (Bardelin, 2004). Este programa contava com inúmeros atrativos ao setor privado, como o apoio da Petrobras e financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Económico e Social (BNDES) e Eletrobras. Mesmo assim, estas vantagens não foram capazes de vencer a desconfiança dos investidores. Na verdade as termelétricas foram viabilizadas por ações diretas da Petrobras (Oliveira & Araújo, 2015).

Desde 2004, existe no Brasil um novo modelo institucional para o setor elétrico que se mantém até aos dias de hoje. Foi criada uma entidade responsável por estudos relacionados ao planejamento energético, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Foi também criada a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), para celebrar os contratos de comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN). O SIN é formado pelas empresas de produção e transmissão de energia elétrica das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte do Brasil. Apenas 1,7% da energia requerida pelo país encontra-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica. Uma outra entidade, o Operador Nacional do Sistema (ONS), que faz parte da rede de instituições e agentes, que desempenham diferentes funções no setor elétrico brasileiro, é responsável por coordenar e controlar a operação das instalações de geração e de transmissão do SIN (ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico - <http://www.ons.org.br>, consultado em abril de 2016). O sistema de transmissão permite a transferência de energia entre as regiões geradoras viabilizando o aproveitamento da diversidade hidrológica, gerindo as sazonalidades de geração e otimizando a produção total da energia elétrica. Em outras palavras, a transferência de energia excedente de usinas de bacias hidrográficas com regimes hidrológicos favoráveis para outras em condições desfavoráveis proporciona uma elevação na geração de energia de até 20% comparada com a obtida sem a coordenação de um despacho centralizado, o que também eleva a confiabilidade do suprimento (ANEEL, 2008). Ainda de acordo com a ANEEL (2008), também em 2004, foi introduzida a modicidade tarifária e programas de

inserção social, em particular pelos programas de universalização do uso da energia, como o “Luz para Todos”.

Foi a partir da criação da ANEEL que passou-se a inserir em alguns dos contratos de concessão a obrigação de investimento em programas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e eficiência energética. Com a publicação da Lei nº 9.991, em julho de 2000, a obrigação de se investir em P&D foi estendida a todas as empresas do setor elétrico. Esta lei foi alterada pela Lei nº 11.465/2007, que estabeleceu que “...as empresas geradoras e transmissoras de energia teriam que destinar 1% de sua receita operacional líquida (ROL) para P&D, enquanto as empresas distribuidoras designariam 0,5% da ROL para P&D e 0,5% para eficiência energética (EE) até 31 de dezembro de 2010.” (Pompermayer, De Negri, & Cavalcante, 2011, p. 69). Na Revista de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL P&D, a mensagem da diretoria traduz o sentimento estratégico da pesquisa “...A produção de conhecimento impulsiona a economia e melhora os indicadores sociais de um país. A independência tecnológica é alcançada quando os investimentos em pesquisa passam a ser uma decisão estratégica de Governo. Inovações permitem processos produtivos de maior eficiência, com insumos e produtos mais baratos para todos. No setor elétrico, esse ciclo virtuoso está ligado a um dos objetivos principais do modelo: o equilíbrio necessário entre confiabilidade do fornecimento e modicidade de tarifas e preços de energia elétrica.” (ANEEL, 2009, p. 5).

3.2 O sistema elétrico brasileiro

No Brasil a produção de eletricidade é feita em grande parte por centrais hidrelétricas. A ANEEL disponibiliza, em tempo real pela internet, um boletim chamado Banco de Informações de Geração (BIG). Esse banco, acessível a qualquer cidadão, disponibiliza dados de todos os empreendimentos de geração de energia elétrica no Brasil, tanto dos que estão em operação como os que estão ainda em fase de construção. Essa publicação *online* do BIG conta com o apoio de dois órgãos da ANEEL que são: a Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração (SCG) que é responsável por executar as atividades relacionadas ao processo de emissão e gestão de outorgas de empreendimentos de geração de energia elétrica, bem como a emissão de registros de centrais geradoras de capacidade reduzida e centrais de mini e micro geração distribuída e também da Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Geração (SFG) que tem a competência da fiscalização da produção de energia elétrica, do andamento

das obras de novas usinas a serem inseridas no parque gerador nacional, bem como de encargos e programas governamentais, das obrigações contratuais e agentes especiais do setor.

O gráfico da Figura 3-1 foi elaborado com base nesses dados obtidos no BIG *online* de junho de 2016. Por este gráfico percebe-se que mais de 76% da potência instalada para a produção da eletricidade oferecida aos mais de 203 milhões de habitantes do país é proveniente de fontes renováveis, com energia hidrelétrica e biomassa representando os principais contribuintes. A Figura 3-1 mostra que a energia hidrelétrica representa 61,34% da potência instalada no país e outras FER representaram 14,74%. Os 5,37% de importação dizem respeito às interligações existentes com o Paraguai, Argentina, Venezuela e Uruguai. Na verdade, o sistema elétrico brasileiro pode ser caracterizado por uma matriz com elevada contribuição de FER e uma demanda ainda crescente de eletricidade para o desenvolvimento dos diferentes setores económicos e regiões.

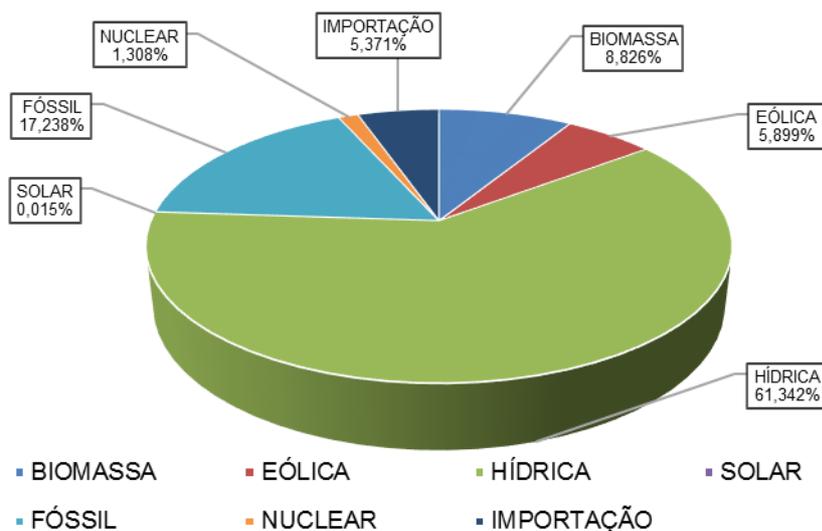
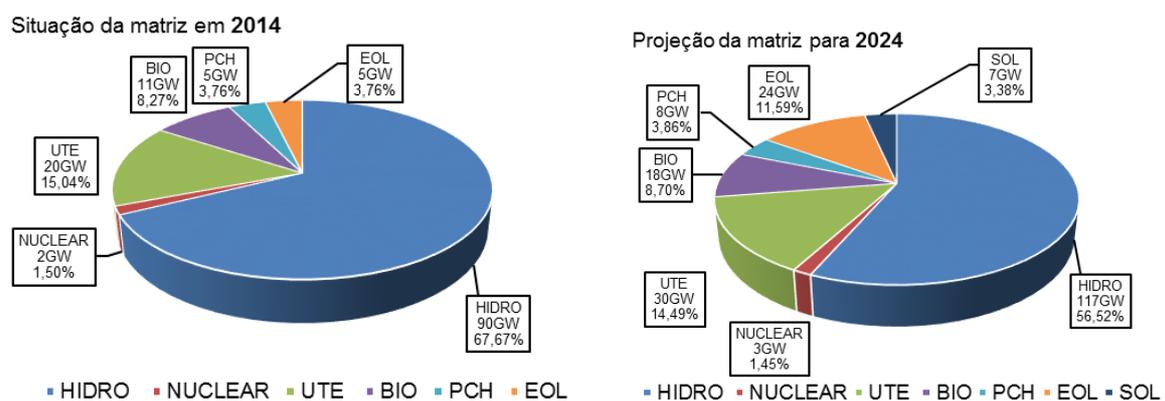


Figura 3-1 - Distribuição, em termos de capacidade instalada, das fontes geradoras de energia elétrica no Brasil em junho de 2016 - Fonte: BIG *online* - <http://www2.aneel.gov.br/>

Entre 2010 e 2014, o consumo de energia elétrica *per capita* no Brasil aumentou a uma taxa média de 2,5% ao ano (MME, 2015a), sugerindo, desde então, a necessidade de investimentos adicionais no setor de energia. O Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 (MME, 2015b) ainda projeta um aumento de 4,2% para o consumo de energia elétrica para o período 2014-2024, e um aumento de 3,5% para o

consumo de eletricidade *per capita* para o mesmo período. Este crescimento na procura de eletricidade será recebido por um aumento na potência instalada, pelo menos, até 2024 como ilustra a Figura 3-2. O Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 prevê ainda medidas que contribuam para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Estas medidas incluem o aumento da eficiência energética, o aumento das grandes fontes hídricas e de energia alternativa, como a eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas. Adicionalmente prevê-se a expansão da energia eólica, com mais de 9.000 MW a ser instalado na região Nordeste do país, onde o RN está localizado, de um total de 18.909 MW para o país. Quanto à energia solar, também 58% dos 7.000 MW previstos para o país deve ser instalado na região Nordeste, caracterizada pela alta radiação solar e alto potencial eólico.

A utilização de energias renováveis e, especialmente, a participação da energia hidrelétrica no sistema elétrico permitiu ao Brasil a emitir apenas 68 g de CO₂ por kWh produzido em 2011, enquanto a média mundial nesse ano foi de 590 g / kWh (OECD, 2013). Na verdade, o sistema elétrico brasileiro tem um impacto relativamente baixo no que diz respeito às emissões de gases com efeito de estufa. A maioria destas emissões estão concentradas em atividades de uso relacionados a agricultura e terras, com particular preocupação para a floresta e, especialmente, a expansão de terras agrícolas na região amazônica (OECD, 2013).



Geração Hidrelétrica - HIDRO; Geração Eólica - EOL; Pequenas Hidrelétricas - PCH; Geração por Biocombustíveis - BIO; Geração Termelétrica - UTE; Geração Nuclear - NUCLEAR; Geração Solar – SOL

Figura 3-2 - Projeção da potência instalada no sistema elétrico brasileiro entre os anos de 2014 e 2024 - Fonte: MME (2015b)

No que diz respeito a energia solar, os dados da *European Database for Daylight and Solar Radiation* (<http://www.satel-light.com/>, consultada em maio de 2016) mostram que os valores de radiação solar global incidente em qualquer região do Brasil são maiores do que na maioria dos países da União Europeia, como a Alemanha, França e Espanha, onde projetos para aproveitamento recursos solares, alguns contando com fortes incentivos do governo, são amplamente divulgadas. No entanto, atualmente o interesse pela energia solar é considerada ainda emergente no Brasil. As perspectivas e oportunidades de aproveitamento do potencial económico associado à exploração comercial de opções de energia solar dependem principalmente de dois fatores: do desenvolvimento de conversão dessa forma de geração, para tecnologia competitiva e armazenamento dessa energia e da política de energia garantida do país (Pereira, Martins, Abreu, & Rütther, 2006).

Quanto à energia eólica, o rápido crescimento vem ocorrendo nos últimos anos e um aumento significativo é esperado para o futuro próximo. Esse crescimento foi fortemente apoiado pela disponibilidade de fundos para empréstimos e políticas favoráveis para o setor. De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) a energia eólica já tem um papel importante na segurança do fornecimento do sistema elétrico brasileiro, capaz de fornecer uma saída mais efetiva durante a estação seca e, como tal, garantindo complementaridade com a energia hidroelétrica (Portal ABEEolica - <http://www.portalabeeolica.org.br/>, consultado em maio de 2016). Pinto (2013) refere-se a esta complementaridade como uma vantagem importante para o Brasil e, em especial, para a região Nordeste. O autor salientou ainda o papel do setor de energia eólica na atração de investimento internacional para várias regiões do país. Também de Jong, Sánchez, Esquerre, Kalid, & Torres (2013) demonstraram a complementaridade dos recursos hídricos e eólicos e solares na região Nordeste, verificando-se que nos períodos secos a disponibilidade de vento e intensidade solar são maiores contribuindo para diversificar o abastecimento da rede e para a segurança do sistema.

Um fator importante e positivo é que as áreas reconhecidamente importantes para o aproveitamento do potencial eólico no Brasil, como os litorais das regiões Nordeste e Sul, encontram-se próximas às extremidades do sistema de transmissão, distantes dos principais centros de geração elétrica (MME, 2001) permitindo desta forma contribuir para a descentralização da produção de eletricidade e permitir a complementaridade do sistema em períodos de seca se tem bons ventos.

O MME, através da Secretaria de Energia Elétrica e do Departamento de Monitoramento do Sistema Elétrico, emite mensalmente um boletim com dados sobre precipitação, consumo de energia, demandas, unidades consumidoras, capacidade instalada, linhas de transmissão, expansão da geração e da transmissão, dentre outros (MME, 2016a). A Tabela 3-1, com base nesse boletim, apresenta uma comparação entre a capacidade de potência elétrica instalada no Brasil em janeiro de 2016 e janeiro de 2015. Esta comparação torna evidente o acréscimo da procura por energia no país e também o aumento das FER na matriz. Segundo consta nesse documento do MME (2016a), no mês de janeiro de 2016 a capacidade instalada total de geração de energia elétrica do Brasil atingiu 141.684 MW. Em comparação com o mesmo mês em 2015, houve um acréscimo de 7.676 MW, sendo 2.873 MW de geração de fonte hidráulica, de 1.810 MW de fontes térmicas¹¹, 2.987 MW de fonte eólica e 6 MW de fonte solar, considerando os Ambientes de Contratação Regulada e Livre (ACR¹² e ACL¹³). Ainda de acordo com este boletim mensal, a matriz de capacidade instalada¹⁴ de geração de energia elétrica do Brasil aumentou 5,7% em relação a janeiro de 2015, ver Tabela 3-1. As térmicas que ocuparam o segundo lugar nesse ranking, com 29,4%, englobam gás natural, biomassa, petróleo, carvão, nuclear e outras. A eólica chegou a uma quota de capacidade instalada de 5,6% em janeiro de 2016, obteve assim maior evolução, crescendo 60% em termos da capacidade instalada entre janeiro de 2015 e janeiro de 2016, ver Tabela 3-1. É importante destacar que esta comparação é de janeiro de 2015 com janeiro de 2016. Considerando junho de 2016, pode se observar que as térmicas diminuíram para 27,37% da matriz e a eólica já chega a quase 5,9%, Figura 3-1.

¹¹ A partir de julho de 2015, na matriz de capacidade instalada são incluídas as usinas fiscalizadas pela SFG- Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Geração /ANEEL, mas que não estão em conformidade com a SCG- Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração/ANEEL e que, por isso, não são apresentadas no BIG- Banco de Informações de Geração /ANEEL. Algumas delas são térmicas com combustíveis desconhecidos e que por isso, são incluídas como "Outros".

¹² Ambiente de Contratação Regulada (ACR) os participantes são geradoras, distribuidoras e comercializadoras. As comercializadoras podem negociar energia somente nos leilões de energia existente. A contratação é realizada por meio de leilões de energia promovidos pela CCEE, sob delegação da Aneel. O Tipo de contrato é regulado pela Aneel, denominado Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR). O preço é o estabelecido no leilão.

¹³ Ambiente de Contratação Livre (ACL) os participantes são geradoras, comercializadoras, consumidores livres e especiais. A contratação é por livre negociação entre os compradores e vendedores. O Tipo de contrato é um acordo livremente estabelecido entre as partes. Preço é acordado entre comprador e vendedor.

¹⁴ Os valores de capacidade instalada referem-se à capacidade instalada fiscalizada apresentada pela ANEEL no Banco de Informações de Geração - BIG, que passou por reenquadramento de fontes em setembro de 2014 e exclusão dos montantes referentes a micro e mini geração distribuída, regidos pela Resolução Normativa nº 482/2012, em junho de 2015. Além dos montantes apresentados, existe uma importação contratada de 5.650 MW com o Paraguai e de 200 MW com a Venezuela.

Tabela 3-1 - Variação da capacidade de potência elétrica instalada de geração de energia elétrica do Brasil entre janeiro de 2015 e janeiro de 2016 - Fonte: MME (2016a)

Fonte	Janeiro/2015		Janeiro/2016		Evolução da capacidade instalada Jan/2016 - Jan/2015
	Capacidade instalada (MW)	Nº de Usinas	Capacidade instalada (MW)	% Capacidade instalada	
Hidráulica	89.227	1.220	92.100	65,00%	3,2%
Térmica	39.785	2.916	41.595	29,40%	4,5%
Gás Natural	12.776	149	12.439	8,78%	-2,6%
Biomassa	12.341	520	13.277	9,37	7,6
Petróleo	9.085	2.192	10.124	7,15%	11,4%
Carvão	3.593	22	3.612	2,60%	0,5%
Nuclear	1.990	2	1.990	1,40%	0,0%
Outros	0	31	153	0,11%	-
Eólica	4.981	330	7.968	5,60%	60,0%
Solar	15	34	21	0,00%	40,6%
Capacidade total – Brasil	134.008	4.500	141.684	100,00%	5,7%

O Brasil ainda se encontra num estágio inicial no que diz respeito a micro e a mini geração de energia elétrica o que contrasta com os recursos energéticos renováveis abundantes do país. O estabelecimento dos primeiros incentivos de órgãos públicos e privados e da promulgação de regulações específicas incluindo a Resolução Normativa da ANEEL, nº 482, de 17 de abril de 2012, que estabeleceu as condições gerais para o acesso de micro e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, e criou o sistema de compensação de energia elétrica correspondente, não se mostrou suficiente para atrair novos intervenientes ao setor sendo necessárias medidas adicionais para envolver as distribuidoras nestes novos modelos de negócio (Freitas & Hollanda, 2015).

Algumas ações foram praticadas no sentido de estimular a produção de energia de até 30 MW, como o desconto de pelo menos 50% nas tarifas de uso dos sistemas de transmissão e distribuição para empreendimentos hidrelétricos, solares, eólicos, de biomassa e de cogeração que forneçam no máximo esta potência ao sistema interligado (ANEEL, 2010). A ampliação da participação das fontes eólica, biomassa e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) no SIN é viável e Jannuzzi, Sant'Ana, Gomes, Raposo, & Shibuya (2012) recomendam o estabelecimento de metas de inclusão dessas fontes e a destinação de incentivos fiscais e de crédito.

Em 2001, ano de crise aguda no setor elétrico brasileiro, ano em que foi criada a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica, foi o momento favorável à adoção de medidas de incentivo a novos projetos de grandes hidrelétricas e fomento de outros produtores que operassem a partir de fontes renováveis, como

PCHs e parques eólicos (Oliveira & Araújo, 2015). Ainda segundo os autores, foi criado em 2001 o Programa Emergencial de Energia Eólica - PROEÓLICA, objetivando incentivar o aproveitamento dessa fonte de energia, através de ações que pudessem viabilizar, até o final de 2003, a implantação de 1.050 MW de geração de energia eólica, o que significava um aumento de 50 vezes a capacidade instalada àquela época. O programa previa incentivos que asseguravam por 15 anos a compra pela Eletrobras da energia eólica produzida desde que as usinas entrassem em operação até dezembro de 2003.

Em 2002, com a crise no setor elétrico nacional, ainda com fortes reflexos do apagão de 2001, foi lançado o Programa de Incentivo às Fontes Renováveis de Energia Elétrica - o PROINFA (criado pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002). O objetivo era de aumentar no SIN a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de produtores independentes autônomos, concebidos com base em fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa. A primeira etapa do programa tinha como objetivo a implantação de 3.300 MW de capacidade, sendo a compra da energia assegurada por meio de contratos celebrados pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS, no prazo de 20 anos (A Lei nº 10.762/2003 promoveu mudanças no PROINFA, fazendo com que a garantia de compra da energia gerada no âmbito do programa fosse alterada de 15 para 20 anos), a partir da data de entrada em operação definida no contrato (CCEE, 2012).

Adicionalmente em 2012, um sistema denominado de Bandeiras Tarifárias foi regulamentado pela ANEEL em dezembro de 2012 tendo cobrança efetiva começado em janeiro de 2015 (ANEEL - Bandeira tarifária - <http://www2.aneel.gov.br/>, consultada em abril de 2016). Este sistema procura também envolver os consumidores numa estratégia de otimização de consumos de eletricidade face à disponibilidade da oferta, sobretudo hídrica. Deste modo, o sistema elétrico Brasileiro tem vindo a sofrer alterações não apenas do lado da oferta mas também da demanda que visam garantir o abastecimento de eletricidade com fontes diversificadas de energia e estabelecer sinais económicos que permitam uma gestão mais eficiente do sistema.

O aspeto económico é um dos mais relevantes para se estabelecer análises sobre a evolução da necessidade por energia elétrica. A eficiência energética e a auto produção, além de condições demográficas, climáticas, macroeconómicas e setoriais, têm papel determinante na dinâmica do consumo de energia, com repercussão direta no comportamento de vários indicadores. No setor residencial, por exemplo, o consumo de energia depende de condições demográficas como também da

expansão da renda e do PIB e, por efeito cascata, influenciam outros setores de consumo, como o de comércio e serviços. No setor industrial a relação não é só com a economia local, mas também com a economia mundial. Estudos com perspectivas de visão de futuro, sobretudo referentes aos segmentos energeticamente intensivos, são essenciais para a projeção do consumo de energia na indústria (MME, 2011). Reconhecendo a importância econômica e social do setor elétrico destaca-se assim como estratégias fundamentais do setor elétrico Brasileiro o planejamento eficiente e a eficiência energética, sendo exemplo disso as bandeiras tarifárias, regulamentada pela ANEEL, e a diversificação das fontes de abastecimento com especial destaque para as FER.

3.3 As energias renováveis na matriz elétrica Brasileira

De acordo com EIA (2016a) a participação do carvão e petróleo na matriz elétrica mundial vem diminuindo. Em 2012 o combustível carvão era responsável por quase 40% da energia elétrica gerada no mundo. A utilização desse combustível na matriz mundial deve cair para cerca de 29% em 2040. O petróleo deve sair de um patamar de 5% em 2012 para 1,5% em 2040, como apresentado na Figura 3-3. Ao mesmo tempo, a geração de fontes a gás natural vão sair de um patamar de cerca de 22% em 2012 para quase 28% em 2040. Assim como o acréscimo da utilização do gás natural, as renováveis também deverão aumentar sua participação na matriz elétrica mundial nesse mesmo período, vão passar dos 22% em 2012 para 29% em 2040.

O Brasil tem um grande potencial para FER em função da sua localização geográfica. Assim sendo, o país dispõe de recursos abundantes de energia solar, eólica, oceanos e biomassa, o que propicia, no longo prazo, a manutenção de características de FER quando comparada à matriz elétrica mundial (MME, 2007). As políticas de incentivos para fontes renováveis do mundo são motivados pela busca de menor dependência de combustíveis fósseis, mas no Brasil, no que diz respeito à geração de energia elétrica, cerca de dois terços é gerada já por usinas hidrelétricas, uma fonte renovável (Malagueta et al., 2014).

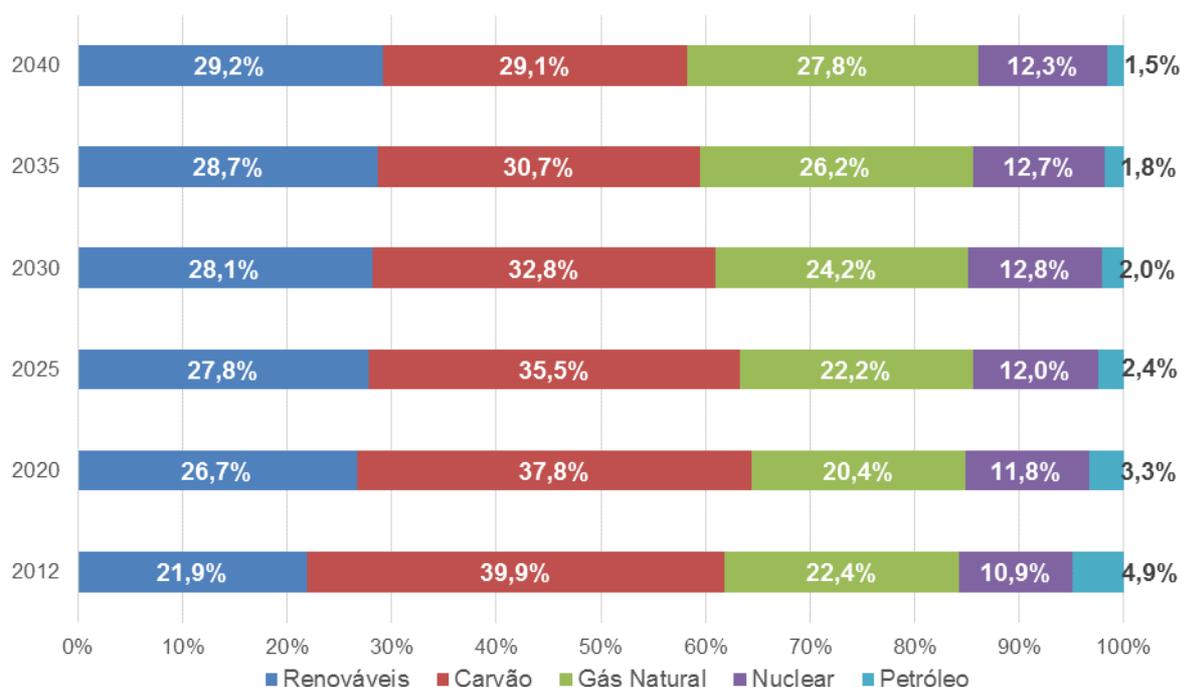


Figura 3-3 - Percentual de geração de eletricidade mundial por combustível, 2012-2040 - Fonte: EIA (2016)

As decisões energéticas representam um dos melhores exemplos de combinação de análise custo-benefício que melhor se apresentam em projetos de microeconomia. A concepção de sistemas mais eficientes e de baixo custo pode ajudar a contribuir para as exigências ambientais. Os recursos naturais do mundo são limitados e a procura por energia é grande. Assim, com a compreensão dos mecanismos que degradam deve-se pensar abordagens sistemáticas para melhorar os sistemas, reduzindo simultaneamente o impacto ambiental (Caliskan, Dincer, & Hepbasli, 2013). Esta perspectiva é válida também no Brasil como referem Jannuzzi et al. (2012, p. 28) “...Três aspetos justificam a implementação de políticas públicas de fomento a tecnologias de geração de eletricidade por fontes renováveis alternativas. O primeiro é o interesse público na diminuição das emissões de gases de efeito estufa. A mitigação das mudanças climáticas é essencial para o bem-estar da população, e a maior inserção do Brasil na economia de baixo carbono pode gerar conhecimento, tecnologias e oportunidades de negócio para o país. O segundo aspeto é a necessidade de o Brasil ampliar, diversificar e tornar mais limpa a matriz energética nacional do futuro. O terceiro é a necessidade de investimentos para diminuir os custos de produção das fontes alternativas, que ainda estão nos estágios iniciais de implementação comercial.

A partir dessas três justificativas, é possível propor outros mecanismos de fomento às fontes alternativas, que vão além da realização de leilões.”

Martins & Pereira (2011) realizaram uma pesquisa nacional na tentativa de abordar as razões por trás da transição que os autores consideram até então lenta em direção a um desenvolvimento maior de recursos de energia solar e eólica no Brasil. Os resultados indicam a importância dos custos de investimento e a necessidade de aumentar a capacidade de aprimoramento dos recursos humanos. A comunidade científica também apontou a necessidade de uma melhor compreensão da topografia da superfície e os impactos microclimáticos sobre a variabilidade do recurso solar e eólico. Do ponto de vista empreendedor, diversos programas de incentivo devem ser elaborados nos níveis municipal, estadual e federal para facilitar o desenvolvimento de novos projetos. Duas questões foram apontadas com alta prioridade: a definição de um valor de referência para o preço das energias solar e eólica e as reduções ou isenções fiscais sobre equipamentos e empresas que operam no setor das energias renováveis, concluem os autores. Também Nerini, Howells, Bazilian, & Gomez (2014), verificaram que existem limitações importantes para a implementação de soluções de energia renovável e híbridas na região amazônica do Brasil. O alto custo inicial do investimento, a falta de uma cadeia de suprimentos e a falta de incentivos de longo prazo para as concessionárias são apontados como principais barreiras.

No caso da micro e da mini geração, Miranda, Szklo, & Schaeffer (2015) referem que apenas 0,1% das residências brasileiras estariam prontas para ter painéis fotovoltaicos em 2016. Porém, esse número pode aumentar impressionantemente para 55% de todas as residências brasileiras até 2026. Os autores apontam para a necessidade de melhores políticas de incentivo para promover a SPV distribuídas no país, levando também em conta aspectos técnicos e também econômicos das famílias. Ao contrário das centrais de grande capacidade centralizadas que concorrerem com centrais hidrelétricas com menores custos nivelados, os projetos de geração distribuída poderiam competir com a tarifa local pagos pela indústria, comércio e residências.

A questão ambiental tem sido apresentada como um dos grandes fatores influenciadores da política energética. O Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 (MME, 2015b) prevê medidas que contribuam para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Estas medidas incluem o aumento da eficiência energética, o aumento das grandes fontes hídricas e de energia alternativa, como a eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas. No entanto, a implantação de centrais de energias

renováveis não pode deixar de relevar os seus impactos ambientais. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) refere a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 237/97) com efeito direto nos processos de avaliação de impactos ambientais e em particular nível local “... A partir desta Resolução os municípios passam a ter o poder/dever de licenciar os empreendimentos e atividades cujo impacto seja local” (MMA, 2009, p. 23). Este documento cita ainda o Art. 36 Da Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, SNUC, onde prevê que, “nos casos de licenciamento ambiental de empreendimentos de significativo impacto ambiental, assim considerados pelo órgão ambiental competente, com fundamento em Estudo de Impacto Ambiental, EIA, e Relatório de Impacto Ambiental, RIMA, o empreendedor é obrigado a apoiar a implantação e manutenção de Unidade de Conservação do grupo de Proteção Integral, é a chamada Compensação Ambiental” (MMA, 2009, p. 24).

3.3.1 Energia Hídrica

São notáveis as taxas de aproveitamento hidráulico na França, Alemanha, Japão, Noruega, Estados Unidos da América e Suécia, em contraste com as baixas taxas observadas em países da África, Ásia e América do Sul. No Brasil, apesar dos investimentos realizados, o aproveitamento do potencial hidráulico é da ordem de 30% (MME, 2007). Um estudo de Hall (2011) estimou que apenas 10% do potencial hidroelétrico está já a ser utilizado e assume que 20% do restante não seria passível de aproveitamento por esse se encontrar em zonas protegidas ou indígenas o que resulta num potencial disponível de 70% do potencial técnico total estimado. O autor conclui que existem oportunidades significativas para o setor em todo o país com exceção das pequenas hídricas no Nordeste e chama à atenção para as vantagens desta tecnologia na eletrificação de zonas rurais com impactos muito positivos ao nível da qualidade de vida das populações locais.

De acordo com MME (2016b) no ano de 2015 a geração de energia elétrica no planeta chegou aos quase 24.200 TWh. Este valor caracteriza um aumento em torno de 1,8% em relação a 2014. A composição desse montante teve participação de 39% de carvão, 22% de gás, 4% de óleo, 11% de nuclear, 17% hidro e 7% de outras. A eólica e solar somam perto de 4,5% da geração de energia elétrica mundial. De acordo com EIA (2016), dentre as renováveis a hidroeletricidade representava 77,17% da geração mundial no ano de 2012 esperando-se uma queda gradativa da importância relativa desta forma de geração, podendo chegar no ano de 2040 com uma quota de 52,4% como ilustrado na Figura 3-4. Ainda de acordo com a EIA (2016a), em 2011 o Leste da Ásia (onde se inclui a China) foi região do

mundo onde existiu a maior produção de hidroeletricidade com 29,9%, seguido da Europa com 24,3%, em terceiro lugar a América do Norte com 17,5%. A América Latina e Caribe, onde o Brasil está inserido surgem na quarta posição com uma quota de 14,8% como apresentado na Figura 3-5.

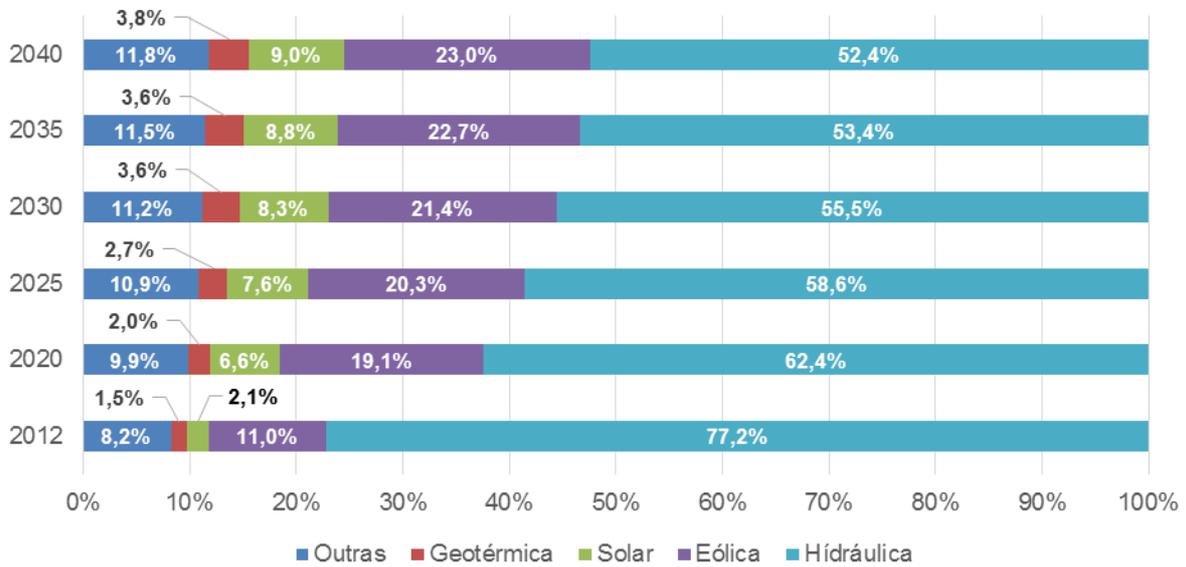


Figura 3-4 - Estimativa da variação da contribuição das FER no mundo entre os anos de 2012 e 2040 - Fonte: EIA (2016)

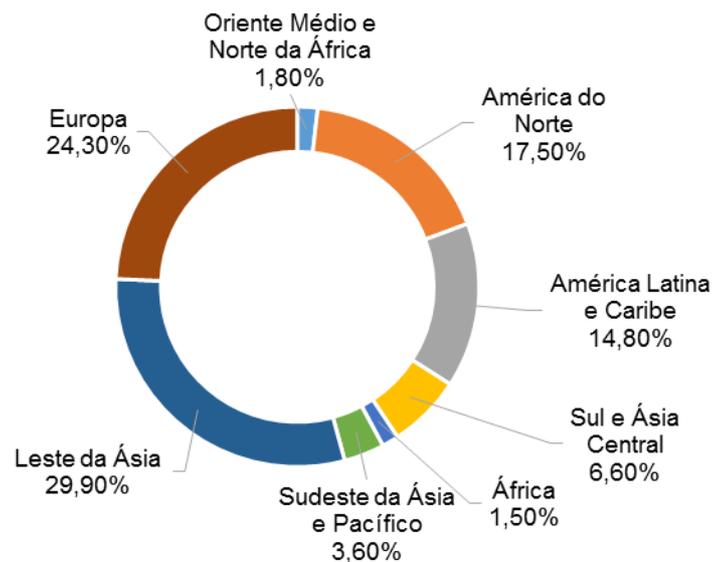


Figura 3-5 - Quota percentual das fontes de geração hidráulica no mundo - Fonte: EIA (2016)

No ranking mundial de geração hidrelétrica para o ano de 2011 apresentado por WEC (2013a) e representado na Figura 3-6, o Brasil ocupava a segunda posição, com produção de 36,9 milhões de toneladas equivalentes de petróleo por ano (Mtep/ano), perdendo apenas para a China. A potência hidroelétrica instalada no mundo aumentou de 782 GW para 1.172 GW entre os anos de 2000 e 2014, com especial destaque para os países Asiáticos e também da América do Sul onde o Brasil apresentou o maior crescimento passando de 61 GW para 89 GW (IRENA, 2015). Em consulta ao BIG *online* em julho de 2016, verifica-se que o Brasil já possui uma potência hídrica de mais de 101GW.

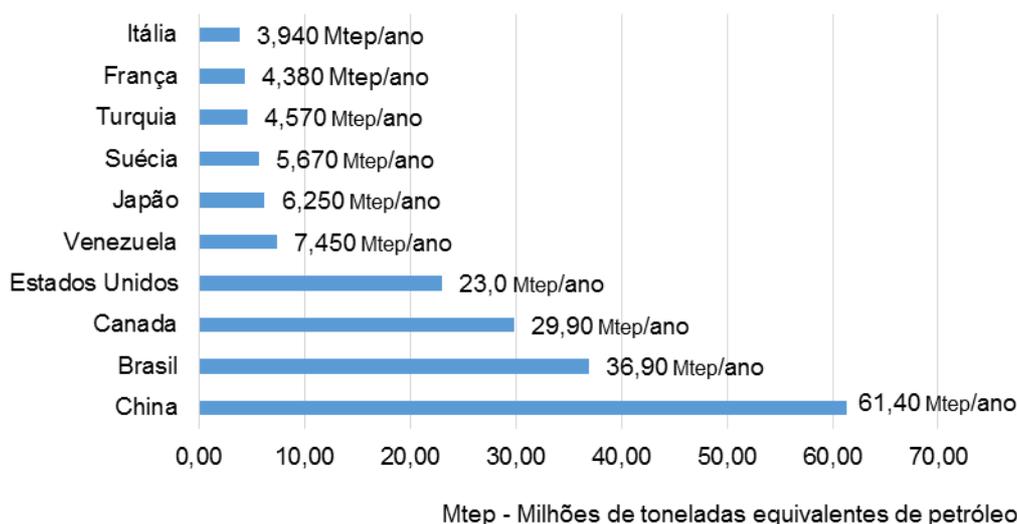


Figura 3-6 - Ranking mundial dos países produtores de energia hidráulica do mundo em 2011 - Fonte: <https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/hydropower/> consultado em junho de 2016

O Brasil tem um sistema hídrico abundante de rios e quedas d'água que garantem um enorme potencial de energia hidráulica como demonstrado por Hall (2011). O potencial hidrelétrico do Brasil vem sendo desenvolvido há pouco mais de um século. No começo o capital era privado. A partir do governo do presidente Getúlio Vargas (nos anos de 1930 - 1945, 1951 - 1954) e no governo do presidente Juscelino Kubitschek (nos anos de 1956 - 1961), houve uma intensificação no processo de industrialização nacional que propiciou o impulso do aproveitamento do potencial hidrelétrico. Este processo foi liderado por empresas federais e estaduais, como a CHESF (Companhia Hidrelétrica do São Francisco) em 1945, CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) em 1952, COPEL (Companhia Paranaense de Energia) em 1954, Furnas Centrais Elétricas em 1957, Eletrobras em 1961 e CESP (Companhia Energética de

São Paulo) em 1966. Nos últimos anos, o setor tem expandido com um misto de investimentos estatais, privados e algumas vezes combinados (Wolney & Kelman, 2014).

No processo de reestruturação do setor elétrico brasileiro a partir de 2004 (Lei 10.848/04), a geração passou a ser pensada de forma descentralizada, evidenciando as fontes não convencionais. Assim, as pequenas centrais hidrelétricas passaram a ter um papel importante. Mesmo com o crescente aumento de outras fontes de energia e ressalvas socioeconômicas e ambientais, a energia hidroelétrica ainda se mantém como a principal fonte geradora de energia elétrica no Brasil representando em 2014 cerca de 63% % da produção total de eletricidade no Brasil (MME, 2015a). Conforme a Figura 3-7 onde se apresenta um mapa do Brasil com a distribuição das centrais hidroelétricas em operação por Estado, com dados de julho de 2016, observa-se que há uma relativa homogeneidade na distribuição desse do potencial. No país inteiro, dos 26 Estados mais o Distrito Federal, cinco Estados não apresentam esse potencial. Na região Nordeste¹⁵ três Estados estão fora desse mapa hídrico, o Rio Grande do Norte, o Ceará e a Paraíba. Já na região Norte¹⁶ o Acre e Roraima também não fazem parte. Nas demais regiões, todos os Estados contribuem. Conforme o BIG *online*, consultado em julho de 2016, dos 101GW de energia hídrica produzidas pelo Brasil, o Nordeste contribui com 11,98GW. A região Sudeste¹⁷, considerada a mais rica, contribui com 28,4GW. A região Norte, onde se encontra a Floresta Amazônica brasileira, contribui com 32,1GW, a maior contribuição. A região Sul¹⁸ contribui com 22,03GW e a região Centro-Oeste¹⁹, onde fica Brasília, a capital do país, contribui com 6,6GW.

¹⁵ A região Nordeste do Brasil é composta pelos Estados da Bahia (BA), Sergipe (SE), Alagoas (AL), Pernambuco (PE), Paraíba (PB), Rio Grande do Norte (RN), Ceará (CE), Maranhão (MA) e Piauí (PI) (<http://www.ibge.gov.br/estadosat/> consultado em julho de 2016).

¹⁶ A região Norte do Brasil é composta pelos Estados do Amazonas (AM), Pará (PA), Acre (AC), Amapá (AP), Rondônia (RO), Roraima (RO) e Tocantins (TO) (<http://www.ibge.gov.br/estadosat/> consultado em julho de 2016).

¹⁷ A região Sudeste do Brasil é composta pelos Estados de São Paulo (SP), Minas Gerais (MG), Rio de Janeiro (RJ) e Espírito Santo (ES) (<http://www.ibge.gov.br/estadosat/> consultado em julho de 2016).

¹⁸ A região Sul do Brasil é composta pelos Estados do Rio Grande do Sul (RS), Santa Catarina (SC) e Paraná (PR) (<http://www.ibge.gov.br/estadosat/> consultado em julho de 2016).

¹⁹ A região Centro-Oeste do Brasil é composta pelo Distrito Federal (DF - Brasília), Goiás (GO), Mato Grosso (MT) e Mato Grosso do Sul (MS) (<http://www.ibge.gov.br/estadosat/> consultado em julho de 2016).

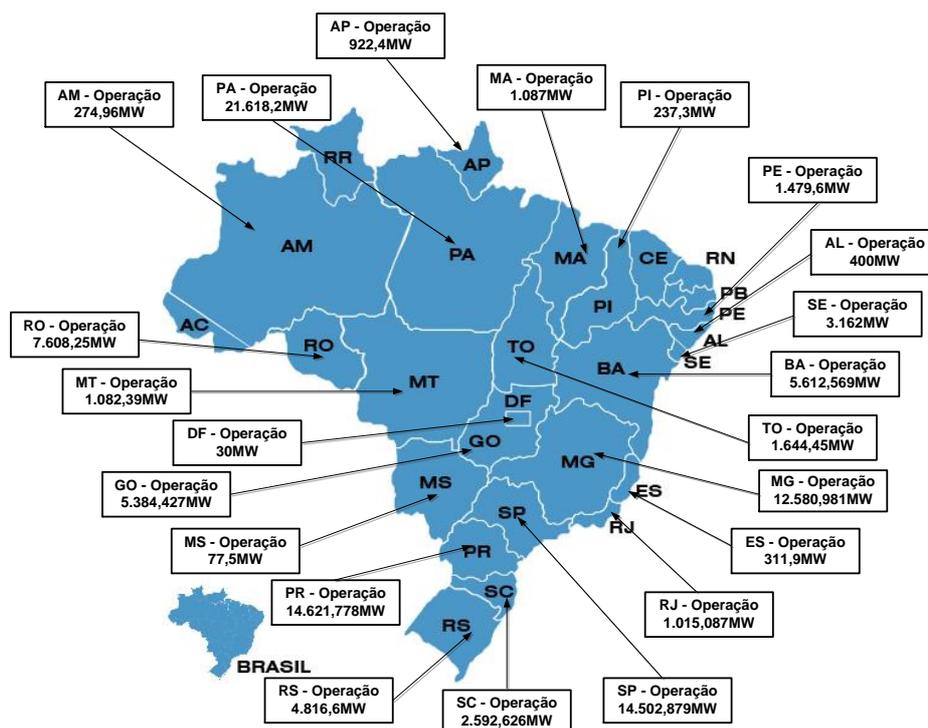


Figura 3-7 - Distribuição de potência hidroelétrica no Brasil, por Estado - Mapa obtido em <http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/> com dados do BIG *online* - <http://www2.aneel.gov.br/>, consultado em julho de 2016

3.3.2 Energia eólica

A energia eólica tem-se tornado cada vez mais uma opção de menor custo para produção de eletricidade em diferentes mercados, destacando-se nos últimos anos o crescimento do mercado em África, Ásia e América Latina. Em 2014 a União Europeia deixou de ser a região com maior potência eólica instalada passando a ser a Ásia, mas a importância do setor eólico mantém-se de modo a que no final desse ano a potência total instalada permitira fornecer 10% do consumo. Países como a Dinamarca, Portugal, Irlanda ou Espanha asseguram valores substancialmente superiores a este (REN21, 2015).

Até 1991 o Brasil não tinha registo de energia eólica instalada. A instalação de uma turbina de 75 kW, em junho de 1992, na ilha de Fernando de Noronha marcou o início do aproveitamento dos recursos eólicos para a geração de energia elétrica no Brasil (Oliveira & Araújo, 2015). Só a partir de 2004 quando se produzia cerca de 0,061GWh de eólica no Brasil é que o avanço dessa tecnologia começou a ser

percebido. Em consulta ao Banco de Informações de Geração *online*, o BIG²⁰ *online*, a energia produzida por geradores eólicos no Brasil alcançou a marca de 8,97 GWh. Para se ter uma ideia do rápido crescimento da eólica no Brasil, em 2010 a potência instalada era de 927 MW e a produção atingia pouco mais do que 2.1 GWh (MME, 2014a). Deste modo, a taxa de crescimento da produção de eletricidade por via eólica ultrapassou os 26% ao ano neste período.

Conforme MME (2001) o potencial eólico do Brasil chega a 272,2 TWh/ano. A região Nordeste brasileira tem o maior potencial, chegando a 144,3 TWh/ano, seguida da região Sudeste com 54,9 TWh/ano, Figura 3-8

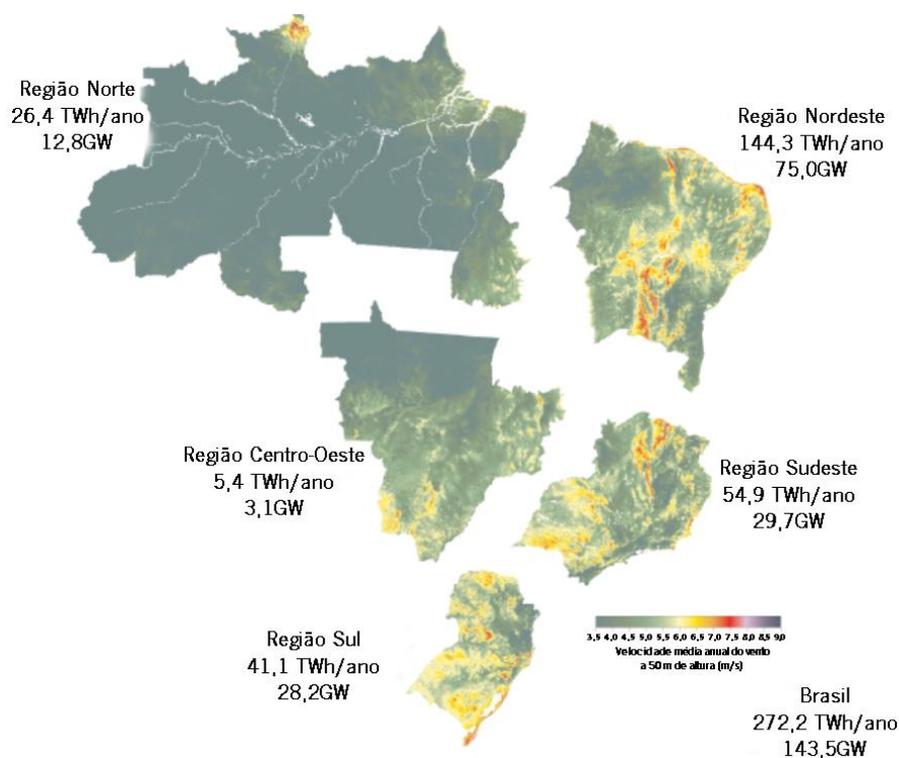


Figura 3-8 - Potencial eólico estimado do Brasil para vento médio anual igual ou superior a 7,0 m/s (fonte: MME 2001)

O relatório do *Global Wind Energy Council* (GWEC, 2016) aponta que em termos acumulados em 2015 a capacidade eólica do Brasil chegou a 8.72GW distribuídos por 349 parques. Segundo ainda este relatório, neste ano o setor empregou mais de 41.000 pessoas, fornecendo eletricidade para cerca de

²⁰ BIG *online* - <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>, consultado em junho de 2016

15 milhões de lares e evitando a emissão de cerca de 16 milhões de toneladas de CO₂, demonstrando os benefícios económicos, sociais e ambientais importantes que a indústria eólica trouxe para o país. O relatório aponta também que o Brasil deverá manter a liderança na América Latina, e espera-se para 2016 a instalação de mais de 3 GW de energia eólica, o que representa um investimento de R\$ 18 bilhões (cerca de 4,86 mil milhões de euros²¹). Se o vento continuar a soprar a favor da indústria brasileira, muito em breve o país estará entre os dez primeiros no mercado de energia eólica a nível mundial (GWEC, 2016).

As Figura 3-9 e 3-10 apresentam o mapa brasileiro das centrais eólicas em operação e a em construção, respetivamente, no Brasil, com dados do BIG *online* de junho de 2016. As condições técnicas priorizaram aquelas regiões que possibilitavam maior retorno e menor risco financeiro. Destacam-se os Estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia e Rio Grande do Sul. O PROINFA foi fundamental para transformar em realidade o que traduz o mapa da Figura 3-9. Em junho de 2016 os parques eólicos no Brasil já registram 8,972 GW de potência instalada com o RN contribuindo com 2,8 GW.

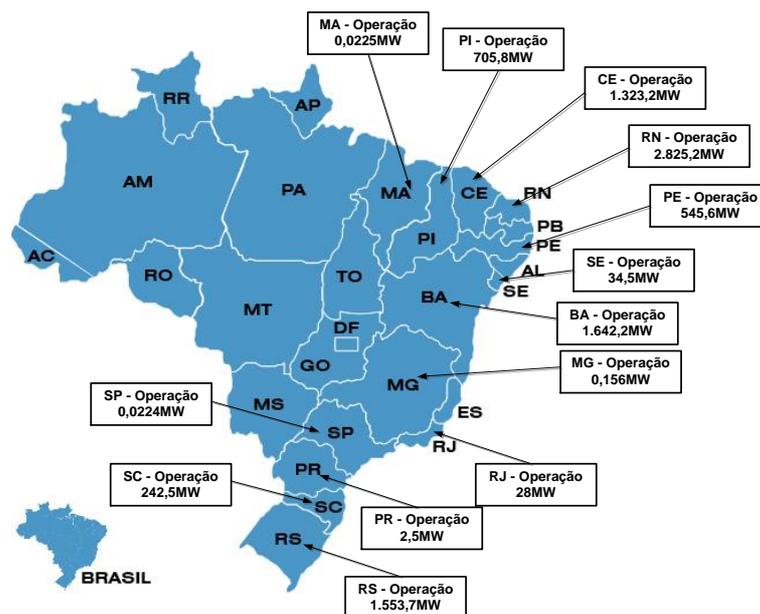


Figura 3-9 - Distribuição de parques eólicos em operação no Brasil, por Estado - Mapa obtido em <http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/> com dados do BIG *online* - <http://www2.aneel.gov.br/>, consultado em junho de 2016

²¹ Assumindo a taxa de câmbio média de 2015 1€=3,7004R\$ obtida em www.bportugal.pt, consultado em Maio de 2016.

A Figura 3-10 expõe por estado os parques eólicos em construção que devem entrar em operação ainda em 2016, com potência instalada estimada em um pouco mais de 3,0 GW, mantendo-se o domínio da região do Nordeste.

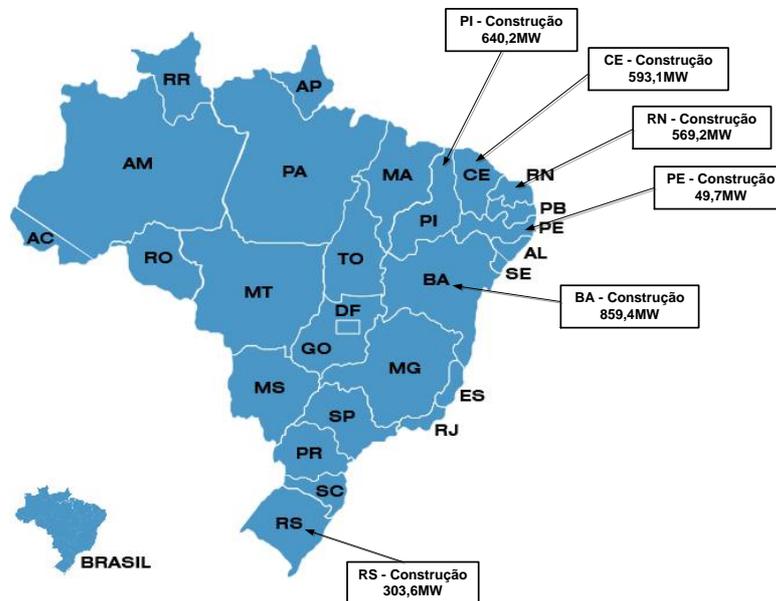


Figura 3-10 - Distribuição de parques eólicos em construção no Brasil, por Estado - Mapa obtido em <http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/> com dados do BIG *online* - <http://www2.aneel.gov.br/>, consultado em junho de 2016

Começando com os parques eólicos advindos com o PROINFA até os últimos leilões de energia, percebe-se queda expressiva no preço do MWh contratado (Oliveira & Araújo, 2015) demonstrando o aumento de competitividade desta tecnologia no mercado brasileiro. Deste modo, as energias renováveis, não necessitam de subsídios, como as tarifas *feed-in*, utilizadas pelos demais países que investem nesta fonte sendo viabilizadas pelas condições do recurso eólico disponível.

De acordo com MME (2014b) o grande passo para a consolidação da energia eólica no Brasil foi o primeiro leilão exclusivo para eólicas, realizado em 2009. Neste leilão deu-se início a fase competitiva, na qual o parque mais eficiente e barato era o ganhador. O preço baixou para 195 R\$/MWh (cerca de 53 €/MWh), onde antes o custo médio era de 365 R\$/MWh (cerca de 99 €/MWh). A queda continuou

nos anos seguintes, para 163 R\$/MWh (cerca de 44 €/MWh), em 2010²², e 119 R\$/MWh (cerca de 32 €/MWh), em 2011, chegando a 99 R\$/MWh (pouco menos de 27 €/MWh) em 2012, no que foi considerado um exagero, devido à baixa demanda no leilão daquele ano, que acabou distorcendo os preços. Estes valores podem ser comparados às tarifas *feed-in* em países europeus onde podem chegar por exemplo a 75 €/MWh em Portugal, 82 €/MWh na França ou variar entre 49,5 e 89 €/MWh na Alemanha²³, demonstrando o elevado potencial eólico do Brasil.

3.3.3 Energia Solar

A energia solar no Brasil esteve por muitos anos voltada às universidades e centros de pesquisa. Em 1952 aconteceram as primeiras tentativas de implantação de um centro de pesquisas neste campo no Brasil pelo Centro de Mecânica Aplicada - CEMA do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio (Tolmasquim, 2013). Mais recentemente, a Empresa de Pesquisa Energética - EPE, tem realizado estudos para o Ministério das Minas e Energia na avaliação do impacto da inserção dos veículos elétricos juntamente com a inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira (MME, 2013).

O recurso solar é o fator determinante do rendimento de um sistema fotovoltaico (SPV) e, portanto, no retorno econômico dos investimentos. Dados precisos sobre média dos preços para SPV são difíceis de obter. Existe uma grande gama de preços que depende da estrutura, fabricante, características de mercado e eficiência do módulo (IRENA, 2012). A expectativa é de que os custos irão diminuir com o aumento da implantação, mas existem incertezas sobre a rapidez dessa queda no curto prazo. Por um lado, os incentivos de alguns países a uma nova onda de implantação SPV têm contribuído para redução dos custos, por outro lado as perspectivas econômicas mundiais incertas podem resultar em atrasos em muitas decisões de investimento e em adiamentos indefinidos, diminuindo a taxa de crescimento de implantação (IRENA, 2012). De acordo com REN21 (2015) a tecnologia SPV começa a ter um papel importante a nível mundial. Na Europa, por exemplo, a capacidade instalada de SPV em 2014 permitiria abastecer 3,5% do consumo total de eletricidade enquanto em 2008 este valor era de apenas 0,7%.

²² Assumindo a taxa de câmbio de 31/12 de 2009, 2010, 2011 e 2012 respectivamente obtida em <http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/conversao.asp>, consultado em Junho de 2016

²³ Dados obtidos em <http://www.res-legal.eu/>, consultado em maio de 2016.

Outras tecnologias, como solar de concentração permanecem ainda pouco desenvolvidas embora em crescimento (REN21,2015).

Num estudo realizado entre 1995 e 2005 o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (ANEEL, 2005) aponta para valores entre 4.200 e 6.700 Wh/m² para a irradiação solar global incidente em qualquer região do Brasil. Valores superiores aos da maioria dos países da União Europeia, como Alemanha (900-1.250 Wh/m²), França (900-1.650 Wh/m²) e Espanha (1.200-1.850 Wh/m²). Este Atlas diz ainda que a região Nordeste do Brasil (onde o RN se encontra) é a que apresenta a maior disponibilidade energética, seguida pelas regiões Centro-Oeste e Sudeste, Figura 3-11.

Numa nota técnica da EPE (2012), considerando aspetos estritamente económicos, sem considerar financiamentos ou quaisquer outras medidas de incentivo, de natureza fiscal ou tributária, o custo nivelado da geração fotovoltaica com aplicação industrial no Brasil em 2012 foi de 196US\$/MWh. Um estudo do MME (2016c), projeta reduções gradativas de custos na geração desta tecnologia no Brasil. Tomando como referência 2013, os percentuais de redução serão em entorno de 43% até 2020, 55% em 2030, 62% em 2040 e 67% em 2050, cita esse estudo. Os sinais dessa diminuição são evidenciados por ocasião do 8º Leilão de Energia de Reserva realizado em novembro de 2015 pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE onde a fonte solar fotovoltaica alcançou o preço médio de 297,75R\$/MWh, (cerca de 77US\$/MWh, cotação do dia 30/11/2015 do Banco Central do Brasil²⁴), ante o preço inicial de R\$ 381,00 (CCEE, 2015).

²⁴ Link do Sítio do Banco Central do Brasil para conversão de moedas - <http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/conversao.asp>

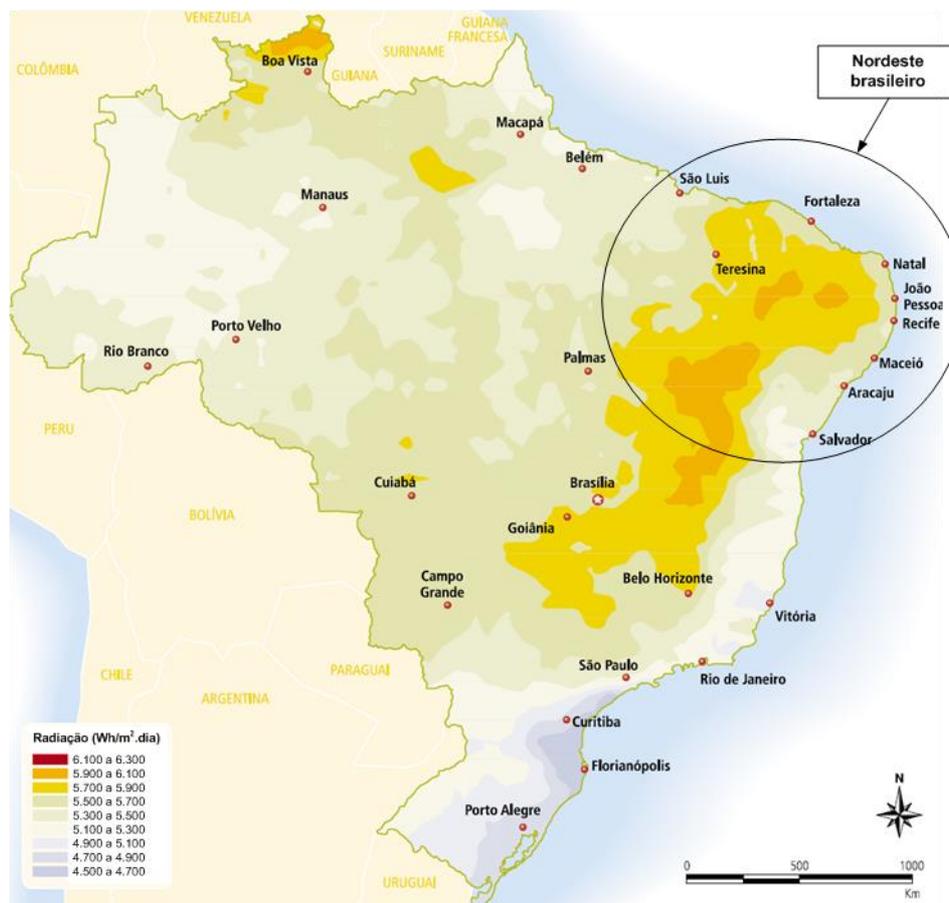


Figura 3-11 - Radiação solar global média diária no território brasileiro - média anual típica (Wh/m².dia)
- Mapa extraído do Atlas de Energia Elétrica do Brasil (ANEEL, 2005)

Stilpen & Cheng (2015) destacam que o governo brasileiro já começou a implantação em larga escala de energia solar. A demanda de energia elétrica vem crescendo e é esperada a diminuição dos preços da tecnologia SPV, criando condições favoráveis para a utilização da energia solar no Brasil. Os recentes leilões de energia solar têm mostrado resultados comparáveis com as fontes de energia convencionais. A energia solar é vista como uma fonte de energia complementar para o país. Os resultados dos leilões exclusivos de energia solar, que ocorreram entre 2013 e 2014, apresenta estratégias viáveis para a promoção da energia solar com base na adoção já bem-sucedida da energia eólica no Brasil nestes últimos cinco anos.

Com o objetivo de promover a energia solar para produção de eletricidade, a ANEEL desde abril de 2012, elevou o desconto de 50% para 80% na Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição (TUSD), para geração por fonte solar que injete até 30MW na rede de transmissão e distribuição. Este benefício, que valerá durante os seus primeiros

10 anos de operação será dado para empreendimentos que entrarem em operação até 31 de dezembro de 2017. As centrais que entrarem em operação após 31 de dezembro de 2017 terão um desconto de cerca de 50% (Jannuzzi et al., 2012).

3.3.4 Biomassa

A biomassa é uma das fontes de geração de energia de maior potencial de crescimento no mundo. É considerada uma das alternativas para a diversificação da matriz energética. Com a biomassa é possível se obter energia elétrica e biocombustíveis, cujo consumo vem substituindo derivados de petróleo. No entanto, mantém ainda uma posição pouco expressiva na matriz energética mundial (ANEEL, 2008) e a sua contabilização com precisão revela-se difícil dada a sua heterogeneidade e dispersão (REN21, 2015). Os países com maior produção de eletricidade por biomassa incluem os Estados Unidos, Alemanha, China, Brasil e Japão. O Brasil tem apresentado um crescimento contínuo, no entanto, os leilões não têm sido favoráveis à biomassa com os investidores a optar pelo setor eólico.

Existem diferentes tecnologias que estão sendo desenvolvidas para a produção de eletricidade a partir da biomassa. Para materiais orgânicos e sedimentos a digestão anaeróbia é atualmente a opção mais adequada para a produção de eletricidade e/ou calor a partir da biomassa, dependendo de matéria-prima de baixo custo estando estas tecnologias bem estabelecidas e disponíveis comercialmente (WEC, 2013).

O Brasil foi pioneiro no desenvolvimento de tecnologias para produção de biodiesel, tendo registrado em 1980 a patente do pesquisador Expedito Parente²⁵. As pesquisas não tiveram continuidade porque, na época, o combustível não era competitivo frente ao *diesel* (MME, 2004). Para estimular a produção de biocombustíveis no Brasil, foram criados alguns incentivos como o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) e o Selo Combustível Social.

²⁵ Expedito José de Sá Parente, Engenheiro Químico, Inventor do Biodiesel. Nasceu em Fortaleza, CE, em 20/10/1940. Faleceu em 13/09/2011. Fonte: <http://www.recantodasletras.com.br/biografias/4741910>

Os primeiros estudos na direção de uma política do biodiesel no Brasil aconteceram em 2003 e em dezembro de 2004 o governo lançou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB²⁶).

Inicialmente o objetivo foi de introduzir o biodiesel na matriz energética brasileira com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional. O resultado dessa primeira fase foi a definição de um arcabouço legal e regulatório, com a edição de duas Leis e diversos atos normativos infra legais do Ministério do Desenvolvimento Agrário, (Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel do MME <http://www.mme.gov.br/>, consultado em junho de 2015). A soja é o insumo mais importante para a produção de biodiesel no Brasil. O sebo bovino vem sendo o segundo insumo mais utilizado, seguido pelo óleo de algodão. No horizonte decenal, deverá acontecer a entrada de novos insumos e o aumento da participação do óleo de soja. As culturas de óleo mamona, dendê e girassol ainda não são expressivas (MME, 2015b).

O Selo Combustível Social foi criado em 2004, como uma identificação concedido pelo MDA ao produtor de biodiesel que cumpre determinados critérios de sustentabilidade relativos às aquisições de matérias-primas. O Selo confere ao seu possuidor o caráter de promotor de inclusão social dos agricultores familiares enquadrados no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar, PRONAF. A concessão do direito de uso do Selo Combustível Social permite ao produtor de biodiesel ter acesso as alíquotas do Programa de Integração Social (PIS) / Programa de Formação de Patrimônio do Servidor Público (PASEP) e Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS) com coeficientes de redução diferenciados para o biodiesel, que varia de acordo com a matéria-prima adquirida e região da aquisição, incentivos comerciais e de financiamento (Selo Combustível Social, programa do Ministério do Desenvolvimento Agrário, MDA - <http://www.mda.gov.br/>, consultado em junho de 2015).

Em 2009 a Biomassa tradicional (lenha) no Brasil teve uma percentual de 10,2% na matriz energética brasileira, enquanto que a biomassa moderna (produtos energéticos da cana) foi responsável por 18,8% (Khatiwada, Seabra, Silveira, & Walter, 2012) apud (EPE, 2010). Em termos de geração de energia elétrica, a potência das usinas em operação que utilizavam biocombustíveis em 2014 chegava a 7,3% da oferta de energia elétrica nacional (EPE, 2015). Em 2009 este número era de 5,4% (EPE, 2010)

²⁶ Link do PNPB do sitio do MME: <http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiesel/pnpb.html>

O mercado vem aumentando a bioeletricidade na matriz elétrica do país. Desde 2004, com a reestruturação ocorrida no setor elétrico nacional, a participação da cana-de-açúcar, por exemplo, tem aumentado nesse segmento, uma vez que as políticas nacionais estimularam a adoção de um mercado competitivo descentralizado e o uso mais racional da energia. No início de 2014, havia 7,9 GW instalados e em outubro de 2015 este montante já era de 9,2 GW (MME, 2015b). O Plano Decenal de Expansão de Energia 2024, MME (2015b, p. 363), destaca que “...Dentro desse contexto, a inserção da cogeração a partir do bagaço de cana-de-açúcar vem se mostrando uma alternativa competitiva no mercado de eletricidade, além de contribuir para a diversificação do setor sucroalcooleiro (setor que produz açúcar e álcool) e o aumento de sua receita. Contudo, ainda é possível ampliar consideravelmente o aproveitamento da energia da cana na matriz elétrica nacional.”

Brasil tem um grande potencial para a bioeletricidade. É um dos maiores produtores agrícolas do mundo, conseqüentemente gera muitos resíduos de biomassa decorrentes da colheita e processamento de produtos como arroz, algodão, cana-de-açúcar, milho, soja, etc. O potencial ambientalmente sustentável do país é de quase 141 TWh/ano. Por outro lado, o potencial econômico é muito menor, totalizando cerca de 39 TWh/ano. Esta diferença entre os potenciais técnicos e econômicos sustentáveis mostra que as restrições à geração de bioenergia no Brasil não são por falta de recursos, mas pelas barreiras econômicas, logísticas, regulatórias e políticas (Portugal-Pereira, Soria, Rathmann, Schaeffer, & Szklo, 2015).

Ainda segundo Portugal-Pereira et al. (2015), um conjunto de medidas poderia ajudar a impulsionar o uso de resíduos em sistemas centralizados de geração de energia no Brasil. Em primeiro lugar, a estruturação dos pequenos e médios agricultores em cooperativas. Em segundo lugar, os custos de investimento poderiam ser reduzidos por meio de incentivos fiscais. Em terceiro, os custos de ligação poderiam ser reduzidos através da definição de obrigações e controle das barreiras de mercado de empresas de energia. Finalmente, leilões regionais e exclusivos para plantas de geração de energia por resíduos como foi feito para outras fontes alternativas. Os autores citam ainda que poderia ser implementada uma política de incentivo fiscal para os agricultores diversificarem as suas atividades, incluindo a bioenergia em sua produção. Dizem ainda, outra alternativa poderia ser financiar a implementação de usinas de bioeletricidade centralizadas contribuindo para a reduções significativas de emissões de GEE na substituição de eletricidade a partir de gás natural.

Um aspecto negativo relacionado a produção da biomassa é o uso de terra. Para cada GW de capacidade instalada estima-se uma ocupação do solo entre 4.000 a 6.000 km², já para fontes como carvão e nuclear, para cada 1GW, esta ocupação é de no máximo 10 km², para solar entre 20 e 50 km². Deste modo, o uso do solo é um fator que precisa ser pensado pelos tomadores de decisão quando optar por fontes de energia elétrica através de biocombustíveis. A grande área requerida para a implantação de biomassa energética implica, naturalmente, o potencial conflito entre produção de alimentos e energia (MME, 2007).

3.4 O sistema elétrico de Rio Grande do Norte

Historicamente o RN não tem sido produtor de energia elétrica e não há registo de hidrelétricas no RN. A região possui condições de tempo extremamente seco, mas essas condições consideradas adversas agora são vistas como oportunidades importantes para o uso de recursos não-hídricos de FER para a produção de eletricidade (MME, 2014a). Tabela 3-2 descreve a potência instalada no RN em 2016 indicando que esta chegou a 3.368 MW, dos quais 2.842 MW são parques eólicos, o que correspondendo a mais de 84 % do total. Num futuro próximo, um adicional de 569 MW de energia eólica (construção já iniciada) será instalado juntamente com 126 MW de energia fotovoltaica (construções ainda não iniciadas) (BIG *online* - <http://www2.aneel.gov.br/>, consultado em junho de 2016).

Conforme dados do Balanço Energético do RN no ano de 2006 (SEDEC, 2006a) o estado produziu três vezes e meia o seu consumo final de energia. As formas de energia produzidas foram o petróleo, o gás natural, a lenha, a cana-de-açúcar e a energia eólica. Do montante da energia produzida, 15,7% foram consumidas diretamente como energia primária. O relatório SEDEC (2006b) indica que a geração de energia elétrica era feita por usinas eólicas e termoeletricas a gás natural. A cogeração é normalmente tratada nos setores onde esta ocorre. Está ligada ao uso do bagaço da cana no setor energético, de alimentos e bebidas. O consumo de gás natural ainda é limitado, aumentando sua penetração na área urbana e substituindo o gás liquefeito de petróleo, o GLP. Existe, no entanto, a expectativa de um forte incremento do consumo num futuro próximo, com a implementação de uma política ativa de difusão deste combustível. Ainda segundo este relatório, as perspectivas futuras dos processos considerados de geração para o estado seriam eólica, turbina a gás, nuclear e térmica a óleo diesel.

Tabela 3-2 - Potência instalada no RN, empreendimentos em operação - Fonte: BIG *online* (2016)
(<http://www2.aneel.gov.br>)

Tipo	Quantidade	Potência (kW)	%
Central Geradora Eólica – EOL	103	2.841.956	84,37%
Central Geradora Solar Fotovoltaica - UFV	2	1.105	0,03%
Usina Termelétrica – UTE	32	525.539	15,60%
Total	137	3.368.600	

O Relatório da Projeção da Matriz Energética do RN 2030, SEDEC (2006b), considera que os combustíveis fósseis na geração elétrica serão utilizados como complemento. Ou seja, a sua utilização vai variar conforme os regimes pluviométricos. Nos períodos de chuvas acima da média, o uso desses combustíveis serão menores. É o caso da central termelétrica do Vale do Açu (Termoaçu), a maior termoelétrica a gás natural do RN- A oferta de eletricidade será definida de acordo com as informações do setor elétrico brasileiro atuando sobretudo quando os níveis dos reservatórios de água estiverem baixos. A conclusão da Termoaçu, a partir de 2008, tornou o RN autossuficiente em energia elétrica. Este relatório projetava ainda planos para que todo o Nordeste tivesse um forte incremento da geração térmica a gás natural, que seria garantido por uma rede nacional de gasodutos ou por plantas gaseificadoras de gás natural liquefeito (GNL) importado. Neste contexto privilegiava a produção própria de gás no RN. Note-se, no entanto, que os plano de expansão de energia no Brasil, MME (2007), apresentavam em 2006 uma estrutura muito diferente da atual, indicando como projeções para o Brasil em 2030 uma potência eólica instalada de pouco mais de 4,6 GW e não fazendo referência à energia solar, contra os 5 GW, em 2014 (Figura 3-2), de eólica e as previsões de 24 GW de eólica e 7 GW de solar a estarem instaladas até 2024, ver Figura 3-2 (MME, 2015b). Isto espelha a mudança de política energética e as consequências para o estado de RN.

O Estado do Rio Grande do Norte está situado numa zona de predomínio dos ventos alísios resultando em ventos com grande constância. As regiões com ventos médios anuais mais intensos situam-se ao longo dos litorais norte e nordeste, nas áreas elevadas a nordeste do Estado, e nos elevados das Serras Centrais. O mapeamento do potencial eólico do RN evidenciou áreas bastante promissoras para empreendimentos eólico-elétricos (COSERN, 2003). Ficou constatado que o potencial de geração eólica a uma altura de 50m para áreas com ventos iguais ou superiores a 7,0m/s é de 9,56 GW o que resulta num potencial de produção de mais de 28 TWh/ano (Amarante, Silva, Filho, & Vidal, 2003), o que representou mais de 5% do consumo de eletricidade no Brasil em 2014 de acordo com dados do MME

(2015b). No início de 2015 o RN tinha a maior matriz eólica estadual do Brasil e também a maior capacidade instalada como referido pela Agência Reguladora de Serviços Públicos (conforme sitio da ARSEP - <http://www.arsep.rn.gov.br>, consultado em maio de 2016).

Algumas instituições do RN têm tido preocupação em qualificar mão-de-obra no tocante às fontes renováveis, principalmente a eólica. Pode ser citado o Centro de Tecnologia do Gás e Energia Renovável - CTGAS-ER, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Diretoria do RN - SENAI - DR-RN, o Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN, a Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN e organizações como o Banco do Nordeste do Brasil - BNB, o Centro de Estudos em Recursos Naturais e Energia - CERNE, a Fundação de Amparo à Pesquisa no Rio Grande do Norte - FAPERN, a Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Norte - FIERN e o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do RN - SEBRAE/RN (Oliveira & Araújo, 2015).

Devido à sua posição geográfica e seu clima, o RN tem também um potencial significativo para o aproveitamento da de energia solar (Silva, de Oliveira, & Marinho, 2008) que a cada dia atrai o interesse de mais empresas para investir no segmento e no desenvolvimento de novas tecnologias.

Malagueta et al. (2013) consideram que no Brasil a energia solar poderia levar a autossuficiência energética para a região Nordeste do país onde o RN está inserido. Em alguns anos poderia se tornar um exportador de eletricidade para as regiões Sul e Sudeste, o que significaria receitas para a região, funcionando como um estímulo para o desenvolvimento de uma das regiões mais pobres do Brasil. Além do mais, traria benefícios sociais, como a geração de emprego e renda, razões que podem justificar a promoção da energia solar na região. Apesar do grande potencial, a energia solar ainda está restrita a pequenos geradores distribuídos, principalmente módulos fotovoltaicos instalados em edifícios ou até mesmo em áreas remotas do país. Os autores sublinham ainda que para aumentar o uso de energia solar no Brasil é necessário implementar algumas políticas, destacando a promoção da transferência de tecnologia e a diversificação das políticas baseadas apenas em leilões específicos que levam os custos a serem incididos na sociedade, dentre outras.

Conforme diagnóstico da bacia Rio Piranhas-Açu pela Agência Nacional de Águas, ANA (2013), no RN a geração de energia é produzida basicamente de três fontes: eólica, térmica a gás e biomassa. Segundo esse diagnóstico a energia solar tem sido também avaliada positivamente e estão em andamento processos de substituição de equipamentos urbanos bem como uma planta termo solar piloto no Vale

do Açu, meso região do oeste do Estado. Esse diagnóstico aponta boas condições climáticas para produção de energia solar, a exemplo da região semelhante de Inhamus no Ceará. O RN dispõe de extensas áreas áridas e desvalorizadas para produção agrícola, podendo abrigar projetos de energia solar como é o caso dos desertos do oeste dos EUA.

Com o intuito de incluir o biodiesel na geração de energia elétrica, produtores independentes de energia do Nordeste criaram um projeto de pesquisa com objetivo de avaliar o ciclo de produção de energia elétrica a partir de biodiesel de mamona, abrangendo toda cadeia produtiva até chegar na produção de energia elétrica. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) aprovou o projeto e sua execução iniciou-se em novembro de 2003 e estendeu-se até outubro de 2004 (Severino, L. S., Palma, H., Anhalt, J., Albuquerque, I. C., & Parente Júnior, E., 2005). Também com esta proposta, em 2008 a ampliação das duas unidades de produção de biodiesel da Petrobras no RN ganhou fôlego quando o então presidente da estatal viu a possibilidade de tornar o parque de Guamaré (unidade de produção de petróleo, na cidade de Guamaré, Região da Costa Branca do RN), ainda experimental à época, numa unidade de produção em larga escala. Eram duas unidades com capacidade para produzir 20 milhões de litros de biodiesel por ano. Levando em consideração o mercado do estado de RN foi realizado um estudo para planejar como aquela unidade poderia passar à escala industrial. A Petrobras investiu cerca de 20 milhões de reais no seu projeto de construção, que usa como insumos a soja e a mamona e começou a operar de forma piloto em 2005. Em 2008, cerca de 4.000 famílias trabalhavam em sistema de agricultura familiar para suprir a procura de matéria-prima das duas unidades (BiodieselBrasil - <http://www.biodieselbrasil.com.br/>, consultado em maio de 2016).

A região Nordeste brasileira tem tradição no setor açucareiro, particularmente nos Estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Entretanto, a sua posição relativa na produção nacional tem decrescido continuamente em face da rápida expansão da produção nos Estados da região Centro-Sul (Filho, 2011). Mesmo assim, em 2014 entrou em operação a Usina Termelétrica (UTE) Bio Formosa por meio da Companhia Paulista de Força e Luz e pela CPFL Renováveis, localizada no município de Baía Formosa, litoral sul do Estado de RN. Movida a biomassa de cana-de-açúcar tem uma potência instalada 40 MW. A UTE assinou Contrato de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado (CCEAR) para venda de 11 MW médios, e destinará 5 MW médios para o mercado livre (CPFL - <http://www.cpfrenovaveis.com.br/>, consultado em junho de 2016).

Ainda relativamente a biomassa, apenas uma tecnologia se destaca atualmente na produção de eletricidade no RN, que é a cogeração com bagaço de cana (classificada como geração térmica) com uma potência instalada de 57 MW, enquanto o Brasil apresenta um total de 10.679 MW de potência instalada desta fonte, com dados do BIG *online*²⁷. Para o óleo de mamona, devido aos projetos produção dessa matéria prima não terem avançado, não há registro de geração de energia elétrica pelo RN no BIG *online* embora o governo tenha incentivado a produção desse biocombustível na década passada quando estimulou agricultores familiares a cultivar oleaginosas para produção de biodiesel em virtude do crescimento da demanda por combustíveis renováveis. Inclusive esses agricultores passaram a lidar com oportunidades novas, incentivados pelo programa de cultura de oleaginosas para produção de biodiesel (Pessoa, Souza, & Rebouças, 2007).

3.5 Considerações finais

Do que foi apresentado neste capítulo, fica evidenciado que a produção de energia no Brasil é um “Bem da União Federal” o que caracteriza que o Estado tem jurisdição sobre toda energia produzida. A partir de 1990 o modelo monopolista, com controle do setor público do sistema de energia do país migrou para empresas do setor privado, criando oportunidades para a livre concorrência. Foram criadas entidades para pesquisar, coordenar e controlar o sistema, como o ONS, EPE, dentre outras. Verifica-se uma preocupação das entidades oficiais com a emissão de gases de efeito estufa o que aliado a condições climáticas favoráveis tem criado incentivos ao desenvolvimento das FER para a produção de eletricidade e também à eficiência energética, sendo um exemplo disso a criação de um sistema de bandeiras tarifárias para permitir o controle do consumidor sobre a fatura elétrica. O país tem uma forte vocação para produção de energia elétrica por fontes de energia renováveis, sendo energia hidrelétrica a principal até ao momento. Há um grande incremento da energia eólica, com possibilidade, de num futuro próximo, ultrapassar a geração por fontes térmicas complementando a energia hidrelétrica. Relativamente ao aproveitamento de energia solar para a produção de eletricidade é ainda pouco representativo, mas perspectiva-se uma evolução significativa nos próximos anos.

²⁷ BIG *online* - <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>, consultado em julho de 2016

Com relação à matriz elétrica do RN verifica-se uma tendência para a geração de energia elétrica através do gás natural, biomassa de cana-de-açúcar, eólica e solar, esta última num futuro próximo. No início de 2015 o RN tinha a maior matriz eólica estadual do Brasil e também a maior capacidade instalada, assistindo-se já a uma preocupação de algumas instituições em qualificar mão-de-obra para FER, principalmente para eólica. No entanto, projeta-se também um forte incremento da geração térmica a gás natural, privilegiando a produção de gás no RN. Torna-se assim essencial analisar o potencial contributo de cada uma destas tecnologias para o desenvolvimento sustentável do RN.

No próximo capítulo, será tratado o potencial elétrico do RN avaliando os impactos das cinco tecnologias de geração de energia percebidas como prioritárias para o RN através de levantamento bibliográfico e documental feito neste capítulo, que foram: gás natural, bagaço da cana (biomassa com cana de açúcar), biodiesel (óleo de mamona), solar e eólica. Para tal serão considerados diferentes critérios que traduzem impactos relevantes abordados no capítulo 2.

CAPÍTULO 4

4. SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE NO RN

Este capítulo aborda a elaboração, aplicação e análise de uma metodologia participativa para avaliação da sustentabilidade das diferentes opções para a geração de eletricidade no RN, de acordo com opiniões de um conjunto de especialistas. O processo de investigação foi composto por entrevista estruturada e semiestruturada, com perguntas abertas e classificatórias, onde se obteve a opinião de peritos, selecionando participantes com comprovado conhecimento em energia e meio ambiente e/ou gestores públicos ou privados com poder de decisão no setor, tomando como referência a matriz elétrica do RN.

A análise dos resultados implicou a integração de diferentes métodos, incluindo análise qualitativa das entrevistas combinada com triangulação com literatura científica internacional e direcionada ao caso do Brasil e análise multicritério para avaliação relativa das diferentes opções de produção de eletricidade no RN.

A pesquisa apresentada foi baseada na revisão de literatura apresentada no capítulo 2 relativa aos impactos da produção de eletricidade numa ótica de sustentabilidade do setor e teve em consideração a situação energética brasileira e do Estado do Rio Grande do Norte (RN), que foi abordado no capítulo 3, verificado através de bibliografia, artigos, documentos governamentais, dentre outros.

O capítulo foi dividido da seguinte forma, após essa introdução, aborda-se a elaboração do guião de entrevista e em seguida a seleção do público-alvo e o perfil desse público. Na sequência são apresentadas as opiniões emitidas por estes e apresenta-se uma triangulação entre as opiniões emitidas e o que está proposto na literatura procurando encontrar pontos que corroboram ou não os resultados das entrevistas. No final é detalhada a análise multicritério conduzida para avaliação quantitativa das opções de produção de eletricidade e são apresentadas as considerações finais com as principais conclusões da análise qualitativa e quantitativa.

4.1 Preparação das entrevistas

O trabalho realizado tomou como referência o estudo anteriormente proposto por Hallstedt, Thompson, & Lindahl (2013), que se baseou em entrevistas realizadas suportadas numa prévia revisão da literatura, resultados de pesquisas anteriores e documentações de empresas para avaliar como integrar a sustentabilidade estratégica em processos de inovação, sendo agora adaptado ao objeto de estudo proposto.

Assim, para o caso da avaliação de sustentabilidade das diferentes opções de produção de eletricidade no RN foram também realizadas entrevistas sendo o conteúdo a abordar baseado em revisão de literatura, como bibliografia especializada, documentos oficiais, dentre outras fontes. Através de levantamento em artigos e em variados documentos, verificados no capítulo 3, pode ser observada a tendência da matriz elétrica do RN, diagnosticada para fontes renováveis de energia como eólica, solar, biocombustível (utilizando o bagaço da cana e também biodiesel, considerando projetos de inclusão social de produção de energia elétrica com esse combustível iniciados no Nordeste e que não prosperaram), além da possibilidade da produção de eletricidade por termoeletricas a gás natural. Com base neste levantamento foi elaborada uma entrevista exploratória, com perguntas abertas e classificatórias. Diversas pessoas com comprovado conhecimento em energia e/ou gestores públicos ou privados com poder de decisão (aqui denominados de peritos) foram então convidados a responder com o objetivo de obter uma perspectiva de como este grupo de peritos percebem as questões de sustentabilidade na produção de energia no estado do RN. Como resultado da aplicação deste instrumento foi ainda possível aplicar técnicas de multicritério na avaliação da geração de eletricidade no estado do RN, considerando as tecnologias escolhidas e critérios relacionadas com aspetos económicos, ambientais e sociais. Assim, além das questões abertas sobre energia renovável no Brasil e no RN, foi apresentado aos respondentes a possibilidade de opinar sobre a geração de eletricidade no RN através de cinco tecnologias descritas na Tabela 4-1.

Tabela 4-1 - Tecnologias de geração de energia para o RN

Opção de tecnologias de geração de eletricidade para o RN				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Gás natural	Biocombustíveis com o bagaço da cana (cogeração)	Biodiesel (com óleo de mamona)	Solar	Eólica

Partindo da revisão da literatura apresentada no capítulo 2 e de trabalhos recentes realizados para o Brasil (Santos, Ferreira, Araújo, Portugal-Pereira, Lucena, & Schaeffer, 2016) e outros países (veja-se sobretudo Ribeiro, Ferreira & Araújo, 2013 para o caso português) que visaram a avaliação de diferentes cenários e tecnologias numa perspectiva de desenvolvimento sustentável (considerando os aspectos social, econômico e ambiental) foi possível identificar um conjunto de critérios considerados importantes na implantação de projetos de geração de energia elétrica FER. Pode ser verificado que o custo (modelo dos leilões), quase sempre colocado em primeiro plano em detrimento de outros critérios representa assim um fator chave para a tomada de decisão. Conforme a literatura internacional a independência energética também é uma meta a ser procurada, independência esta que não se aplica entre os Estados do Brasil (sistema interligado). Países industrializados sofrem bastante com a dependência de combustíveis fósseis com impactos significativos na balança comercial e no meio ambiente. O emprego também é critério importante, principalmente em regiões como o RN, carente de empreendimentos que gerem ocupação para a população. A geração de emprego tem sido mencionada pela comunidade acadêmica como um dos benéficos mais importantes a atribuir ao crescimento das energias renováveis. O impacto visual associado à mudança da paisagem é referido frequentemente na literatura e prende-se muitas vezes com convicções de que as paisagens nunca devem mudar. O impacto visual e o ruído são os efeitos negativos mais comuns relacionados a parques eólicos, o que justifica também a sua análise para RN. Os benefícios locais/regionais podem ser decisivos para o sucesso de projetos de FER, visto que, de modo mais geral, o resultado do desenvolvimento econômico de projetos de geração eólica é relativamente limitado e a aceitação das populações locais se relaciona com estes benefícios percebidos. As emissões de GEE são consideradas chave para o futuro sustentável do planeta e as FER oferecem um potencial significativo para a redução de emissão pelo que importa também avaliar a sua importância ao nível do RN, visto que é uma vocação do Estado geração de eletricidade por termoelétricas a gás. O uso do solo é um critério que pode ser limitante na implantação de diferentes opções de produção de eletricidade. O verdadeiro potencial da geração de energia solar ou biomassa, por exemplo, é limitado pela disponibilidade de terras. A saúde pública também é elemento chave na produção de energia e está frequentemente associada não só aos impactos das emissões na saúde da população local, mas também às condições de trabalho dos próprios empregados das centrais. Por fim, a aceitação social critério muito importante na instalação e manutenção de empreendimentos de energia elétrica representando também um fator de risco a considerar por investidores e decisores públicos.

Na Tabela 4-2 estão apresentados os critérios utilizados para escolha dessas tecnologias com as suas descrições como foram apresentadas aos entrevistados.

Tabela 4-2 - Descrição dos critérios. Escala de 0 a 10 onde (0 muito negativo-10 muito positivo)

CRITÉRIO	DESCRIÇÃO	ESCALA		
		0	↔	10
CUSTOS	Os custos que envolvem a instalação e utilização da tecnologia.	Alto custo	↔	Baixo custo
INDEPENDÊNCIA ENERGÉTICA	A tecnologia traz, ou não, autossuficiência energética para o Estado.	Não traz autossuficiência	↔	Traz autossuficiência
EMPREGO	A tecnologia proporciona, ou não, criação de novos empregos.	Não cria empregos	↔	Cria empregos
IMPACTO VISUAL	A tecnologia provoca, ou não, um efeito negativo paisagem.	Prejudica a paisagem	↔	Não prejudica a paisagem
RUÍDO	A tecnologia provoca, ou não, ruído capaz de incomodar.	Provoca ruído	↔	Não provoca ruído
BENEFÍCIOS LOCAIS/REGIONAIS	A tecnologia traz pouco, ou muito, benefício à região e à comunidade.	Traz pouco benéfico à comunidade	↔	Traz muito benéfico à comunidade
EMISSÕES DE GEE	A tecnologia provoca, ou não, emissão de gases nocivos.	Provoca emissão de GEE	↔	Não provoca emissão de GEE
USO DO SOLO	A tecnologia implica em grandes, ou pequenas, áreas ocupadas.	Ocupa grandes áreas	↔	Ocupa pequenas áreas
SAÚDE PÚBLICA	A tecnologia afeta, ou não, a saúde pública.	Prejudica à saúde pública	↔	Não prejudica à saúde pública
ACEITAÇÃO SOCIAL	A tecnologia é pouco, ou bem, aceita pela sociedade.	Não é aceita pela comunidade	↔	É aceita pela comunidade

As entrevistas iniciaram-se com uma apresentação dos objetivos da pesquisa reforçando o foco geográfico do RN. Foi ainda garantida a confidencialidade das respostas obtidas assegurando que o nome dos envolvidos não seria mencionado e não seria possível relacionar as respostas com cada um destes. Foi ainda assegurada a total liberdade de opinião sem interferência do investigador nas informações recolhidas. Verificou-se, no entanto, alguma dificuldade na conciliação de agendas com os entrevistados sendo necessário adaptar as entrevistas à forma de questionários respondidos à distância por intermédio do Google Docs. Neste caso, as respostas qualitativas e quantitativas foram obtidas por escrito estando

sempre o investigador disponível para o esclarecimento de eventuais dúvidas. Esta entrevista foi dividida em quatro partes:

- na primeira obtinha-se o perfil do entrevistado;
- na segunda foram colocadas questões “abertas” (entrevista exploratória) onde se recolhiam opiniões sobre as tecnologias de energias renováveis no que diz respeito as formas de como desenvolvê-la / efeitos no meio ambiente / preço a ser pago / estágio de desenvolvimento no Brasil / envolvimento, aceitação e benefícios às populações residentes;
- na terceira, solicitava-se ao entrevistado a atribuição ponderações as critérios de acordo com o nível de importância a considerar na avaliação de impactos e numa perspectiva de planeamento elétrico sustentável;
- na última parte o entrevistado deveria avaliar o desempenho de cada uma das opções consideradas para a produção de eletricidade de acordo com cada um dos critérios incluído.

No Anexo I está apresentado o modelo da entrevista.

4.2 Público-alvo e perfil dos entrevistados

Apesar da condição dos peritos, no que diz respeito notoriedade em energia e/ou meio ambiente, foi procurada uma diversificação na condição profissional exercida pelo entrevistado garantindo sempre um nível conhecimento alto da realidade do RN. Buscando atingir esta diversificação pensou-se em envolver o setor produtivo, a academia, órgão regulador, distribuidora de energia, órgão do meio ambiente, gestão estratégica, publicação na área de energia, movimento agrário, governo, órgão de classe e estudioso no assunto, apontando numa fase inicial pela escolha de 11 peritos:

- A- empresário da área de energia;
- B- dirigente de uma instituição de ensino com cursos na área de energia;
- C- executivo de uma agência reguladora;
- D- executivo de uma concessionária de energia elétrica;
- F- executivo da área de recursos hídricos e meio ambiente;
- G- executivo de um centro de estratégias na área da energia;
- H- investigador e autor de publicações na área das energias renováveis;

- I- executivo do setor de colonização e reforma agrária;
- J- executivo ligado ao Governador do RN;
- K- presidente de um conselho de classe; e
- L- pesquisador em energias renováveis.

Foram agendados os encontros com os peritos onde seria possível obter uma maior interação entre o entrevistador e o entrevistado. Porém, após repetidas tentativas de contato pessoal, apenas dois disponibilizaram o seu tempo para a entrevista: o investigador e autor de publicações na área das energias renováveis e o executivo da agência reguladora. Para esses dois a entrevista realizou-se de forma presencial, gravada e posteriormente transcrita, sendo os dados quantitativos recolhidos no final da entrevista e transcritos de imediato. Os outros nove peritos manifestaram ainda assim interesse em participar na pesquisa solicitando que a recolha de informação fosse realizada à distância via internet. Embora reconhecendo que as entrevistas presenciais têm benefícios claros na pesquisa, tendo em conta o elevado nível de conhecimento e a formação académica dos entrevistados considera-se que a informação obtida de forma não presencial deverá trazer também resultados relevantes para o estudo proposto. Foi então elaborado um questionário, baseado na entrevista, com questões “abertas” e “fechadas” e disponibilizado na rede de internet por intermédio do Google Docs. Com esse instrumento, foram enviadas novas solicitações para esses peritos através de e-mails, onde foi indicado o link desse questionário. Sete destes destinatários responderam a solicitação e apenas dois não atenderam, que foram o executivo do setor de colonização e reforma agrária e o executivo ligado ao Governador do RN. No total foram assim obtidas nove respostas, sendo que duas destas por entrevista presencial e sete pela internet.

Em termos de grau de instrução apenas um dos entrevistados não possui curso superior. Os demais possuem no mínimo graduação, sendo dois mestres, um com mestrado em andamento e um doutor. Cinco são do setor privado, um de autarquia e três do setor público. Excetuando apenas um, todos ocupam cargos de chefia ou coordenação. Esta posição de liderança revela a importância dos resultados obtidos dada a influência de todos eles em processo de tomada de decisão e reflete também o elevado grau de conhecimento do setor e do RN. Respeitando a confidencialidade das respostas e também a preservação da identidade dos entrevistados, na Figura 4-1 apresenta-se o perfil desses nove peritos. Observa-se que a faixa etária variou de 44 a 60 anos. A mediana de idade ficou em 51 anos. O tempo trabalhado na área de energia variou de 8 a 34 anos. A mediana foi de 26 anos. O tempo de trabalho na

atual empresa teve uma mediana de 24 anos. O perfil verificado, pelo menos teoricamente, indica maturidade dos respondentes.

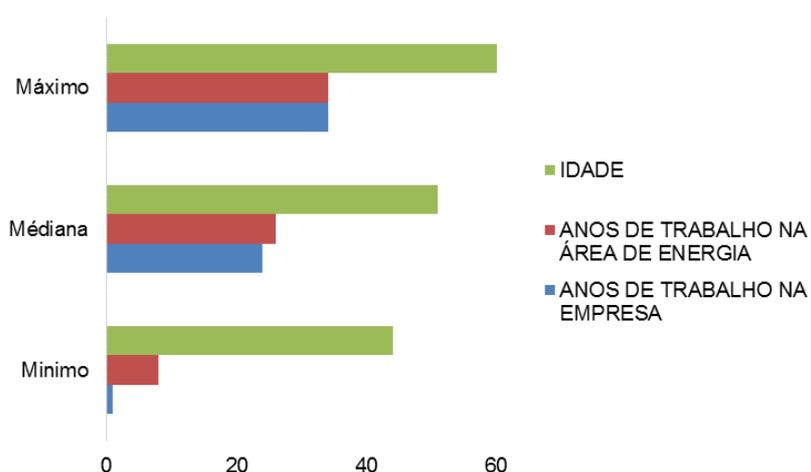


Figura 4-1 - Perfil dos peritos entrevistados

4.3 Resultados das entrevistas semiestruturadas

Foram colocadas seis perguntas abertas com o objetivo de recolher opiniões sobre as tecnologias de energias renováveis no Brasil. Apresenta-se em seguida cada uma dessas perguntas e os principais resultados obtidos destacando comentários que se consideram particularmente pertinentes na análise desses resultados sendo o perito citado identificado pela letra correspondente de acordo com a secção 4.2.

Primeira pergunta: *Qual o papel das instituições públicas centrais ou estaduais no desenvolvimento e difusão de tecnologia de produção de eletricidade por fontes de energia renováveis?*

Fazendo um resumo das respostas pode-se descrever que o papel das instituições públicas centrais ou estaduais deverá passar por proporcionar incentivos em geral para promoção e geração de interesse pelas FER. Estas instituições devem atuar no planeamento elétrico garantindo o pleno abastecimento de energia elétrica em todos os setores da sociedade, promovendo, incentivando o desenvolvimento e difusão de novas tecnologias de geração de eletricidade, seja pela ação direta de seus centros de pesquisa ou pelo incentivo à iniciativa privada. Adicionalmente espera-se que tenham um papel

importante junto à iniciativa privada atraindo empreendedores e difundindo a política energética. Deste modo destacam-se as seguintes funções das instituições públicas com impacto na promoção das FER:

- Desenho e execução do planejamento elétrico.

- Promoção e incentivo a parcerias envolvendo as instituições de ensino e o setor produtivo e de serviços, com o intuito de difundir e popularizar esses tipos de fontes de energia.

- Promoção de parcerias público-privadas, estimulando o uso de fontes alternativas e sobretudo dando incentivos fiscais. Considera-se que para além dos ganhos ambientais o incentivo à micro geração ou cogeração propicia economia em investimentos públicos para a geração de energia.

- Definição de políticas públicas para as FER para estimular o seu uso, desenvolver estudos e projetos, incentivar a pesquisa académica, fiscalizar o setor, promover campanhas educativas.

-Comentários dos entrevistados:

“O Estado brasileiro vem desempenhado o seu papel de racionalizar o uso das fontes (renováveis ou não) mediante a preocupação com a (i) modicidade tarifária para o consumidor com universalização e abrangência máxima do acesso à energia, (ii) a promoção da sustentabilidade e soberania de tais fontes e (iii) a maximização dos benefícios locais (conteúdo local, contrapartidas racionais, perenização dos benefícios, conservação dos recursos naturais), inclusive e principalmente para gerações futuras.” (Perito H)

“Para o consumidor não interessa a fonte. O que ele quer é que chegue energia. Pode ser eólica ou hidráulica. No Brasil a geração é como se fosse uma caixa preta. Tudo o que se gera entra nessa caixa. Quando se faz um leilão de fontes alternativas de energia toda energia é enviada para a mesma linha de transmissão (no mesmo sistema) e a distribuição é feita de acordo com a necessidade. No caso da energia eólica, tem que se usar de imediato por que não se guarda, em compensação pode-se guardar a água no reservatório (energia hídrica). Quando se despacha a energia eólica está-se economizando a energia hidráulica e térmica. Como é incentivada a produção? São feitos leilões específicos para a energia de fontes renováveis. Já houve leilão inclusive para a energia solar.” (Perito C)

“...Promover e incentivar parcerias envolvendo as instituições de ensino e o setor produtivo e de serviços”. (Perito D)

Segunda pergunta: *Quais considera serem os principais efeitos das fontes de energia renováveis sobre o meio ambiente?*

De acordo com a visão geral dos peritos, não há forma de geração de energia elétrica que não cause impactos ao meio ambiente e sociedade. As denominadas energias renováveis mostram-se atrativas em termos de impacto ambiental devido seus efeitos reduzidos sobre fauna/flora e outros danos, com impactos substancialmente menores do que as restantes tecnologias energéticas. A possibilidade de promover a mitigação dos gases que intensificam o efeito estufa tem colocado as energias renováveis no centro do interesse na expansão do parque elétrico gerador. As tecnologias FER contribuem de forma positiva para a preservação do meio ambiente, uma vez que podem minimizar o uso de energias não renováveis e poluentes, como é o caso da utilização do petróleo. O saldo final é positivo, porém é muito importante um planeamento que considere as questões socio ambientais.

Relativamente às tecnologias FER as preocupações ambientais podem ser resumidas como:

- A geração hídrica está associada a inundações que causam grandes problemas ambientais e sociais. Estas inundações mexem com tradições, costumes, sentimento de pertença das populações envolvidas, que podem ter que ser removidas, afetam a biodiversidade, muitas vezes de regiões onde não foram feitas pesquisas, com risco de perder para sempre informações importantes para a ciência, como por exemplo a farmacologia.
- A biomassa favorece a poluição atmosférica e mesmo o aquecimento global.
- A eólica e fotovoltaica são as tecnologias com menor impacto, mas que provocam também impactos sobretudo na fase de construção. Adicionalmente, a visão geral de que a energia eólica ocupa pouco espaço e não agride o ambiente não é consensual uma vez que os parques eólicos impactam a paisagem e trazem risco para a avifauna. Por exemplo, parque eólicos em dunas e na beira da praia têm um impacto visual negativo e estas unidades podem também afetar a agricultura em volta.
- Os trabalhos nas grandes obras onde se incluem muitas das FER têm impacto (positivo ou negativo) na qualidade de vida das populações locais, em questões de costumes, saúde e economia local.

Apesar de reconhecerem a existência de impactos negativos, os peritos consideram que estes podem ser minimizado com um planeamento adequado e monitoramento em todas as fases, inclusive na operação. Toda intervenção humana para exploração e aproveitamento económico de recursos naturais gera impacto ambiental, mas a grande crítica ao setor ocorre porque o foco no resultado final positivo em termos elétricos relega cuidados socio ambientais a um plano secundário.

-Comentários dos entrevistados:

“Há registo de problema em parques eólicos: morcegos mortos (pequena quantidade); uma palheta atingiu uma vaca (pedaço que se descolou da palheta). O ruído não deve ser considerado prejudicial. Particularmente uma coisa incomoda: o piscar das luzes que sinalizam o aerogerador. Não há registo de reclamação, no RN, do efeito estroboscópico (sombra provocada pelo movimento das pás), talvez pela pequena quantidade de habitantes em volta dos parques. Na verdade nada alarmante em relação à degradação do meio ambiente. Os poucos efeitos podem ser mitigados. (...) As fontes de energias renováveis têm impactos bem reduzidos, se comparadas as fontes de energia não renováveis.” (Perito C)

Terceira pergunta: *Como analisa o preço a ser pago por fontes de energia renováveis?*

De acordo com a visão geral dos peritos, os custos praticados nas novas energias renováveis (novas energias renováveis são aquelas que não consideram tecnologias maduras como a hidroeletricidade) tem-se configurado como o fator impeditivo à maior penetração dessas alternativas. Muito dessa avaliação negativa quanto aos custos, ocorre devido ao fato de que a composição convencional dos custos com as tecnologias maduras (fosseis) não considerar as externalidades negativas dessas tecnologias e ao mesmo tempo não avalia as externalidades positivas das novas renováveis.

Os custos de grande parte das tecnologias FER ainda são relativamente altos para um país com os problemas sociais como o Brasil, mas a adoção do uso de energias renováveis é premente. Com a utilização em alta escala poderá haver uma redução significativa desses custos, mas por enquanto ainda é uma tecnologia relativamente cara, o que eleva o preço do KWh produzido. Com o avanço das tecnologias e a escala de geração, os preços estão ficando competitivos com tendência a baixarem nos leilões. Para algumas destas tecnologias já bem estabelecidas no mercado, de onde se destaca a eólica, passou-se já do que era considerado um preço que inviabilizava participação nos leilões para um período

ultracompetitivo e até baixo demais para remunerar a cadeia produtiva. De acordo com os peritos, vive-se atualmente um período de consolidação/estabilização no Brasil sobretudo para o setor eólico resultando num preço que ainda é o mais baixo do mundo sem subsídio. No entanto, para a geração solar, ainda há espaço para diminuir esse custo.

Esta percepção de tendência de redução dos custos torna-se evidente quando analisando os comentários de alguns dos peritos que se referiram a casos específicos de leilões.

“Num determinado momento o governo brasileiro colocou um leilão único para energia eólica e o valor do MWh atingiu os cem reais, até menos do que isso, foi um recorde mundial, um dos MWh mais baratos do mundo para energia eólica.” (perito C)

“Energia solar, que também é outra fonte de energia renovável, no ano de 2014 teve o último leilão de energia realizado no final de outubro, conseguiu negociar vários contratos. (...) ficou na casa de 220 reais o MWh. Então o preço das energias renováveis, se considerar eólica e solar, que estão mais na média, eólica caiu bastante, solar tende a cair.” (perito C)

“A eólica com certeza já pode competir em nível de igualdade com a hídrica. (...). Em 2011 quando se verificaram os preços da energia hídrica e compararam-se com o preço da eólica percebe-se a equiparação.” (perito H)

-Comentários dos entrevistados:

“É claro que a energia hídrica tem um fator de capacidade superior, tem um montante elétrico superior, a título de exemplo, a maior hidrelétrica do país, a de Itaipu, apenas uma turbina tem potência de 700 megawatt. Uma única turbina gera mais que o maior parque eólico do país, que fica no sertão baiano (...).” (Perito C)

Quarta pergunta: *Como avalia os sistemas de energia alternativa no Brasil, considerando os seus estágios de desenvolvimento?*

De um modo geral considera-se que as FER no Brasil têm ainda um grande potencial de crescimento. Nos últimos anos tem crescido o uso de energias renováveis no país, mas comparando com países como a Alemanha, por exemplo, reconhece-se que a sua implementação é ainda muito discreta. No entanto,

o Brasil já figura como uma das matrizes mais renováveis dentre as economias significativas do mundo (sobretudo pela componente hídrica) e mesmo diante do advento da extração de petróleo do pré-sal mantém sua disposição e medidas consistentes para manter uma matriz energética limpa. Pode-se assim considerar que em comparação com a maioria das nações, inclusive as da OCDE, o Brasil está em desenvolvimento avançado e sustentável, mas em crescimento.

Um dos peritos referiu ainda como exemplo da procura de desenvolvimento de sistemas diversos de abastecimento com a resolução 482 da ANEEL de 2012 que informa como deve ser a conexão de micro geração e mini geração até 1 MW de residências e de prédios em geral. Com esta resolução passou a ser possível a empresas produtoras independentes conectarem-se à rede da concessionária podendo abater créditos na fatura de energia elétrica. No entanto, reconhece-se que o processo está em andamento, mas de uma forma lenta. Existem já empreendimentos envolvidos e a legislação também já existe, porém o processo não avançou como se esperava porque os custos envolvidos são altos e existe falta de pessoal técnico qualificado. Demonstra-se assim a existência de vontade de empresas e política, mas alguma dificuldade na concretização que permitiria avançar o desenvolvimento das tecnologias e mercado.

-Comentários dos entrevistados:

“Não há atraso, ou seja, as energias renováveis, pelo menos eólica e solar, chegaram no momento oportuno. Lembrando que ainda não há domínio da tecnologia pelo Brasil. Os aerogeradores não são nacionais. Há uns três anos as pás eram de 40m, a torre 80m e geravam em “0,69”. Precisava de uma subestação no lado de fora da torre, que levava para 34,5 até a subestação. Tinha sempre o aerogerador com uma subestação em baixo. Ultimamente se vê esta subestação já dentro da torre. Alguns já geram em níveis que não precisa de subestação. A pá é 62m, a torre 124m. Todos mais eficientes (lembrando que o parque completo é composto pelos aerogeradores, subestação e linha de transmissão que entrega a energia gerada ao sistema interligado, no caso do RN, à CHESF).” (Perito C)

Quinta pergunta: *Como considera que poderá ser promovido o envolvimento das populações residente nas regiões onde serão instalados empreendimentos de energia renovável?*

A maioria dos peritos consideram que a população deve ser consultada, sendo devidamente esclarecida para poder opinar sobre as consequências, positivas e/ou negativas, do empreendimento. As populações precisam assim ser ouvidas e, até mesmo, conscientizadas sobre os projetos a serem desenvolvidos. Os parques eólicos e solares requerem a utilização de grandes áreas e provocam alterações na paisagem.

A questão fiscal é particularmente relevante a nível local, uma vez que a receita é gerada por via do ICMS pago pelo consumidor final. Ou seja, o imposto só fica no Estado se houver consumo não estando assim associada à existência de centrais produtoras de eletricidade no Estado. Não existem para já *royalties* associadas à produção de energia elétrica, sendo estes aplicados à indústria do petróleo. A aplicação de taxas estaduais a pagar pelos produtores é vista como arriscada pois pode levar ao afastamento dos parques para fora do RN.

Independente das questões fiscais há uma percepção generalizada por entre os peritos de que as populações aceitam bem as tecnologias FER. No entanto, sublinham a importância do envolvimento da comunidade local nas discussões para conhecimento dos possíveis impactos ambientais e sociais existentes. Assumindo que a população seja ouvida, o planeamento deverá ser participativo permitindo granjear apoio da população, que se sente construtora do processo. Na maioria das vezes, se devidamente esclarecida a população e se devidamente negociadas as compensações e interações com os empreendimentos, os investidores terão mais a ganhar do que perder.

Associada também à questão das compensações está a percepção de que as externalidades típicas destes projetos têm carácter temporário (normalmente associadas com a construção, apenas). No momento da implantação há uma empregabilidade maior sobretudo na construção civil, mas também noutros segmentos. No entanto, esta tende a diminuir ficando apenas a mão-de-obra reduzida e qualificada para a operação. Assim, os peritos defendem que comunidades podem e devem participar plenamente dos benefícios e renda gerada localmente também durante a fase de operação das centrais produtoras de eletricidade. Nesse sentido e numa visão otimista, vários peritos acreditam que há uma boa vontade do governo com relação a isso e também de algumas empresas com essa nova mentalidade de sustentabilidade e envolvimento das populações.

-Comentários dos entrevistados:

“Um único lugar em que se percebeu resistência foi em Galinhos (praia do Litoral Norte do RN), por conta do visual. Poderia ter impacto no turismo.” (Perito H)

“Pode-se pegar um caso muito bom no RN que é o estado com maior potência eólica instalada no Brasil. Várias das cidades onde a energia eólica chegou, antes eram cidades pobres, cidades simples e de repente começaram a surgir essas turbinas em meio ao interior, em meio à zona rural, e terminou motivando um pouco a população local imaginando que aquilo ali poderia trazer algum lucro para a sociedade e para a comunidade como um todo. O que se percebeu é que esse lucro não veio talvez na expectativa esperada, por outro lado é injusto dizer que não houve alguns avanços. Havia cidades pelo interior do RN que não tinham o menor desenvolvimento. Então essas cidades viram toda questão da infraestrutura que teve que ser mudada, com hotéis, pequenas pousadas, restaurantes, toda uma economia local teve que ser criada, avançada para atender a demanda de algumas empresas que chegavam com o seu pessoal, principalmente na fase de implantação dos parques, as fundações.” (Perito C)

Sexta questão: *Que benefícios poderão ser atribuídos às populações residentes, nas regiões onde estão instalados empreendimentos de energia renováveis?*

Esta questão está claramente relacionada com a anterior uma vez que para a proposta dos incentivos referidos a população deverá ser envolvida e a justificção para o seu envolvimento vem também da necessidade de garantir aceitação e compensação.

Todos os peritos defendem que tendo em consideração a expansão projetada de FER no sistema interligado brasileiro, é essencial estabelecer uma política de incentivos que deve ser apropriada às comunidades diretamente afetadas pela chegada do empreendimento assegurando os seus direitos garantidos e compensações. As populações locais devem ser beneficiadas com melhorias na infraestrutura local (escolas, estradas, postos de saúde, etc.), assim como contribuição pecuniária, de acordo com a legislação vigente, além de incentivo à criação e manutenção de unidades de conservação da natureza.

Os peritos voltaram ainda a referir as questões dos *royalties* ou instrumentos fiscais para garantir benefícios locais. A tributação fiscal poderia ser ajustada de forma a beneficiar um pouco mais as regiões geradoras, mas sem criar novos ônus ao setor deste modo apenas redistribuindo a destinação de tributos

existentes. Geralmente algum benefício já existe, mas de um modo indireto por via do desenvolvimento indireto trazido pela construção das centrais geradoras e a estas associados novos empreendimentos como estradas e dinamização da economia com novas receitas de ICMS.

Adicionalmente, são também fontes de receita local o arrendamento de terrenos para instalação das novas centrais ou indenização por uso do terreno por passagem de linhas de transmissão associadas a essas novas centrais. No entanto, tem-se observado também alguma especulação nos terrenos a serem utilizados o que tem como consequência ações de pedido de utilidade pública, resultando na queda do preço.

-Comentários dos entrevistados:

“...Só que no Brasil, é bom que se diga, a questão ambiental é muito nova e às vezes resoluções de um Estado não são as mesmas resoluções de outro Estado. Ainda está se formatando isso.” (Perito F)

“Mas o mais importante é que os governos locais (Estados e municípios) saibam e consigam interagir de forma racional (sem chantagem e sem interesses pessoais/políticos acima do interesse coletivo) para conseguir apoio razoável a contrapartidas que consolidem/perenizem os benefícios para a localidade que hospeda os empreendimentos. Isso é bom para o local e bom para as empresas também.” (Perito G)

“...Como os royalties não se aplicam, a tributação pode ser ajustada de forma a beneficiar as regiões geradoras, mas sem criar novos ônus ao setor. Apenas redistribuindo a destinação de tributos existentes.” (Perito G)

“...Paga-se a energia gerada por um Estado através do ICMS. O ICMS quem paga é o consumidor final. Ou seja, o imposto só fica no estado se houver consumo.” (Perito C)

4.4 Análise e discussão dos resultados

A seguir, da Tabela 4-3 à 4-8 será feito uma triangulação entre o posicionamento dos peritos, com relação ao que se observa na pesquisa bibliográfica e em documentos oficiais do governo brasileiro. Nessas mesmas tabelas são apresentadas também as principais conclusões desta triangulação entre entrevistas

e bibliografia avaliando se tende a existir lacuna entre o que está na literatura e o que é apresentado pelos peritos.

Tabela 4-3 - Questão 1: Triangulação entrevista e bibliografia

<i>Qual o papel das instituições públicas centrais ou estaduais no desenvolvimento e difusão de tecnologia de produção de eletricidade por fontes de energia renováveis?</i>	
Aspetos chave resultantes das entrevistas	O que se observa na pesquisa bibliográfica e em documentos oficiais do governo brasileiro
Os incentivos são importantes para a efetiva promoção das FER.	<p>A criação da Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica objetiva incentivar novos projetos (Oliveira & Araújo, 2015).</p> <p>O Programa Emergencial de Energia Eólica - PROEÓLICA, prevê incentivos que asseguram por 15 anos a compra, pela Eletrobras da produção de eletricidade em centrais eólicas.</p> <p>O Programa de Incentivo às Fontes Renováveis de Energia Elétrica - o PROINFA tem o intuito de aumentar, no SIN, a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de produtores independentes autônomos, com base em energia eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, sendo a compra da energia assegurada por meio de contratos celebrados pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS (CCEE, 2012).</p> <p>O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) tem como objetivo introduzir o biodiesel na matriz energética brasileira, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional (Ministério do Desenvolvimento Agrário, MDA - http://www.mda.gov.br/, consultado em junho de 2015).</p> <p>A criação do Selo Combustível Social que confere ao seu possuidor o caráter de promotor de inclusão social dos agricultores familiares enquadrados no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Ministério do Desenvolvimento Agrário, MDA - http://www.mda.gov.br/, consultado em junho de 2015).</p>
O Estado tem um papel essencial no planejamento e garantia de abastecimento de energia elétrica.	<p>No Brasil, o potencial energético é considerado Bem da União Federal. Conforme a Constituição Federal de 1988 o Estado possui a soberania e jurisdição do que é considerado uso de bens da União Federal com sua origem legal no art.20.</p> <p>Para executar o planejamento energético, o Ministério de Minas e Energia controla empresas como a ELETROBRÁS e a Petrobras. Controla também instituições como as Agências Nacionais de Energia Elétrica (ANEEL) e do Petróleo (ANP) e o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).</p> <p>Existe uma entidade responsável por estudos relacionados ao planejamento energético, que é a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que associada a esta entidade existe a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE. Ainda com o intuito de garantir o abastecimento existe o Sistema Interligado Nacional, o SIN e uma outra entidade, de direito privado sem fins lucrativos, o Operador Nacional do Sistema (ONS) (Filho, 2013).</p>
Os incentivos são importantes também no desenvolvimento das tecnologias assim como a pesquisa acadêmica e difusão de novas tecnologias, em centros de pesquisa ou pela iniciativa privada.	<p>Algumas instituições, inclusive no RN, têm tido preocupação em qualificar mão-de-obra no tocante as fontes renováveis, principalmente a eólica. Pode ser citado o CTGAS-ER, SENAI - DR-RN, o IFRN, a UFERSA e a UFRN e organizações como o Banco do Nordeste do Brasil - BNB, o Centro de Estudos em Recursos Naturais e Energia - CERNE, a Fundação de Amparo à Pesquisa no Rio Grande do Norte - FAPERN, a Federação das Indústrias do Rio Grande do Norte - FIERN e o Serviço de apoio às micro e pequenas empresas do RN - SEBRAE/RN (Oliveira & Araújo, 2015).</p> <p>A partir da criação da ANEEL passou-se a inserir em alguns dos contratos de concessão a obrigação de investimento em programas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e eficiência energética. Com a publicação da Lei nº 9.991, em julho de 2000, a obrigação de se investir em P&D foi estendida a todas as empresas do setor elétrico.</p>
A possibilidade de existirem parcerias público-privadas será de considerar.	Na década de 1990 o modelo monopolista, sob o controle de empresas públicas, migrou para empresas do setor privado, onde a concorrência era estimulada (Aguiar, 2004).

A definição de políticas públicas para estimular o uso de FER é essencial.	Todos os programas do governo, de incentivo à produção de energia renovável, podem ser considerados políticas públicas: PROEÓLICA, PROINFA, PNPB, o Selo Combustível Social, o PRONAF, dentre outros.
As instituições públicas têm um papel importante na fiscalização no setor de energia.	A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) cumpre o papel de fiscalizar e regular a geração e distribuição de energia no Brasil.

Principais conclusões

Com relação ao papel do Estado no desenvolvimento de tecnologia de produção de eletricidade por FER, há convergência do que está escrito na bibliografia com o posicionamento dos peritos. Existem já incentivos para as FER, mas esforços adicionais são necessários.

Um destaque pode ser feito quanto ao posicionamento de um dos peritos que cita que um dos papéis do Estado que é o de “promover e incentivar parcerias envolvendo as instituições de ensino e o setor produtivo e de serviços”. Há um programa nas instituições de ensino brasileira denominado de “Programa de Formação de Recursos Humanos” (PFRH ou PRH)²⁸, uma parceria da Petrobras com a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), que investe em bolsas de estudo para estudantes de níveis técnico e superior (graduação, mestrado e doutorado), coordenadores e pesquisadores visitantes do setor de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, assim como em melhorias nas condições de ensino e infraestrutura nas instituições parceiras. A legislação já contempla esta necessidade de formação e pesquisa com a Lei de número 9.991, de 24 de julho de 2000, ao prever que empresas concessionárias, nos campos de alta produtividade de óleo e gás, devem investir 1% da receita bruta em ações de Pesquisa e Desenvolvimento. Parte desses recursos são assim usados para aumentar o número de profissionais qualificados na indústria de energia com o PFRH, numa parceria com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

O sucesso do PFRH é incontestável, demonstrando a importância de um programa dessa envergadura existir também na área de energia renovável, utilizando da Lei que obriga todas as empresas do setor elétrico a investir em P&D. A partir da criação da ANEEL passou-se a inserir em alguns dos contratos de concessão a obrigação de investimento em programas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e eficiência energética. Com a publicação da Lei nº 9.991, em julho de 2000, a obrigação de se investir em P&D foi estendida a todas as empresas do setor elétrico

²⁸ Programa Petrobras de Formação de Recursos Humanos - PFRH. Acessar: <http://www.petrobras.com.br/pt/quem-somos/carreiras/oportunidades-de-qualificacao/programa-de-formacao-de-recursos-humanos/>

Tabela 4-4 - Questão 2: Triangulação entrevista e bibliografia

Segunda pergunta: <i>Quais considera serem os principais efeitos das fontes de energia renováveis sobre o meio ambiente?</i>	
Aspetos chave referidos pelos entrevistados	O que se observa na pesquisa bibliográfica e em documentos oficiais do governo brasileiro
Todas as formas de produção de eletricidade geram impactos ambientais e sociais. Em particular, as hidroelétricas mexem com tradições, costumes, sentimento de pertença das populações envolvidas.	De acordo com Leite (2005), a implantação de hidrelétricas pode gerar impactos ambientais na hidrologia, clima, erosão e assoreamento, sismologia, flora, fauna e alteração da paisagem. A construção de usinas hidrelétricas na região Amazônia vem preocupando os ambientalistas, que “se tornou alvo das estratégias de desenvolvimento e integração territorial de diversos países da América do Sul” (de Brito & Favaretto, 1999). A energia eólica também não está imune aos impactos ambientais. Conforme Garcia, Canavero, Ardenghi, & Zambon (2015) a relocação de habitantes, geralmente causada pela construção das infraestruturas permanentes dos parques eólicos, como estradas de acesso e bases de turbinas eólicas, assim como as aves que começam a evitar um parque eólico e áreas circundantes, mudando suas rotas normais são impactos a serem considerados. Na secção 2.2 detalha-se a revisão da literatura demonstrando os impactos ambientais das FER incluindo o caso particular do Brasil. Silva et al. (2013) relataram alguns conflitos sociais em regiões brasileiras devido a questões de terra, reconhecendo a importância da aceitação social da energia eólica para o desenvolvimento do setor no país. Brown (2011) refere que muitos impactos negativos também foram detetados no litoral do Estado do Ceará, incluindo o bloqueio do acesso às zonas de pesca, danificando casas e infraestrutura local, além de intimidação de apoiantes de parques eólicos.
O impacto visual das FER é relevante no Brasil.	No caso de atitudes em relação a projetos de energia eólica por vezes um tipo de valor ético e estético como o desejo de preservar "intocado" um determinado local ou uma área de beleza natural, é visto como estando em oposição ao desejo de reduzir os impactos negativos sobre o clima (Waldo, 2012). Na secção 2.2 demonstra-se a importância do impacto visual para diversos países, embora os estudos para o Brasil sejam ainda escassos. Pedersen & Larsman (2008) constataram que em locais onde os parques eólicos são percebidos como tendo um impacto visual negativo a probabilidade da irritação do ruído, independentemente do nível de pressão sonora, é aumentada. Já King et al. (2012) constataram que o ruído e impacto visual são os efeitos negativos mais comuns relacionados a parques eólicos
O planeamento elétrico deve ter em consideração as questões socio-ambientais	A oposição a algumas tecnologias FER é já significativa em muitos países da OCDE não só por causa dos efeitos percebidos na comunidade, como aspetos visuais, mas também por causa de aspetos ambientais diversos como impacto sobre pássaros e morcegos (Moriarty & Honnery, 2016). Trabalhos como Ferreira et al. (2010) ou Ribeiro et al. (2013) demonstram a importância de incluir questões ambientais e sociais no planeamento elétrico, tendo o tema sido abordado também recentemente no caso do Brasil (Santos et al., 2016) e (Portugal-Pereira et al., 2015).
Uma grande crítica ao setor ocorre porque o foco no resultado final positivo em termos elétricos, relega cuidados socio ambientais a um plano secundário.	A energia eólica tem-se mostrado atrativa, seja por ser uma fonte renovável, seja por não apresentar a impactos ambientais comparado às demais formas de geração. Entretanto, os impactos ambientais na implantação e operação de uma central eólica não podem ser relegados. É explícita a necessidade da localização da central e a distribuição dos aerogeradores que a compõem serem definidas com base em apurado estudo ambiental (Filho & Azevedo, 2013). Diferentes trabalhos no Brasil têm demonstrado que relegar aspetos sociais e ambientais para segundo plano poderá levar à oposição ao desenvolvimento de FER. Apesar da visão positiva dos estudos referidos para o Brasil, Brown (2011) descreveu o crescente movimento de oposição pública à indústria de energia eólica no Estado brasileiro de Ceará. Mendes et al. (2016) destacam em um estudo no litoral do Estado do Ceará, que a aplicação de metodologias participativas ajudam na solução de problemas e necessidades de comunidades locais evidenciando que metodologias participativas contribuem para a resolução de conflitos.
A inserção de renováveis contribui significativamente para a redução de emissões poluentes, incluindo GEE.	Jannuzzi et al. (2012) referem que no do Brasil três aspetos justificam a implementação de políticas públicas de fomento a tecnologias de geração de eletricidade por fontes renováveis alternativas. O primeiro é o interesse público na diminuição das emissões de gases de efeito estufa. A mitigação das mudanças climáticas é essencial para o bem-estar da população, e a maior inserção do Brasil na economia de baixo carbono pode gerar conhecimento, tecnologias e oportunidades de negócio para o país. O segundo aspeto é a necessidade de o Brasil ampliar, diversificar e tornar mais limpa a matriz energética nacional do futuro. O terceiro é a necessidade

de investimentos para diminuir os custos de produção das fontes alternativas, que ainda estão nos estágios iniciais de implementação comercial.

O Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 (MME, 2015b) prevê medidas que contribuam para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Estas medidas incluem o aumento da eficiência energética aliada ao aumento das grandes fontes hídricas e de energia alternativa, como a eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas.

Principais conclusões

Há convergência de opinião, por parte dos entrevistados, no que diz respeito aos efeitos das fontes renováveis sobre o meio ambiente e a literatura apresentada. Porém, pode ser feita uma ressalva ao aspeto do lucro a qualquer custo evidenciado pelos peritos. Das entrevistas torna-se evidente alguma preocupação pela instalação de centrais FER demonstrando a importância de acautelar possíveis impactos ambientais. Percebe-se ainda que os empreendimentos na área de energia são frequentemente vistos como sendo feitos à revelia das populações nativas com consequências ambientais e sociais significativas. Se essas consequências eram especialmente evidentes no caso das grandes hídricas até recentemente, o desenvolvimento das centrais eólicas traz novos desafios que importa reconhecer não apenas na literatura científica, mas também pelos decisores.

Tabela 4-5 - Questão 3: Triangulação entrevista e bibliografia

Terceira pergunta: <i>Como analisa o preço a ser pago por fontes de energia renováveis?</i>	
Aspectos chave referidos pelos entrevistados	O que se observa na pesquisa bibliográfica e em documentos oficiais do governo brasileiro
<p>Os custos têm-se configurado como o fator impeditivo à maior integração das FER.</p> <p>Os custos ainda são relativamente altos para um país com os problemas sociais como o Brasil.</p> <p>Com a utilização em alta escala, poderá haver uma redução significativa desses custos.</p>	<p>O custo das células fotovoltaicas, por exemplo, representa a maior dificuldade para a utilização dos sistemas fotovoltaicos no Brasil. Avalia-se que a geração se vá tornar competitiva quando atingir o patamar de 3.000 dólares por kW, tomando como base de comparação a tarifa de fornecimento, o que a curva de evolução tecnológica sugere ser possível de atingir, nos EUA, somente após 2020 (MME, 2007). de Jong, Kiperstok, & Torres (2015) concluíram que o custo nivelado de produção de eletricidade em hidroelétricas e eólicas no Brasil tende a ser menor do que esse custo em centrais térmicas e nucleares, mas o das tecnologias solares é ainda substancialmente superior. No entanto, Stilpen & Cheng (2015) demonstraram que os preços do leilão da energia solar fotovoltaica no Brasil têm vindo a decrescer atingindo já valores comparáveis a algumas térmicas especialmente quando realizado a nível nacional.</p>
<p>Hoje vive-se um período de consolidação/estabilização e, para eólicas, um preço adequado (ainda é o mais baixo do mundo, sem subsídio</p>	<p>Em 1996 a ANEEL determinou-se que a exploração dos potenciais hidráulicos fosse concedida por meio concorrência ou leilão. Esta implantação marcou a retomada da responsabilidade do planeamento do setor de energia elétrica pelo Estado. Em 2004, foi introduzida a modicidade tarifária e programas de inserção social de universalização do uso da energia (ANEEL, 2008).</p> <p>Conforme MME (2014b), o grande passo para a consolidação da eólica no Brasil foi o primeiro leilão exclusivo para eólicas, em 2009.</p> <p>Com a maturação das políticas de incentivo, o país chegou a um estágio onde as energias renováveis abdicaram dos subsídios, como as tarifas <i>feed-in</i>, utilizadas pelos demais países que investem nestas fontes (Melo, 2011).</p>
<p>Uma outra questão, que são os incentivos governamentais, espera-se que o Brasil dê mais incentivo a solar e outras renováveis assim como deu para a eólica</p>	<p>Stilpen & Cheng (2015) referem que o desenvolvimento do setor solar pode ser conseguido com incentivos aos investidores em centrais fotovoltaicas e na cadeia de abastecimento associada, como por exemplo, benefícios fiscais e garantia de leilões regulares, como foi conseguido no setor eólico. De acordo com Jannuzzi et al. (2012), a ampliação da participação das fontes eólica, biomassa e PCHs no SIN é viável e, para isso, recomenda-se o estabelecimento de metas de inclusão dessas fontes e a destinação de incentivos fiscais e de crédito.</p>
Principais conclusões	
<p>Os entrevistados demonstram preocupação em relação aos custos associados às FER, mas reconhecem que os preços observados em leilões têm vindo a baixar. O setor hidrelétrico já está consolidado em termos técnicos e em termos de preço. O setor eólico vem se consolidando gradativamente, mas já se percebe competitividade. O que se espera que ocorra com muita brevidade no Brasil é o desenvolvimento da energia solar já que em especial o Nordeste brasileiro tem um grande potencial ainda inexplorado. Há consenso entre a literatura e a opinião dos peritos que a redução de preços do setor solar será conseguida pela curva de aprendizado, reconhecendo, no entanto, que são necessários mais incentivos para que energia solar também atinja patamares equivalentes aos que hoje a energia eólica atinge.</p>	

Tabela 4-6 - Questão 4: Triangulação entrevista e bibliografia

Quarta pergunta: <i>Como avalia os sistemas de energia alternativa no Brasil, considerando os seus estágios de desenvolvimento?</i>	
Aspetos chave referidos pelos entrevistados	O que se observa na pesquisa bibliográfica e em documentos oficiais do governo brasileiro
As FER têm ainda um grande potencial de crescimento no Brasil. O desenvolvimento de conexão de micro geração e mini geração são também prioridades do governo.	O Brasil ainda se encontra num estágio inicial no que diz respeito a micro e a mini geração de energia elétrica o que contrasta com os recursos elétricos renováveis abundantes do país. Apesar a publicação da Resolução Normativa da ANEEL, nº 482, de 17 de abril de 2012, que estabeleceu as condições gerais para o acesso de micro e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, que criou o sistema de compensação de energia elétrica correspondente, o crescimento é ainda pouco sólido (Cruz, 2015). Trabalhos de Pereira et al. (2012) e Schmidt et al. (2016) demonstram o elevado potencial renovável ainda não explorado no Brasil.
Não há domínio de todas as tecnologias FER no Brasil.	Da mesma forma que o petróleo e gás natural tiveram o PFRH, que permitiram desenvolvimento tecnológico da indústria petrolífera, de gás e energia no Brasil e no RN, a partir da criação da ANEEL, em 1996, passou-se a inserir em contratos de concessão a obrigação de investimento em programas de P&D e eficiência energética e no ano de 2000 foi estendida a todas as empresas do setor elétrico (Guedes, 2010). A independência tecnológica é alcançada quando os investimentos em pesquisa passam a ser uma decisão estratégica de Governo. Inovações permitem processos produtivos de maior eficiência, com insumos e produtos mais baratos para todos (ANEEL, 2009). Instituições no Brasil e no RN, como CTGAS-ER, SENAI - DR-RN, o IFRN, a UFERSA e a UFRN, vêm tendo a preocupação em qualificar mão-de-obra para as fontes renováveis, principalmente a eólica. Organizações como o BNB, CERNE, FAPERN, FIERN e o SEBRAE/RN vêm também dando apoio ao desenvolvimento das renováveis (Oliveira & Araújo, 2015).
Principais conclusões	
Em termos de tecnologia de geração de energia renovável madura, como a hidroeletricidade, o Brasil pode se considerar avançado. Porém com relação geração com as tecnologias eólica, solar e biomassa, por exemplo, não pode se dizer o mesmo. Há um reconhecido avanço da eólica, mas a sua contribuição para a matriz elétrica é ainda reduzida. A produção de energia solar, que reconhecidamente há um grande potencial no país, precisa de incentivos e investimentos urgentes. Os entrevistados reconhecem o elevado potencial renovável do Brasil da mesma forma como este é referido na literatura, no entanto, e apesar de incentivos a projetos de investigação e desenvolvimento no setor (P&D) a experiência com algumas tecnologias FER e com a sua produção é limitada. A literatura reforça esta necessidade mesmo ao nível de formação especializada e desenvolvimento tecnológico.	

Tabela 4-7 - Questão 5: Triangulação entrevista e bibliografia

Quinta pergunta: <i>Como considera que poderá ser promovido o envolvimento das populações residente nas regiões onde serão instalados empreendimentos de energia renovável?</i>	
Aspectos chave referidos pelos entrevistados	O que se observa na pesquisa bibliográfica e em documentos oficiais do governo brasileiro
É importante que na implantação desses projetos a comunidade local seja consultada, esclarecida e envolvida nas discussões para conhecimento dos possíveis impactos ambientais, sociais e económicos existentes.	A aceitação da sociedade por empreendimentos com energia renovável nem sempre é algo líquido e certo. Muitas comunidades rejeitam esses empreendimentos em sua região, perto de suas casas associando-se isso frequentemente ao fenómeno NIMBY. A necessidade de envolvimento das populações locais na tomada de decisão em projetos de produção de eletricidade é também referida para o Brasil (Gorayeb & Brannstrom, 2016) e (Andrade et al., 2011).
A questão fiscal é particularmente relevante a nível local uma vez que beneficia os estados consumidores e não os produtores.	Tramita no congresso uma Proposta de Emenda à Constituição (PEC) 97/2015, que transforma também o potencial de energia eólica em patrimônio da União. Isso iria garantir que a exploração da energia dos ventos para geração de eletricidade (os chamados <i>royalties</i>) seja compartilhada entre a União, Estados, Distrito Federal e municípios (http://www.camara.gov.br/ , consultado maio de 2016). É importante salientar que Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) incide sobre as operações relativas à circulação de mercadorias e serviços. A distribuidora de energia realiza a cobrança do ICMS diretamente na conta de energia, repassando o valor ao Governo estadual, ou seja, o imposto é pago onde o corre o consumo da energia (ANEEL, 2011).
No momento da implantação há uma empregabilidade maior, depois, tende a diminuir.	A mão-de-obra empregada nesses parques, normalmente em locais de pouca densidade demográfica, gera potencial para capacitação dos nativos dessas diversas localidades. De acordo com Simas (2012), além de geração de emprego na construção, a maioria de caráter temporário, há oportunidade de emprego na operação e manutenção das centrais em menor número. No entanto, a geração de emprego por vezes é residual ou mesmo inexistente com reduzidos ganhos para a população local, como discutido no caso descrito em Gorayeb & Brannstrom (2016) o que demonstra também a falta de envolvimento e conhecimento da população numa fase de negociação. A busca por novas tecnologias aumenta a procura por mão-de-obra gerando empregos impulsionados pela ascensão das energias renováveis que tem sido bastante discutida pela comunidade académica (Wei et al., 2010); (Sastresa et al., 2010); (Lehr et al., 2012).
Principais conclusões	
Não há registo formal de consulta à população para instalação de um empreendimento de energia renovável no Brasil. No entanto, é consensual entre peritos e literatura internacional e de acordo com casos nacionais que a população sempre deve ser ouvida e o planeamento tem que ser participativo. As comunidades podem e devem participar plenamente dos benefícios e renda gerada localmente. Há carência de legislação no tocante a participação popular na decisão sobre implantação de empreendimentos de geração de energia no Brasil. Há uma legislação sobre a consulta e liberação por órgãos ambientais, mas falta legislação que assegure às populações locais um efetivo poder negocial.	

Tabela 4-8 - Questão 6: Triangulação entrevista e bibliografia

Sexta questão: *Que benefícios poderão ser atribuídos às populações residentes, nas regiões onde estão instalados empreendimentos de energia renováveis?*

Aspectos chave referidos pelos entrevistados	O que se observa na pesquisa bibliográfica e em documentos oficiais do governo brasileiro
<p>Os terrenos são arrendados e são pagas indenizações aos trechos por onde passam as linhas de transmissão associadas aos projetos</p>	<p>A questão do arrendamento e dos ganhos obtidos não é consensual na literatura no caso particular do Brasil. Simas & Pacca (2013) consideram que os proprietários das terras poderão manter a sua atividade obtendo contratos de arrendamento e ganhos adicionais mesmo ainda na fase de estudos e medições e portanto antes a instalação de parques eólicos. No entanto, Gorayeb & Brannstrom (2016) chamam à atenção para o problema da falta de existência de registros de propriedade formais em comunidade tradicionais não garantindo assim a proteção legal aos habitantes que não possuem estes documentos. Silva et al. (2013) relataram alguns conflitos sociais em regiões brasileiras devido a questões de terra, reconhecendo que, não obstante a importância da aceitação social da energia eólica para o desenvolvimento do setor no país, a questão não foi devidamente abordada por agências de licenciamento ambiental.</p>
<p>As populações locais devem ser beneficiadas com melhorias na infraestrutura local (escolas, estradas, postos de saúde, etc.), <i>royalties</i> ou instrumentos fiscais.</p>	<p>De acordo com Langaro & Balbinot (2008) grandes empreendimentos eólicos permitem que os terrenos ocupados pelos parques sejam utilizados para uso agrícola, por exemplo. Ainda pode proporcionar a utilização da mão-de-obra local para as obras de construção civil e estímulo ao comércio. Outras receitas são geradas resultantes dos contratos de arrendamento dos terrenos diretamente destinados ao parque eólico, criação de postos de trabalho para a operação e manutenção do parque, estradas, turismo, aumento de capacidade de produção de energia, dentre outras. Estudos recentes no Brasil indicam como pontos positivos destes empreendimentos o desenvolvimento de estradas e melhoria de infraestruturas, mas demonstram a necessidade de incluir benefícios como o pagamento de <i>royalties</i> e rendas a associações, redução da fatura energética para os residentes ou criação de programas educacionais na comunidade (Gorayeb & Brannstrom, 2016) e (Mendes et al., 2016).</p>

Principais conclusões

No Brasil ainda existem muitas questões pendentes na legislação no que diz respeito a compensação pecuniária para as populações afetadas. Ainda tramita na Câmara dos Deputados Proposta de Emenda à Constituição (PEC) 97/2015, que transforma também o potencial de energia eólica em patrimônio da União, podendo assim permitir a aplicação dos *royalties*. De acordo com os entrevistados, o que ocorre em termos práticos são os arrendamentos dos terrenos nos trechos por onde passam as linhas de transmissão e onde o parque está instalado o proprietário da terra fica recebendo uma renda. No entanto, a literatura não é consensual evidenciando que a organização informal da comunidade poderá prejudicá-la na obtenção destes benefícios. Isto demonstra mais uma vez a necessidade do apoio ao envolvimento das populações desde o planejamento do projeto. Os entrevistados sublinham a importância de garantir que os benefícios cheguem às populações onde os empreendimentos são instalados, estando estes benefícios citados em linha com a literatura.

Da análise das entrevistas percebe-se a importância atribuída aos incentivos no desenvolvimento das FER, tendo em consideração que os custos associados nem sempre permitem a sua viabilização económica. No entanto, o Brasil e em particular do RN representam um caso de potencial de energias renováveis sobre tudo solar e eólico claramente vantajoso em relação a muitos países onde estas já se encontram consolidadas. Assim, os peritos têm uma perspectiva otimista em relação ao seu desenvolvimento, mas reforçam a necessidade de promover o desenvolvimento tecnológico seguindo exemplos de sucesso no setor do petróleo e do gás. As principais preocupações fazem-se sentir ao nível dos impactos diretamente associados à aceitação por parte das populações e aos benefícios trazidos pelos novos empreendimentos. Deste modo, é consensual a necessidade incluir as populações locais neste processo, reconhecendo e mitigando potenciais efeitos negativos e assegurando a partilha de benefícios com os municípios afetados e seus habitantes.

Apresenta-se em seguida uma proposta de análise multicritério que deverá contribuir para a identificação e valorização de diferentes impactos, estabelecendo um processo de tomada de decisão organizado procurando tornar as escolhas mais explícitas, racionais e eficientes (Hobbs & Meier, 2001).

4.5 Análise Multicritério

A análise multicritério (MCDA - *Multicriteria decision analysis*) tem-se demonstrado eficiente para resolver problemas de tomada de decisão sob critérios diferentes e conflitantes (Linares, 2002). Partindo dos resultados obtidos com a implementação da componente de entrevistas estruturadas (Parte III e IV no Anexo II) pretendeu-se recorrer a um modelo multicritério para avaliar a sustentabilidade de diferentes opções de produção de eletricidade no RN e de acordo com um grupo de especialistas na área.

Neste estudo, foi utilizado o método da ferramenta de decisão multicritério adaptado para apoiar o planeamento de Energia Elétrica (disponível em <http://sepp.dps.uminho.pt/>), descrito em Ribeiro et al. (2013) e detalhado para o Brasil em Santos et al. (2016) onde se incluem também os critérios relevantes e previamente identificados na literatura. O modelo baseia-se num método aditivo simples onde a avaliação de cada tecnologia relativamente a cada critério é ponderada pela importância atribuída a esse critério. Este método tem como principal vantagem a sua simplicidade de recolha de informação e cálculo, mas implica que se assumam a independência dos critérios de modo a que a ponderação atribuída

a cada critério não seja afetada pela ponderação atribuída a qualquer outro (Lindhe, Rosén, Norberg, Røstum, & Pettersson, 2013).

4.5.1 Avaliação dos critérios

Foi solicitado aos respondentes a atribuição de ponderações aos critérios previamente definidos e descritos numa escala de 0 a 100%:

- Critério com importância fundamental para avaliação da sustentabilidade da produção na produção e utilização de energia no RN - 100%
- Critérios com alguma importância para avaliação da sustentabilidade da produção na produção e utilização de energia no RN - entre 0% e 100%.
- Critérios com muito reduzida ou nenhuma importância para avaliação da sustentabilidade da produção na produção e utilização de energia no RN - 0%

Deste exercício resultou o gráfico apresentado na Figura 4-2 agregando os pontos de vista dos 9 peritos num *boxplot*. Na Figura 4-3 é apresentado o resultado final da aplicação da técnica multicritério.

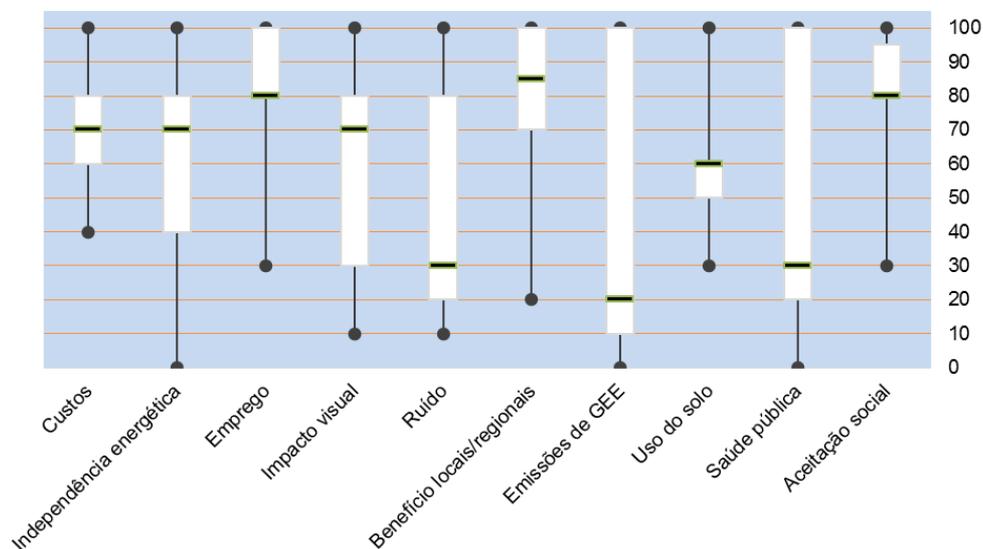


Figura 4-2 - Ponderação dos critérios de acordo com os peritos (*boxplot*).

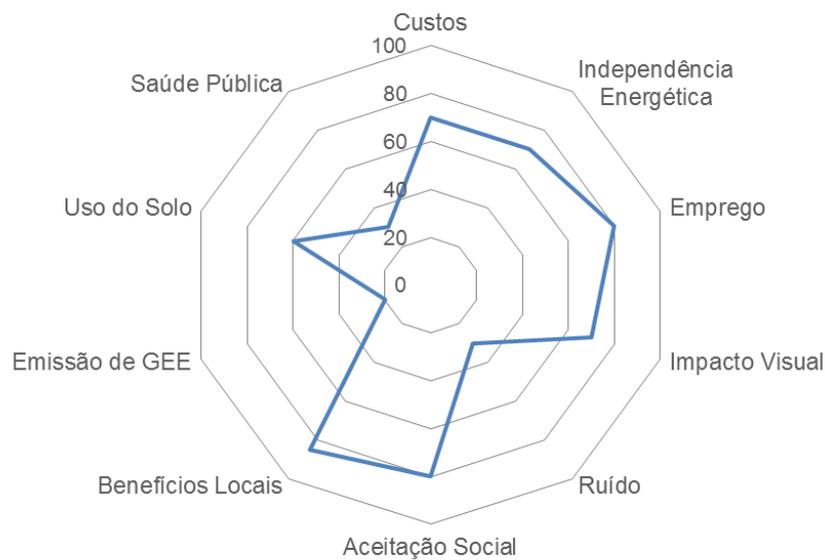


Figura 4-3 - Resultado do MCDA aplicado à avaliação da ponderação dos critérios.

Pode se observar na Figura 4-2 que existe uma menor dispersão nos pesos atribuídos aos critérios “uso do solo”, “aceitação social”, “custos” e “emprego”, demonstrando uma visão mais consensual sobre estes critérios.

Podem-se destacar como critérios mais importantes o “emprego”, “benefícios locais” e “aceitação social” dado serem estes que apresentam maior peso do critério, indicado pela mediana no gráfico de *boxplot*, Figura 4-2. “Emprego” e “benefícios locais” são critérios claramente interrelacionados estando também associados às características socioeconômicas do RN, um dos Estados mais pobres do Brasil, com problemas de falta de emprego e de desenvolvimento de infraestruturas básicas (Oliveira & Araújo, 2015). A aceitação social está também relacionada com a visão consensual entre os peritos da necessidade de envolver as populações nos projetos.

Os critérios com maior dispersão dos pesos atribuídos pelos entrevistados são “emissão de GEE” e benefícios à “saúde pública”, demonstrando uma visão menos consensual relativamente a estes tópicos, mas também com a mediana apresentando uma ponderação relativamente baixa para ambos. No caso do critério “emissão de GEE” isto poderá estar associada à maior preocupação pelo desenvolvimento local e do Estado. No caso do critério de benefícios à “saúde pública”, os peritos não parecem encontrar

uma relação evidente entre as tecnologias em análise e este critério tendendo a atribuí-lhe uma importância menor.

Os critérios “ruído” e “impacto visual” também foram caracterizados por uma elevada dispersão das respostas, o que pode ser resultado do fato das centrais FER do RN serem instaladas frequentemente em locais distantes da população. Deste modo, os entrevistados poderão não ter conhecimento do verdadeiro impacto do ruído nesses locais (Santos et al., 2016). O impacto visual mostra ser uma preocupação mais considerada do que o ruído, apesar de não completamente consensual nas ponderações atribuídas. A importância atribuída ao efeito visual associa-se ao grande potencial turístico do RN e à percepção de que a exposição dos aerogeradores poder prejudicar a beleza das paisagens (Maireles, 2011).

Finalmente, os critérios “custo” e “independência energética” surgem também como fatores importantes a considerar. A justificação para importância atribuída ao “custo” é bem evidente tendo em consideração que tem um impacto direto no preço final para os consumidores. Demonstra-se, no entanto, que para os peritos envolvidos aspetos relacionados com o desenvolvimento e aceitação social tendem a ser mais valorados ultrapassando mesmo o fator custo. A “independência energética” entendida como independência para o RN foi também considerada relevante, mas reconhecendo que toda energia gerada no país é entregue ao SIN alguns respondentes podem considerar este fator de menor importância levando a alguma dispersão nas respostas.

Na Figura 4-3 apresenta o resultado final da aplicação do método multicritério. Pode se observar de forma mais concisa do que se observa na Figura 4-2, que o grupo de peritos, coloca os “benefícios locais”, a “aceitação social” e o “emprego” como os critérios mais importantes na produção de energia no RN. Reforça a tese de que o RN é um Estado pobre, carece de emprego e infraestrutura (Oliveira & Araújo, 2015). A “aceitação social” vem associada à necessidade de envolvimento da população nos projetos. Os “custos” e “impacto visual” vêm logo em seguida nesse grau de importância. O “impacto visual” também tem importância, considerando que o RN tem um grande potencial turístico e a exposição dos aerogeradores podem prejudicar a beleza das paisagens (Maireles, 2011). A “emissão de GEE”, a “saúde pública” e o “ruído” são os considerados menos importantes dando-se prioridade a critérios diretamente associados ao desenvolvimento local.

4.5.2 Avaliação das opções de produção de eletricidade no RN

Foi solicitado também que os entrevistados valorassem de 0 a 10 o impacto que cada fonte (tecnologia de geração) teria nos diversos critérios escolhidos de acordo com a descrição apresentada na Tabela 4-2. Na Tabela 4-9 descrevem-se os resultados usando a mediana dos valores obtidos para os nove peritos sendo mostrado em destaque, com células cinza escuro as tecnologias que obtiveram melhores resultados em cada um dos critérios e com células cinza claro as tecnologias que obtiveram piores resultados em cada um dos critérios.

Tabela 4-9 - Valoração dos critérios em função da tecnologia (usando a mediana)

Critério	Tecnologias				
	Gás natural	Cogeração - Bagaço da cana	Biocombustível - óleo de mamona	Solar	Eólica
Custos	3	5	6	5	4
Independência energética	5	3	3	5	7
Emprego	6	6	5	6	7
Impacto visual	7	6	8	6	4
Ruído	6	5	6	10	7
Benefícios locais/regionais	8	6	8	7	7
Emissões de GEE	7	7	7	10	10
Uso do solo	7	5	5	4	5
Saúde pública	7	6	6	9	9
Aceitação social	8	7	6	9	10

A energia eólica é considerada a tecnologia mais positiva, foi avaliada como a melhor para os critérios “independência energética”, “emprego”, “emissão de GEE”, “saúde pública” e “aceitação social”. Como avaliação mais negativa apareceu o “impacto visual”, mas nos restantes critérios a energia eólica nunca aparece em último lugar surgindo frequentemente em segundo. A energia solar lidera nos critérios “ruído”, “emissão de GEE” e “saúde pública” estando em último apenas no critério “uso do solo”. O

biocombustível - óleo de mamona, é a melhor opção de acordo com os critérios “custos”, “impacto visual” e “benefícios locais”, mas apresenta-se como uma das piores opções em critérios como “independência energética” e “emprego”. A opção gás natural obtém uma pontuação mais alta nos critérios “benefícios locais” e “uso do solo” e apenas surge em último lugar no critério “custo”. Finalmente, a cogeração - bagaço da cana nunca aparece como a melhor opção para qualquer um dos critérios considerados e de acordo com os peritos é a pior opção em critérios “emissões de GEE”, “independência energética”, “ruído”, “benefícios locais” e “uso do solo”. A diversidade dos resultados obtidos demonstra a natureza verdadeiramente multicritério do processo de decisão em análise.

A Figura 4-4 combina as ponderações atribuídas a cada critério com as classificações atribuídas a cada opção resultando na ordenação final destas opções de produção de eletricidade no RN. Verifica-se que os peritos entendem que a energia eólica será a melhor opção de geração de energia para o RN, seguida da energia solar. Este é um resultado natural em função da grande exposição nos meios de comunicação, principalmente da energia eólica. No que concerne a energia solar, a sua importância no RN é bem evidente considerando que no RN “é verão o ano todo”, *slogan* usado para atrair turistas²⁹. Esta preferência pela energia eólica e solar resulta das elevadas classificações atribuídas a estas opções em alguns dos critérios e também o bom desempenho relativo em todos os outros. Um aspecto interessante é que mesmo com toda consciência pública em relação aos danos dos combustíveis fósseis, a geração a gás natural vem em terceiro lugar, na frente da geração através de biocombustíveis. Esta opção ocorre devido a já mencionada capacidade de produção de petróleo e gás natural do RN.

²⁹ O Brasil que você procura
http://www.turismo.gov.br/sites/default/turismo/o_ministerio/publicacoes/downloads_publicacoes/CARTILHA_SOL_E_PRAIA_PORT_ESP.pdf,
consultado em maio de 2016.

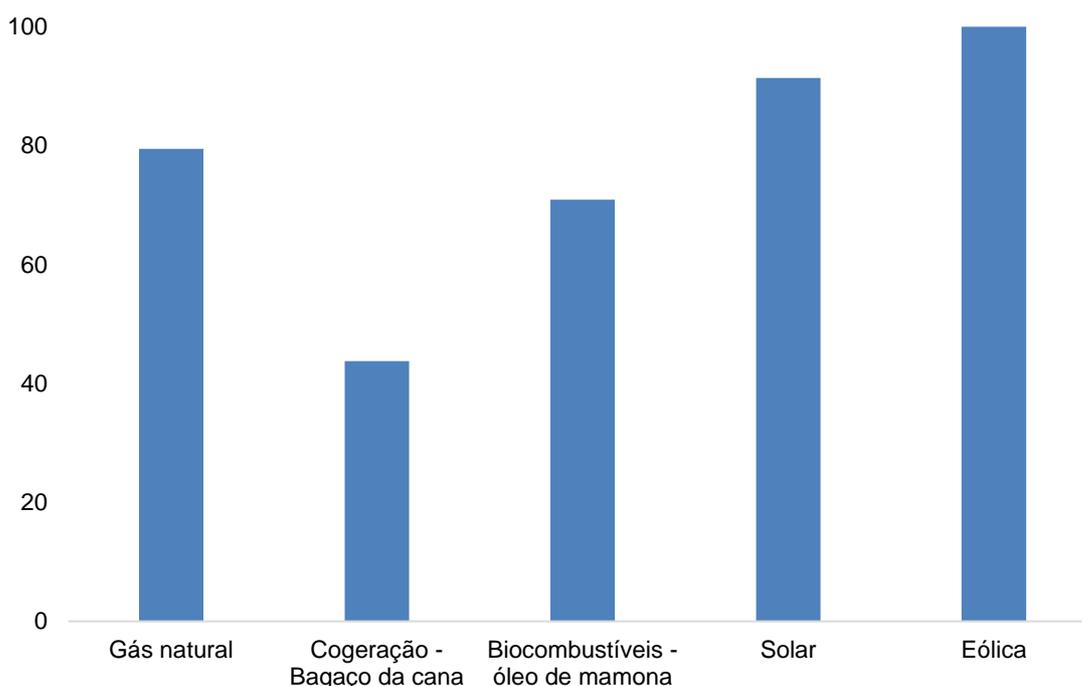


Figura 4-4 - Resultado do MCDA aplicado ao ordenamento das opções.

É de salientar que a amostra de entrevistados usada neste trabalho é de fato muito pequena para conseguir tirar conclusões efetivas acerca de possíveis relações entre o peso atribuído a cada critério e os interesses na formação do entrevistado. No entanto, a amostra utilizada reflete uma elevada heterogeneidade de respostas não só nas ponderações atribuídas a cada critério, mas também na classificação destas opções de acordo com cada critério. Foi então realizada uma análise de sensibilidade aos resultados avaliando o impacto da ponderação atribuída a cada critério de acordo com a avaliação individual de cada perito, tendo-se obtido os seguintes resultados principais:

- A avaliação final de 6 entre os 9 peritos resultaria num ordenamento igual ao obtido na avaliação global embora com variações nos valores da pontuação final obtida.
- A eólica mantém-se sempre como a primeira opção em qualquer uma das simulações em virtude da sua alta pontuação num elevado número de critérios.
- As ponderações atribuídas por 2 peritos resultariam numa alteração de ordem da solar e gás natural, passando esta última para segunda opção em virtude do melhor desempenho nos critérios “impacto visual”, “uso do solo” e “benefícios locais” estando este último fator claramente relacionada com o facto do RN ser produtor de gás.

- A opção cogeração - bagaço da cana surge sempre em último lugar o que resulta do seu fraco desempenho em qualquer um dos critérios.

- As ponderações atribuídas por 1 dos peritos resultaria numa alteração de ordem do gás natural e óleo de mamona passando este para terceiro lugar o que resulta sobretudo da elevada importância relativa atribuída ao fator custo.

Os resultados da análise de sensibilidade demonstram a robustez no ordenamento para os 9 peritos e a importância atribuídas às FER no RN. Reconhece-se, no entanto, que este número de peritos é reduzido limitando assim uma análise mais extensa dos resultados procurando, por exemplo, associá-los às características dos entrevistados.

4.6 Considerações finais

Este capítulo apresenta os resultados de uma investigação participativa envolvendo nove peritos da setor da energia e relacionados com o Estado de RN, com o objetivo de avaliar os impactos percebidos pelo setor de produção de eletricidade, a forma como se tem vindo a desenvolver o setor, a importância das FER e dos incentivos na sua promoção e o envolvimento das populações no processo de tomada de decisão com eventuais impactos na aceitação destes empreendimentos.

A tendência da matriz elétrica do RN para FER foi confirmada sobretudo com energia eólica e solar, mas acompanhadas de perto pela produção de eletricidade por termoelétricas a gás natural. O Brasil, e em especial o Nordeste brasileiro, tem um grande potencial renovável ainda inexplorado, mas importa não só garantir a viabilidade económica destes novos empreendimentos, mas também o seu contributo para o desenvolvimento sustentável do Estado.

Os resultados das entrevistas demonstram que existem já incentivos consolidados para a geração eólica. Não é, no entanto, percebida a existência de incentivos eficazes para as demais, em particular para a energia solar. Os incentivos à geração de energia elétrica por recurso solar no Brasil não têm sido suficientes para o efetivo desenvolvimento do mercado à semelhança dos biocombustíveis, setor eólico e grande hídrica. Espera-se que programas como o PROINFA, que foi fundamental para o desenvolvimento da energia eólica, façam parte de políticas de governo para incentivar o setor da energia solar.

Em termos de avanço tecnológico, nível de conhecimento do setor e experiência, o Brasil pode-se considerar avançado no que diz respeito à hidroeletricidade. Porém com relação à geração com as tecnologias eólica, solar e biomassa, por exemplo, não pode se dizer o mesmo e a mini e micro geração ainda não estão consolidadas. No entanto, os preços praticados em leilão têm vindo a baixar para as FER, em virtude não só do que se considera ser a curva de aprendizado, mas também das excelentes condições do país para a produção de eletricidade a partir de FER.

A Lei de número 9.991, de 24 de julho de 2000, prevê que empresas concessionárias, nos campos de alta produtividade de óleo e gás, devem investir 1% da receita bruta em ações de Pesquisa e Desenvolvimento. Parte desses recursos são usados para aumentar o número de profissionais qualificados na indústria de energia com o PFRH, numa parceria com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Uma lei semelhante para empresas geradoras e transmissoras de energia elétrica (Lei no 11.465/2007) determina que estas deverão destinar 1% de sua receita operacional líquida para pesquisa e desenvolvimento, enquanto as empresas distribuidoras destinarão 0,5% (Pompermayer et al., 2011, p. 69). No entanto, e de acordo com os resultados das entrevistas, esta lei para as geradoras e transmissoras de energia elétrica carece de melhor aplicação. Um programa como o PFRH na área de energia renovável deveria ser equacionado e poderia ter impactos significativos no desenvolvimento tecnológico e nos preços finais das FER.

No que concerne às questões sociais associadas ao desenvolvimento de empreendimentos FER conclui-se que de forma geral as populações residentes são pouco informadas de empreendimentos de FER e nem sempre as comunidades locais conseguem obter benefícios significativos com a sua implementação. Percebe-se que os empreendimentos na área de energia são vistos como sendo frequentemente feitos à revelia das populações nativas. De facto, existem já vários exemplos na literatura que demonstram a existência de resistência da população em regiões do Brasil sendo que esta resistência poderia ser reduzida se as comunidades fossem envolvidas nos projetos e se fossem estabelecidas medidas compensatórias apropriadas. Os entrevistados referiram que não há registo formal de consulta à população para instalação de um empreendimento de FER no Brasil, no entanto, reconhecem que a população sempre deve ser ouvida, resultando num planeamento que se quer participativo.

Os benefícios às populações locais são incertos e os ganhos fiscais estão sobretudo associados ao consumo de eletricidade e não à sua produção, favorecendo Estados consumidores e não necessariamente produtores. Reconhece-se, no entanto, que as comunidades podem e devem participar plenamente dos benefícios e renda gerada localmente, mas há carência de legislação no tocante à participação popular na decisão sobre implantação de empreendimentos de geração de energia no Brasil e nas medidas compensatórias a acautelar.

No Brasil discute-se já a importância do envolvimento das populações, mas também os impactos negativos e positivos para aos habitantes, tanto ao nível científico e académico como ao nível de decisores centrais. A possibilidade de aplicação dos *royalties* ao setor eólico em particular tem vindo a ser discutida mesmo ao nível dos decisores centrais, como demonstra a Proposta de Emenda à Constituição (PEC) 97/2015. Um benefício importante é a possibilidade de arrendamento de terrenos por parte dos proprietários. Falta, no entanto, que governos locais (Estados e municípios) interajam de forma racional para conseguir apoio razoável a contrapartidas que consolidem/perenizem os benefícios para a localidade que hospeda os empreendimentos.

A importância do envolvimento das populações, garantindo a partilha de benefícios e a aceitação social dos empreendimentos está bem evidente nos resultados da análise multicritério resultante da recolha de dados quantitativos no decorrer da entrevista. Os benefícios locais, a aceitação social e o emprego são os critérios considerados mais importantes na produção de energia no RN. Os custos e impacto visual vêm logo em seguida nesse grau de importância. O uso do solo aparece com grau intermediário de importância. Já a emissão de GEE, a saúde pública e o ruído são os considerados menos importantes. Confirma-se assim que o aspeto económico-social é colocado em primeiro plano pelos peritos consultados. Os benefícios locais e o emprego podem mudar realidade dos habitantes do RN e são por isso avaliados como fatores essenciais para o desenvolvimento dos municípios naquele que é um dos Estados mais pobres do Brasil, mas também com um dos maiores potenciais eléctricos renováveis e não-renováveis.

Deste trabalho resulta que a energia eólica é reconhecida como a melhor opção de geração de energia para o RN, seguida da energia solar. Esta opção pela energia eólica é naturalmente presumível pela grande difusão em meios de comunicação desta forma de geração e também pela sua visibilidade crescente no RN. De facto, esta opção beneficia do que se reconhece ser o seu contributo para a criação

de emprego e outros benefícios locais tendo uma aceitação social significativa. Por outro lado, a energia solar tem associada uma imagem e produção de eletricidade limpa, com elevado potencial e com reduzidos efeitos negativos. A importância atribuída ao gás natural é justificável pela possibilidade de exploração e utilização no RN gerando também benefícios locais que se consideram importantes.

Reconhecendo que a análise apresentada é limitada pelo número de peritos envolvidos e pelas suas características, como elementos influentes e com um nível de conhecimento no tema muito superior à maioria da população do RN, procurou-se estender o estudo visando a população em geral. Assim, para completar o panorama sobre esse estudo de FER no RN, no capítulo seguinte será apresentada a implementação de uma metodologia participativa com base em questionários para avaliar a aceitação social e o conhecimento sobre projetos FER para produção de eletricidade.

CAPÍTULO 5

5. ACEITAÇÃO SOCIAL DA ENERGIA EÓLICA E SOLAR NO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

No capítulo anterior um grupo de peritos avaliaram cinco tecnologias de geração de energia para o Estado do Rio Grande do Norte, colocando essas tecnologias em ordem de preferência. A geração a partir de fonte eólica ficou em primeiro lugar, seguida da solar e na sequência gás natural e biocombustíveis. Este mesmo grupo considera os critérios “benefícios locais”, “aceitação social” e o “emprego” como os mais importantes na produção de energia para o RN, demonstrando a importância dos critérios sociais no planejamento elétrico e a necessidade de avaliar a percepção e preocupações da população. Neste capítulo será assim discutida a integração da energia solar e eólica no sistema elétrico brasileiro com foco na consciência social e na aceitação da população que vive em regiões com alto potencial dessas fontes. Para isso, foi proposto um questionário com o objetivo de avaliar o nível de conhecimento da energia eólica e solar, a sua aceitação social e percepções relativamente a 3 fatores relevantes na ótica de desenvolvimento sustentável nomeadamente o custo, o desenvolvimento local e os impactos ambientais.

Após esta introdução, será caracterizado o público-alvo, a metodologia utilizada e a elaboração do questionário. Em seguida serão apresentados e discutidos os resultados. As considerações finais do capítulo resumem as principais conclusões relacionado os resultados obtidos nestes questionários com os resultados obtidos com as entrevistas com peritos descritas no capítulo anterior.

5.1 Público-alvo

Foi realizada a aplicação de questionários numa instituição académica localizada no RN, onde uma parte significativa de projetos de FER são esperados para serem realizados em um futuro próximo. Os resultados mostram as posições desse grupo, representando atores chave na região, tanto por sua capacidade de participação agora e no futuro na tomada de decisão de política energética, mas também pelo seu envolvimento na região por laços familiares.

Essa instituição acadêmica alvo foi fundada em 1909, em Natal, capital do RN, e sofreu várias mudanças organizacionais e de nome desde então. A última mudança foi em 2008 e deu origem ao nome atual do IFRN. Atualmente o IFRN oferece vários cursos tecnológicos e não tecnológicos, de graduação e de nível médio (técnico), habilitando-se mais recentemente a cursos de mestrado. Desde 1994, a instituição tem seguido uma política de expansão geográfica que abrange os principais municípios do RN com 21 *campi* espalhados por todo o Estado, como mostrado na Figura 5-1. De acordo com os documentos oficiais, a comunidade do IFRN era composta em 2015 por cerca de 1.900 professores, cerca de 29.700 alunos, desses 4.300 na condição de conclusão de curso (dados obtidos no sitio do Sistema Unificado de Administração Pública, SUAP - <https://suap.ifrn.edu.br/accounts/login/?next=/>, consultado em dezembro de 2015).

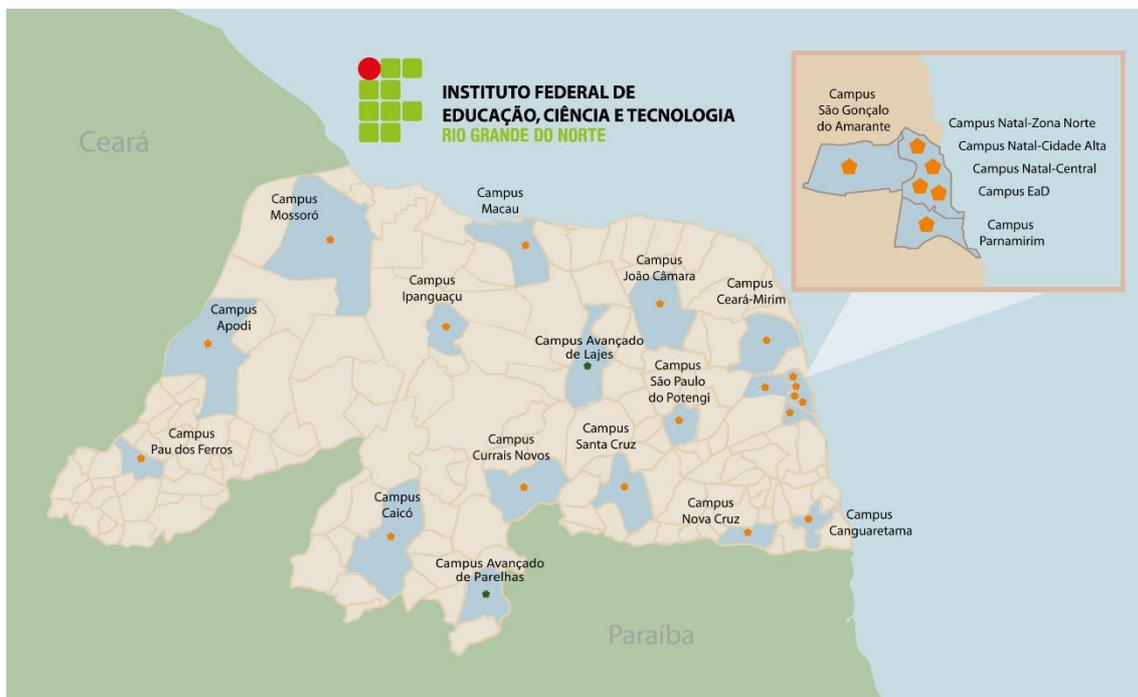


Figura 5-1 - Cobertura geográfica do IFRN no Estado do RN em 2014.

Em laranja *campus* já existente e preto *campus* em construção - Fonte: Assessoria de Comunicação Social e Eventos do IFRN - ASCE

Embora reconhecendo que os entrevistados da comunidade IFRN não representam a comunidade em geral do RN, os resultados são considerados relevantes, devido ao elevado reconhecimento da instituição e seu grande relacionamento com as comunidades locais que fazem dos seus professores e a

comunidade estudantil formadores de opinião importantes para a região. Além disso, a grande maioria dos alunos e professores IFRN vivem ou convivem por muito tempo no RN, o que assegura a estreita ligação dessa população acadêmica com a região (Sampaio, 2013). Como Yuan, Zuo, & Huisingh (2015) destacaram as instituições universitárias têm um papel crucial na melhoria da aceitação social das tecnologias de energias renováveis, o que demonstra a importância de mapear a percepção dessas comunidades acadêmicas. Em consonância com isso Karytsas & Theodoropoulou (2014) salientaram também que, a fim de aumentar a conscientização das FER estas questões devem ser abordadas durante a formação acadêmica evidenciando o efeito multiplicador dessas práticas.

A grande cobertura geográfica dos *campi* ao longo do RN e seu alto reconhecimento transformaram o IFRN em uma instituição-chave para a implementação deste estudo sobre a aceitação social das tecnologias de energia renovável. De acordo com o conhecimento do pesquisador, até à data nenhum estudo baseado em pesquisas estatisticamente representativas anteriormente foi feito no Brasil ou em qualquer dos Estados brasileiros relativo à aceitação social das FER. Os resultados devem, então, representar a informação valiosa para os decisores de energia regional e local, investidores e comunidade científica.

5.2 Metodologia utilizada

Os questionários seguiram uma estrutura proposta e já implementada em Portugal (Ribeiro et al., 2014) adaptado às condições específicas do caso em estudo. Os questionários direcionaram-se para a energia eólica e energia solar com a finalidade de tirar conclusões sobre: (1) nível de conhecimento destas tecnologias; (2) percepção do impacto do desenvolvimento económico, ambiental e local; (3) a aceitação destas novas usinas no país no RN ou município (efeito de proximidade). O questionário foi dividido em seis seções conforme descrito no Anexo II.

O questionário inicia-se com a caracterização sócio demográfica dos inquiridos e sua situação no IFRN (Secção I). Em seguida foi verificado o nível de conhecimento dos inquiridos sobre energia eólica e solar, onde existia uma pergunta filtro: se o inquirido respondesse que não conhecia a eletricidade produzida a partir de energia eólica ou solar, o questionário terminaria aí (Secção II). Na sequência foi focado a aceitação dessas tecnologias e como a proximidade pode afetar essa aceitação. Para isso, foi perguntado o nível de aceitação, das tecnologias, para o país, para o Estado do RN e do município do entrevistado

(Secção III). Também foi questionado sobre os impactos percebidos destas tecnologias no custo de energia elétrica, no ambiente e no desenvolvimento local (Secções IV-V). Estas últimas questões estão destinadas a obter uma visão geral do desenvolvimento sustentável, nos seus três pilares: dimensões económica, ambiental e social.

A ferramenta do Google Docs foi usada para formatar o questionário e para facilitar a sua aplicação. A coleta de dados ocorreu entre setembro de 2014 a março de 2015, foi realizado com o apoio da equipe da Reitoria do IFRN para garantir um número significativo de respostas, tanto de alunos como de professores. Os inquiridos foram professores e alunos no último ano de seu curso (grau secundário, no caso de cursos de nível médio, graduação e de mestrado em alguns casos), para garantir que a maioria deles teria mais de 18 anos de idade.

5.3 Apresentação dos resultados

A Tabela 5-1 descreve as principais características dos respondentes, incluindo idade, escolaridade, renda familiar e gênero. Quase 40% dos inquiridos têm entre 18 e 24 anos de idade, o que se explica pelo alto nível de participação dos alunos. Isso também é evidente para o nível académico, com a maioria dos inquiridos com ensino secundário ou menos, como estudantes IFRN. O número de inquiridos atingiu a marca de 407, entre os professores e estudantes concluintes dos 19 *campi* do RN além da Reitoria, o que representa um intervalo de confiança de 95% com uma margem de erro de 4,7%.

Esta secção está dividida em seis subsecções, cinco delas tratando dos temas presentes no inquérito e a última resume a análise dos resultados. Para cada subsecção a mesma abordagem foi seguida: em primeiro lugar os resultados numéricos obtidos a partir das respostas do inquérito sobre questões da pesquisa foram mostrados, em seguida, testes de significância estatística foram fornecidos permitindo identificar as variáveis que podem explicar os resultados. Os testes estatísticos foram realizados de acordo com a natureza das variáveis envolvidas: teste Chi-Quadrado e teste exato de Fisher para as medidas nominais para avaliar a associação entre variáveis e testes de comparação entre os grupos para medidas ordinais de Kruskal-Wallis (KW) e de Kolmogorov-Smirnov (KS) para 2 amostras independentes. Os resultados foram considerados estatisticamente significativos para valores de p inferiores a 0,05. A análise estatística foi realizada no *IBM_ SPSS_ Statistics 22.0*, utilizando os procedimentos mais apropriados à natureza das variáveis envolvidas.

Tabela 5-1 - Caracterização dos inquiridos

Idade (anos)	Frequência	Percentual
Entre 18 e 24	162	39,8%
Entre 25 e 30	69	17,0%
Entre 31 e 35	39	9,6%
Entre 36 e 40	24	5,9%
Entre 41 e 45	23	5,7%
Entre 46 e 50	42	10,3%
Entre 51 e 55	25	6,1%
Mais de 56	23	5,7%
Condição (aluno / professor)		
Aluno	210	51,6%
Professor	197	48,4%
Nível académico		
Doutorado	55	13,5%
Mestrado	107	26,3%
Graduação	58	14,3%
Ensino Médio ou inferior	187	45,9%
A renda familiar (salário mínimo - SM)		
Até 1 salário mínimo	39	9,6%
De 2 a 4 salários mínimos	125	30,7%
De 5 a 7 salários mínimos	73	17,9%
De 8 a 11 salários mínimos	66	16,2%
De 12 salários mínimos ou mais	104	25,6%
Género		
Masculino	277	68,1%
Feminino	130	31,9%

5.3.1 Reconhecimento de tecnologias de energia solar e eólica

A fim de fazer um diagnóstico inicial sem segmentação dos vários grupos pesquisados, foi perguntado aos entrevistados se eles ouviram falar da eletricidade produzida a partir do vento (EE-Energia Eólica) e/ou sol (ES-Energia Solar). Os resultados demonstraram um alto nível de reconhecimento para as tecnologias, tanto eólica como solar, tal como descrito na Figura 5-2.

A Tabela 5-2 apresenta os resultados dos testes estatísticos executados para avaliar como variáveis socioeconómicas diferentes afetam o reconhecimento destas tecnologias, indicando também o nível de significância. Para cada um destes ensaios, a hipótese nula considerada foi "o reconhecimento de que a tecnologia é independente da variável socioeconómica". Os resultados demonstram, em geral que a maioria das variáveis não apresenta significância estatística. Examinando os resultados do teste exato de

Fisher, torna-se possível afirmar que o género tem influência sobre o reconhecimento das centrais de energia solar, com as mulheres reconhecendo a tecnologia menos que os homens, 90,8% contra 98,9% respetivamente e conforme apresentado na Figura 5-3. Esta é uma tendência geral, também para a energia eólica, apesar de não estatisticamente significativa ($p = 0,537$).

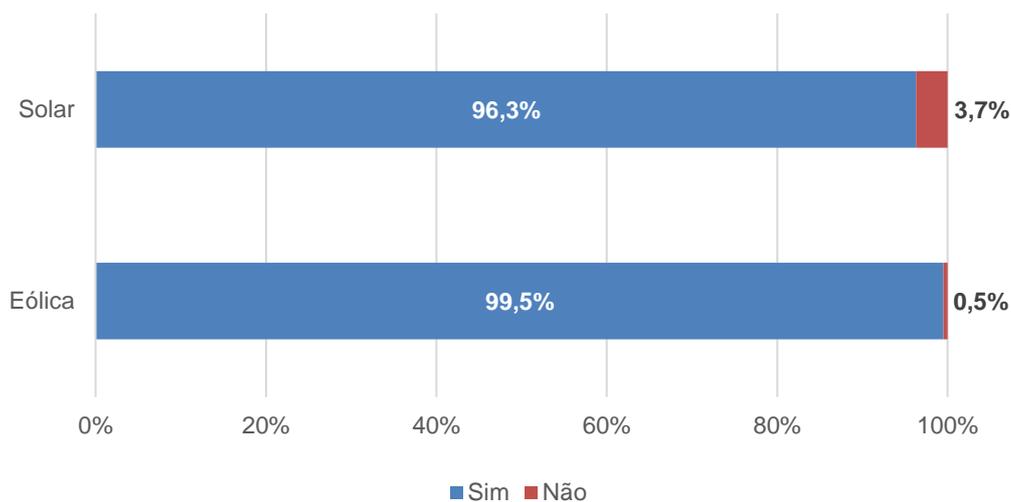


Figura 5-2 - Reconhecimento de energia eólica e solar

Tabela 5-2 - Influência de variáveis socioeconómicas sobre o reconhecimento da tecnologia

Tecnologia vs Variável	Valor p	Resultado	Teste estatístico
EE vs Renda familiar	0.267	NS	Pearson Chi-Quadrado
EE vs Género	0.537	NS	Teste exato de <i>Fisher</i>
EE vs Idade	0.561	NS	Pearson Chi-Quadrado
EE vs Proximidade ¹	0.165	NS	Teste exato de <i>Fisher</i>
EE vs Região ²	0.446	NS	Teste exato de <i>Fisher</i>
EE vs Condição	0.734	NS	Teste exato de <i>Fisher</i>
EE vs Grau de instrução	0.423	NS	Pearson Chi-Quadrado
ES vs Renda familiar	0.738	NS	Pearson Chi-Quadrado
ES vs Género	<0.001	S	Teste exato de <i>Fisher</i>
ES vs Idade	0.094	NS	Pearson Chi-Quadrado
ES vs Proximidade ¹	0.253	NS	Teste exato de <i>Fisher</i>
ES vs Região ²	0.439	NS	Teste exato de <i>Fisher</i>
ES vs Condição	0.346	NS	Teste exato de <i>Fisher</i>
ES vs Grau de instrução	0.464	NS	Pearson Chi-Quadrado

NS - Estatisticamente não significativo. S - Estatisticamente significativo.

¹ - Proximidade do *campus* de parques eólicos ou centrais de energia solar já existentes;

² - Localização do *campus* numa região urbana ou não urbana.

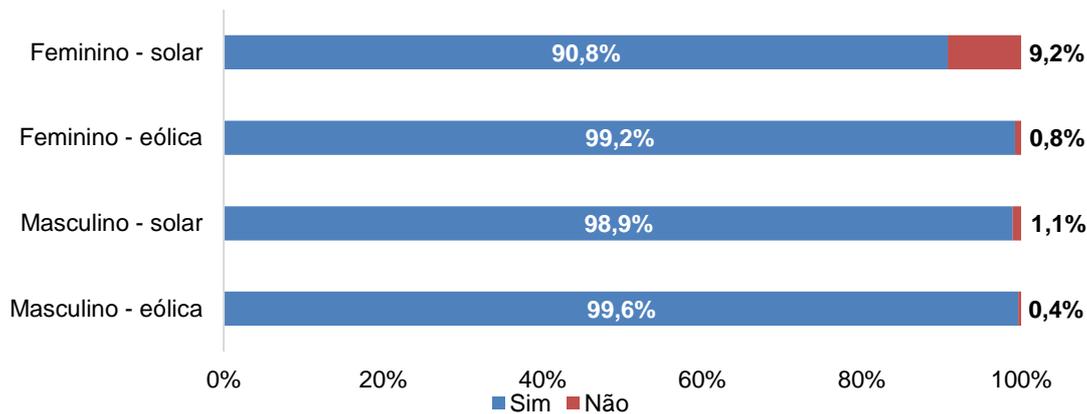


Figura 5-3 - Reconhecimento das tecnologias conforme o gênero

5.3.2 Aceitação tecnologias de energia solar e eólica

A fim de avaliar a influência da proximidade e até mesmo sobre a possível existência de algum efeito NIMBY, os entrevistados foram convidados a dar a sua opinião sobre a possibilidade de construção de novas eólica e usinas de energia solar: (1) Brasil; (2) RN e (3) do município. A Figura 5-4 descreve os resultados obtidos por ambas, eólica e solar. Os resultados indicam claramente um elevado nível de aceitação destas tecnologias, especialmente a partir da perspectiva do RN. A aceitação para o Brasil e para o município também é alta, com as atitudes tornando-se apenas ligeiramente menos favoráveis com a proximidade em particular para a energia eólica. A soma dos resultados de "Concordo Totalmente" e "Concordo" é superior a 96%, para ambas as tecnologias tanto para o Brasil como para o RN. Quanto à aceitação do município, chega a 94,6% para a energia solar e 93,9% para a energia eólica.

Sena, L. A., Ferreira, P. V., Braga, A. C. (2016), verificaram em seu trabalho *Social acceptance of wind and solar power in the Brazilian electricity system* uma atitude positiva em relação à RES no RN até mesmo para aqueles que vivem próximo das usinas para geração de energia RES. O fenômeno NIMBY é bastante reduzido tanto para energia eólica como solar.

A Tabela 5-3 apresenta os resultados dos testes estatísticos executados para avaliar como as variáveis socioeconômicas diferentes podem afetar o nível de aceitação destas tecnologias, indicando também o seu nível de significância. Para cada um destes testes a hipótese nula considerado foi "o nível de aceitação para a tecnologia é a mesma entre os grupos de variáveis socioeconômicas considerados". Mais uma vez os resultados demonstram em geral que a maioria das variáveis não apresenta

significância estatística. Apenas a região provou ser significativo para solar sobre a aceitação no Brasil e no município. Os testes de *KS*- 2 amostras independentes indicam que os entrevistados dos *campi* “não-urbanos” tendem a ter uma aceitação maior do que os entrevistados dos *campi* “urbanos”.

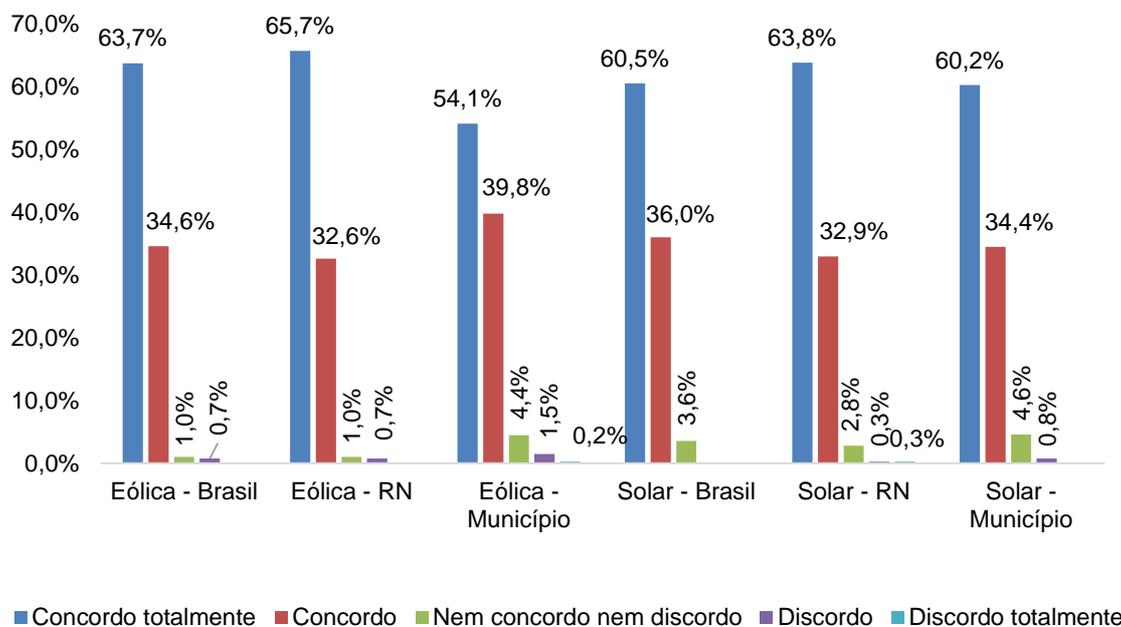


Figura 5-4 - Aceitação da energia solar e da energia eólica

Tabela 5-3 - Influência de variáveis socioeconômicas sobre a aceitação da tecnologia

Tecnologia vs Variável	Valor p	Resultado	Teste Estatístico
EE no Brasil vs Renda familiar	0.959	NS	KW
EE no RN vs Renda familiar	0.882	NS	KW
EE no Município vs Renda familiar	0.897	NS	KW
EE no Brasil vs Gênero	0.069	NS	KS – 2 amostras independentes
EE no RN vs Gênero	0.232	NS	KS – 2 amostras independentes
EE no Município vs Gênero	0.086	NS	KS – 2 amostras independentes
EE no Brasil vs Idade	0.706	NS	KW
EE no RN vs Idade	0.810	NS	KW
EE no Município vs Idade	0.740	NS	KW
EE no Brasil vs Proximidade ¹	0.151	NS	KS – 2 amostras independentes
EE no RN vs Proximidade ¹	0.253	NS	KS – 2 amostras independentes
EE no Município vs Proximidade ¹	0.120	NS	KS – 2 amostras independentes
EE no Brasil vs Região ²	0.319	NS	KS – 2 amostras independentes
EE no RN vs Região ²	0.850	NS	KS – 2 amostras independentes
EE no Município vs Região ²	0.491	NS	KS – 2 amostras independentes
EE no Brasil vs Condição	0.529	NS	KS – 2 amostras independentes

Tecnologia vs Variável	Valor p	Resultado	Teste Estatístico
EE no RN vs Condição	0.508	NS	KS – 2 amostras independentes
EE no Município vs Condição	0.549	NS	KS – 2 amostras independentes
EE no Brasil vs Grau de instrução	0.574	NS	KW
EE no RN vs Grau de instrução	0.801	NS	KW
EE no Município vs Grau de instrução	0.237	NS	KW
ES no Brasil vs Renda familiar	0.586	NS	KW
ES no RN vs Renda familiar	0.809	NS	KW
ES no Município vs Renda familiar	0.668	NS	KW
ES no Brasil vs Gênero	0.880	NS	KS – 2 amostras independentes
ES no RN vs Gênero	0.730	NS	KS – 2 amostras independentes
ES no Município vs Gênero	0.585	NS	KS – 2 amostras independentes
ES no Brasil vs Idade	0.870	NS	KW
ES no RN vs Idade	0.677	NS	KW
ES no Município vs Idade	0.813	NS	KW
ES no Brasil vs Proximidade ¹	0.455	NS	KS – 2 amostras independentes
ES no RN vs Proximidade ¹	0.498	NS	KS – 2 amostras independentes
ES no Município vs Proximidade ¹	0.718	NS	KS – 2 amostras independentes
ES no Brasil vs Região²	0.023	S	KS – 2 amostras independentes
ES no RN vs Região ²	0.279	NS	KS – 2 amostras independentes
ES no Município vs Região²	0.038	S	KS – 2 amostras independentes
ES no Brasil vs Condição	0.914	NS	KS – 2 amostras independentes
ES no RN vs Condição	0.994	NS	KS – 2 amostras independentes
ES no Município vs Condição	0.854	NS	KS – 2 amostras independentes
ES no Brasil vs Grau de instrução	0.727	NS	KW
ES no RN vs Grau de instrução	0.975	NS	KW
ES no Município vs Grau de instrução	0.882	NS	KW

NS - Estatisticamente não significativa. S - Estatisticamente significativa;

¹ - Proximidade do *campus* de parques eólicos ou centrais de energia solar já existentes;

² - Localização do *campus* numa região urbana ou não urbana.

De modo a compreender o alto nível de aceitação destas tecnologias e até mesmo a ligeira tendência para a redução desta aceitação com a proximidade ao município, a percepção dos entrevistados em relação impactos sociais, ambientais e de custos dessas tecnologias também devem ser analisadas.

As Figura 5-5 e 5-6 mostram que a aceitação da proximidade é maior para os respondentes dos *campi* “não urbanos” (do interior). Para a energia eólica 94,2%, dos respondentes dos *campi* “não urbanos”, aceitam estas usinas no seu município, contra 93,8% dos respondentes dos *campi* “urbanos”. Para energia solar esta percentagem fica 96,1% dos “não urbanos” contra 94,1 dos “urbanos”. O que chama a atenção é que o índice de aceitação é maior para os respondentes de *campi* “não urbanos”,

comparados com os “urbanos”. Os índices de rejeição são pequenos frente a aceitação, mas merecem atenção no planeamento elétrico futuro.

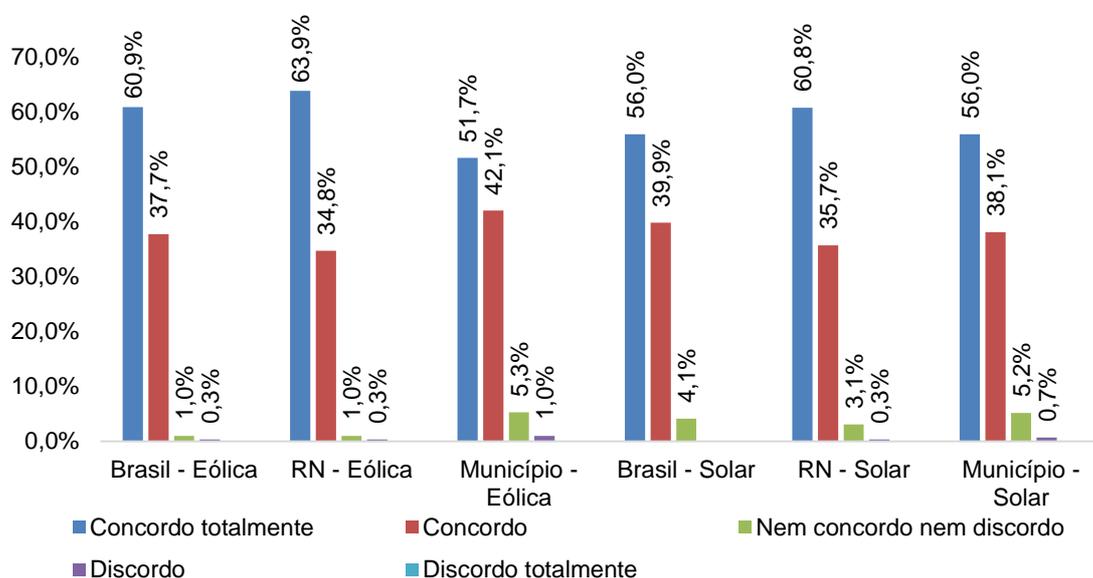


Figura 5-5 - Efeito de proximidade da energia eólica e solar para os *campi* urbanos (no universo dos *campi* urbanos)

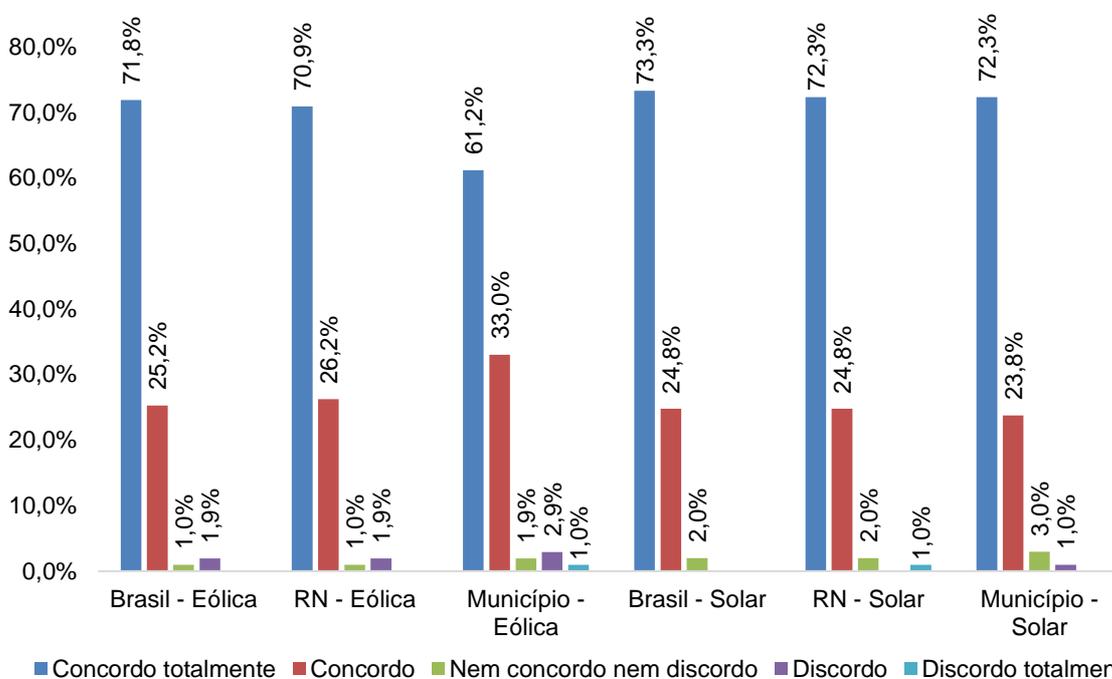


Figura 5-6 - Efeito de proximidade da energia eólica e solar para os *campi* não urbanos (no universo dos *campi* não urbanos)

5.3.3 Percepção dos impactos nos custos

A percepção do impacto do custo das tecnologias foi avaliada de acordo com a percepção dos entrevistados nos impactos sobre a fatura de eletricidade. A Figura 5-7 descreve os resultados obtidos para ambas as fontes, eólica e solar. Os gráficos mostram uma percepção positiva dos inquiridos, com mais de 65% afirmando que a energia solar pode reduzir a conta de eletricidade e mais de 62% afirmando o mesmo para a energia eólica. No entanto, também é demonstrado que 13,5% dos entrevistados acreditam que a energia solar terá um impacto negativo sobre a sua fatura de eletricidade e 9,1% também consideram que a energia eólica vai aumentar a fatura de eletricidade.

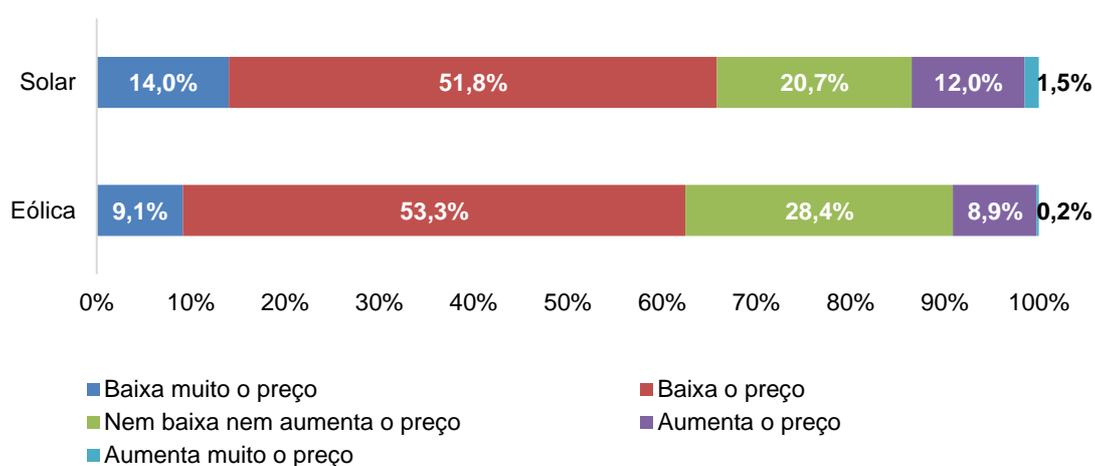


Figura 5-7 - Percepção do impacto sobre os preços da eletricidade

A Tabela 5-4 apresenta os resultados dos testes estatísticos executados para avaliar como as variáveis socioeconómicas diferentes poderia afetar a percepção em relação ao custo, indicando também o seu nível de significância. Para cada um destes testes a hipótese nula considerado foi "o nível de percepção do impacto do custo para a tecnologia é a mesma entre os grupos de variáveis socioeconómicas considerados". Usando testes *KW* e *KS* - 2 amostras independentes, verificou-se que as variáveis "renda familiar", "idade", "condição" e "grau de instrução" são significativas para a percepção de custo da energia solar.

Tabela 5-4 - Influência de variáveis socioeconômicas sobre a percepção dos impactos nos custos

Tecnologia vs Variável	Valor p	Resultado	Teste Estatístico
EE vs Renda familiar	0.110	NS	KW
EE vs Gênero	0.266	NS	KS – 2 amostras independentes
EE vs Idade	0.239	NS	KW
EE vs Proximidade ¹	0.999	NS	KS – 2 amostras independentes
EE vs Região ²	1.000	NS	KS – 2 amostras independentes
EE vs Condição	0.231	NS	KS – 2 amostras independentes
EE vs Grau de instrução	0.052	NS	KW
ES vs Renda familiar	0.010	S	KW
ES vs Gênero	0.427	NS	KS – 2 amostras independentes
ES vs Idade	0.003	S	KW
ES vs Proximidade ¹	0.775	NS	KS – 2 amostras independentes
ES vs Região ²	0.915	NS	KS – 2 amostras independentes
ES vs Condição	0.013	S	KS – 2 amostras independentes
ES vs Grau de instrução	0.003	S	KW

NS - Estatisticamente não significativa. S - Estatisticamente significativa.

¹ - Proximidade do *campus* de parques eólicos ou centrais de energia solar já existentes;

² - Localização do *campus* numa região urbana ou não urbana.

Pelos gráficos das Figura 5-8 e 5-9 fica evidente que os que ganham menos, em relação aos que ganham mais, tendem a acreditar que o preço da energia irá baixar com as tecnologias eólica e solar. É importante verificar que, mesmo entre os que ganham mais, poucos são os que consideram que as tecnologias solar e eólica aumentam o preço. Pela Figura 5-9, verifica-se que os entrevistados com renda familiar mais baixa tendem a considerar que a energia solar vai reduzir a fatura de eletricidade. Apenas 2,7% dos entrevistados com renda familiar igual ou inferior a 1 SM acreditam que a energia solar pode aumentar a sua fatura de eletricidade. Em contrapartida, 20,8% dos entrevistados com renda familiar igual ou superior a 12 SM acreditam que a energia solar pode aumentar a sua fatura de eletricidade. Para a energia eólica (Figura 5-8), por exemplo, apenas 1,4% de todos os respondentes considera que essa tecnologia vai aumentar muito a conta de energia (os que ganham entre 5 e 7 salários mínimos). Quanto à idade, a tendência não é tão evidente. Para eólica os de faixa etária entre os 41 e 45 anos são os mais otimista na diminuição dos preços na fatura, Figura 5-10. Já para solar, a convergência é que os respondentes com menos de 30 anos de idade tenham uma percepção mais positiva, considerando que a energia solar pode reduzir a sua fatura de eletricidade, Figura 5-11.

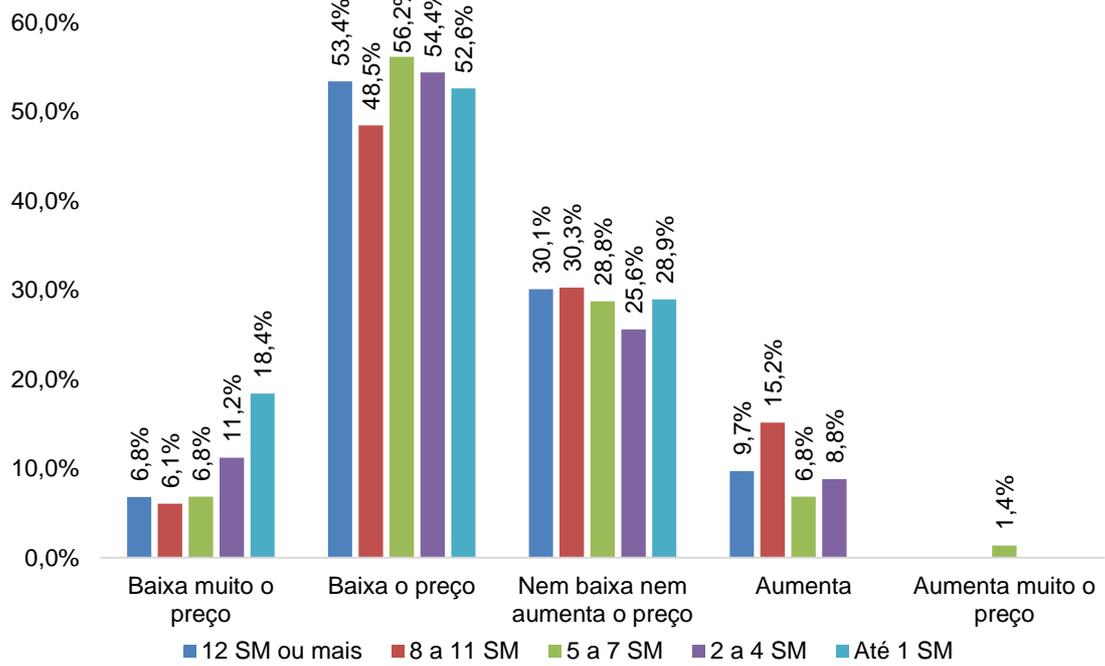


Figura 5-8 - Influência de variáveis socioeconómicas sobre a percepção dos impactos nos custos na energia eólica

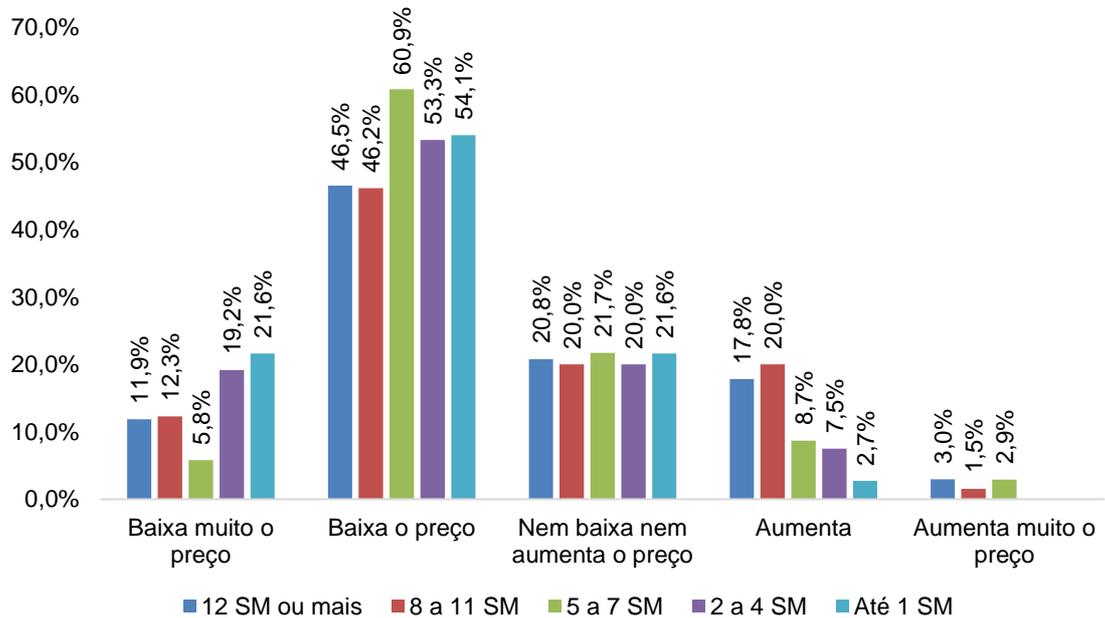


Figura 5-9 - Influência de variáveis socioeconómicas sobre a percepção dos impactos nos custos na energia solar

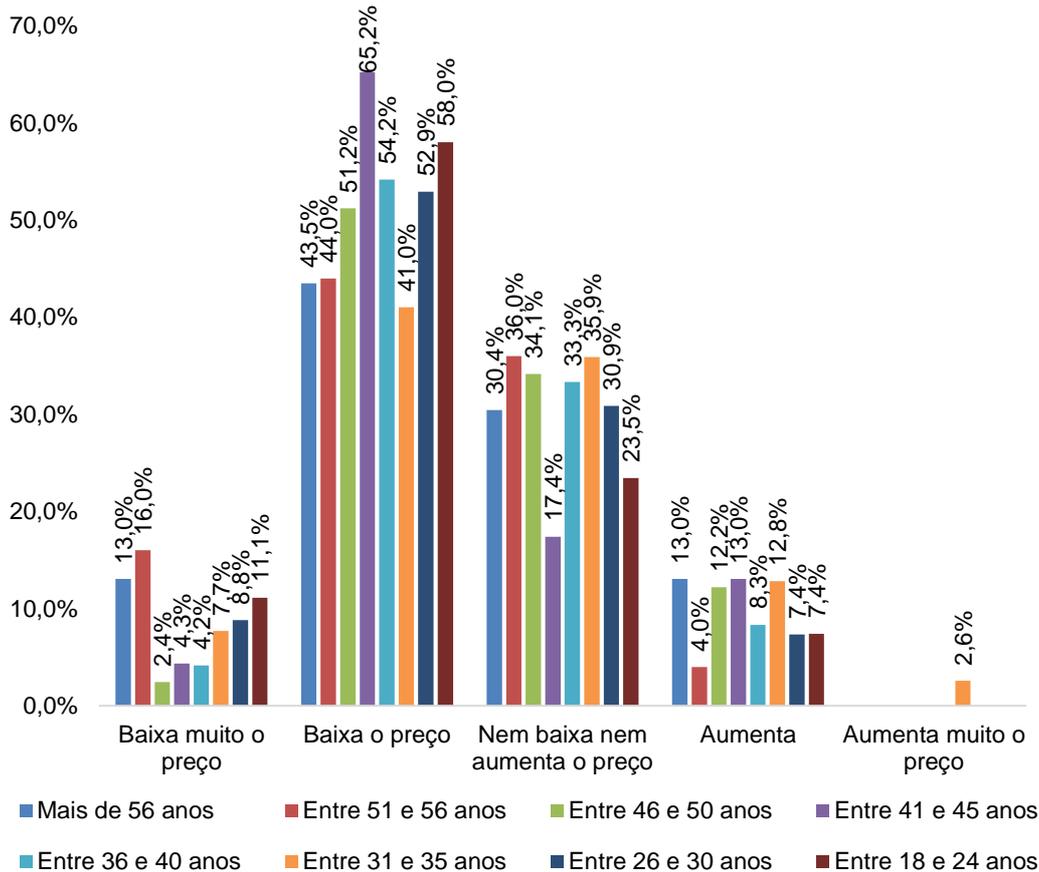


Figura 5-10 - Influência de variável “faixa etária” sobre a percepção dos impactos nos custos na energia eólica

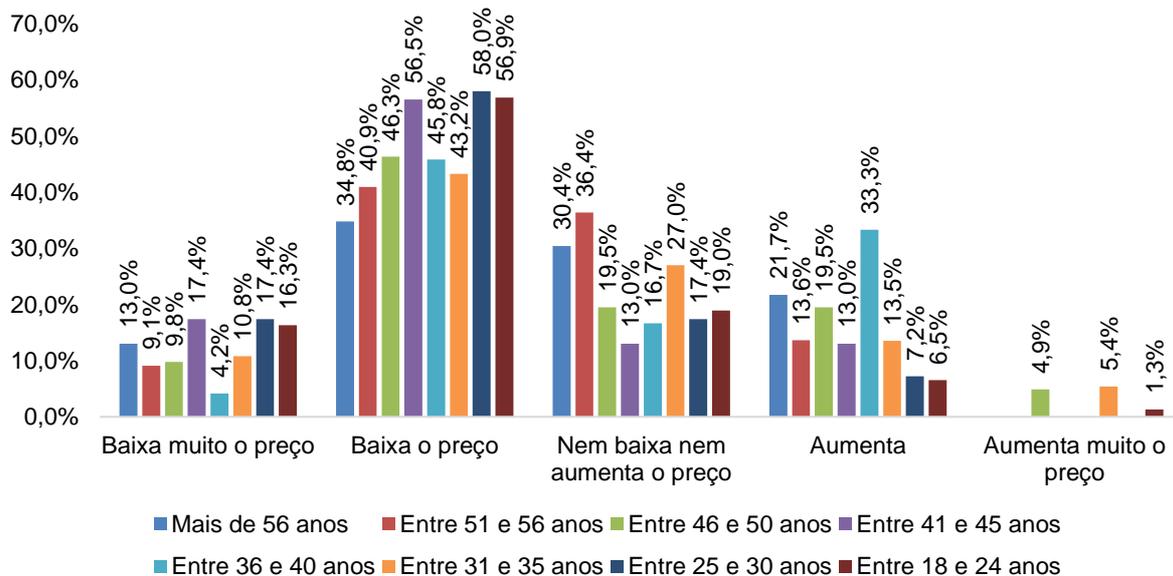


Figura 5-11 - Influência da variável “faixa etária” sobre a percepção dos impactos nos custos na energia solar

Os alunos mostram essa percepção mais positiva, com o teste KS – 2 amostras independentes, a provar como estatisticamente significativa a diferente entre alunos e professores. Para a energia solar, 73,6% dos alunos acreditam que a conta irá baixar, contra 57,6% dos professores. Os professores, inclusive, são os mais pessimistas com 20,4% deles a considerar que a energia solar vai aumentar a conta de energia como mostra a Figura 5-12. Finalmente, teste *KW* indica que a percepção de custo é estatisticamente significativa de acordo com o nível acadêmico, no sentido de que os respondentes com grau de instrução inferior tendem a considerar mais que a energia eólica e solar pode reduzir a sua fatura de eletricidade. Para eólica, Figura 5-13, mais de 70% dos que têm apenas o ensino médio acreditam que a eólica diminui a fatura da eletricidade e mais de 76% dos que têm também apenas o ensino médio acreditam que a solar diminui a fatura da eletricidade, Figura 5-14.

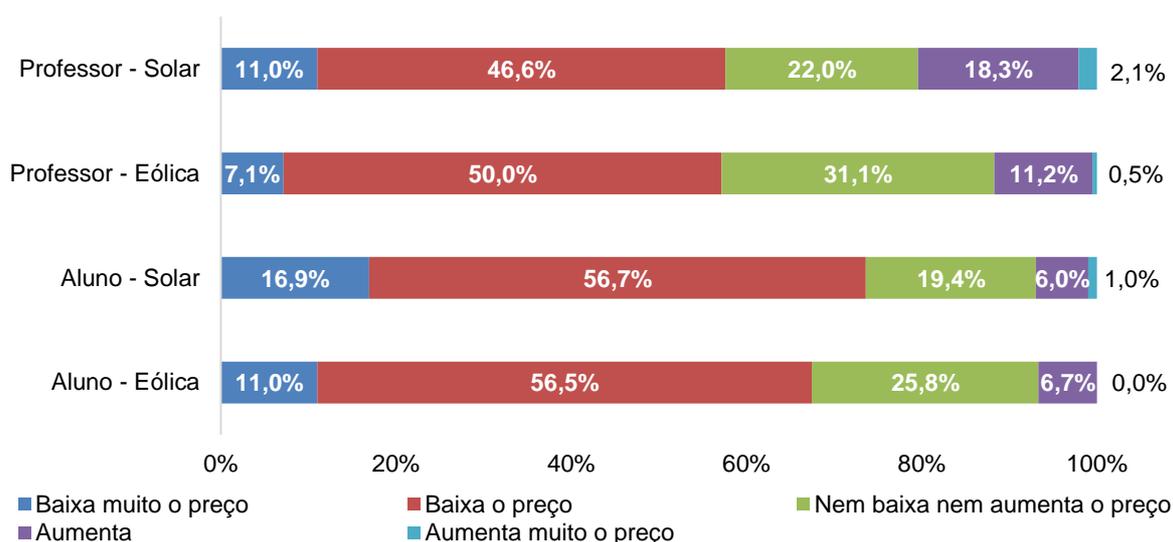


Figura 5-12 - Influência da variável “condição” (professor / aluno) sobre a percepção dos impactos nos custos da energia eólica e solar

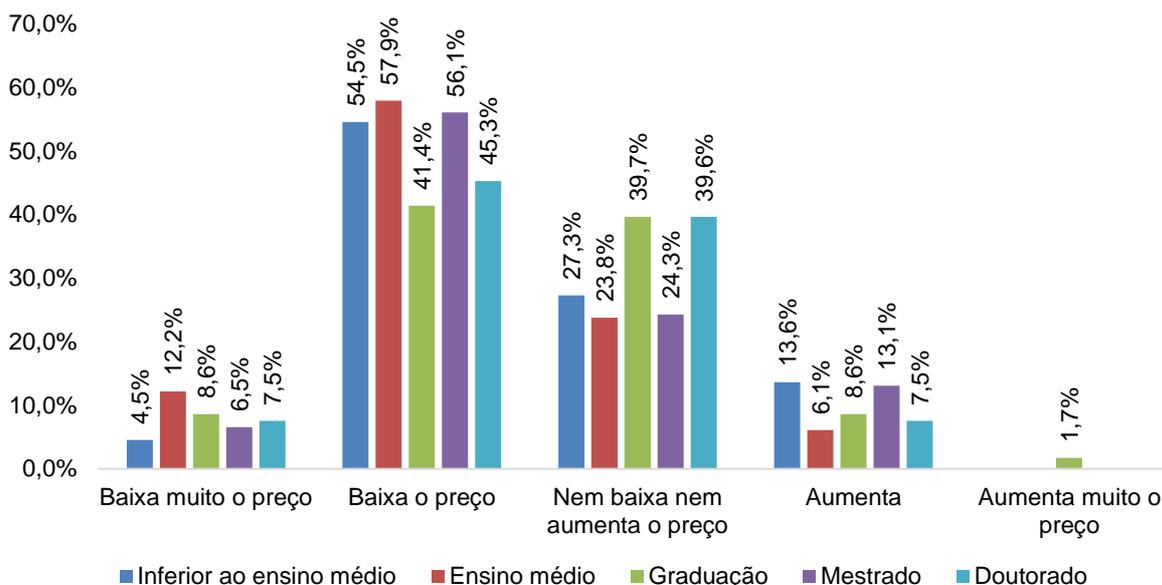


Figura 5-13 - Influência da variável “grau de instrução” sobre a percepção dos impactos nos custos na energia eólica

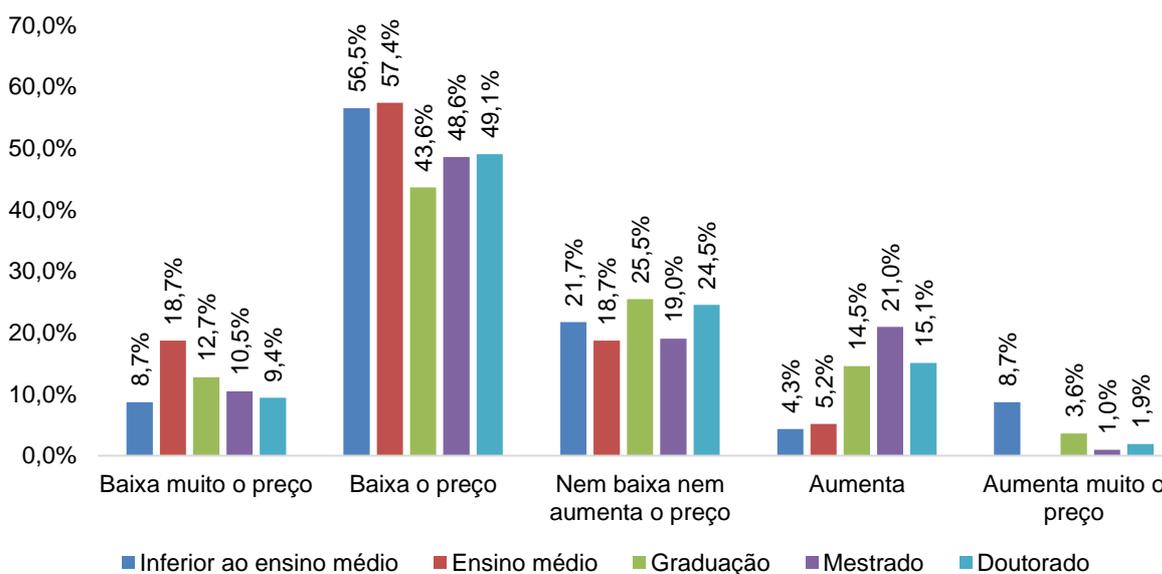


Figura 5-14 - Influência da variável “grau de instrução” sobre a percepção dos impactos nos custos na energia solar

5.3.4 Percepção dos impactos ambientais

A percepção do impacto ambiental das tecnologias foi avaliada de acordo com a percepção dos entrevistados na contribuição da tecnologia para proteger ou colocar em perigo o ambiente. A Figura

5-15 descreve os resultados obtidos pela energia eólica e solar. Os inquiridos são substancialmente menos positivos no que diz respeito à perceção de impactos ambientais comparativamente com o impacto sobre o custo, especialmente para a energia eólica. Na verdade, 36,6% dos entrevistados acreditam que a energia eólica degrada o ambiente, um número maior do que os que creem que a energia eólica protege o ambiente (31,8%). Os valores mostram uma perceção mais positiva em relação à energia solar, mas mesmo assim 14,3% dos inquiridos consideram que a energia solar pode pôr em perigo o ambiente e somente 42,4% consideram que a energia solar pode proteger o meio ambiente.

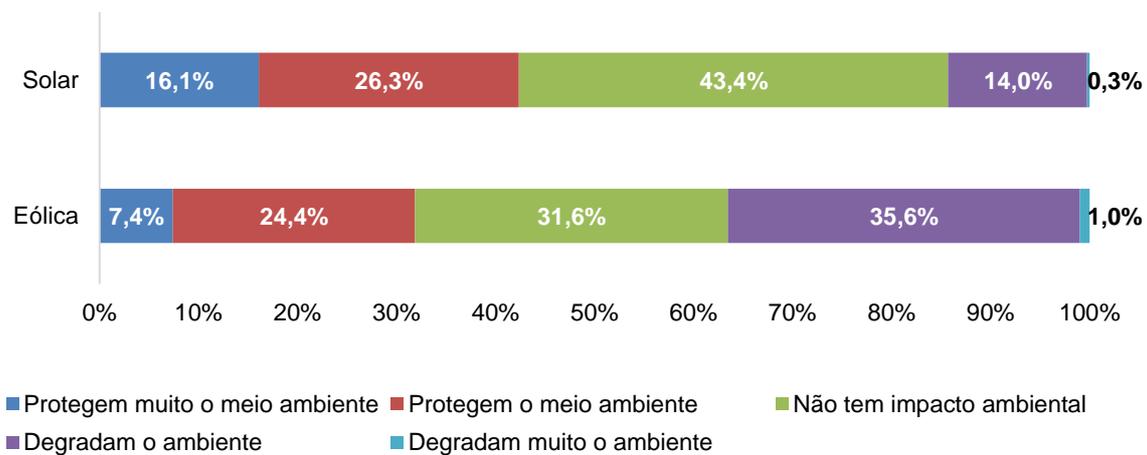


Figura 5-15 - Perceção dos impactos ambientais da energia eólica e da energia solar

A Tabela 5-5 apresenta os resultados dos testes estatísticos executados para avaliar como as diferentes variáveis socioeconómicas poderiam afetar a perceção em relação impactos ambientais, indicando também o seu nível de significância. Para cada um destes testes a hipótese nula considerado foi "o nível de perceção dos impactos ambientais para a tecnologia é a mesma entre os grupos de variáveis socioeconómicas considerados". Os resultados demonstram que as variáveis não apresentam significância estatística, o que significa que essas variáveis não parecem ter um papel importante na explicação dos resultados obtidos e nenhuma tendência pode ser derivada para as diferentes classes dessas variáveis.

Tabela 5-5 - Influência de variáveis socioeconómicas sobre a percepção dos impactos ambientais

Tecnologia vs Variável	Valor <i>p</i>	Resultado	Teste Estatístico
EE vs Renda familiar	0.307	NS	KW
EE vs Género	0.995	NS	KS – 2 amostras independentes
EE vs Idade	0.145	NS	KW
EE vs Proximidade ¹	1.000	NS	KS – 2 amostras independentes
EE vs Região ²	0.700	NS	KS – 2 amostras independentes
EE vs Condição	0.938	NS	KS – 2 amostras independentes
EE vs Grau de instrução	0.528	NS	KW
ES vs Renda familiar	0.683	NS	KW
ES vs Género	0.770	NS	KS – 2 amostras independentes
ES vs Idade	0.512	NS	KW
ES vs Proximidade ¹	0.644	NS	KS – 2 amostras independentes
ES vs Região ²	0.859	NS	KS – 2 amostras independentes
ES vs Condição	0.747	NS	KS – 2 amostras independentes
ES vs Grau de instrução	0.860	NS	KW

NS - Estatisticamente não significativa. S - Estatisticamente significativa;

¹ - Proximidade do *campus* de parques eólicos ou centrais de energia solar já existentes;

² - Localização do *campus* numa região urbana ou não urbana.

5.3.5 Percepção dos impactos sociais

A percepção do impacto social das tecnologias foi avaliada de acordo com a contribuição percebida pelos entrevistados para o desenvolvimento local. A Figura 5-16 descreve os resultados obtidos por ambas tecnologias, eólica e solar, que podem ser considerados positivos. Mais de 78% dos entrevistados acreditam que a energia eólica desenvolve a população local e este valor chega a 76,1% para a energia solar. Na verdade, apenas 5,2% para a energia eólica e 1,1% para a energia solar consideraram que estas tecnologias podem prejudicar as populações locais.

A Tabela 5-6 apresenta os resultados dos testes estatísticos executados para avaliar como as diferentes variáveis socioeconómicas poderia afetar a percepção em relação impactos sociais, indicando também o seu nível de significância. Para cada um destes testes a hipótese nula considerada foi "o nível de percepção dos impactos sociais para a tecnologia é a mesma entre os grupos de variáveis socioeconómicas considerados". Usando testes *KW* e *KS – 2 amostras independentes*, verificou-se que as variáveis "renda familiar", "idade" e "grau de instrução" são significativas para a percepção social tanto para energia eólica como para a solar.

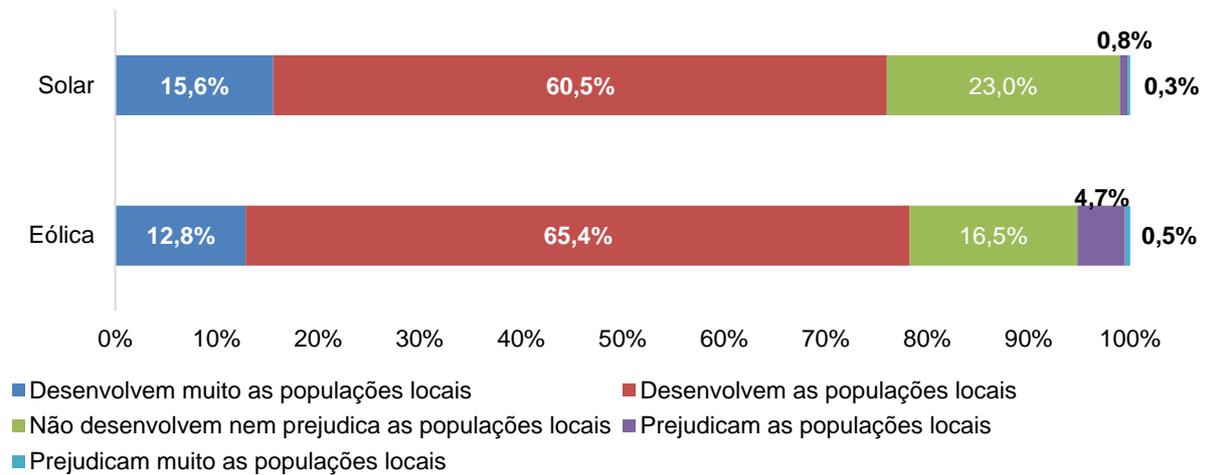


Figura 5-16 - Percepção dos impactos sociais da energia eólica e da energia solar

Os entrevistados com renda familiar mais baixa tendem a ter uma percepção mais positiva sobre os impactos sociais, considerando que tanto a energia eólica como a solar irá contribuir para o desenvolvimento local mais do que os entrevistados de renda familiar alta. Mais de 94%, dos que ganham até um salário mínimo, consideram que a tanto a energia eólica como a energia solar trarão benefícios locais como apresentado nas Figura 5-17 e 5-18.

Quanto à idade, a tendência não é tão evidente, mas os resultados mostram que diferentes faixas etárias podem ter diferentes pontos de vista sobre os impactos sociais de ambas as tecnologias, como demonstrado nas Figura 5-19 e 5-20. Quase 13%, do grupo que tem entre 31 e 35 anos, consideram que a energia eólica prejudica a população local. Para a solar esta percepção negativa é praticamente inexistente em todas as faixas etárias. A tendência para o nível acadêmico também não é tão evidente como no caso do rendimento. No que diz respeito à energia eólica, pessoas menos instruídas parecem ter uma visão mais positiva dos impactos sobre o desenvolvimento local desta tecnologia. O índice dos respondentes que consideram que a energia eólica desenvolve a população local chega a 86,6%, de entre os que tem ensino médio, Figura 5-21. Quanto à energia solar, os pontos de vista mais positivos, 84,5%, vêm também das pessoas que tem apenas o ensino médio e os mais escolarizados (Doutores), uma vez que 81,5% acreditam que a energia solar desenvolve a população local como mostra a Figura 5-22.

Tabela 5-6 - Influência de variáveis socioeconómicas sobre a percepção dos impactos sociais

Tecnologia vs Variável	Valor p	Resultado	Teste Estatístico
EE vs Renda familiar	0.010	S	KW
EE vs Género	1.000	NS	KW
EE vs Idade	0.005	S	KS – 2 amostras independentes
EE vs Proximidade ¹	0.567	NS	KW
EE vs Região ²	1.000	NS	KS – 2 amostras independentes
EE vs Condição	0.345	NS	KS – 2 amostras independentes
EE vs Grau de instrução	0.003	S	KS – 2 amostras independentes
ES vs Renda familiar	0.005	S	KW
ES vs Género	1.000	NS	KW
ES vs Idade	0.012	S	KS – 2 amostras independentes
ES vs Proximidade ¹	0.321	S	KW
ES vs Região ²	0.967	NS	KS – 2 amostras independentes
ES vs Condição	0.191	NS	KS – 2 amostras independentes
ES vs Grau de instrução	0.003	S	KW

NS - Estatisticamente não significativa. S - Estatisticamente significativa;

¹ - Proximidade do *campus* de parques eólicos ou centrais de energia solar já existentes;

² - Localização do *campus* numa região urbana ou não urbana.

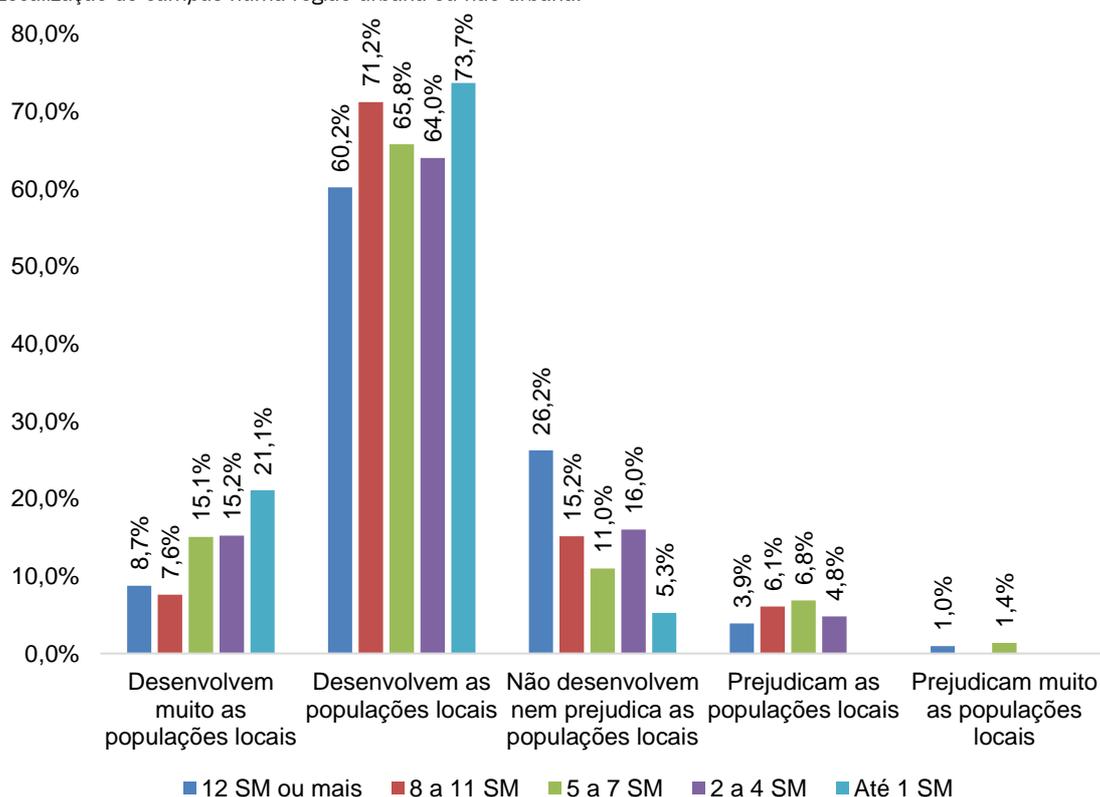


Figura 5-17 - Influência da variável “renda familiar” sobre a percepção dos impactos socioeconómicos da energia eólica

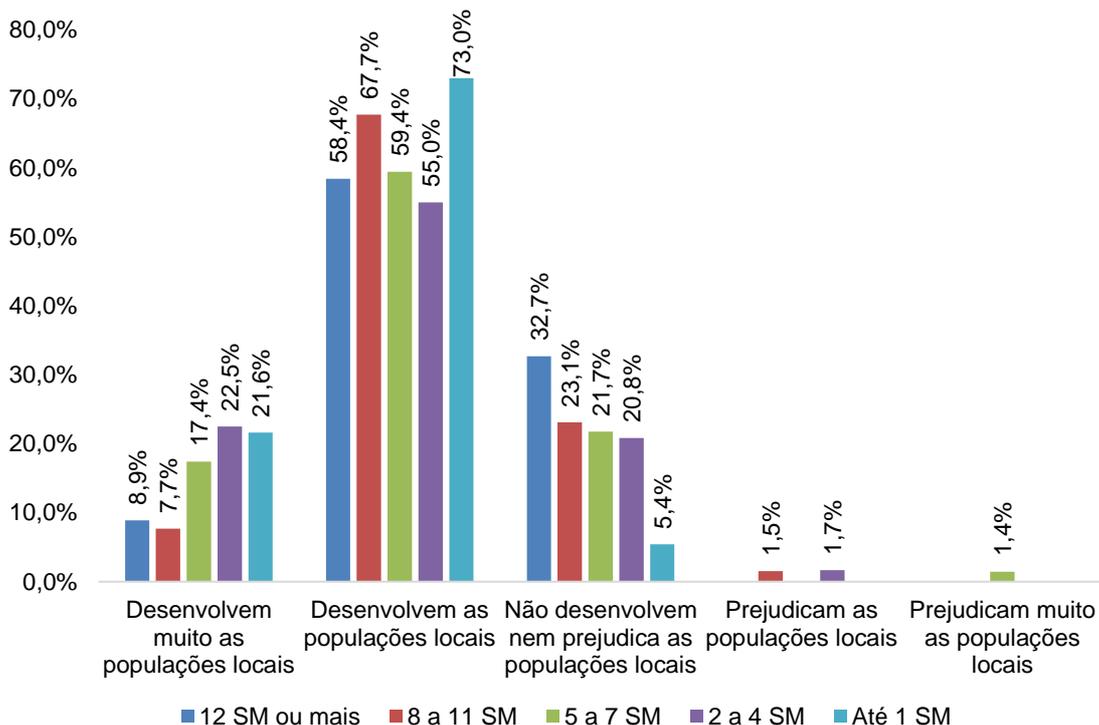


Figura 5-18 - Influência da variável “renda familiar” sobre a percepção dos impactos socioeconómicos da energia solar

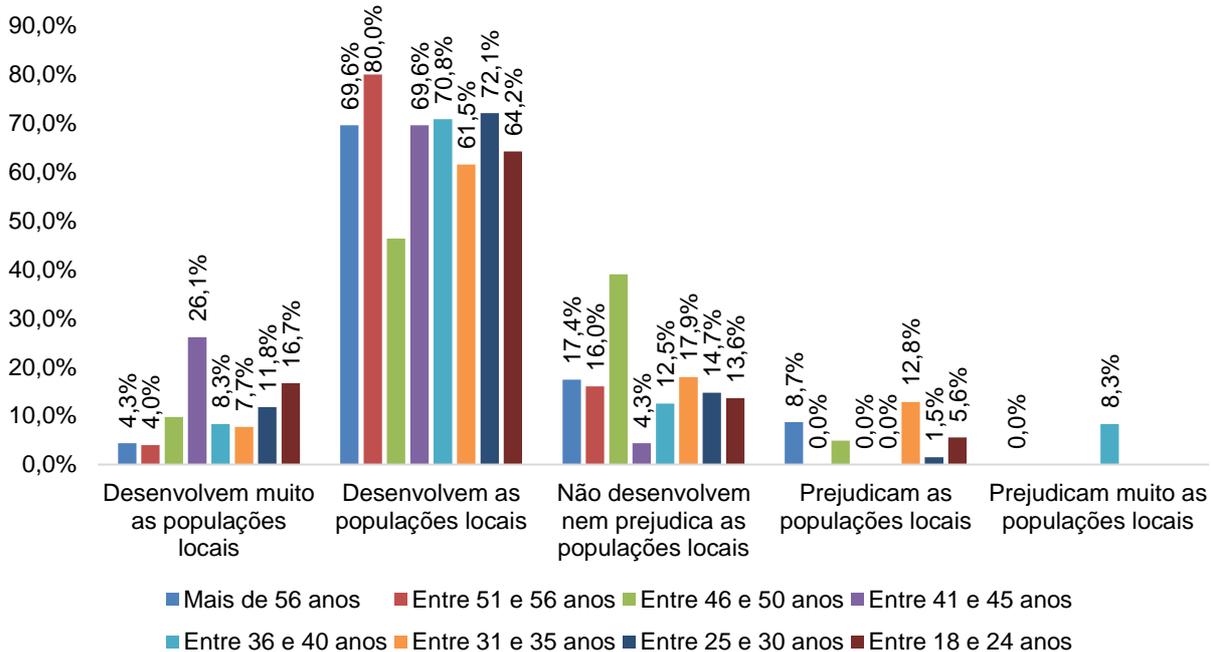


Figura 5-19 - Influência da variável “faixa etária” sobre a percepção dos impactos socioeconómicos da energia eólica

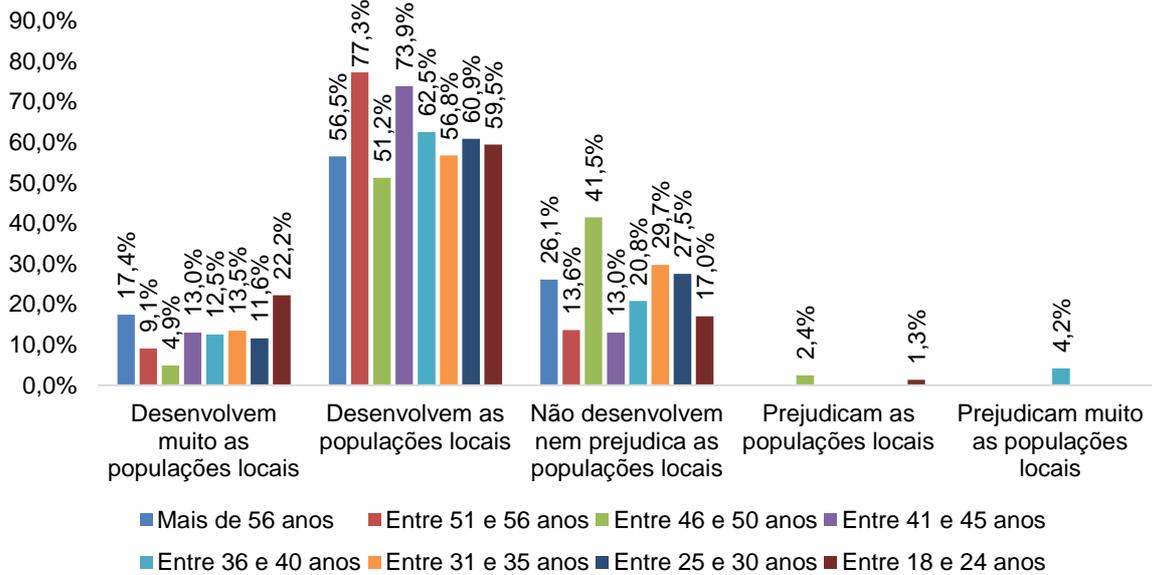


Figura 5-20 - Influência da variável “faixa etária” sobre a percepção dos impactos socioeconómicos da energia solar

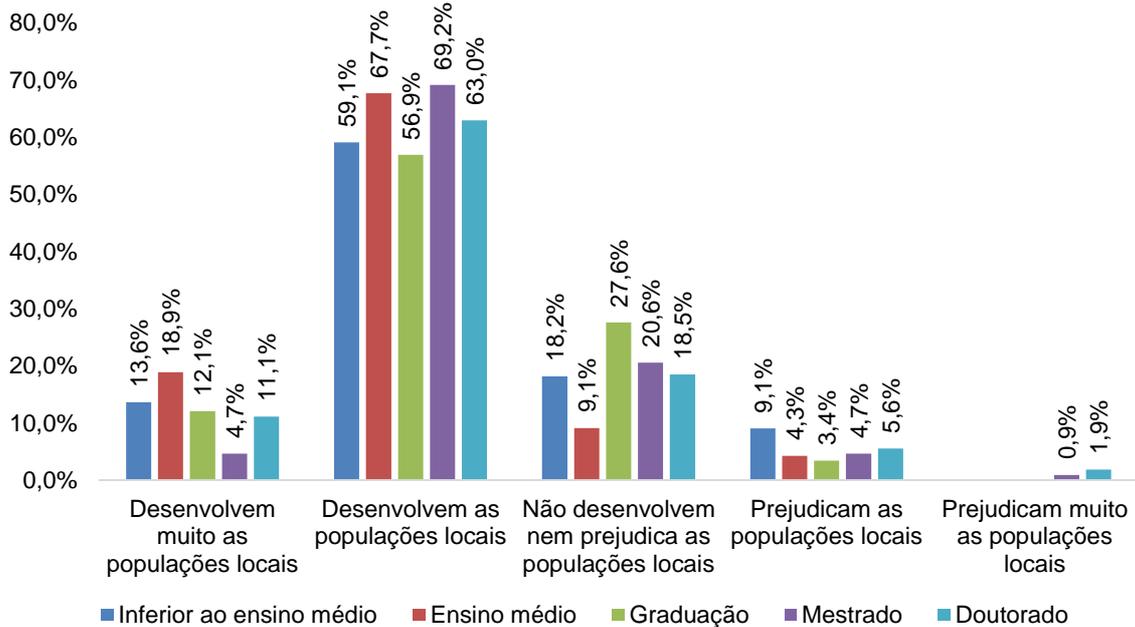


Figura 5-21 - Influência da variável “grau de instrução” sobre a percepção dos impactos socioeconómicos da energia eólica

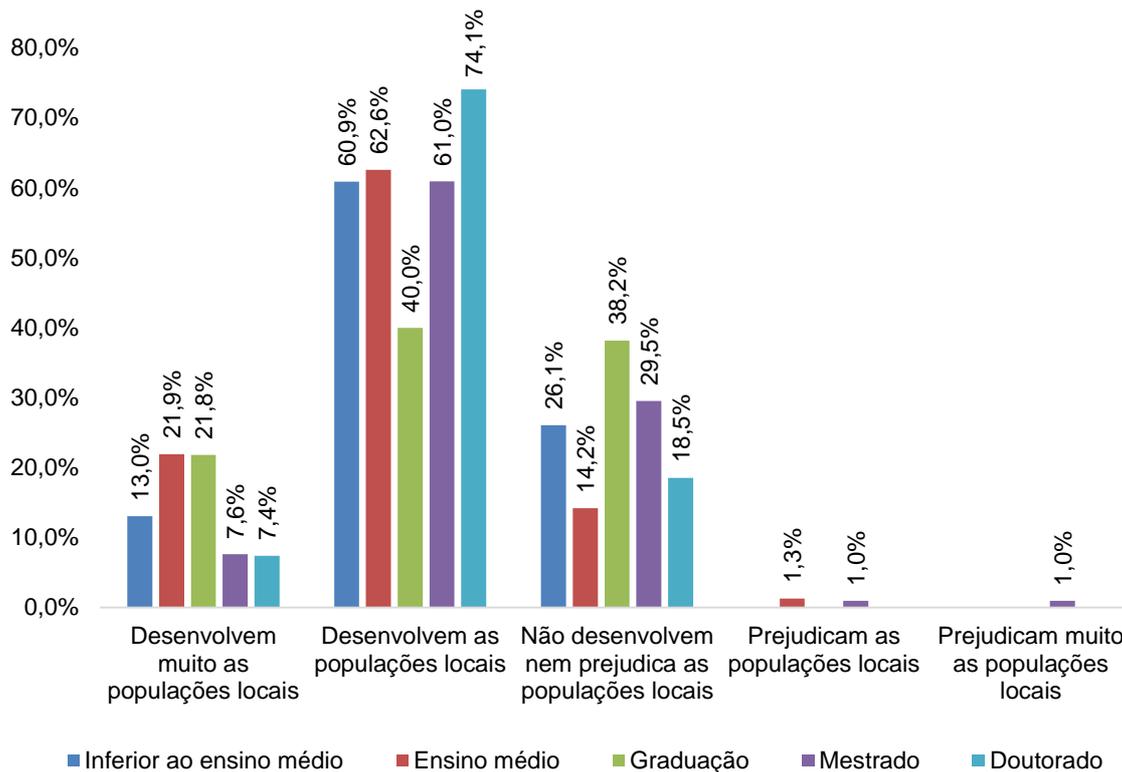


Figura 5-22 - Influência da variável “grau de instrução” sobre a percepção dos impactos socioeconómicos da energia solar

5.4 Discussão dos resultados

Os resultados representam o ponto de vista da comunidade do IFRN a respeito da energia solar e eólica. A comunidade do IFRN de uma forma geral reconhece ambas as tecnologias para produção de eletricidade a partir de energia solar e de energia eólica. Este não é um resultado inesperado, considerando que o desenvolvimento dessas tecnologias está bem evidente no RN, onde mais de 2.842 MW de energia eólica já foram instalados e, na própria instituição, está promovendo a energia solar com duas usinas fotovoltaicas atualmente a operar, uma no prédio da Reitoria e outra no *Campus* Natal Central. Além disso, estudos como Ribeiro et al. (2014) ou Karytsas & Theodoropoulou (2014) também demonstraram que pessoas mais instruídas tendem a ser mais conscientes da tecnologia. Tendo em conta que neste levantamento os entrevistados são todos professores ou estudantes em seu último ano letivo para no mínimo alcançar o diploma de ensino secundário também era esperado seu nível de consciência ser elevado.

A atitude da comunidade o IFRN no sentido do desenvolvimento de ambas as tecnologias, de energia solar e eólica, é muito positiva, com apenas alguns entrevistados mostrando uma visão ligeiramente menos positiva. Na verdade, não é evidente a existência de uma atitude NIMBY entre os entrevistados uma vez que as atitudes positivas para com estas tecnologias ainda persistem mesmo quando questionados sobre a possibilidade de ter projetos no município. Seguindo a proposta de Ribeiro et al. (2014) é possível confirmar quantitativamente a existência ou não dessa atitude NIMBY recorrendo a uma escala derivada da Equação (1).

$$\text{NIMBY} = \text{Aceitação}_{\text{Brasil}} - \text{Aceitação}_{\text{Município}} \quad \text{Equação (1)}$$

Assumindo que o nível de aceitação varia entre 1 (totalmente de acordo com os novos projetos) e 4 (rejeita totalmente novos projetos), ter-se-á:

- Valores negativos obtidos pela equação 1 indicam uma atitude NIMBY, isto é, o entrevistado aceita totalmente novos projetos no país, mas os rejeita perto do seu local residência.
- Valores positivos indicam uma atitude mais positiva em relação a projetos no município do entrevistado do que no país, não existindo assim NIMBY.
- Se a aceitação no Brasil é igual a aceitação Município, o valor de NIMBY será zero, significando que a atitude NIMBY não está presente.

A Figura 5-23 descreve os resultados para a escala NIMBY obtido tanto para energia eólica como para energia solar. Os resultados da análise confirmam o alto nível de aceitação, mostrando que a maioria dos entrevistados não tendem a ter uma atitude NIMBY no sentido da energia eólica ou solar. O nível NIMBY pode ser um pouco maior para a energia eólica do que para a energia solar, mas mesmo assim atinge apenas 14,8% da população.

Para as três dimensões da sustentabilidade incluída neste estudo, alguns aspetos importantes devem ser enfatizados. Em primeiro lugar, embora a maioria da população acredite que essas tecnologias de FER podem reduzir a sua fatura de eletricidade, o número de entrevistados que reconhecem que a energia solar e eólica vai aumentar a conta de eletricidade não deve ser menosprezada. Isto é particularmente evidente no caso da energia solar, para as quais as pessoas mais informadas (professores e os detentores de maior grau de instrução) tendem a ter uma visão menos otimista sobre

a contribuição desta tecnologia para reduzir custos de eletricidade. No entanto, os impactos ambientais são de longe os aspetos mais negativos percebidos pela população, especialmente para o caso da energia eólica. Esta percepção negativa pode ajudar a explicar o nível mais elevado de NIMBY atribuído a esta tecnologia, ainda que pouco expressivo. Os resultados demonstram que o alto nível de preocupação com os impactos ambientais da energia eólica é um problema relevante para o Brasil à semelhança de outros países (ver, por exemplo o estudo de Yuan et al. (2015) para a China ou Ribeiro et al. (2014) para Portugal).

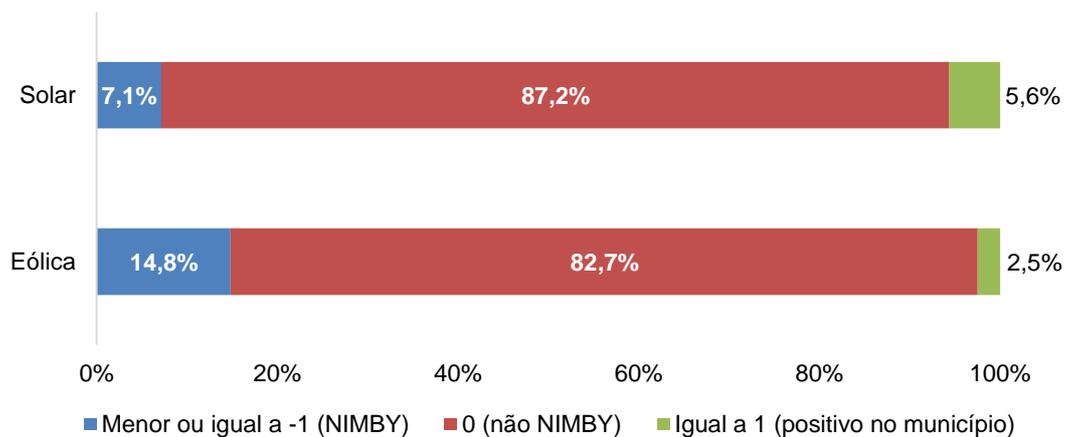


Figura 5-23 - Nível de NIMBYism para a comunidade IFRN

Não obstante as referidas preocupações ambientais, a população reconhece que essas tecnologias podem trazer novas oportunidades contribuindo para o desenvolvimento local. Mais uma vez, esta visão positiva pode explicar o baixo nível geral de NIMBY e até mesmo a existência de alguns casos de uma perspectiva mais positivas dessas tecnologias no município do que no país. Os resultados gerais do estudo parecem indicar que os moradores podem ser a favor de grandes plantas FER se trouxerem benefícios para essa comunidade particular.

5.5 Considerações finais

Este capítulo apresenta os resultados de um questionário destinado a contribuir para a avaliação da aceitação social e percepção de energia eólica e solar no Estado brasileiro do Rio Grande do Norte, RN. Este estudo foi realizado com a comunidade acadêmica do IFRN (professores e estudantes) nos seus diversos *campi* distribuídos pelo estado do RN. Os resultados não podem ser considerados

estatisticamente representativos de toda a população do RN, já que a comunidade do IFRN apresenta características próprias que condicionam qualquer tentativa de extrapolação. Em particular, há uma sobre representação de pessoas de maior escolaridade e de jovens inquiridos. No entanto, o resultado do estudo permite ter uma visão geral da percepção em relação às grandes centrais de energia solar e eólica, resultando na primeira análise empírica e quantitativa de NIMBY e aceitação das FER realizado no sistema elétrico brasileiro. Além disso, foi possível chamar a atenção para algumas questões que devem continuar a ser exploradas em um estudo em grande escala e devem ser considerados pelos tomadores de decisão de energia central e estadual.

Os resultados demonstram uma atitude positiva em relação à FER no RN, mesmo para aqueles que vivem perto de centrais já existentes. Como principal resultado deste estudo e com base nos dados da pesquisa, podemos concluir que há uma abertura para o estabelecimento de centrais de energia solar e eólica no RN, revelando um futuro promissor para FER na região. A visão positiva para ambas as opções FER é claramente apoiado sobre a percepção dos impactos sociais positivos para ambas as tecnologias que são particularmente importantes na região.

O fenómeno NIMBY é bastante reduzido para ambas as tecnologias. Os impactos locais esperados associados a ambas as tecnologias de energia solar e eólica são notavelmente positivos, o que é um pouco diferente dos resultados de Brown (2011) e até mesmo de Silva et al. (2013) uma vez que estes trabalhos tinham já referido alguma oposição social ao desenvolvimento de parques eólicos. No entanto, a maior parte dessa oposição decorre da falta de envolvimento das comunidades locais no processo de planeamento, demonstrando a necessidade de ser dada consideração às características socioeconómicas e culturais da população para a definição de esquemas ou estratégias de compensação para resolver eventuais conflitos. Estas conclusões vão de encontro às preocupações manifestadas pelo grupo de peritos ficando assim ainda mais evidente a importância atribuída por ambos os grupos ao possível contributo destes projetos para o desenvolvimento local. Estes resultados abrem caminho a novas investigações no futuro, analisando não só a percepção da população local, mas também projetando metodologias que podem assegurar a sua participação efetiva na tomada de decisão e estabelecendo mecanismos de compensação justos e adequados a cada comunidade.

As populações também são altamente sensíveis aos impactos ambientais, mostrando grandes preocupações sobre o que é percebido como uma fraqueza importante de ambas as tecnologias, mas

especialmente evidente para a energia eólica. Embora essa percepção negativa não pareça ter ainda um efeito significativo sobre a aceitação das tecnologias, os decisores centrais e investidores não devem ignorar esta questão, como também foi referido pelos peritos. O elevado crescimento esperado de ambas as tecnologias pode levar ao aumento da controvérsia, comprometendo os objetivos ambiciosos para a região. Órgãos governamentais e universidades como promotores fundamentais de boas práticas têm então um papel central no desenvolvimento das FER, associando esses projetos com atividades de proteção ambiental e assegurando a educação e formação de comunidades locais.

Neste capítulo, uma abordagem possível para avaliar a aceitação FER a nível local e de suas motivações foi demonstrado para o caso de uma instituição académica. Espera-se que a abordagem possa prosseguir visando a representatividade da população do Estado do RN e se possível expandir para outros Estados com alto potencial de FER. Será ainda importante explorar os valores que condicionam a percepção das populações uma vez que, como Butler, Demski, Parkhill, Pidgeon, & Spence (2015) afirmam, esta informação pode fornecer uma visão mais significativa e estável para a elaboração de políticas do que saber qual a percepção sobre uma determinada tecnologia num determinado momento.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

A matriz elétrica brasileira é fortemente suportada em energias renováveis em virtude do grande contributo da energia hídrica e também da biomassa. A política energética brasileira continua a apontar para investimentos futuros que mantenham uma estrutura baseada em energias renováveis, mas procurando a diversificação sobretudo pelo aumento da produção de eletricidade a partir da energia eólica e da energia solar fotovoltaica para fazer face ao aumento do consumo de eletricidade previsto para os próximos anos. Prevê-se a expansão da energia eólica e da energia solar um pouco por todo o país, mas o Nordeste caracterizado pelo seu elevado potencial solar e eólico figura como região prioritária para os investimentos previstos.

Considerando um planeamento elétrico que se pretende sustentável, torna-se essencial reconhecer como objetivo prioritário a inclusão das dimensões económica, ambiental e social na tomada de decisão ao nível das estratégias e cenários futuros para a o setor. As dimensões económica e ambiental são abordadas frequentemente na literatura recorrendo a modelos de avaliação económica de projetos ou modelos de otimização na busca do custo mínimo e/ou das emissões mínimas. A dimensão social é também já abordada em diversos trabalhos referindo-se à necessidade de avaliar os impactos desta natureza, mas também à estruturação dos processos de decisão que se pretendem inclusivos, de modo a garantir o envolvimento das populações locais e a partilha justa de benefícios e assim promover a aceitação destes projetos. Estes estudos são, no entanto, ainda escassos e dispersos no Brasil. Reconhecendo a importância do Nordeste e em particular do Estado do Rio Grande do Norte pretendeu-se com este trabalho dar um contributo para o planeamento elétrico sustentável da região avaliando os impactos de diferentes opções de produção de eletricidade e aferindo a aceitação e perceção da população local relativamente a projetos do setor eólico e solar fotovoltaico na região. Para isso recorreu-se uma metodologia participativa que combina diferentes métodos, nomeadamente entrevista com peritos com questões de natureza qualitativa e quantitativa, análise multicritério, questionários à população e análise estatística.

Apoiado numa revisão bibliográfica baseada na literatura científica brasileira e internacional e também documentos oficiais de governo foram analisados os processos de tomada de decisão no setor elétrico, os impactos provocados pela produção de eletricidade sobretudo a partir de FER e a aceitação social dessas tecnologias. Verificou-se que de uma forma geral as tecnologias FER apresentam menores impactos sociais e ambientais negativos do que as tecnologias que envolvem queima de combustíveis fósseis. No entanto, não estão isentas destes impactos e encontram-se já vários exemplos na literatura de projetos FER contestados e rejeitados pela população local que demonstram a importância da sua sensibilização e envolvimento no planeamento e execução destes projetos. No caso do Brasil é referida também essa necessidade do envolvimento da população assim como de assegurar benefícios diretos às populações afetadas pelos projetos, concluindo-se ainda que a aplicação de metodologias participativas permite a identificação de problemas e necessidades da população local contribuindo deste modo para a redução de conflitos. Também no Brasil, são já reportados focos de rejeição e oposição pública sobretudo para parques eólicos, em muito devido à exclusão das populações do processo de decisão e demonstrando a importância de ter em consideração aspetos técnicos, socioeconómicos e culturais nestes processos. De facto, quando se percebe alguma oposição, resulta da falta de envolvimento das comunidades locais, indicando a necessidade de se atentar às características socioeconómicas e culturais da população para a definição de estratégias de compensação para resolver eventuais conflitos.

Os documentos oficiais e literatura específica relativa ao setor elétrico brasileiro e do RN deixaram patente a vocação da matriz elétrica do país para fontes de energias renováveis. Para o RN ficou evidenciado o seu elevado potencial eólico e solar, com o aproveitamento da energia eólica já num estágio de desenvolvimento avançado sendo o Estado de RN considerado o maior gerador de eletricidade a partir dessa fonte no país. Confirmou-se também a vocação do RN para geração através do gás natural e, de forma um pouco mais discreta, a geração por biodiesel.

Partindo da revisão bibliográfica foi possível identificar um conjunto de critérios que se consideram relevantes para avaliação de sustentabilidade das diferentes opções de produção de eletricidade. Adicionalmente, a sustentabilidade na produção de eletricidade no RN foi verificada através de uma entrevista aplicada a um grupo de peritos como objetivo conhecer a opinião destes relativamente às perspetivas de desenvolvimento do setor elétrico e em particular das energias renováveis, as barreiras e incentivos ao desenvolvimento das FER, os impactos das FER e a sua perceção relativamente à aceitação

social das FER. Os peritos foram ainda convidados a avaliar a importância relativa dos critérios previamente identificados e avaliar as diferentes opções de produção de eletricidade de acordo com estes critérios.

Das entrevistas realizadas torna-se evidente que existem incentivos para as FER no Brasil, mas esforços adicionais são necessários para garantir o desenvolvimento de tecnologias como a solar fotovoltaica. O setor hidrelétrico já está consolidado no Brasil e o setor eólico vem se consolidando gradativamente e já se percebe competitividade pelos preços conseguidos em leilões. Aguarda-se assim o desenvolvimento consistente da energia solar e a redução de preços nesta tecnologia. Destaca-se ainda a importância de prevenir impactos ambientais frequentemente associados a tecnologias de queima de combustíveis fósseis que justifica em grande parte o interesse pelas FER, não obstante os peritos reconhecerem também a existência de impactos negativos associadas a estas tecnologias. Os entrevistados referem o elevado potencial renovável do Brasil da mesma forma como este é apontado na literatura, mas concluem também que assegurar o desenvolvimento sustentável do setor implica o envolvimento da população que deve ser ouvida num planeamento que se pretende participativo. No entanto, há ainda carência de legislação no tocante a participação pública na tomada de decisão sobre FER no Brasil e a compensação pecuniária para as populações não é consensual. A organização informal das comunidades poderá prejudicá-las na obtenção destes benefícios o que mais uma vez reforça a necessidade do envolvimento da população para a definição de estratégias adaptadas às especificidades de cada comunidade.

Critérios como “emprego”, “benefícios locais” e “aceitação social” são considerados os mais importantes na avaliação da sustentabilidade de diferentes opções de produção de eletricidade no RN. Estes critérios estão claramente interrelacionados e estão também associados às características socioeconómicas do RN, carente de emprego e infraestrutura. A “aceitação social” reflete a visão consensual entre os peritos da necessidade de envolvimento das populações. Partindo da ponderação relativa atribuída aos critérios e da avaliação das diferentes opções de produção de eletricidade relativamente a cada critério foi possível estabelecer um ordenadamente destas opções tendo em consideração o objetivo global de desenvolvimento sustentável. Os resultados demonstram a importância das FER no RN sendo a avaliação mais positiva atribuída à energia eólica seguida da energia solar, o que resulta em grande parte do reconhecido contributo para o desenvolvimento local aliado a reduzidos impactos negativos e elevada aceitação social. Destaca-se também a importância do gás natural, evidenciando mais uma vez a preocupação com as condições económicas do Estado e reconhecendo

que sendo o RN produtor de gás natural esta fonte permite alavancar recursos e contribuir para o desenvolvimento regional e local.

A importância das FER no RN e a necessidade de envolvimento das populações na tomada de decisão no setor elétrico são assim fatores claramente identificados na literatura e confirmados nas entrevistas com peritos, como essenciais ao planeamento elétrico sustentável. Partindo desta evidência, foi realizado o que é de acordo com o conhecimento do autor o primeiro estudo de aceitação e percepção de FER para a população local do RN com validação estatística. O universo inquirido foi a comunidade académica do IFRN pelo que os resultados não podem ser considerados representativos de toda a população do Brasil ou do RN. No entanto, esta comunidade académica tem um papel essencial na comunidade local com influencia direta na percepção e criação de opinião na restante comunidade sendo assim de enorme relevância no contexto do RN. Dos resultados foi possível inferir uma análise quantitativa de NIMBY e aceitação das FER para esta população relativamente à energia eólica e solar.

A principal conclusão deste estudo é que há uma atitude positiva em relação às FER no RN, mesmo para aqueles que vivem perto de centrais já existentes podendo-se assim assumir que há uma abertura para a fixação de novas centrais de energia solar e eólica no RN. Associada a esta aceitação está uma percepção de impactos sociais positivos com a população a considerar que ambas as tecnologias poderão contribuir para o desenvolvimento local. Este resultado contrasta com alguns trabalhos anteriores referindo oposição social ao desenvolvimento de parques eólicos no Brasil, mas que tinham também já referido a falta de envolvimento da população como um dos principais entraves à aceitação. A preocupação com os impactos ambientais representa o aspeto menos positivo uma vez que mais de um terço dos inquiridos acredita que a energia eólica degrada o meio ambiente, quantidade maior do que os que acreditam que esta tecnologia protege o meio ambiente. Para a energia solar há otimismo, mas mesmo assim 14% dos inquiridos acreditam que esta tecnologia degrada o meio ambiente. No que diz respeito ao custo, há uma avaliação muito positiva, inclusive de inquiridos de nível de instrução mais elevado. No geral menos de 14% dos inquiridos acreditam que a energia solar poderá aumentar a fatura e este número reduz-se para cerca de 9% no caso da energia eólica. Destaca-se ainda a avaliação do fenómeno NIMBY na população inquirida concluindo-se que este é bastante reduzido para ambas as tecnologias. Estes resultados devem ser interpretados de forma prudente uma vez que as preocupações demonstradas com a questão ambiental aliadas ao crescimento significativo destas tecnologias previsto para esta região poderão conduzir a reações menos positivas e mesmo ao acentuar deste fenómeno NIMBY, sendo assim essencial

que a inclusão da população e o reconhecimento das suas preocupações sejam devidamente acautelados pelos decisores.

Os resultados obtidos com este trabalho revelam-se essenciais no planeamento elétrico sustentável, permitindo apresentar e demonstrar a metodologia participativa proposta nos objetivos previamente apresentados que poderá ser adaptada a diferentes regiões ou tecnologias em estudo. Considera-se que a informação resultante para o RN poderá ser útil para decisores políticos e investidores em energias renováveis permitindo reconhecer a importância atribuída ao desenvolvimento local, a necessidade de garantir a partilha de benefícios e o envolvimento das populações nestes projetos e também as preocupações de natureza ambiental que estão bem patentes também nas FER.

A pesquisa e aplicação da metodologia proposta permitiram responder às questões de investigação formuladas. Foram identificados os principais impactos a considerar na avaliação da sustentabilidade das diferentes opções de produção de eletricidade no RN, de onde se destacam impactos relativos ao desenvolvimento local e aceitação social. Foi ainda possível aferir a perceção e aceitação social de projetos de energia eólica e solar para produção de energia elétrica no RN, tendo-se concluído que existe um sentimento positivo generalizado. Os resultados permitem ser otimista no que diz respeito ao atingir dos objetivos FER para os próximos anos, mas reforçam o papel da população local como um *stakeholder* fundamental para a efetiva concretização dos projetos e consequentemente dos objetivos estratégicos traçados.

6.1 Contribuições da pesquisa

Com este trabalho espera-se contribuir para promover a utilização de recursos naturais de forma racional e equilibrada, apoiada no tripé da sustentabilidade (social, económico e ambiental), com energia limpa e bem aceita pela população. Estudos nesse sentido, no RN e mesmo no Brasil ainda são insipientes. Não há registo formal de consulta ou envolvimento da população quando se deseja implantar novos projetos de energia em diferentes regiões do país. A elaboração desta metodologia participativa deverá permitir a inclusão da dimensão social no planeamento de uma matriz elétrica sustentável podendo ser aplicada pela comunidade científica, decisores centrais e locais de modo a beneficiar as populações locais e resultando num incremento do bem-estar social.

Destacam-se como principais contributos científicos deste trabalho:

- A análise crítica do setor da eletricidade no Brasil e no RN, permitindo confirmar a importância das FER para o setor elétrico, mas também reconhecendo os impactos que poderão vir advir do desenvolvimento destes projetos em diferentes regiões do país.
- A identificação e avaliação dos impactos de diferentes tecnologias de produção de eletricidade e avaliação da importância relativa destas tecnologias numa perspetiva de desenvolvimento sustentável do RN.
- A avaliação de aceitação social das tecnologias eólica e solar fotovoltaica para a produção de eletricidade no RN com análise da importância de variáveis socioeconómicas nesta aceitação assim como da perceção dos impactos ambientais, do contributo para o desenvolvimento local e ao nível de custos.
- A avaliação quantitativa do fenómeno NIMBY que de acordo com o conhecimento do autor representa o primeiro estudo desta natureza no Brasil.
- A apresentação de uma metodologia participativa que poderá ser usada no planeamento elétrico sustentável permitindo avaliar impactos, avaliar diferentes tecnologias de produção de eletricidade, aferir a aceitação social destas tecnologias e inferir sobre o fenómeno NIMBY.

6.2 Recomendações para trabalho futuro

Apesar de a implementação ter sido feita numa região em particular espera-se seja passível de ser adaptada a outros sistemas contribuindo para a tomada de decisão dos gestores públicos e privados. A abordagem proposta deverá ser alargada no número de peritos, no caso das entrevistas e à população do Estado de RN no caso dos questionários e se possível expandir para outros Estados Brasileiros com alto potencial de FER. Será ainda importante explorar os valores que condicionam a perceção das populações, uma vez que esta informação pode fornecer uma visão mais significativa para a elaboração de políticas do que aferir a perceção sobre uma determinada tecnologia num determinado momento.

Algumas questões devem continuar a ser exploradas em um estudo de grande escala e devem ser considerados pelos tomadores de decisão de energia central e estadual, como por exemplo:

- A análise das tecnologias poderá ser feita por um público mais diversificado, não restringindo aos que trabalham e lidam com meio ambiente e tecnologias de geração de energia elétrica. Neste caso, o envolvimento das entidades responsáveis pelo planejamento, outras universidades ou empresas do setor seria altamente vantajosa pela capacidade de incluir mais entrevistados com diferentes características, formação e interesses diversificados.
- A consulta relativa à aceitação social envolvendo vários segmentos da sociedade obtendo uma visão mais completa e precisa dos verdadeiros anseios de toda população no que diz respeito a geração de energia elétrica a partir de FER. Para tal, propõe-se novamente a abordagem por questionários e análise estatística dos resultados desta vez procurando a validação pela população do Estado de RN.
- A extensão da aplicação da metodologia proposta, incluindo entrevistas e questionários, a diferentes Estados visando a análise do país e estabelecendo características diferenciadoras entre atitudes, valores e motivações de acordo com as características socioeconômicas de cada região.
- A inclusão outras tecnologias de geração de energia elétrica FER e não FER já bem estabelecidas ou em diferentes estágios de desenvolvimento procurando perceber algum “conservadorismo” da população pelas tecnologias já estabelecidas e propondo medidas fundamentadas para garantir aceitação das novas tecnologias.

BIBLIOGRAFIA

- Aguiar, W. M. d. (2004). O Uso de Fontes Alternativas de Energia como Fator de Desenvolvimento Social para Segmentos Marginalizados da Sociedade. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Planejamento Energético.
- Amarante, O. A. C., Silva, F. J. L., Filho, L. G. R., & Vidal, M. J. B. (2003). Potencial Eólico do Estado do Rio Grande do Norte. Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento: COSERN - ANEEL.
- ANA. (2013). Diagnóstico da Bacia Rio Piranhas-Açu - Contrato 042/ANA/2012 (RP - 03). IBI ENGENHARIA CONSULTIVA S/A - Agência Nacional de Aguas, ANA 2013
- Andrade, C. S., Rosa, L. P., & da Silva, N. F. (2011). Generation of electric energy in isolated rural communities in the Amazon Region a proposal for the autonomy and sustainability of the local populations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 493-503.
- ANEEL. (2005). *Atlas de Energia Elétrica do Brasil* (2ª ed.). Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica 2005.
- ANEEL. (2008). *Atlas de energia elétrica do Brasil* (3ª ed.). Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.
- ANEEL. (2009). Setor Elétrico no Caminho da Inovação. Editorial. *Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL P&D*, 3, 5-6.
- ANEEL. (2010). *Nota Técnica nº 0043/2010-SRD/ANEEL*, 8 de setembro de 2010.
- ANEEL. (2011). *Por dentro da conta de energia: informação de utilidade pública*. (4ª Ed), Brasília, Março de 2013.
- Assefa, G., & Frostell, B. (2007). Social sustainability and social acceptance in technology assessment: A case study of energy technologies. *Technology in Society*, 29(1), 63-78.
- Ayoub, N., & Yuji, N. (2012). Governmental intervention approaches to promote renewable energies - Special emphasis on Japanese feed-in tariff. *Energy Policy*, 43, 191-201.

- Bardelin, C. E. A. (2004). O efeito do Racionamento de Energia Elétrica Ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 com Ênfase no Consumo de Energia Elétrica. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo.
- Bidwell, D. (2013). The role of values in public beliefs and attitudes towards commercial wind energy. *Energy Policy*, 58, 189-199.
- BP. (2015). *BP Statistical Review of World Energy*. 64th Edition. London. June 2015.
- BP. (2016). *BP Statistical Review of World Energy*. 65th Edition. London. June 2016.
- Brouwer, A. S., van den Broek, M., Seebregts, A., & Faaij, A. (2014). Impacts of large-scale Intermittent Renewable Energy Sources on electricity systems, and how these can be modeled. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 443-466.
- Brown, A., Müller, S., & Dobrotková, Z. (2011). *Renewable energy-Markets and prospects by technology*. IEA - International Energy Agency.
- Brown, K. B. (2011). Wind power in northeastern Brazil: Local burdens, regional benefits and growing opposition. *Climate and Development*, 3(4), 344-360.
- Butler, C., Demski, C., Parkhill, K., Pidgeon, N., & Spence, A. (2015). Public values for energy futures: Framing, indeterminacy and policy making. *Energy Policy*, 87, 665-672.
- Byrnes, L., Brown, C., Foster, J., & Wagner, L. D. (2013). Australian renewable energy policy: Barriers and challenges. *Renewable Energy*, 60, 711-721.
- Caliskan, H., Dincer, I., & Hepbasli, A. (2013). Exergoeconomic and environmental impact analyses of a renewable energy based hydrogen production system. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(14), 6104-6111.
- CCEE. (2012). Relatório do PROINFA (Vol. 79). Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE, Setembro de 2012.
- CCEE. (2015). 8º Leilão de Energia de Reserva (https://ccee.org.br/ccee/documentos/CCEE_359496, consultado em junho de 2016).

- Chen, X., & Önal, H. (2016). Renewable energy policies and competition for biomass: Implications for land use, food prices, and processing industry. *Energy Policy*, *92*, 270-278.
- Cochran, J., Mai, T., & Bazilian, M. (2014). Meta-analysis of high penetration renewable energy scenarios. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *29*, 246-253.
- Comissão Europeia. (2014). *Um quadro político para o clima e a energia no período de 2020 a 2030*. COM (2014) 15 final. Bruxelas, 22.1.2014.
- Conrad, K., & Henner, B. (2011). The social complexity of renewable energy production in the countryside. *Electron Green Journal*, *1* (31), 1-18.
- Conte, C. H. (2013). Do Milagre Econômico à Construção de Itaipu: Configurando a Cidade de Foz Do Iguaçu/PR. *Economia e Desenvolvimento*, *12* (2), 166 - 192.
- COSERN. (2003). In Amarante O. A. C., Silva. F. J. L., Filho, L. G. R. & Vidal, M. J. B. (Eds.), *Potencial Eólico do Estado do Rio Grande do Norte*: Iberdrola Camargo Schubert.
- Cruz, D. T. (2015). Micro e minigeração eólica e solar no Brasil: propostas para desenvolvimento do setor. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- de Jong, P., Kiperstok, A., & Torres, E. A. (2015). Economic and environmental analysis of electricity generation technologies in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *52*, 725-739.
- de Jong, P., Sánchez, A. S., Esquerre, K., Kalid, R. A., & Torres, E. A. (2013). Solar and wind energy production in relation to the electricity load curve and hydroelectricity in the northeast region of Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *23*, 526-535.
- del Río, P., & Burguillo, M. (2009). An empirical analysis of the impact of renewable energy deployment on local sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *13*(6-7), 1314-1325.
- del Río, P., & Unruh, G. (2007). Overcoming the lock-out of renewable energy technologies in Spain: The cases of wind and solar electricity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *11*(7), 1498-1513.
- Devine-Wright, P. (2013). Explaining 'NIMBY' objections to a power line: the role of personal, place attachment and project-related factors. *Environment and Behavior*, *45*, 761-781.

- Echegaray, F. (2014). Understanding *stakeholders'* views and support for solar energy in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, *63*, 125 - 133.
- EIA. (2015). *Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in Annual Energy Outlook 2015*. Washington. July 7, 2016.
- EIA. (2016). *International Energy Outlook 2016 (IEO2016)*. Washington. May 2016.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of management review*, *14* (4), 532-550.
- El-Fadel, M., Chedid, R., Zeinati, M., & Hmaidan, W. (2003). Mitigating energy-related GHG emissions through renewable energy. *Renewable Energy*, *28*(8), 1257-1276.
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Editor: Capstone, Oxford.
- Els, R. H. v., Vianna, J. N. d. S., & Jr., A. C. P. B. (2012). The Brazilian experience of rural electrification in the Amazon with decentralized generation – The need to change the paradigm from electrification to development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *16*(3), 1450-1461.
- Enevoldsen, P., & Sovacool, B. K. (2016). Examining the social acceptance of wind energy: Practical guidelines for *onshore* wind project development in France. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *53*, 178-184.
- EPE. (2010). *Balanço Energético Nacional 2010. Ano base 2009*. Rio de Janeiro.
- EPE. (2012). *Nota técnica- Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira*. Rio de Janeiro. Empresa de Pesquisa Energética.
- EPE. (2015). *Balanço Energético Nacional 2015: Ano base 2014*. Rio de Janeiro.
- Esengun, K., Sayili, M., & Akca, H. (2006). Perceptions of Environmental Issues in a Turkish Province. *Polish Journal of Environmental Studies*, *15*(4), 635-642.

- Fankhaeser, S., Sehlleier, F., & Stern, N. (2008). Climate change, innovation and jobs. *Climate Policy*, 8(4), 421-429.
- Fantine, J., & Alvin, C. F. (2008). O Petróleo e o Gás: O papel do estado. *Economia & Energia*, 68, Junho-Julho 2008.
- Fast, S. (2013). Social Acceptance of Renewable Energy: Trends, Concepts, and Geographies. *Geography Compass*, 7, 853–866.
- de Brito, E. & Favaretto, J. A. (1999). *Biologia - Uma abordagem evolutiva e ecológica*. Editora Moderna.
- Fearnside, P. M. (2014). Impacts of Brazil's Madeira River Dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Science & Policy*, 38, 164-172.
- Ferreira, P., Araújo, M., & O'Kelly, M. E. J. (2010). The Integration of Social Concerns into Electricity Power Planning: A Combined Delphi and AHP Approach. in *Handbook of Power Systems*, Rebennack, S., Pardalos, P.M., Pereira, M.V.F., Iliadis, N.A. (Eds.). 1st Edition, 323-364, Editora: Springer.
- Filho, Â. B. (2011). *CONAB - A Geração Termoelétrica com a Queima do Bagaço de Cana-de-Açúcar no Brasil Análise do Desempenho da Safra 2009-2010*. Março de 2011.
- Filho, A. V. (2013). Energia Elétrica no Brasil: Contexto Atual e Perspectivas. *Interesse Nacional - Ano 6 - Nº 21*.
- Filho, W. P. B., & Azevedo, A. C. S. (2013). *Impactos ambientais em usinas eólicas*. Artigo apresentado no IX Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural, *Campus* da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). 15-17 Maio de 2013.
- Flyvbjerg, B. (2006). Five misunderstandings about case-study research. *Qualitative inquiry*, 12 (2), 219-245.
- FMI. (2015). *World Economic Outlook Database*. Abril de 2015.
- Fontana, A., & Frey, J. H. (2005). The interview: From neutral stance to political involvement. in *Collecting and interpreting qualitative materials*, Denzin, N. K. & Lincoln, Y. S. (Eds.). 3rd Edition, 695-728. Editora: Sage.

- Freitas, B. M. R. d., & Hollanda, L. (2015). *Micro e minigeração no Brasil: viabilidade econômica e entraves do setor*. FGV Energia, White Paper nº1.
- Garcia, D. A., Canavero, G., Ardenghi, F., & Zambon, M. (2015). Analysis of wind farm effects on the surrounding environment: Assessing population trends of breeding passerines. *Renewable Energy*, *80*, 190-196.
- Gorayeb, A., & Brannstrom, C. (2016). Toward Participatory Management Of Renewable Energy Resources (Wind-Farm) In Northeastern Brazil. *Mercator*, *15 n.1*, 101-115.
- Gouveia, J. P., Dias, L., Martins, I., & Seixas, J. (2014). Effects of renewables penetration on the security of Portuguese electricity supply. *Applied Energy*, *123*, 438-447.
- Guedes, C. F. B. (2010). Políticas públicas de estímulo à P&D: uma avaliação dos resultados do programa regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica–ANEEL. Universidade de Brasília.
- GWEC. (2016). *Global Wind Report - Annual Market Update 2015*
- Hall, D. G. (2011). *Hydropower Resource Assessment of Brazilian Streams*. Artigo apresentado no congresso HydroVision Brazil, Rio de Janeiro, Brazil - Setembro de 2011.
- Hallstedt, S. I., Thompson, A. W., & Lindahl, P. (2013). Key elements for implementing a strategic sustainability perspective in the product innovation process. *Journal of Cleaner Production*, *51*, 277-288.
- Hobbs, B. F., & Meier, P. (2001). *Energy Decisions and the Environment: A Guide to the Use of Multi-Criteria Methods*. International Series in Operations Research & Management Science. Editor: Springer.
- IPCC. (2012). *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Report of Working Group III of the IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change and WMO - World Meteorological Organization.
- IRENA. (2012). *Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series*. Vol. 1 - Power Sector Solar Photovoltaics. June 2012.

- IRENA. (2015). *Renewable Energy Capacity Statistics 2015*.
- Jannuzzi, G. d. M., Sant'Ana, P. H. d. M., Gomes, R. D. M., Raposo, E. P., & Shibuya, R. (2012). *Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil*- Resumo para tomadores de Decisão.WWF-Brasil.
- Kaldellis, J. K., Kapsali, M., Kaldelli, E., & Katsanou, E. (2013). Comparing recent views of public attitude on wind energy, photovoltaic and small hydro applications. *Renewable Energy*, *52*(0), 197-208.
- Karytsas, S., & Theodoropoulou, H. (2014). Socioeconomic and demographic factors that influence publics' awareness on the different forms of renewable energy sources. *Renewable Energy*, *71*, 480-485.
- Katsaprakakis, D. A. (2012). A review of the environmental and human impacts from wind parks. A case study for the Prefecture of Lasithi, Crete. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *16*(5), 2850-2863.
- Khatiwada, D., Seabra, J., Silveira, S., & Walter, A. (2012). Power generation from sugarcane biomass – A complementary option to hydroelectricity in Nepal and Brazil. *Energy*, *48*(1), 241-254.
- King, E. A., Pilla, F., & Mahon, J. (2012). Assessing noise from wind farm developments in Ireland: A consideration of critical wind speeds and turbine choice. *Energy Policy*, *41*, 548-560.
- Langaro, A. C., & Balbinot, R. (2008). *Viabilidade técnica, econômica e Ambiental da Utilização da Energia Eólica no Brasil e no Paraná*. Artigo apresentado na VI Semana de Estudos Ambientais. Irati / PR - Brasil.
- Lehr, U., Lutz, C., & Edler, D. (2012). Green jobs? Economic impacts of renewable energy in Germany. *Energy Policy*, *47*, 358-364.
- Leite, M. A. (2005). *Impacto Ambiental das Usinas Hidrelétricas*. Artigo apresentado na II Semana do Meio Ambiente, Ilha Solteira - São Paulo- Brasil.
- Linares, P. (2002). Multiple criteria decision making and risk analysis as risk management tools for power systems planning. *IEEE Transactions on Power Systems*, *17*(3), 895-900.

- Lindhe, A., Rosén, L., Norberg, T., Røstum, J., & Pettersson, T. J. (2013). Uncertainty modelling in multi-criteria analysis of water safety measures. *Environment Systems and Decisions*, 33(2), 195-208.
- Mahtta, R., Joshi, P. K., & Jindal, A. K. (2014). Solar power potential mapping in India using remote sensing inputs and environmental parameters. *Renewable Energy*, 71, 255-262.
- Malagueta, D., Szklo, A., Borba, B. S. M. C., Soria, R., Aragão, R., Schaeffer, R., & Dutra, R. (2013). Assessing incentive policies for integrating centralized solar power generation in the Brazilian electric power system. *Energy Policy*, 59, 198-212.
- Malagueta, D., Szklo, A., Soria, R., Dutra, R., Schaeffer, R., & Moreira Cesar Borba, B. S. (2014). Potential and impacts of Concentrated Solar Power (CSP) integration in the Brazilian electric power system. *Renewable Energy*, 68, 223-235.
- Martins, F. R., & Pereira, E. B. (2011). Enhancing information for solar and wind energy technology deployment in Brazil. *Energy Policy*, 39(7), 4378–4390.
- Maxim, A. (2014). Sustainability assessment of electricity generation technologies using weighted multi-criteria decision analysis. *Energy Policy*, 65, 284-297.
- Meireles, A. J. d. A. (2011). Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais. *Confins- Revista Franco-Brasileira de Geografia*, 11. doi: <http://dx.doi.org/10.4000/confins.6970>
- Melo, E. (2011). A Perspectiva de Futuro da Energia Eólica. Presidencia Executiva da ABEEólica (Associação Brasileira de Energia Eólica) <http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/artigos/118-a-perspectiva-de-futuro-da-energia-e%C3%B3lica.html> (consultado em junho 2016).
- Mendes, J. d. S., Gorayeb, A., & Brannstrom, C. (2016). Diagnóstico participativo e cartografia social aplicados aos estudos de impactos das usinas eólicas no litoral do Ceará: o caso da Praia de Xavier, Camocim. *GEOSABERES-Revista de Estudos Geoeducacionais*, 6(3), 243-254.
- Miranda, R. F. C., Szklo, A., & Schaeffer, R. (2015). Technical-economic potential of PV systems on Brazilian rooftops. *Renewable Energy*, 75, 694-713.

- MMA. (2009). *Caderno de Licenciamento Ambiental*. Brasília: Programa Nacional de Capacitação de Gestores Ambientais: licenciamento ambiental.
- MME. (2001). *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro*. Brasília
- MME. (2004). *Biodiesel o novo combustível do Brasil*. Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel.
- MME. (2007). *Plano Nacional de Energia 2030*. Rio de Janeiro - EPE.
- MME. (2011). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2020*. Brasília- Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético Empresa de Pesquisa Energética
- MME. (2013). *Plano Nacional de Energia 2050*. Rio de Janeiro - EPE.
- MME. (2014a). *Balanço Energético Nacional 2014 ano base 2013*.
- MME. (2014b). *Energia Eólica no Brasil e Mundo*. Núcleo de Estudos Estratégicos de Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético.
- MME. (2015a) *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015 ano base 2014*. Rio de Janeiro - EPE.
- MME. (2015b) *Plano Decenal de Expansão de Energia 2024*. Brasília- Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético Empresa de Pesquisa Energética
- MME. (2016a). Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro.
- MME. (2016b). *Capacidade Instalada de Geração Elétrica Brasil e Mundo (2015)*. Núcleo de Estudos Estratégicos de Energia - N3E / SPE/MME.
- MME. (2016c). *Demanda de Energia 2050*. Rio de Janeiro - EPE.
- Moriarty, P., & Honnery, D. (2016). Can renewable energy power the future? *Energy Policy*, 93, 3-7.
- Munday, M., Bristow, G., & Cowell, R. (2011). Wind farms in rural areas: How far do community benefits from wind farms represent a local economic development opportunity? *Journal of Rural Studies*, 27(1), 1-12.

- Musall, F. D., & Kuik, O. (2011). Local acceptance of renewable energy - A case study from southeast Germany. *Energy Policy*, 39(6), 3252-3260.
- Nerini, F., Howells, M., Bazilian, M., & Gomez, M. F. (2014). Rural electrification options in the Brazilian Amazon: A multi-criteria analysis. *Energy for Sustainable Development*, 20, 36-48.
- Oliveira, C. B. M., & Araújo, R. S. B. d. (2015). *Guia do Setor Eólico do Rio Grande do Norte*. In D. E. S. d. Santos, É. C. C. d. Lima & N. F. d. Silva (Eds.), Natal / RN - Brasil: Grupos de Pesquisa TGIS/IFRN e OSSEI/UFRN.
- Onat, N., & Bayar, H. (2010). The sustainability indicators of power production systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3108-3115.
- OECD. (2013). *CO₂ emissions from fuel combustion 2013*. Paris: OECD Publishing.
- Osorio, S., & van Ackere, A. (2016). From nuclear phase-out to renewable energies in the Swiss electricity market. *Energy Policy*, 93, 8-22.
- Park, J. J., & Selman, P. (2011). Attitudes Toward Rural Landscape Change in England. *Environment and Behavior*, 43(2), 182-206.
- Parker, G. (1999). The role of the consumer-citizen in environmental protest in the 1990s. *Space and Polity*, 3 (1), 67-83.
- Pasqualetti, M. J. (2011). Opposing Wind Energy Landscapes: A Search for Common Cause. *Annals of the Association of American Geographers*, 101(4), 907-917.
- Pedersen, E., & Larsman, P. (2008). The impact of visual factors on noise annoyance among people living in the vicinity of wind turbines. *Journal of Environmental Psychology*, 28(4), 379-389.
- Pereira, A. O., Costa, R. C. d., Costa, C. d. V., Marreco, J. d. M., & La Rovere, E. L. (2013). Perspectives for the expansion of new renewable energy sources in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 49-59.
- Pereira, E. B., Martins, F. R., Abreu, S. L. d., & Rütther, R. (2006). *Atlas Brasileiro de Energia Solar*. São José dos Campos - SP - Brasil: Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA

Global para o Meio Ambiente (Global Environment Facility) - GEFProjeto SWERA - Solar and Wind Energy Resources Assessment.

Pereira, M. G., Camacho, C. F., Freitas, M. A. V., & Silva, N. F. d. (2012). The renewable energy market in Brazil: Current status and potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16*(6), 3786-3802.

Pessoa, V. M. d. N., Souza, F. d. C. S., & Rebouças, I. G. (2007). O Biodiesel como elemento de desenvolvimento sustentável no semi-árido Potiguar. *Holos, 3*, 113-125.

Pinto, M. d. O. (2013). *Fundamentos de Energia Eólica*. Editora: Livros Técnicos e Científicos. Brasil.

Pompermayer, F. M., De Negri, F., & Cavalcante, L. R. (2011). *Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

Portugal-Pereira, J., Soria, R., Rathmann, R., Schaeffer, R., & Szklo, A. (2015). Agricultural and agro-industrial residues-to-energy: Techno-economic and environmental assessment in Brazil. *Biomass and Bioenergy, 81*, 521-533.

Quivy, R., & Campenhoutdt, L. V. (1998). *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. Editora: Gradiva. Lisboa.

Raadal, H. L., Vold, B. I., Myhr, A., & Nygaard, T. A. (2014). GHG emissions and energy performance of offshore wind power. *Renewable Energy, 66*, 314-324.

REN21. (2015). *Renewables 2015- Global status report*. Paris.

Ribeiro, F., Ferreira, P., & Araújo, M. (2011). The inclusion of social aspects in power planning. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*(9), 4361-4369.

Ribeiro, F., Ferreira, P., & Araújo, M. (2013). Evaluating future scenarios for the power generation sector using a Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) tool: The Portuguese case. *Energy, 52*(0), 126-136.

Ribeiro, F., Ferreira, P., Araújo, M., & Braga, A. C. (2014). Public opinion on renewable energy technologies in Portugal. *Energy, 69*, 39-50.

- Rosa, L. P., Tolmasquim, M. T., & Pires, J. C. L. (1998). *A reforma do setor elétrico no Brasil e no mundo – uma visão crítica*. Editora: R. Dumará. Rio de Janeiro.
- Sampaio, M. V. D. (2013). Educação Profissional: a expansão recente do IFRN e absorção local dos egressos no mercado de trabalho. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN.
- Santos, M. J., Ferreira, P., Araújo, M., Portugal-Pereira, J., Lucena, A. F. P., & Schaeffer, R. (2016). Scenarios for the future Brazilian power system based on a multi-criteria assessment. *Journal of Cleaner Production - submitted*.
- Sardianou, E., & Genoudi, P. (2013). Which factors affect the willingness of consumers to adopt renewable energies? *Renewable Energy*, 57, 1-4.
- Sastresa, E. L., Usón, A. A., Bribián, I. Z., & Scarpellini, S. (2010). Local impact of renewables on employment: Assessment methodology and case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(2), 679-690.
- Schmidt, J., Cancelli, R., & Pereira Jr, A. O. (2016). An optimal mix of solar PV, wind and hydro power for a low-carbon electricity supply in Brazil. *Renewable Energy*, 85, 137-147.
- SEDEC. (2006a). *Balço Energético do Estado do Rio Grande do Norte 2006 - ano base 2005*. Secretaria Extraordinária de Energia e Secretaria de Desenvolvimento Econômico – SEDEC.
- SEDEC. (2006b). *Relatório da Projeção da Matriz Energética do Rio Grande do Norte - 2030*. Secretaria Extraordinária de Energia e Secretaria de Desenvolvimento Econômico - SEDEC.
- Sena, L. A., Ferreira, P. V., Braga, A. C. (2016) "Social acceptance of wind and solar power in the Brazilian electricity system" *Environment, Development and Sustainability*, vol. 18 (5), 1457-1476.
- Severino, L. S., Palma, H., Anhalt, J., Albuquerque, I. C., & Parente Júnior, E. (2005). Produção de biodiesel e geração de energia elétrica a partir de óleo de mamona em Quixeramobim, CE. Documentos
- Shamsuzzoha, A. H. M., Grant, A., & Clarke, J. (2012). Implementation of renewable energy in Scottish rural area: A social study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 185-191.

- Sheikh, N. J., Kocaoglu, D. F., & Lutzenhiser, L. (2016). Social and political impacts of renewable energy: Literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, 108, 102-110.
- Silva, F. R., de Oliveira, H. S. M., & Marinho, G. S. (2008). *Análise das componentes global e difusa da radiação solar em Natal-RN entre 2007 e 2008*. Artigo apresentado no II Congresso Brasileiro de Energia Solar e III Conferência Regional Latino-Americana da ISES, Florianópolis - Santa Catarina - Brasil.
- Silva, N. F. d., Rosa, L. P., Freitas, M. A. V., & Pereira, M. G. (2013). Wind energy in Brazil: From the power sector's expansion crisis model to the favorable environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22(0), 686-697.
- Simas, M., & Pacca, S. (2013). Socio-economic Benefits of Wind Power in Brazil. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 1(1), 27-40.
- Simas, M. S. (2012). Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo - Brasil.
- Stilpen, V. S., & Cheng, V. (2015). *Solar photovoltaics in Brazil: A promising renewable energy market*. Artigo apresentado na 3rd International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC). Marrakech – Morocco. December 2015.
- Tajziehchi, S., Monavari, S. M., Karbassi, A. R., Shariat, S. M., & Khorasani, N. (2013). Quantification of Social Impacts of Large Hydropower Dams- a case study of Alborz Dam in Mazandaran Province, Northern Iran. *International Journal of Environmental Research*, 7(2), 377-382.
- Tolmasquim, M. T. (2013). *Fontes renováveis de energia no Brasil*. Editora: Interciência. Rio de Janeiro - Brasil.
- Udaeta, M. E. M. (1997). *Planejamento Integrado de Recursos Energéticos - PIR - para o setor elétrico (pensando o desenvolvimento sustentável)*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

- United Nations. (1987). General Assembly (A/42/427) - *Our Common Future*: Report of the World Commission on Environment and Development (1987) - 4 August 1987.
- Upham, P., Oltra, C., & Boso, À. (2015). Towards a cross-paradigmatic framework of the social acceptance of energy systems. *Energy Research & Social Science*, 8, 100-112.
- Waldo, Å. (2012). Offshore wind power in Sweden - A qualitative analysis of attitudes with particular focus on opponents. *Energy Policy*, 41, 692-702.
- WEC. (2007). *Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050*. London.
- WEC. (2013). *World Energy Resources - Survey 2013*. London.
- Wei, M., Patadia, S., & Kammen, D. M. (2010). Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US? *Energy Policy*, 38(2), 919-931
- Wilkinson, P., Smith, K. R., Joffe, M., & Haines, A. (2007). A global perspective on energy: health effects and injustices. *The Lancet*, 370(9591), 965-978.
- Wolney, D., & Kelman, R. (2014). O grande papel do potencial hidrelétrico brasileiro. *Fundações & Obras Geotécnicas*, 6-11.
- Yuan, X., Zuo, J., & Huisingh, D. (2015). Social acceptance of wind power: a case study of Shandong Province, China. *Journal of Cleaner Production*, 92, 168-178.

ANEXO I – ENTREVISTA

A entrevista foi dividida em três partes:

Parte I

Foi solicitada a opinião dos entrevistados sobre seis questões:

1ª - Qual o papel do Estado visando o desenvolvimento e a difusão de tecnologia de produção de eletricidade por fontes de energia renováveis?

2ª - Qual, ou quais os efeitos das fontes de energia renováveis sobre o meio ambiente?

3ª - Como considera o preço a ser pago por fontes de energia renovável?

4ª - Como avalia estarem os sistemas de energia alternativa no Brasil, considerando os seus estágios de desenvolvimento?

5ª - Como considera que deva ser o envolvimento das populações residente nas regiões onde serão instalados empreendimentos de energia renovável?

6ª - Que benefícios às populações residentes, nas regiões onde estão instalados empreendimentos de energia renováveis, devem ter?

Parte II

Foi solicitado aos entrevistados estipular pesos de 0 a 100 aos dez critérios relevantes na implantação de projetos de geração de energia elétrica, onde o peso 0 seria critério sem importância e peso 100 seria critério muito importante.

Critério	Descrição do critério
Custos	Custos totais (operação, manutenção, construção, combustível,...)
Independência energética	Com a tecnologia o estado se tornará autossuficiente em energia
Emprego	Criação de postos de trabalho
Impacto visual	Impacto visual na paisagem, causado pelas novas unidades de geração
Ruído	Ruído causado pelo funcionamento das unidades de geração
Benefício locais/regionais	Benefícios trazidos à região/ local, por implementação das novas centrais
Emissões de GEE	Emissões de GEE (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O) durante todo o ciclo de vida do projeto
Uso do solo	Área usada para a implantação das diferentes unidades
Saúde pública	Poluentes nocivos para a saúde pública (doenças cancerígenas, respiratórias, de pele, acúmulo tóxico em ecossistemas, etc.)
Aceitação social	Aceitação do público em relação à construção de determinada unidade

Parte III

Os entrevistados deveriam estabelecer o impacto que as cinco tecnologias teriam sobre os dez critérios escolhidos. Para isso foi solicitado atribuir pesos de 0 a 10, considerando que peso 0 caracterizava impacto muito negativo e peso 10 caracterizava impacto muito positivo.

Critério / Tecnologias	Gás natural	Cogeração - Bagaço da cana	Biocombustíveis - óleo de mamona	Solar	Eólica
Custos					
Independência energética					
Emprego					
Impacto visual					
Ruído					
Benefícios locais/regionais					
Emissões de GEE					
Uso do solo					
Saúde pública					
Aceitação social					

ANEXO II – QUESTIONÁRIO

O questionário foi dividido em duas partes semelhantes, uma abordando a energia eólica e outra abordando energia solar. Cada parte foi dividida em seis seções:

SECÇÃO I (sócio demográficos)

Grau de instrução / Sexo / Idade / A renda familiar (Salário mínimo - SM) / Condição (estudante ou professor) / *Campus* de origem no IFRN

SECÇÃO II (pergunta filtro)

Você já ouviu falar da eletricidade produzida a partir do vento e/ou pelo sol?

Observação: Os entrevistados que não passaram pela questão do filtro não avançaram para preencher o restante do questionário.

SECÇÃO III (NIMBYism)

1: Usinas Eólica e/ou Solar deve ser construída no Brasil.

2: Usinas Eólica e/ou Solar deve ser construída no Estado do RN.

3: Usinas Eólica e/ou Solar deve ser construída em meu município.

(1)- Concordo totalmente; (2)- Concordo; (3)- Nem concordo nem discordo; (4)- Discordo; (5)- Discordo totalmente.

SECÇÃO IV (percepção de custos)

Qual o impacto que a energia eólica / solar terá sobre a sua fatura de eletricidade?

(1)- Reduz muito a conta; (2)- Reduz a conta; (3)- Não altera conta; (4)- Aumenta a conta, (5)- Aumenta muito a conta.

SECÇÃO V (percepção do impacto ambiental)

Qual o impacto que a energia eólica / solar terá sobre o meio ambiente?

(1)- Protege muito o ambiente; (2)- Protege o ambiente; (3)- Não tem impacto no ambiente; (4)- Degrada o ambiente; (5)- Degrada muito o ambiente.

SECÇÃO VI (percepção de impacto social nas populações locais)

Qual o impacto que a energia eólica / solar terá sobre as populações no qual eles são construídos?

(1)- Desenvolve muito a população local; (2)- Desenvolve a população local; (3)- Não tem Impacto; (4)- Prejudica a população local, (5)- Prejudica muito a população local