ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DANIEL TAVARES CRUZ

Micro e minigeração eólica e solar no Brasil:
Propostas para desenvolvimento do setor

São Paulo
2015

DANIEL TAVARES CRUZ

Micro e minigeração eólica e solar no Brasil:
Propostas para desenvolvimento do setor

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Mestre em Ciências

São Paulo
2015

DANIEL TAVARES CRUZ

Micro e minigeração eólica e solar no Brasil:
Propostas para desenvolvimento do setor

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Mestre em Ciências

Área de Concentração:
Engenharia Elétrica - Sistemas de Potência

Orientador: Profa. Doutora
Eliane Aparecida Faria Amaral Fadigas

São Paulo
2015

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 12 de maio de 2015.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

Catálogo-na-publicação

Cruz, Daniel Tavares

Micro e minigeração eólica e solar no Brasil: Propostas para desenvolvimento do setor / D. T. Cruz -- versão corr. -- São Paulo, 2015. 155 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas.

1.Política energética 2.Energia eólica 3.Energia solar 4.Microgeração 5.Minigeração I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas II.t.

AGRADECIMENTOS

À professora Eliane Aparecida Faria Amaral Fadigas, pela orientação, constante estímulo fornecido durante o trabalho e pela transmissão desta paixão que é trabalhar com energias renováveis, contribuindo nas minhas decisões de desenvolvimento profissional e acadêmico neste meio desde os primeiros anos da graduação. Muito obrigado pela confiança e parceria ao longo de todos estes anos, você tem sido muito importante na minha formação.

Ao meu pai Roosevelt Sanches Cruz, por toda a instrução, motivação, suporte e carinho que tenho recebido em minha caminhada, por ter me ensinado desde cedo sobre a importância dos estudos e do desenvolver da sabedoria, e não apenas com palavras como principalmente a partir do exemplo, muito obrigado.

À minha mãe Rita de Cássia Tavares Gomes Cruz e à minha irmã Cintia Tavares Cruz por todo o carinho, suporte e palavras estimuladoras transmitidas em todo momento e em especial nos momentos difíceis desta jornada, foram muito importantes.

À Renata Domiciano de Paula por todo o amor, compreensão, companheirismo e suporte desde o início deste desafio. Seu carinho, palavras de estímulo e exemplo de esforço pessoal para realização de um sonho foram luz nesta minha trajetória.

Aos amigos Roberto e Rosana Blauth, Michelle e Sérgio Fernandes, Yuridia e Alexandre Blauth, Leonardo e Bruna Bessa, Felipe e Maria Bruckheimer, Cassiano e Gláucia Jardim, Rebeca Domiciano, Felipe Di Bonaventura, Nill Cavalcante e Matheus Tfouni, muito obrigado por toda a amizade, suporte e orações, foram fundamentais.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente na execução deste trabalho e no desenvolver da minha vida acadêmica, meu sincero muito obrigado.

Àquele que me dá forças diariamente, iluminando a vida com sabedoria e propósitos, tornando nossos planos bem-sucedidos e possibilitando descanso através da confiança construída, obrigado Deus por tornar este trabalho possível.

“Um dia, as pessoas não irão mais considerar
comprar uma casa sem energia solar assim
como não consideram uma casa sem
encanamento. ”

(Bob Clearman, Dow Chemical)

RESUMO

O setor de micro e minigeração de energia elétrica encontra-se num estágio inicial de desenvolvimento no Brasil que pode ser considerado aquém de suas potencialidades em contraste com os recursos energéticos renováveis do país, passados três anos do estabelecimento dos primeiros incentivos de órgãos públicos e privados e da promulgação de regulações específicas voltadas para o setor, indicando uma possível conjuntura atual insuficiente para um crescimento mais consistente e dinâmico. Com tal problemática em vista, a presente dissertação tem como objetivo contribuir no desenvolvimento do setor nacional de micro e minigeração eólica e solar, tecnologias com maior potencial de instalação, apresentando propostas de ações que podem solucionar questões econômicas, técnicas e regulatórias que possivelmente estão dificultando o alcance de um maior equilíbrio de interesses entre os principais agentes envolvidos nesta atividade econômica, ou seja, potenciais usuários, concessionárias de energia, fabricantes e órgãos do governo, aumentando a atratividade e dinamizando os negócios no setor, com benefícios diretamente estendidos ao desenvolvimento do país como um todo. A construção das propostas teve como base o estudo da atual conjuntura e a identificação de possíveis barreiras existentes ao desenvolvimento da micro e minigeração de energia elétrica no Brasil através de análise crítica e mensurável da atual maturidade do setor, isto é, do atual estágio de desenvolvimento e da margem de evolução possível nos aspectos mais relevantes para esta atividade, ou seja, regulações, incentivos, capacidade tecnológica e capacitação profissional. Além disso, observou-se que grande parte dos brasileiros desconhece o tema, porém, depois que cientes do assunto, o percebem como relevante e demonstram disposição significativa para adotar tais sistemas de geração renovável em suas unidades consumidoras. Por fim, avaliou-se que caso ao menos parte das ações descritas nas propostas forem efetivamente implantadas, a perspectiva é que haja uma evolução no ambiente técnico e econômico do setor no país, tornando-o favorável ao desenvolvimento da atividade de micro e minigeração de energia. Espera-se que as propostas apresentadas nesta dissertação possam ser utilizadas como base para trabalhos futuros de instituições governamentais e privadas, fabricantes, centros de

pesquisas, universidades e demais interessados no assunto para serem validadas, aperfeiçoadas e detalhadas para um possível estabelecimento no país. Assim, o trabalho apresenta que se houver desenvolvimento de ambiente favorável, o Brasil desponta como país com alto potencial no mercado de micro e minigeração de energia elétrica e que há possibilidades de ações governamentais e privadas, passíveis de discussões e estudos, para fomentar este ambiente.

Palavras-chave: Política Energética. Energia Eólica. Energia Solar. Microgeração. Minigeração.

ABSTRACT

The micro and mini electricity power generation sector is at an early stage of development in Brazil that can be considered below of its potential in contrast to the country renewable energy resources, three years after the establishment of the first public and private incentives and the enacting of specific regulations for the sector, indicating a possible insufficient conjuncture for a more consistent and dynamic growth. Considering this problematic, the purpose of this work is to contribute to the development of national micro and minigeneration industry by wind and solar photovoltaic resources, technologies with greatest potential for being installed currently, presenting action proposals that can solve economic, technical and regulatory issues that possibly are hampering the achievement of a better interests balance between the major players involved in this economic activity, i.e., potential users, distribution companies, manufacturers and government agencies, increasing attractiveness and boosting business in this sector, with benefits directly extended to the environment and to the development of the country as a whole. The construction of the proposals was based on the study of the current situation and identifying possible existing barriers to Brazil micro and minigeneration development through a critical and measurable analysis of the current sector maturity, in other words, the current stage of development and the margin of possible evolution on the most relevant aspects of this activity, i.e., regulations, incentives, technological capacity and workers professional training. Furthermore, it was observed that most Brazilians are not familiarized with this subject, but after aware, they perceive it as relevant and demonstrate significant willingness to adopt such renewable generation systems in their consumer units. Finally, it was evaluated that if at least some of the actions described in the proposals are effectively implemented, the perspective is for a technical and economic environment progress, making it favorable for a micro and minigeneration energy activity development. It is expected that the proposals presented in this thesis can be used as a basis for future works of government and private institutions, manufacturers, research centers, universities and others interested in the subject to validate, improve and detail them for a possible establishment in the country. As a result, the thesis presents that if a

favorable environment is developed, Brazil can stand out as a country with high potential in the micro and minigeneration electricity market and that there are possibilities of government and private actions, likely to discussions and studies, to foster this environment.

Keywords: Energy Policy. Wind Energy. Solar Energy. Microgeneration. Minigeneration.

SUMÁRIO

1. Introdução	15
1.1. Contextualização.....	15
1.2. Objetivos	18
1.3. Estrutura da Dissertação	19
2. Fundamentação Teórica	21
2.1.1. Geração Distribuída.....	21
2.1.2. Micro e Minigeração de Energia Elétrica	21
2.1.3. Sistemas Fotovoltaicos.....	22
2.1.4. Sistemas Eólicos	24
2.1.5. Sistemas Conectados à Rede Elétrica	26
2.1.6. Sistemas Autônomos.....	27
2.1.7. Sistemas Híbridos.....	28
2.1.8. Minirredes.....	30
3. Conjuntura da Micro e Minigeração de Energia Elétrica no Brasil	32
3.1. Cenário Energético.....	32
3.1.1. Atual Modelo do Setor Elétrico Brasileiro	33
3.1.2. Aspectos Macroeconômicos	34
3.1.3. Aspectos Técnicos e Econômicos da Expansão do Sistema	36
3.1.4. Tarifas para o Consumidor de Energia Elétrica	37
3.1.5. Mudanças Climáticas.....	40
3.2. Regulação Vigente.....	42
3.2.1. ANEEL nº482/12 e nº 517/12	42
3.2.2. PRODIST - Módulo 3 – Seção 3.7	45
3.2.3. Normas Técnicas das Distribuidoras de Energia	48

3.2.4.	ANEEL nº481/12.....	49
3.2.5.	ANEEL nº493/12.....	50
3.2.6.	ANEEL nº 502/12.....	50
3.2.7.	Normas ABNT.....	51
3.2.8.	CONFAZ - Convênio ICMS 6/2013.....	52
3.3.	Incentivos	54
3.3.1.	Flexibilização Temporária dos Índices de Nacionalização.....	54
3.3.2.	Opções de Financiamento Existentes	55
3.3.3.	Plano Inova Energia – FINEP e BNDES.....	55
3.3.4.	Instalação de Medidores Eletrônicos em Barueri - AES Eletropaulo	56
3.3.5.	Fundo Clima – BNDES / Ministério do Meio Ambiente	57
3.3.6.	Estádios da Copa do Mundo de Futebol.....	57
3.3.7.	Cartilhas para Publicidade da Micro e Minigeração.....	58
3.3.8.	Programa 50 Telhados – Instituto Ideal	59
3.3.9.	Fundo Solar – Instituto Ideal / <i>Grüner Strom Label</i> / GIZ.....	59
3.3.10.	P&D Estratégico da ANEEL	60
3.3.11.	Incentivos Fiscais em Alguns Estados	60
3.3.12.	Selo Solar – Instituto Ideal / CCEE.....	61
3.3.13.	Lei da Informática (11.077/04).....	62
3.4.	Percepção dos Brasileiros diante da Microgeração	62
3.4.1.	Conhecimento sobre a REN 482/12	63
3.4.2.	Percepção dos Brasileiros sobre a microgeração de Energia no País	63
3.4.3.	Percepções Diante dos Fatores Condicionantes e Efeitos da Implantação de um Sistema de Microgeração de Energia	64
3.4.4.	Nível de Disposição Financeira em Instalar um Sistema de Microgeração	65

3.5.	Capacidade Tecnológica	65
3.5.1.	Sistemas Fotovoltaicos	66
3.5.2.	Sistemas Eólicos	69
3.5.3.	Equipamentos Comuns aos Sistemas	70
3.5.4.	Laboratórios para Ensaios e Certificações	71
3.6.	Capacitação Profissional.....	74
3.6.1.	Cursos de Graduação.....	75
3.6.2.	Cursos de Especialização	76
3.6.3.	Cursos de Capacitação Técnica	76
3.7.	Perspectivas.....	77
4.	Maturidade do Setor de Micro e Minigeração no Brasil.....	81
4.1.	Desenvolvimento Observado no Setor.....	81
4.2.	Análise de Maturidade da Micro e Minigeração no Brasil.....	83
4.2.1.	Conceito de Matriz de Maturidade	83
4.2.2.	Matriz de Maturidade para Micro e Minigeração.....	84
4.2.3.	Resultado da Análise da Micro e Minigeração no Brasil.....	86
5.	Barreiras Identificadas.....	89
5.1.	Incertezas e Dificuldades de Distribuidoras de Energia	89
5.1.1.	Incertezas Comerciais para Contratação de Energia	90
5.1.2.	Incertezas Técnicas dos Impactos na Rede	90
5.1.3.	Longo Prazo e Atrasos para Implantação de Novas Conexões	91
5.2.	Altos Custos de Investimentos	92
5.2.1.	Altos Custos de Produção Nacional	93
5.2.2.	Impostos Elevados para a Importação de Equipamentos.....	93
5.2.3.	Altos Custos de Instalação	95

5.3.	Regulação Insuficiente	95
5.3.1.	Tributação no Sistema de Compensação de Energia Elétrica.....	96
5.3.2.	Prazo da REN 481/2012 em 31 de Dezembro de 2017.....	98
5.3.3.	Detalhamento das Normas Técnicas das Distribuidoras	98
5.3.4.	Ausência de Regulação para Ilhamento	99
5.3.5.	Ausência de Regulação para Sistemas Híbridos.....	99
5.3.6.	Ausência de Regulação para Minirredes	100
5.4.	Incentivos Insuficientes	100
5.4.1.	Reduzida Atratividade do Sistema de Compensação de Energia.....	100
5.4.2.	Poucas Opções de Financiamento	101
5.4.3.	Desconhecimento Técnico e Comercial dos Consumidores.....	101
5.5.	Cadeia Produtiva Incompleta	102
5.5.1.	Cadeia Produtiva de Sistemas Fotovoltaicos Incompleta	102
5.5.2.	Cadeia Produtiva de Sistemas Eólicos de Pequeno Porte Incompleta.....	103
5.5.3.	Baterias Não Específicas para o Setor	103
5.5.4.	Tecnologias para Sistemas Híbridos e <i>Smart Grid</i> Insuficientes	104
5.6.	Capacitação Profissional Insuficiente.....	104
5.6.1.	Instaladores Eletricistas de Micro e Minigeração Insuficientes	105
5.6.2.	Engenheiros Projetistas de Micro e Minigeração Insuficientes	105
5.7.	Conjuntura Insuficiente dos Sistemas Eólicos de Pequeno Porte	106
5.7.1.	Mapeamento do Potencial Eólico para Aplicações de Pequeno Porte	106
5.7.2.	Menor Aceitação Social das Turbinas Eólicas	107
5.7.3.	Laboratórios para Ensaios e Certificações Insuficientes	107
6.	Propostas para Desenvolvimento da Micro e Minigeração no Brasil	108
6.1.	Regulação	108

6.1.1.	Tarifa Diferenciada entre a Energia Injetada e a Consumida	110
6.1.2.	Reduzir a Incidência de Tributos sobre a Atividade.....	111
6.1.3.	Isenção de TUSD para Sistemas de Micro e Minigeração	112
6.1.4.	Ampliação do Mercado Livre de Energia por Fontes Alternativas	113
6.1.5.	Ampliação do Prazo da ANEEL nº481 em Cinco Anos	114
6.1.6.	Regulação para Ilhamento.....	114
6.1.7.	Regulação para Sistemas Híbridos	116
6.1.8.	Regulação para Minirredes.....	116
6.1.9.	Padronização das Normas das Distribuidoras	116
6.2.	Incentivos	117
6.2.1.	Dedução no Imposto de Renda	117
6.2.2.	Tributação Ecológica (<i>Eco Tax</i>).....	118
6.2.3.	Criação de Projetos Padrão com Financiamentos Específicos	119
6.2.4.	Criação de Programa de Financiamento Orientado.....	120
6.2.5.	Programas de Divulgação e de Conscientização da População	120
6.3.	Capacidade Tecnológica.....	122
6.3.1.	Expansão do Programa de P&D Obrigatório da ANEEL	122
6.3.2.	Fomento de Parcerias entre Empresas e Universidades pelos Estados ..	123
6.3.3.	Criação de Entidade de Energias Renováveis e Eficiência Energética	123
6.3.4.	Política Industrial com Metas para a Micro e Minigeração.....	126
6.3.5.	Desenvolver Instituições para Certificação INMETRO de Aerogeradores	127
6.3.6.	Incentivos Fiscais para Equipamentos	127
6.3.7.	Incentivos Fiscais para a Cadeia Produtiva	128
6.3.8.	Desenvolvimento de Projetos Pilotos pelas Distribuidoras	128
6.3.9.	Integração de Energia Fotovoltaica em outras Centrais Geradoras	129

6.3.10.	Atlas Eólico para Sistemas de Pequeno Porte	130
6.3.11.	Desenvolvimento de Turbinas Eólicas para o Mercado Nacional.....	131
6.3.12.	Desenvolvimento de Ambiente de Negócios através de <i>Leasing</i>	132
6.3.13.	Desenvolvimento de Ambiente de Negócio por Contratos de Compra .	133
6.3.14.	Microgeração - Modelos de Negócios Bem-Sucedidos nos EUA.....	134
6.3.15.	Minigeração - Modelos de Negócios Bem-Sucedidos nos EUA.....	135
6.3.16.	Evolução tecnológica para Sistemas Híbridos, Ilhamento e Smart Grid	136
6.3.17.	Desenvolvimento de Baterias para Sistemas Isolados.....	137
6.4.	Capacitação Profissional.....	137
6.4.1.	Cursos de Aperfeiçoamento para Técnicos Eletricistas.....	138
6.4.2.	Cursos de Aperfeiçoamento para Formação de Engenheiros Projetistas	138
6.4.3.	Inserção de Micro e Minigeração nos Cursos de Graduação	139
6.5.	Priorização das Propostas	140
6.5.1.	Regulação	142
6.5.2.	Incentivos	143
6.5.3.	Capacitação Profissional	143
6.5.4.	Capacidade Tecnológica	144
6.6.	Evolução de Maturidade do Setor Após Propostas.....	145
7.	Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros	147
	Referências Bibliográficas	150

1. Introdução

A contextualização do histórico e cenário atual da micro e minigeração de energia, os objetivos do trabalho e a estrutura da dissertação são descritos a seguir.

1.1. Contextualização

A humanidade encontra-se numa fase de transição entre o modelo econômico atual, baseado em fontes energéticas derivadas dos combustíveis fósseis, e a criação de um modelo sustentável para uma população com crescente demanda energética, que possui previsão, em médio prazo, de menor disponibilidade de expansão da geração centralizada por algumas fontes usuais, como as hidrelétricas, e que necessita de soluções energéticas com menor impacto ao meio ambiente.

A crescente demanda de energia e a constatação que a emissão de gases poluentes, provindas de parte das usuais fontes de geração, impacta no aumento da temperatura média global geram restrições de tempo para que esse novo modelo econômico seja encontrado, criando pressão sobre os países para que haja evolução em suas infraestruturas de energia. Como a disponibilidade energética está por trás de todas as atividades humanas, o momento atual e os desenvolvimentos futuros afetam cada indivíduo e corporação do planeta.

Neste cenário, a micro e minigeração representa uma possível solução para complementar o fornecimento de energia elétrica, gerando a energia próxima ao local de consumo através de fontes renováveis, entre as quais, a solar fotovoltaica e a eólica.

De acordo com o (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014)¹, dentre as tecnologias de micro e minigeração de energia elétrica, o aproveitamento solar fotovoltaico se apresenta com maior potencial de penetração no horizonte decenal, dadas as iniciativas regulatórias recentes observadas no país. No cenário internacional, o uso de sistemas fotovoltaicos de pequeno porte tem crescido substancialmente a cada ano, despontando como a mais bem-sucedida tecnologia para micro e minigeração de energia elétrica até o momento.

---

¹ Referências de obras consultadas e citadas no texto são representadas de acordo com o sistema autor-data definida pela ABNT NBR 6023 (2002).

A Figura 1 exemplifica a ampla utilização de sistemas fotovoltaicos em um bairro dos Estados Unidos.

Figura 1 - Bairro com ampla utilização de microgeração de energia em Santa Bárbara, Califórnia.

Fonte: (CAMARILLO, 2011).

Já o setor de energia eólica de pequeno porte ainda é embrionário no Brasil e de acordo com (GIANNINI, DUTRA e GUEDES, 2013) seu potencial ainda não é totalmente conhecido e explorado. Entretanto, visto que o mercado eólico de grande porte assume posição de destaque dentre as fontes renováveis no país, com contínuo crescimento, e que o segmento de pequeno porte internacional possui crescimento a taxas entre 19% e 35% ao ano desde 2009, conforme apresentado pela (WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION, 2014) e explicado pela crescente demanda global por energia limpa acessível e pela diminuição dos preços das turbinas, temos que a inserção de tal tecnologia no segmento de pequeno porte no Brasil é promissora.

A geração elétrica perto do consumidor chegou a ser a regra na primeira metade do século XX, quando a energia industrial era praticamente toda gerada localmente. A partir da década de 1940, no entanto, a geração em centrais de grande porte ficou economicamente mais atraente, reduzindo o interesse dos consumidores pela geração distribuída e, conseqüentemente, o desenvolvimento tecnológico para incentivar esse tipo de geração diminuiu.

As crises do petróleo, que abalaram seriamente a economia internacional nas décadas de 1970 e 1980 ao se assumir que este combustível é uma fonte esgotável, mudaram o panorama da geração centralizada, revelando a importância, por exemplo, da economia de escopo obtida na cogeração e voltando a se valorizar a geração distribuída.

Com o fim do monopólio da geração elétrica, em meados da década de 1980, o desenvolvimento de tecnologias de geração distribuída voltou a ser incentivado com visíveis resultados na redução de custos e muitos investimentos em pesquisas foram realizados nas últimas três décadas.

No Brasil, os benefícios ambientais de unidades de geração distribuída são reconhecidos pelos governos, porém ainda há grande interesse por centrais de grande porte, que possam explorar o alto potencial hidroelétrico do país. Entretanto, os recursos disponíveis encontram-se cada vez mais distantes dos grandes centros consumidores, exigindo maiores investimentos em linhas de transmissão, além de apresentarem crescentes dificuldades na obtenção de licenças ambientais pelo impacto que produzem. Neste cenário, a geração distribuída apresenta-se como potencial alternativa competitiva por possuir instalação simples e de baixo prazo para execução, quando comparada aos empreendimentos de geração centralizada.

Em nosso país, o principal marco de regulação sobre este assunto até o momento é a emissão da Resolução Normativa nº 482 (REN 482/12) pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em abril de 2012, que estabelece as condições gerais para o acesso de micro e minigeração aos sistemas de distribuição de energia elétrica, válidas para geradores que utilizem fontes de energia hídrica, solar, biomassa, eólica e cogeração qualificada, e que regulamenta o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, que permite ao consumidor injetar a energia excedente de sua autoprodução na rede da distribuidora local, gerando créditos para uso futuro. Entretanto, três anos após o marco inicial disposto por esta resolução, observa-se, no início de 2015, que o país possui aproximadamente apenas três centenas de micro ou minicentrais conectadas à rede dentro de um universo de 74 milhões de consumidores.

A curva de aprendizagem do setor é acelerada globalmente. Como o crescimento do setor no Brasil é tímido, pode-se considerar que o país atravessa um atraso relativo, comprometendo seu posicionamento mundial. Neste setor de micro e minigeração, o fator de escala produtiva possui importância fundamental, assim, um bem-sucedido programa de incentivos deverá possibilitar uma melhor atratividade do conceito e buscar um melhor equilíbrio de interesses entre os diversos agentes envolvidos, inclusive melhorando a viabilidade desta alternativa energética para adoção em larga escala pelos consumidores e impulsionando a indústria nacional.

1.2. Objetivos

Esta dissertação de mestrado tem o objetivo de contribuir no desenvolvimento do setor nacional de micro e minigeração eólica e solar, tecnologias com maior potencial de instalação, apresentando propostas de ações que podem solucionar questões econômicas, técnicas e regulatórias que possivelmente estão dificultando o alcance de um maior equilíbrio de interesses entre os principais agentes envolvidos nesta atividade econômica. Assim, busca-se aumento de atratividade do setor aos potenciais usuários, concessionárias de energia, fabricantes e órgãos do governo, dinamizando o mercado e com benefícios estendidos ao desenvolvimento do país como um todo.

A construção das propostas tem como base o estudo da atual conjuntura e a identificação de possíveis barreiras existentes ao desenvolvimento da micro e minigeração de energia elétrica no Brasil através de análise crítica e mensurável da atual maturidade do setor, isto é, do atual estágio de desenvolvimento e da margem de evolução possível nos aspectos mais relevantes para esta atividade, ou seja, regulações, incentivos, capacidade tecnológica e capacitação profissional. Para tal, aplica-se o método de matriz de maturidade.

Espera-se que as propostas apresentadas nesta dissertação possam ser utilizadas como base para trabalhos futuros de instituições governamentais e privadas, fabricantes, centros de pesquisas, universidades e demais interessados no assunto para serem validadas, aperfeiçoadas e detalhadas para um possível estabelecimento no país.

A motivação em desenvolver o tema nesta dissertação é o interesse pessoal de desenvolvimento acadêmico e profissional do autor nas áreas de energias renováveis, sustentabilidade e eficiência energética. Sendo segmento em estágio inicial de desenvolvimento no país, em pauta nas atuais discussões do setor elétrico e com potencial para alcance de importantes soluções energéticas à sociedade, busca-se desenvolver conhecimento e capacidade de análise crítica sobre o setor de micro e minigeração de energia. Através da sistematização de conhecimento dos principais aspectos técnicos, regulatórios e econômicos, o trabalho também possibilita ao leitor obter uma visão ampla e crítica do conceito, contribuindo, entre outros pontos, para avaliar se é oportuno investir profissionalmente neste setor emergente.

1.3. Estrutura da Dissertação

Após este capítulo introdutório, o capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica para compreensão do desenvolvimento desta dissertação e o capítulo 3 apresenta a conjuntura da micro e minigeração de energia elétrica no Brasil, desvendando o cenário energético atual, regulações vigentes, incentivos, percepção dos brasileiros sobre o tema, capacidade tecnológica, capacitação profissional e perspectivas atuais deste mercado.

Já o capítulo 4 apresenta análise de maturidade do setor no Brasil com base na conjuntura atual, com o autor aplicando o conceito de Matriz de Maturidade, ferramenta que permite avaliar o atual estágio de desenvolvimento e a margem de evolução possível dos aspectos mais relevantes para a competitividade de um setor e/ou produto e comparar o desenvolvimento de maturidade caso novos marcos sejam introduzidos, como incentivos e regulações.

Com base na análise da conjuntura da micro e minigeração no Brasil, apresentada no capítulo 3, da avaliação da maturidade do setor, apresentada no capítulo 4, e através de consultas a profissionais de distribuidoras, empresas projetistas, instaladoras e a consultores do setor energético, o capítulo 5 apresenta barreiras ao desenvolvimento desta atividade no Brasil identificadas pelo autor, que precisam ser avaliadas e possivelmente solucionadas.

No capítulo 6, com base nos conhecimentos obtidos no desenvolver dos capítulos anteriores, o autor apresenta propostas de possíveis ações para solucionar as barreiras identificadas, que se implantadas poderão auxiliar no desenvolvimento do setor de micro e minigeração no Brasil, com descrição suficiente para utilização como ponto de partida de possíveis trabalhos futuros. A perspectiva de evolução na maturidade dos aspectos mais relevantes do setor, caso as ações descritas nas propostas sejam efetivamente implantadas, é apresentada ao final do capítulo.

Por fim, o capítulo 7 apresenta as conclusões da dissertação e sugestões de trabalhos futuros. A Figura 2 resume as etapas do desenvolvimento desta dissertação.

Figura 2 - Etapas desenvolvidas na dissertação.

Fonte: Elaboração Própria.

2. Fundamentação Teórica

Os principais conceitos teóricos necessários para compreensão do desenvolvimento desta dissertação são apresentados a seguir.

2.1.1. Geração Distribuída

De acordo com o (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014), geração distribuída é a geração de energia, abrangendo eletricidade e outros energéticos, localizada próxima ao consumidor final, cuja instalação objetiva seu atendimento prioritário, podendo ou não gerar excedentes energéticos comercializáveis para além das instalações do consumidor.

Ao contrário dos sistemas elétricos compostos pelas grandes centrais, que na maioria das vezes são localizadas distantes de onde a energia elétrica será consumida, demandando longas linhas de transmissão e de distribuição, nos sistemas de geração distribuída, com a energia sendo consumida perto do local de conversão energética, as perdas de transmissão são significativamente menores e as perdas de distribuição são praticamente eliminadas.

A geração distribuída pode ser classificada por grandeza de potência dos sistemas: grande, médio ou pequeno porte, de modo a tratar empreendimentos similares com uma mesma lógica do ponto de vista do investimento, modo de operação e barreiras à implantação. Enquanto, em geral, as unidades de grande porte estão associadas fortemente à lógica industrial, a geração distribuída de menor porte apresenta uma lógica mais vinculada à realidade de residências e do setor comercial.

2.1.2. Micro e Minigeração de Energia Elétrica

Conforme estabelecido na REN 482/12 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012a), temos as seguintes definições para o conceito de micro e minigeração de energia elétrica no Brasil:

- Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia

hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

- Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Assim, a energia gerada pelos sistemas de micro e minigeração é proveniente de fontes renováveis e usualmente consumida próxima ao local da conversão energética, nas instalações das unidades consumidoras que os possuem, fazendo parte do conceito de geração distribuída.

Conforme pode ser observado, a ANEEL define os termos considerando sistemas conectados na rede de distribuição. Entretanto, tais fontes com estas potências podem ser adotadas também em sistemas isolados.

Por fim, a micro e minigeração também tem um papel a desempenhar na promoção da diversidade energética e aliviar as preocupações relacionadas com a segurança do abastecimento, escassez de energia e cortes de energia.

2.1.3. Sistemas Fotovoltaicos

A energia do sol pode ser utilizada para produzir eletricidade através do efeito fotovoltaico, que consiste no surgimento de uma tensão elétrica em um material semicondutor exposto a uma luz visível. Desta forma, é possível converter radiação solar em corrente elétrica através de uma célula fotovoltaica, composta por duas camadas de material semicondutor dos tipos P e N, uma grade superior de coletores metálicos e uma base metálica interior, que são os terminais elétricos que no fim fazem a coleta da corrente elétrica produzida pela ação dos fótons, que energizam os elétrons das duas camadas, uma inicialmente com excesso e a outra com falta de elétrons. A Figura 3 ilustra esta estrutura da célula com o efeito fotovoltaico e uma placa comercial.

Figura 3 - Estrutura de uma célula fotovoltaica e o efeito fotovoltaico.

Fonte: (BLUE SOL, 2011).

Atualmente, as placas fotovoltaicas² produzidas em larga escala são produzidas de silício monocristalino, policristalino ou amorfo. De acordo com (FRAUNHOFER INSTITUTE FOR SOLAR ENERGY SYSTEMS ISE, 2014), nos últimos dez anos, a eficiência de conversão³ deste tipo de placas aumentou de aproximadamente 12% para 16%.

Existem outros tipos de tecnologia e materiais para módulos fotovoltaicos, como células orgânicas, que utilizam polímeros, as de nanocristais e as fabricadas através da deposição de filmes finos de materiais semicondutores em substrato de vidro, por exemplo. Entretanto, estas tecnologias ainda não alcançaram eficiências de conversão e confiabilidades suficientes para produção em maior escala. Dentre os materiais utilizados nestes outros tipos de tecnologia, as células de filme fino feitas com telureto de cádmio (CdTe) são as mais competitivas, tendo a eficiência de conversão média aumentada de 9% para 13% nos últimos dez anos. Contudo, além da menor eficiência, a disponibilidade desta matéria-prima também é inferior ao silício.

Os sistemas fotovoltaicos podem empregar um grande número de módulos conectados em série ou em paralelo para produzir a potência e voltagem de energia elétrica desejada e podem ser instalados em telhados e coberturas de residências, prédios, fábricas ou em qualquer outro tipo de unidade consumidora com ambiente que receba

² Os termos 'módulo', 'placa' ou 'painel fotovoltaico' tem o mesmo significado e são usados na literatura para descrever um conjunto empacotado de células fotovoltaicas. (VILLALVA e GAZOLI, 2012).

³ A eficiência de conversão é calculada através da relação entre a potência de pico e a área do módulo.

raios do sol diretamente. Outra aplicação é na construção de usinas de grande porte. Ambos os casos são ilustrados na Figura 4.

Figura 4 - Sistema fotovoltaico para uso residencial e usina fotovoltaica em Senftenberg, Alemanha.

Fonte: (G1 CAMPINAS, 2012) / (MATHEWS, 2014).

2.1.4. Sistemas Eólicos

A energia cinética contida no vento pode ser utilizada na geração de eletricidade através de turbinas eólicas acopladas a geradores elétricos. Em regiões onde existem ventos favoráveis, a energia eólica é uma possível fonte renovável de eletricidade.

Conforme explicado por (FADIGAS, 2011), a produção de energia em aerogeradores depende da interação do rotor eólico com os ventos, sendo que a potência eólica é função da massa específica do ar, da área de captação das pás e da velocidade do vento elevada ao cubo. Na passagem pelo aerogerador, parte da potência cinética do vento é transformada em potência mecânica no eixo da turbina, como resultado da criação de um torque e rotação do eixo.

A Lei de Betz, desenvolvida pelo físico alemão Albert Betz em 1919, estabelece que a eficiência do rotor (ou coeficiente de potência) máxima possível para turbinas eólicas é de 59,3%, porém comercialmente são conseguidas eficiências inferiores que dependem do número e perfil aerodinâmico das pás, rotação da esteira atrás do rotor e de outros parâmetros de projeto. De acordo com o (WIND POWER PROGRAM, 2013), atualmente as turbinas eólicas de pequeno porte bem projetadas alcançam eficiência de aproximadamente 35% em uma velocidade do vento de 7 m/s.

As turbinas eólicas podem ser de eixo horizontal ou de eixo vertical, sendo que os geradores eólicos de maior porte, com potências na casa de megawatts, usados em parques eólicos de eletricidade, empregam turbinas de eixo horizontal. Nessas turbinas é necessário fazer o ajuste da orientação das pás conforme a direção do vento através de sistemas automatizados.

Já as turbinas de pequeno porte, utilizadas para micro e minigeração para suprir necessidades locais de energia elétrica, possuem modelos tanto com eixo horizontal quanto com eixo vertical, sendo que os geradores de eixo vertical têm a vantagem de poder aproveitar ventos em qualquer direção. A Figura 5 ilustra os quatro principais tipos de rotores utilizados, isto é, rotor horizontal, Savonius, Darrieus e H-Darrieus.

Figura 5 – Quatro principais tipos de rotores utilizados em aerogeradores de pequeno porte.

Fonte: (INSTITUTO IDEAL, 2015a).

A energia eólica de grande porte tem obtido crescente expansão no país desde 2009, quando começaram a se realizar leilões de energia considerando estas fontes. Desde então, diversos parques de geração eólica já foram instalados e outros se encontram em construção no país, especialmente nas regiões Nordeste e Sul, onde há regimes de ventos favoráveis. (VILLALVA e GAZOLI, 2012).

Já a energia eólica de pequeno porte obteve seus primeiros incentivos em 2012 através da possibilidade de conexão à rede de distribuição e participação no Sistema de Compensação de Energia Elétrica, regulamentados pela REN 482/12.

2.1.5. Sistemas Conectados à Rede Elétrica

Os sistemas conectados à rede elétrica operam em paralelismo com a rede de eletricidade, sendo utilizados em locais já atendidos por energia elétrica. O objetivo então é gerar eletricidade para o consumo local, podendo reduzir ou eliminar o consumo da rede pública ou mesmo gerar excedentes de energia que podem ser aproveitados em possíveis programas de incentivos do governo que remuneram ou geram créditos de energia pela eletricidade exportada.

Um sistema fotovoltaico típico de microgeração conectado à rede elétrica de uma residência, por exemplo, é composto de um conjunto de módulos fotovoltaicos, um inversor para conexão à rede, quadros elétricos e um medidor bidirecional de energia. A Figura 6 ilustra a organização e componentes deste sistema.

Figura 6 - Componentes de um sistema fotovoltaico residencial conectado à rede elétrica.

Fonte: Adaptado de (VILLALVA e GAZOLI, 2012).

Já a Figura 7 ilustra os componentes usuais de um sistema eólico para micro e minigeração.

Figura 7 - Componentes de um sistema eólico de pequeno porte conectado à rede elétrica.

Fonte: Adaptado de (WINDENERGY7, 2008).

2.1.6. Sistemas Autônomos

Os sistemas autônomos, também chamados de sistemas isolados, são empregados em locais não atendidos por uma rede elétrica, como em algumas residências em áreas rurais, ilhas e comunidades isoladas, por exemplo.

Estes sistemas também encontram aplicação na iluminação pública, na sinalização de estradas, na alimentação de sistemas de telecomunicações e no carregamento de baterias de veículos elétricos. Podem ser usados para fornecer eletricidade para veículos terrestres e náuticos e para uma diversidade de aplicações, desde pequenos aparelhos eletrônicos portáteis até sistemas aeroespaciais.

Muitos lugares do Brasil não são atendidos por rede elétrica. Nesses locais, um sistema fotovoltaico ou eólico autônomo pode ser empregado para substituir geradores movidos a diesel, por exemplo, com a vantagem da redução de ruídos e poluição.

Um sistema autônomo é geralmente composto pela fonte geradora, um controlador de carga, bateria e, conforme a aplicação, um inversor de tensão contínua para tensão alternada, conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Componentes típicos de um sistema fotovoltaico autônomo.

Fonte: Adaptado de (VILLALVA e GAZOLI, 2012).

2.1.7. Sistemas Híbridos

Sistemas híbridos são aqueles que utilizam mais de uma fonte de geração de energia como, por exemplo, turbinas eólicas, módulos fotovoltaicos, geração diesel, entre outras, e que, dependendo da disponibilidade dos recursos, deve gerar e distribuir a energia elétrica gerada de forma otimizada e com custos mínimos a uma determinada carga ou a uma rede elétrica, isolada ou conectada a outras redes.

Com a possibilidade de uma fonte de geração suprir a falta ou menor geração temporária de outra fonte devido a características de complementaridade, esse tipo de sistema tem capacidade de operar com menor risco de interrupção, garantindo maior confiabilidade que um sistema com um único tipo de gerador.

Em geral, os sistemas híbridos são empregados para sistemas isolados de médio e grande porte, visando atender um número maior de usuários. Devido à complexidade de arranjos e multiplicidade de opções para se arquitetar um sistema híbrido, é necessário um controle de todas as fontes para que haja máxima eficiência na entrega da energia.

Comumente, os sistemas híbridos são isolados e incorporam os seguintes equipamentos:

- Módulos fotovoltaicos, aerogeradores, turbinas hidráulicas – tecnologias de conversão de fontes renováveis;
- Grupos geradores a diesel, a gasolina ou a gás – tecnologia de conversão de fontes não renováveis;
- Banco de baterias – subsistema de armazenamento de energia elétrica;
- Inversores de tensão, retificadores e controladores de carga – equipamentos do sistema de condicionamento de potência.

Esses equipamentos são conectados através de cabeamento adequado e de dispositivos de proteção e manobra (chaves, relés e disjuntores) a dois barramentos, um de corrente contínua (CC) e outro de corrente alternada (CA), para o atendimento das cargas. A Figura 9 apresenta uma topologia típica de sistema híbrido isolado.

Figura 9 - Topologia típica de sistema híbrido isolado.

Fonte: (ECO PLANET ENERGY, 2015).

Já a Figura 10 ilustra duas possíveis aplicações práticas de sistemas híbridos com fontes eólica e solar.

Figura 10 - Duas possíveis aplicações práticas de sistemas híbridos com fontes eólica e solar.

Fonte: (ECO PLANET ENERGY, 2015).

2.1.8. Minirredes

Minirredes elétricas, como o próprio nome indica, são sistemas elétricos de pequena escala, com capacidade de até 100 kW, conforme Resolução Normativa nº493/12 da (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012d), utilizados usualmente para o suprimento de energia em áreas remotas, como ilhas e regiões distantes das áreas servidas pelas redes elétricas convencionais de energia, visto que, dependendo do consumo de energia e da distância do local, muitas vezes é tanto técnico quanto economicamente mais viável criar um sistema elétrico próprio na região de demanda, consistindo de uma ou mais fontes de energia e de rede de distribuição, do que estender as linhas de transmissão e/ou distribuição da rede convencional mais próxima.

Entretanto, tecnicamente é possível utilizar minirredes urbanas com ponto de conexão à rede de distribuição da concessionária local para participação de programas de incentivos às energias renováveis, conceito aplicado atualmente em vários países.

Nas minirredes com sistemas híbridos, um sistema supervisorio deve ser instalado para comando da operação, que se torna de maior complexidade, possibilitando otimização da utilização dos recursos energéticos, gerenciando a oferta e demanda buscando minimizar o uso de geradores a diesel e maximizando o uso de fontes eólicas e solares, por exemplo, além de buscar reduzir a necessidade de dissipação de energia. A Figura

3. Conjuntura da Micro e Minigeração de Energia Elétrica no Brasil

O Brasil é país rico em fontes potenciais para a micro e minigeração de energia elétrica, sendo o terceiro país com maior insolação entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento. Além disso, também conta com áreas potenciais para geração de energia por sistemas eólicos. Por estes motivos, propiciar as bases necessárias para o desenvolvimento das indústrias de micro e minigeração por, respectivamente, fontes solares fotovoltaicas e eólicas, constitui uma necessidade e vocação natural para o país.

Seguindo esta tendência, a partir de 2012, o governo federal, através da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), estabeleceu resoluções normativas definindo as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e para a criação de um Sistema de Compensação de Energia Elétrica, através da REN 482/12. As regulações vigentes são apresentadas no tópico 3.2.

A partir da possibilidade de início do mercado de sistemas de micro e minigeração conectados à rede, estabelecida pela resolução nº482, foram também criados incentivos como tentativa de impulsioná-lo, conforme apresentado no tópico 3.3.

Além disso, as atividades de micro e minigeração de energia elétrica no Brasil estão inseridas num contexto energético, de capacidade tecnológica, de percepção dos brasileiros diante destas tecnologias, de capacitação profissional de mão de obra e perspectivas dos agentes no setor também apresentado neste capítulo.

O estudo da conjuntura da micro e minigeração de energia elétrica realizada a seguir estabelece a base para análise da maturidade do setor, isto é, do atual estágio de desenvolvimento, e da identificação de barreiras à evolução do setor apresentadas na sequência desta dissertação.

3.1. Cenário Energético

Os próximos itens descrevem os principais aspectos do atual cenário energético que influenciam no mercado de micro e minigeração elétrica no Brasil.

3.1.1. Atual Modelo do Setor Elétrico Brasileiro

Para analisar a possibilidade de maior inserção de micro e minigeradores de energia elétrica no Brasil, é importante compreender o atual modelo do setor elétrico.

Em uma perspectiva histórica, o setor elétrico brasileiro foi marcado pelos seguintes principais momentos:

1. O domínio estatal no período de 1930 a 1990;
2. Reforma da década de 1990, face à crise financeira setorial e ao contexto político-econômico mundial, buscando:
  - a. Estimular a competitividade na geração e em alguns pontos de comercialização de energia através da abertura à iniciativa privada;
  - b. Alcançar a modicidade tarifária através da regulação das áreas de transmissão e distribuição, que possuem monopólio natural;
  - c. Limitar o papel do governo ao de formular políticas energéticas e de regulamentar e fiscalizar as atividades delegadas.
3. Crise de abastecimento do ano de 2001 que resultou na posterior implantação do denominado Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro em 2004, marco regulatório que alterou o modelo institucional para o setor.

De acordo com (TOLMASQUIM, 2011), os três principais objetivos da reforma do setor elétrico brasileiro realizada em 2004 foram:

1. Segurança do suprimento energético;
2. Modicidade tarifária;
3. Universalização do atendimento.

De forma geral, o modelo do setor elétrico brasileiro instituído em 2004 encontra-se em funcionamento atualmente e com os seguintes resultados de acordo com os objetivos:

1. Para atingir o primeiro objetivo, segurança energética, foi importante a retomada das competências do Estado na elaboração das atividades de planejamento do setor energético nacional e a obrigatoriedade de contratação de energia no longo prazo para a totalidade do mercado cativo das distribuidoras;

2. Para atingir o segundo objetivo, a modicidade tarifária, ou seja, tarifas próximas do custo, idealmente de fácil pagamento por qualquer pessoa, independentemente de sua condição econômica, decidiu-se estimular a competição entre os agentes no Ambiente Regulado (ACR), através de leilões pelo menor preço para contratação da construção e operação das usinas geradoras e dos sistemas de transmissão;
3. Com relação ao terceiro objetivo, universalização do atendimento, o Programa Luz para Todos atende atualmente mais de 15 milhões de moradores rurais de todo o país que anteriormente não possuíam acesso à energia elétrica.

Figura 12 – Residência rural no Rio Grande do Sul atendida pelo Programa Luz para Todos.

Fonte: (AMÉRICA DO SOL, 2010).

3.1.2. Aspectos Macroeconômicos

Na última consolidação dos principais indicadores do setor de distribuição de energia elétrica no Brasil, realizado em 2013, a (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA, 2014) verificou as seguintes características do mercado:

- Unidades Consumidoras: 74,1 milhões;
- Capacidade Instalada em 31/12/2013: 124 GW;
- Taxa de Atendimento: 99,5% dos domicílios;
- Índice de Satisfação do Consumidor: 78,90%;
- Empregos Gerados: 180 mil;
- Receita Bruta: R\$ 140 bilhões/ano;

- Encargos e Tributos (somente distribuição): R\$ 52 bilhões/ano;
- Investimentos Anuais: R\$ 12,3 bilhões/ano.

A Figura 13 apresenta uma comparação entre o crescimento no consumo de eletricidade e o crescimento do PIB no Brasil e no mundo entre 1973 e 2011.

Figura 13 – Crescimento no Consumo de Eletricidade e do PIB no Brasil e no Mundo entre 1973 e 2011.

Fonte: (VENTURA FILHO, 2013).

Estes dados demonstram que o crescimento no consumo de eletricidade no Brasil foi significativamente superior ao verificado em média no mundo para um crescimento médio do PIB similar. Dentro deste cenário, o consumo residencial no Brasil evoluiu em média 6,3%, enquanto o industrial evoluiu 4,0%, evidenciando um maior uso social da energia.

O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2023, elaborado pelo (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014), prevê uma taxa de crescimento do consumo de energia elétrica na rede (isto é, exclusive autoprodução) de 4,0% ao ano entre 2013 e 2023, o que implicará na necessidade de expansão da capacidade instalada do sistema elétrico brasileiro na ordem de 7 GW ao ano.

Em longo prazo, num cenário após 10 anos, a previsão de (VENTURA FILHO, 2013) é que o consumo de energia continuará crescendo, porém com taxas em torno de 3,0%, ou seja, menores do que previstas até 2023. Este crescimento implicará na

necessidade de expansão da capacidade instalada do sistema elétrico brasileiro em valores anuais entre 6 a 8 GW.

3.1.3. Aspectos Técnicos e Econômicos da Expansão do Sistema

Um dos maiores desafios do setor elétrico é viabilizar a expansão necessária da geração, que demanda elevados investimentos públicos e privados para implantação dos empreendimentos, que usualmente são de alta capitalização e com longo prazo de maturação. O Plano Decenal de Expansão de Energia 2023 elaborado pelo (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014) prevê que no período de 2014 a 2023 será requerido um montante de investimentos da ordem de R\$ 220 bilhões para expansão da geração.

Segundo (VENTURA FILHO, 2013), o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) aparece como o agente preponderante no financiamento dos projetos de expansão da infraestrutura energética brasileira, assegurando empréstimos entre 60 e 70% do capital necessário.

A distribuição da capacidade instalada por tipo de fonte do parque gerador existente ao fim de 2014, conforme dados do Plano Decenal de Expansão de Energia 2023, é apresentada na Figura 14.

Figura 14 - Capacidade instalada por tipo de fonte ao fim de 2014.

Fonte: (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014).

Assim, observa-se que, atualmente, a maior parcela da energia elétrica gerada no Brasil tem procedência de empreendimentos hidrelétricos, que respondem por 62% da capacidade instalada do país, com mais de mil usinas em operação.

Entretanto, considerando a base hidráulica da matriz energética brasileira, as atuais instalações destas mais de mil usinas em operação em paralelo com o crescimento da população, de sua atividade econômica e, conseqüentemente, do consumo de energia, traz a necessidade de implantação de hidrelétricas cada vez mais distantes dos centros consumidores, com altos custos de transmissão e distribuição, além de impactos ambientais negativos, o que abre espaço para aumento de participação de outras fontes de energéticas na matriz elétrica brasileira.

Neste cenário, a micro e minigeração também deve ganhar novos incentivos governamentais e aumento de sua competitividade devido à evolução tecnológica, produção em maior escala e conseqüente diminuição de preços.

3.1.4. Tarifas para o Consumidor de Energia Elétrica

No Brasil, a tarifa de energia elétrica é o preço definido pela ANEEL que deve ser pago pelos consumidores finais de energia elétrica no mercado cativo. As tarifas podem ser calculadas para uma concessionária de distribuição (distribuidora) ou para uma concessionária de transmissão (transmissora). No caso de usuários de micro e minigeração, a tarifa com que se realizam as projeções de retorno financeiro do investimento nos sistemas é a cobrada pela concessionária de distribuição local.

Como histórico recente da evolução tarifária, temos que entre de 2007 a 2012 o reajuste médio da tarifa do consumidor residencial foi menor do que a inflação medida pelo Índice de Preços ao Consumidor (IPC/FIPE).

Porém em setembro de 2012, o governo federal instaurou a Medida Provisória nº 579, posteriormente aprovada na Lei nº 11.943, com o objetivo de reduzir o custo da energia elétrica para os consumidores brasileiros em média de 20,2%, dependendo da distribuidora. De acordo com a (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013), os consumidores residenciais tiveram redução média de 16,2% e as indústrias de 28%.

O cálculo dos valores da distribuição levou em consideração as reduções tarifárias nos segmentos de geração e de transmissão, além da diminuição dos encargos setoriais – Reserva Global de Reversão (RGR), Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis (CCC) e Conta de Desenvolvimento Energético (CDE).

Em seguida, houve um reajuste médio de +18,66% na tarifa de energia elétrica para clientes da AES Eletropaulo, por exemplo. Tal fato ocorreu devido ao planejamento energético do governo que se mostrou ineficaz em cenários adversos, no caso a falta de chuvas verificadas em 2014, quando os níveis dos reservatórios das hidrelétricas ficaram muito baixos. Em função desta seca, houve a necessidade de comprar energia das termelétricas, cujo custo de geração é elevado, e as acionando acima das previsões e recomendações técnicas de contratação. Tal fato fez com que os objetivos do atual modelo do setor elétrico brasileiro de proporcionar modicidade tarifária alinhada com segurança de suprimento deixassem de ser cumpridos.

Na sequência, no início de 2015, houve nova elevação nos preços da energia elétrica, com uma média nacional prevista em 27,6% pelo (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2015), devido à piora no nível dos reservatórios e ao repasse do custo de operações de financiamento, contratadas em 2014, da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) às tarifas.

A título de exemplo, a Figura 15 apresenta a evolução dos custos estruturais na tarifa de energia elétrica residencial cobrada pela AES Eletropaulo, dando cobertura aos custos de menor dinâmica de variação envolvidos na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, além dos encargos setoriais.

Figura 15 – Custos estruturais da tarifa de energia elétrica residencial cobrada pela AES Eletropaulo.

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015).

Além disso, a partir de 2015, através da resolução normativa nº 547, de 16 de abril de 2013 da ANEEL, foi implantado o Sistema de Bandeiras Tarifárias refletindo, mensalmente, os custos variáveis da geração de energia elétrica do país. Assim, de acordo com as usinas que estão sendo despachadas, adota-se a bandeira verde, amarela ou vermelha, que indicam ao consumidor cativo se a energia naquele mês custará mais ou menos, sendo que, em valores de março de 2015, temos:

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia (custo variável da térmica mais cara menor que 200 R\$/MWh). A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis (custo variável da térmica mais cara entre 200 e 388,48 R\$/MWh). A tarifa sofre acréscimo de R\$0,025 para cada quilowatt-hora consumidos, representando um aumento médio de 3,9%;
- Bandeira vermelha: condições mais custosas de geração (custo variável da térmica mais cara acima de 388,48 R\$/MWh). A tarifa sofre acréscimo de R\$0,055 para cada quilowatt-hora consumidos, representando um aumento médio de 8,5%.

Antes do Sistema de Bandeiras Tarifárias, as variações de custo só eram repassadas no reajuste anual das tarifas.

De acordo com a (EDITORA BRASIL ENERGIA, 2014), uma avaliação realizada pela *Trade Energy*, comercializadora livre de energia, indica que estimativas do mercado livre apontam um reajuste das tarifas de energia de aproximadamente 15% ao ano no período entre 2016 e 2019, ainda em função da crise hídrica e da possível subcontratação das distribuidoras.

O aumento das tarifas, embora indesejável dentro do objetivo de modicidade tarifária do atual modelo do setor elétrico brasileiro, por fim proporciona melhores retornos financeiros nos investimentos em sistemas de micro e minigeração de energia.

3.1.5. Mudanças Climáticas

A população mundial tem lançando na atmosfera altas quantidades de poluentes que retêm calor e aumentam a temperatura do ar, dos oceanos e da superfície terrestre, muitos deles originários da geração de energia por fontes não renováveis.

Dentre estes poluentes, temos o dióxido de carbono (CO₂) como principal elemento que influencia no aumento das temperaturas globais, sendo obtido principalmente pela queima de carvão, petróleo e gás natural para a produção de calor, geração de energia e em atividades industriais.

Considerado um dos mais influentes artigos sobre mudança climática atualmente, (MEINSHAUSEN, HARE, *et al.*, 2009) calculou que, para haver uma chance de 80% de manter o aumento da temperatura global abaixo de 2°C no século XXI, meta científica para controle dos efeitos das mudanças climáticas, a humanidade não poderia liberar mais do que 886 giga toneladas de CO₂ na atmosfera até o ano de 2050.

Já a (CARBON TRACKER INITIATIVE, 2013) descobriu que apenas na primeira década deste século, a humanidade já havia liberado mais de um terço desta quantidade de CO₂ informada por (MEINSHAUSEN, HARE, *et al.*, 2009), o que significa que, no atual nível de emissões, alcançaremos as 886 giga toneladas e assim o aumento de 2°C já em 2024. Assim, a única forma de cumprir a meta seria emitindo

apenas 565 giga toneladas pelos próximos 40 anos. Além disso, o instituto descobriu que as 200 maiores empresas de combustíveis fósseis do mundo possuem 2860 giga toneladas de CO₂ presas em suas reservas. Portanto, 80% das reservas de combustíveis fósseis não poderiam ser utilizadas para evitar um aquecimento global incontrolável, o que, para se tornar realidade, exigiria políticas de redução de emissão de carbono rígidas e uma reestruturação de diversos setores da economia, o que poderia fazer com que as grandes empresas de óleo e gás perdessem em torno de 60% do seu valor de mercado, dentre outras consequências econômicas.

De acordo com (GORE, 2010), mais de 40% de toda a energia elétrica do mundo ainda é produzida pela queima do carvão e 20% através da queima de gás natural. O resto da eletricidade vem de fontes que não produzem grandes quantidades de CO₂, como as usinas hidrelétricas, nucleares, eólicas e solares.

Para comparação, a Tabela 1 apresenta o nível de emissões de CO₂ entre algumas fontes energéticas convencionais e renováveis durante o ciclo de vida de cada tecnologia, ou seja, considerando não apenas a fase de operação como também as fases anteriores de fabricação e/ou construção e uma posterior fase de descomissionamento.

Tabela 1 - Comparação do nível de emissão de CO₂ entre fontes convencionais e renováveis.

Tecnologia	Emissão de CO₂ no ciclo de vida (ton. CO_{2e}/GWh)
Carvão	888
Gás Natural	499
Petróleo	733
Eólica	26
Solar Fotovoltaica	85

Fonte: (WORLD NUCLEAR ASSOCIATION, 2011).

Dentro do possível cenário de reestruturação do setor de energia elétrica para aumento da participação de fontes renováveis de baixa emissão de CO₂, a criação de escala no uso de micro e minigeração através de fontes renováveis, como a eólica e solar fotovoltaica, se apresenta como oportunidade para a população mundial reduzir emissões dos gases do efeito estufa e retomar a trajetória de crescimento econômico alinhado ao equilíbrio ambiental que, em termos gerais, outrora existia no processo de desenvolvimento das nações.

3.2. Regulação Vigente

Compete à ANEEL, fundamentalmente, exercer a regulação e fiscalização sobre a geração, transmissão, comercialização e distribuição de energia elétrica no país, buscando harmonizar os interesses entre Estado, agentes e consumidores. A partir de abril de 2012, regulações para as operações relacionadas à geração e ao acesso à rede de energia proveniente de micro e minigeração começaram a entrar em vigor.

3.2.1. ANEEL nº482/12 e nº 517/12

Após consolidação de opiniões obtidas através de consulta pública e estudo das experiências internacionais na adoção de políticas incentivadoras à geração distribuída, dentre as quais se destacam a Tarifa Prêmio (*feed-In tariff*), o Sistema de Compensação de Energia (*net-metering*) e os Certificados de Energia, a REN 482/12 da ANEEL foi desenvolvida e aprovada, estabelecendo as condições técnicas e comerciais para o acesso de micro e minigeração distribuída nas redes de distribuição de energia elétrica e criando o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, mecanismo de *net-metering* nacional. Neste conceito, a energia ativa injetada na rede de distribuição pelo micro ou minigerador que adere ao sistema é cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, com a unidade consumidora obtendo um crédito em quantidade de energia ativa por 36 meses.

De acordo com a nota técnica nº0004/2011 da (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2011), que analisou as contribuições referentes à consulta pública sobre micro e minigeração de nº15/2010, o sistema *net-metering* foi escolhido pela conclusão de ser o que apresenta maior vantagem de implantação por depender somente de

avaliação da ANEEL, sem envolver circulação de moeda e consequentemente da Receita Federal, e por ser o sistema mais simples e menos oneroso para os demais consumidores, visto que nos outros dois possíveis modelos, temos:

- Tarifa Prêmio – Se for bem calculada, proporciona o melhor retorno para o investidor, mas requer um esforço dos demais consumidores para bancar esse subsídio, o que é um ponto controverso em função nos níveis tarifários vigentes e do montante de encargos e impostos que são acrescidos às tarifas de energia;
- Certificados de Energia – São instrumentos financeiros mais sofisticados, que exigem a criação de um mercado próprio para a comercialização desses títulos, sendo mais indicados para países que já possuem grande participação de geração distribuída.

A emissão da REN 482/12 é considerada o principal marco no cenário de micro e minigeração de energia do país por estabelecer a base técnica e comercial que permite que os consumidores instalem pequenos geradores em suas unidades consumidoras e troquem energia com a distribuidora local.

Posteriormente, a Resolução Normativa nº 517/12 da (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012b), introduziu aprimoramentos na REN 482/12, esclarecendo diversos pontos de dúvidas que surgiram no setor.

Estas resoluções estabeleceram:

3.2.1.1. Adequação dos sistemas comerciais das distribuidoras

As distribuidoras deveriam adequar seus sistemas comerciais e elaborar ou revisar normas técnicas para tratar do acesso de microgeração e minigeração distribuída, utilizando como referência os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), as normas técnicas brasileiras e, de forma complementar, as normas internacionais até 12 de dezembro de 2012 (prazo de 240 dias). A partir desta data, a distribuidora deveria atender às solicitações de acesso para micro e minigeradores distribuídos nos termos da Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST.

3.2.1.2. *Limitação da Potência Instalada à Carga Instalada ou Demanda Contratada*

Estabeleceu-se que a potência instalada da microgeração ou minigeração distribuída participante do Sistema de Compensação de Energia Elétrica fica limitada à carga instalada, no caso de unidade consumidora do grupo B, ou à demanda contratada, no caso de unidade consumidora do grupo A.⁴ Caso o consumidor deseje instalar sistema de microgeração ou minigeração distribuída com potência superior, antes deve solicitar aumento da carga instalada (grupo B) ou aumento da demanda contratada (grupo A), com prévia preparação do ponto de conexão, adequando as instalações para tal potência superior com base em dimensionamento técnico dos materiais e equipamentos elétricos, de acordo com as normas das distribuidoras.

3.2.1.3. *Sistema de Compensação de Energia Elétrica*

Estabeleceu-se que o consumidor com micro ou minigeração pode aderir ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica, programa nacional de *net-metering*, conforme conceitos apresentados anteriormente.

3.2.1.4. *Medição de Energia Elétrica*

O sistema de medição necessário para a conexão da unidade interessada no Sistema de Compensação de Energia Elétrica deve ser instalado pela distribuidora, que deverá cobrar o custo de adequação do consumidor. A adequação, na maioria das vezes, consiste apenas na substituição do medidor de energia elétrica unidirecional para o medidor bidirecional, que permite a medição não apenas da energia consumida, como também da injetada na rede.

3.2.1.5. *Danos ao Sistema Elétrico*

No caso de dano ao sistema elétrico de distribuição comprovadamente ocasionado por microgeração ou minigeração distribuída incentivada, aplica-se o estabelecido no artigo

---

⁴ Grupo A: Tensão recebida por unidades consumidoras $\geq 2,3$ kV (alta tensão).
Grupo B: Tensão recebida por unidades consumidoras $< 2,3$ kV (baixa tensão).

164 da Resolução Normativa nº 414 de 9 de setembro de 2010 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2010), ou seja, o cumprimento das seguintes medidas:

- Instalação de equipamentos corretivos na unidade consumidora, no prazo informado pela distribuidora, ou o pagamento do valor das obras necessárias no sistema elétrico;
- Ressarcimento à distribuidora de indenizações por danos a equipamentos elétricos acarretados a outros consumidores.

Além disso, no caso de o consumidor gerar energia elétrica na sua unidade consumidora sem observar as normas e padrões da distribuidora local, a distribuidora deve suspender imediatamente o fornecimento de energia elétrica a este consumidor.

Em ambos os casos, quando for comprovada a irregularidade, os créditos de energia ativa gerados não poderão ser utilizados no Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

3.2.2. PRODIST - Módulo 3 – Seção 3.7

Os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) foram atualizados com a adição da Seção 3.7 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012c), que descreve os procedimentos para acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema de distribuição, incluindo os critérios técnicos e operacionais das instalações e as etapas e prazos a serem atendidos por distribuidoras e consumidores quando da solicitação de acesso ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Esta nova seção do PRODIST estabeleceu os seguintes pontos:

3.2.2.1. *Critérios Técnicos e Operacionais:*

Ponto de Conexão à Rede de Distribuição - Para microgeração deve ser o mesmo da unidade consumidora. Já para minigeração deve ser único tanto para a central geradora como para a unidade consumidora.

Responsabilidade por Estudos da Conexão à Rede – Caso necessário, serão feitos pela distribuidora, sem ônus para o acessante.

Nível de tensão de conexão - A Tabela 2 apresenta os níveis de tensão considerados para conexão de micro e minicentrals geradoras.

Tabela 2 - Níveis de tensão para conexões de micro e minicentrals.

Potência Instalada	Nível de Tensão de Conexão	Número de Fases
< 10 kW	Baixa Tensão	Monofásico, bifásico ou trifásico
10 a 100 kW	Baixa Tensão	Trifásico
101 a 500 kW	Baixa Tensão / Média Tensão	Trifásico (baixa tensão)
500 kW a 1 MW	Média Tensão	-

Requisitos mínimos em função da potência instalada - A Tabela 3 apresenta os equipamentos que são requisitos mínimos do ponto de conexão da micro e minigeração distribuída.

Tabela 3 - Requisitos Mínimos do Ponto de Conexão.

Equipamento	Potência Instalada		
	Até 100 kW	101 kW a 500 kW	501 kW a 1 MW
Elemento de desconexão	Sim	Sim	Sim
Elemento de interrupção	Sim	Sim	Sim
Transformador de acoplamento	Não	Sim	Sim
Proteção de sub e sobretensão	Sim	Sim	Sim
Proteção de sub e sobrefrequência	Sim	Sim	Sim
Proteção contra desequilíbrio de corrente	Não	Não	Sim
Proteção contra desbalanço de tensão	Não	Não	Sim
Sobrecorrente direcional	Não	Não	Sim
Sobrecorrente com restrição de tensão	Não	Não	Sim
Relé de sincronismo	Sim	Sim	Sim
Anti-ilhamento	Sim	Sim	Sim
Estudo de curto-circuito	Não	Sim	Sim
Medição	Sistema de Medição Bidirecional	Medidor 4 Quadrantes	Medidor 4 Quadrantes
Ensaio	Sim	Sim	Sim

Sobre os equipamentos, é importante observar que:

- Elemento de desconexão: Trata-se de chave seccionadora visível e acessível que a acessada usa para garantir a desconexão da central geradora durante manutenção em seu sistema, exceto para microgeradores que se conectam à rede através de inversores.
- Elemento de interrupção: Dispositivo que desconecta automaticamente o sistema de micro ou minigeração quando ocorre interrupção da energia elétrica da rede distribuição.
- Nos sistemas que se conectam à rede através de inversores, as proteções relacionadas na Tabela 3 podem estar inseridas nos referidos equipamentos, sendo a redundância de proteções desnecessária para microgeradores distribuídos.
- Estudo de Curto Circuito - Se a norma da distribuidora indicar a necessidade, a responsabilidade pela realização é da própria acessada.
- Ensaio - O acessante deve apresentar certificados (nacionais ou internacionais) ou declaração do fabricante que os equipamentos foram ensaiados conforme normas técnicas brasileiras ou, na ausência, conforme normas internacionais.

3.2.2.2. *Implantação de Novas Conexões*

As etapas e prazos para solicitação de acesso de micro ou minigeração à rede de distribuição são:

1. Solicitação de Acesso:

- a. Formalização da solicitação de acesso pelo acessante (consumidor) à acessada (distribuidora), com o encaminhamento de formulário e documentação de projeto das instalações de conexão. Usualmente é possível realizar pela internet. Esta etapa não possui um prazo específico de atendimento pela distribuidora, sendo que o PRODIST diz apenas que deve ser realizada de acordo com a ordem cronológica de protocolo;
- b. Análise da documentação pela distribuidora e envio de pendências técnicas para solucionar no projeto;
- c. Solução das pendências técnicas pelo acessante em até 60 dias.

2. Parecer de Acesso: Emissão pela distribuidora com a definição das condições de acesso em até 30 dias se for microgeração ou se não houver a necessidade de obras de reforço ou de ampliação no sistema de distribuição ou até 60 dias se for para minicentral geradora com necessidade de obras.
3. Contratos - Assinatura dos contratos entre acessante e distribuidora, quando cabível, em até 90 dias após emissão do parecer de acesso.
4. Implantação da conexão - Ao concluir a instalação da micro ou minicentral geradora, o acessante deve solicitar a realização de vistoria. A distribuidora, então, deverá realizar a vistoria em até 30 dias após a solicitação e entregar relatório em até 15 dias após a realização da mesma.
5. Aprovação do Ponto de Conexão - O acessante deve realizar eventuais adequações estabelecidas no relatório de vistoria e, por fim, o acessante deve informar à distribuidora que deverá realizar vistoria de verificação em até 7 dias e, tudo estando em conformidade técnica, aprovar o ponto de conexão, liberando-o para sua efetiva conexão à rede de distribuição.

3.2.2.3. *Sistemas de Medição \ Contratos*

Quanto aos sistemas de medição e com relação a contratos, a Seção 3.7 da PRODIST incorpora os respectivos artigos da REN 482/12.

3.2.3. Normas Técnicas das Distribuidoras de Energia

As distribuidoras de energia desenvolveram diretrizes básicas para elaboração de projetos de interligação entre as redes de distribuição e os sistemas micro e minigeração distribuída que utilizam inversores, com paralelismo permanente, visando o atendimento aos aspectos de proteção, operação e segurança estabelecidos pelas REN 482/12 e 517/12 e Seção 3.7 do PRODIST. As normas técnicas entre as distribuidoras seguem aos requisitos das resoluções normativas da ANEEL e são similares entre si, porém não padronizadas.

O projeto destinado à conexão de microgeração e minigeração distribuída provida de sistema de paralelismo permanente em qualquer tipo de instalação (nova ou existente), em baixa ou média tensão, usualmente deve conter os seguintes dados e documentos:

- Memorial Descritivo;
- Diagrama unifilar das instalações;
- Diagrama funcional do sistema de paralelismo;
- Características dos transformadores de corrente e dos transformadores de potencial, onde aplicáveis, e disjuntores que fazem parte do sistema de paralelismo;
- Dados da geração: Potência, Desenho do projeto de instalação, Desenho de localização da instalação da geração e recinto de painéis, Comprovante de certificação do inversor pelo INMETRO; Termo de Responsabilidade; ART referente ao projeto e execução; Ajustes de tensão; Controle de fator de potência, frequência e religamento do inversor.

3.2.4. ANEEL nº481/12

A resolução normativa nº481/12 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012e), ampliou o desconto de 50% para 80% nas tarifas de uso dos sistemas elétricos de distribuição e transmissão (TUSD e TUST) para empreendimentos de fonte solar com potência inferior a 30 MW, estabelecida pela resolução normativa nº 77 de 18 de agosto de 2004, desde que as usinas entrem em operação comercial até 31 de dezembro de 2017. Este desconto é aplicável nos 10 primeiros anos de operação da usina. Após este período, os descontos são reduzidos para 50%.

O estímulo econômico proporcionado por esta resolução foi importante para facilitar a viabilidade econômica das 31 primeiras usinas solares do país, contratadas no Leilão de Energia de Reserva (LER) 2014 com preço médio final de R\$ 215,12/MWh, competitivo em nível global.

O estímulo ao desenvolvimento da indústria fotovoltaica nacional a partir da expansão do mercado proporcionada pela contratação das primeiras usinas de grande porte faz com que possivelmente haja uma redução nos custos da tecnologia no Brasil, o que melhorará a viabilidade econômica do setor como um todo, tanto para usinas de grande porte quanto para micro e minicentrals geradoras.

3.2.5. ANEEL nº493/12

A Resolução Normativa nº493/12 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012d) estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento de energia elétrica por meio de sistemas individuais de geração de energia e através de minirredes.

A publicação desta resolução é importante para o objetivo de universalização do acesso à energia elétrica no Brasil, possibilitando a realização de programas de energia alternativa para comunidades isoladas ao estabelecer as regras, direitos e deveres dos consumidores e das distribuidoras.

3.2.6. ANEEL nº 502/12

A Resolução Normativa nº502/12 (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012f) estabeleceu os requisitos para os sistemas de medição de energia elétrica aos consumidores do Grupo B⁵ de forma que proporcionem uma série de benefícios, como maior eficiência no consumo, a possibilidade de atendimento remoto pela concessionária e a criação das condições para a microgeração distribuída, permitindo a contabilização da energia excedente gerada pelos consumidores em sistemas eólicos ou solares.

Estabeleceram-se dois tipos de equipamentos:

1. Unidades consumidoras enquadradas na modalidade de Tarifa Branca - Este sistema de medição apura o consumo de energia elétrica ativa em pelo menos quatro postos tarifários, devendo ser programáveis o início e o fim de cada posto. Assim, permite ao consumidor aderir à tarifa branca, ou seja, que varia de acordo com faixas horárias de consumo. A Figura 16 apresenta um comparativo entre a Tarifa Branca e a Tarifa Convencional;

---

⁵ Consumidores do grupo B incluem clientes residenciais, comerciais, rurais e demais classes de baixo consumo, exceto famílias de baixa renda e sistemas de iluminação pública.

Figura 16 - Comparativo entre a Tarifa Branca e a Tarifa Convencional.

Fonte: Adaptado de (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2013).

2. Modelo de medidor mais completo: oferecendo acesso a informações específicas individualizadas sobre o serviço prestado, como: valores de tensão e corrente de cada fase; valor de energia elétrica ativa consumida acumulada por posto tarifário; data e horário de início e fim das interrupções de curta e de longa duração ocorridas nos últimos três meses.

3.2.7. Normas ABNT

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabeleceu normas para micro e minigeração de energia elétrica.

3.2.7.1. Inversores Fotovoltaicos

A queda de energia proveniente da geração centralizada na rede pública de distribuição pode deixa-la parcialmente energizada pelos geradores distribuídos nela conectados. Esta condição é conhecida por ilhamento não-intencional e pode levar a uma série de problemas técnicos, legais e de segurança às pessoas envolvidas na manutenção desta rede. Assim, definiu-se a necessidade de os inversores de geração distribuída detectarem quando entrarem em operação ilhada e se desconectarem da rede pública. Assim, tão logo isso ocorra, o equipamento deve cessar o fornecimento de corrente para o lado de corrente alternada, mesmo que o sistema fotovoltaico seja capaz de suprir a demanda de energia local.

Neste cenário, através da ABNT NBR 62116:2012, a ABNT definiu o procedimento de ensaio do sistema de anti-ilhamento, que deve estar presente em todos os inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica utilizados no Brasil.

Posteriormente, a ABNT estabeleceu os requisitos e procedimentos de inspeção da conexão entre os inversores de sistemas fotovoltaicos e a rede através das normas ABNT NBR 16149:2013 e ABNT NBR 16150:2013.

3.2.7.2. *Turbinas Eólicas*

A ABNT nacionalizou algumas partes da norma IEC 61400, que apresenta um conjunto de requisitos de projeto para garantir que turbinas eólicas sejam devidamente projetadas contra riscos de danos e com desempenho satisfatório. Além disso, também se recomenda a observação das partes não nacionalizadas pela ABNT. As partes mais importantes para aplicação em turbinas eólicas de pequeno porte são:

- IEC 61400-2: Requisitos de projeto para turbinas eólicas de pequeno porte;
- ABNT NBR IEC 61400-12-1: Medições do desempenho de potência de aerogeradores;
- ABNT NBR IEC 61400-21-1: Medição e avaliação das características da qualidade da energia de aerogeradores conectados à rede;
- IEC 61400-22: Ensaio de conformidade e certificação;
- IEC 61400-11: Técnicas de medição de ruído acústico;
- IEC/TS 61400-13: Medição de carregamentos mecânicos.

3.2.8. CONFAZ - Convênio ICMS 6/2013

Em abril de 2013, o Convênio ICMS 6 do (CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA, 2013) foi publicado no Diário Oficial da União, estabelecendo que a empresa distribuidora deve emitir, mensalmente, nota fiscal/conta de energia elétrica relativa à saída de energia elétrica com destino ao consumidor, na condição de micro ou de minigerador participante do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, contendo, dentre outras informações:

- O valor integral da operação, antes de qualquer compensação, correspondente à quantidade total de energia elétrica entregue ao destinatário, incluindo os valores e encargos inerentes à disponibilização da energia elétrica ao destinatário e o valor do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) próprio incidente sobre a operação;
- O valor correspondente à energia elétrica gerada pelo consumidor em qualquer dos seus domicílios ou estabelecimentos conectados à rede de distribuição operada pela empresa distribuidora e entregue a esta no mês de referência ou em meses anteriores, que for aproveitado, para fins de faturamento, como dedução do valor integral da operação;
- O valor total do documento fiscal cobrado do consumidor, o qual deverá corresponder ao valor integral da operação, ou seja, a quantidade total de energia elétrica entregue ao destinatário deduzida do valor correspondente à energia elétrica gerada pelo consumidor.

Ainda segundo este convênio, o consumidor, ao injetar energia elétrica na rede da empresa distribuidora, sujeita a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, fica dispensado de se inscrever no Cadastro de Contribuintes do ICMS se tal obrigação do consumidor fosse ocorrer apenas devido a esta prática energética. Em outras palavras, se o consumidor não necessitar do cadastro devido à outras atividades, como práticas comerciais, ele não irá necessitar apenas por participar do mecanismo de *net-metering*. Já se o consumidor já for contribuinte do ICMS, deverá, relativamente a tais operações, emitir, mensalmente, Nota Fiscal eletrônica-NF-e, modelo 55.

O Convênio ICMS 6, embora de caráter orientativo, cabendo a cada estado brasileiro publicar sua regulamentação própria para tratar do assunto, é polêmico ao estabelecer a incidência do ICMS sobre o consumo bruto de eletricidade proveniente da distribuidora, antes de qualquer compensação da geração própria, diminuindo a competitividade dos sistemas de micro e minigeração de energia, conforme apresentado posteriormente como uma das barreiras do setor, no tópico 5.3.1.

3.3. Incentivos

O setor de micro e minigeração elétrica no Brasil conta com alguns programas de incentivos para o seu desenvolvimento tecnológico e econômico, promovidas por instituições governamentais e privadas, apresentadas a seguir.

3.3.1. Flexibilização Temporária dos Índices de Nacionalização

A realização de leilões específicos para energia fotovoltaica, como instrumento de política energética e industrial, a exemplo do que ocorreu com a energia eólica, era uma expectativa da indústria nacional como incentivo à fabricação dos equipamentos em maior escala, com consequente redução dos custos e aumento de competitividade da tecnologia.

No 6º Leilão de Energia de Reserva, realizado pela ANEEL e operacionalizado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) em outubro de 2014, contratou-se 1.658,7 MW em novos projetos de parques eólicos e usinas solares para início de suprimento em 1º de outubro de 2017 e com contrato de geração por 20 anos. Este foi o primeiro leilão em que a fonte solar participou com um produto exclusivo, ou seja, não competindo com projetos de outras fontes. As primeiras 31 usinas solares vencedoras de leilões no país concentraram a maior parte da contratação do leilão, com 889,7 MW, e destacaram-se pelo alto deságio de 17,9 % em relação ao preço-teto de R\$ 262/MWh estabelecido, tendo preço médio final de R\$ 215,12/MWh.

Um incentivo que possibilitou a atratividade das usinas solares para participarem com um produto exclusivo foi a flexibilização do índice mínimo de nacionalização dos projetos fotovoltaicos conforme regras de financiamento definidos para o leilão. Geralmente, o índice fixo é de 60%, mas para este evento em específico se definiu que quanto mais uma empresa concorrente se compromettesse a adquirir componentes nacionais, incentivando assim também o desenvolvimento da indústria, melhores seriam as condições de financiamento, porém sem estabelecer um índice fixo. O financiamento, que prevê a cobertura de cerca de 70% do valor total dos projetos, possui como exigência básica que a moldura, os componentes elétricos e a montagem dos módulos fossem nacionais, incentivando o desenvolvimento destas indústrias. Já

itens como a fabricação de vidros, inversores e compostos de filme fino foram opcionais. Por sua vez, a fabricação de células no país concederia um bônus nas condições de financiamento.

3.3.2. Opções de Financiamento Existentes

Em 2014 foram instituídas algumas opções para financiamento da compra e instalação de sistemas de micro ou minigeração no país. A Caixa Econômica Federal, por exemplo, anunciou que os equipamentos de energia solar fotovoltaica e aerogeradores passaram a constar como itens financiáveis nos programas Construcard (pessoa física), para aquisição de materiais para construção, reforma e ampliação de imóvel residencial e Producard (pessoa jurídica), que visa à aquisição de insumos destinados à cadeia produtiva. A vigência do programa se iniciou em 28 de julho 2014, e os itens podem ser financiados em até 240 meses no caso do Construcard e em até 96 meses no caso do Producard, e com juros mais baixos, se comparados a outras opções no mercado.

Este incentivo possibilita a contratação de financiamento de sistemas fotovoltaicos e aerogeradores, por meio de produto bancário já conhecido pelo grande público, facilitando e aumentando a atratividade do investimento.

Em paralelo, a geração distribuída foi incluída no cartão BNDES, produto que, baseado no conceito de cartão de crédito, visa financiar os investimentos de micro, pequenas e médias empresas com crédito pré-aprovado e financiamento em até 48 vezes.

Por fim, correntistas pessoa física do Banco do Brasil possuem a possibilidade de financiamento através da linha BB Crédito Material de Construção e pessoas jurídicas na região Nordeste do país podem solicitar financiamento de equipamento de micro e minigeração ao Banco do Nordeste do Brasil, através do Programa de Financiamento à Sustentabilidade Ambiental (FNE Verde).

3.3.3. Plano Inova Energia – FINEP e BNDES

O Plano Inova Energia é uma iniciativa destinada à coordenação das ações de fomento à inovação e ao aprimoramento da integração dos instrumentos de apoio

disponibilizados pelo BNDES, pela ANEEL, e pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) com as seguintes finalidades:

- Apoiar o desenvolvimento e a difusão de dispositivos eletrônicos, microeletrônicos, sistemas, soluções integradas e padrões para implantação de redes elétricas inteligentes (*smart grids*) no Brasil;
- Apoiar as empresas brasileiras no desenvolvimento e domínio tecnológico das cadeias produtivas das seguintes energias renováveis alternativas: solar fotovoltaica, termossolar e eólica para geração de energia elétrica.

Assim, interessados podem obter recursos para prover soluções tecnológicas na linha de micro e minigeração de energia por fontes alternativas, com condições diferenciadas, e até subvenção, para financiar tais iniciativas de inovação.

Segundo a (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014), são disponibilizados 3 bilhões de reais para o período entre 2013 e 2016 do programa.

3.3.4. Instalação de Medidores Eletrônicos em Barueri - AES Eletropaulo

Através de recursos associados ao programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da ANEEL, financiado pela FINEP, se inicia a realização de projetos experimentais para instalação de medidores eletrônicos em algumas cidades, que poderá ser replicado posteriormente em outras com aprimoramentos devido à avaliação de quais soluções tecnológicas apresentaram melhor desempenho.

Em novembro de 2014, por exemplo, a (AES ELETROPAULO, 2014) anunciou um projeto para instalar 62 mil medidores eletrônicos inteligentes na cidade de Barueri, na Região Metropolitana de São Paulo. Viabilizado a partir da assinatura de contratos no valor de 29 milhões de reais com empresas como WEG, Siemens e Cisco, o projeto prevê a instalação destes equipamentos em todas as unidades comerciais, industriais, prédios públicos e residências da cidade até 2017.

3.3.5. Fundo Clima – BNDES / Ministério do Meio Ambiente

Visa disponibilizar recursos, inclusive não reembolsáveis, para financiar projetos, estudos e empreendimentos que tenham como objetivo a mitigação das mudanças climáticas e/ou adaptação aos seus efeitos. Na área de energia, o programa possibilita apoio a projetos de desenvolvimento tecnológico de fontes renováveis e outros voltados à micro e minigeração por sistemas isolados.

O valor mínimo do financiamento é de R\$ 3 milhões e em geral é exigido o mínimo de 60% de conteúdo nacional para os itens poderem ser financiáveis pelo BNDES.

3.3.6. Estádios da Copa do Mundo de Futebol

O Congresso Nacional sancionou a Lei nº 12.350, de 20 de dezembro de 2010, que instituiu o Regime Especial de Tributação (RECOM) para construção, ampliação, reforma ou modernização de estádios de futebol, tendo em vista a Copa do Mundo de 2014, realizada no Brasil. Tal lei suspendeu a exigência do Imposto de Importação (II), Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), Programa de Integração Social (PIS) e Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS) para a construção ou modernização dos estádios, o que possibilitou a redução da carga tributária de módulos fotovoltaicos de 27,64% para 6,4% e de inversores de 80,77% para 28,19%.⁶

Através deste incentivo e sendo um aspecto para se tornarem construções altamente sustentáveis, recebendo inclusive certificação concedida pelo *U.S. Green Building Council* (USGBC), se incorporou energia fotovoltaica em estádios como o Mané Garrincha, em Brasília (2,5 MWp), Maracanã, no Rio de Janeiro (390 kWp), Arena Pernambuco, em Recife (1,0 MWp) e Mineirão, em Belo Horizonte (1,42 MWp).

Uma vantagem das instalações realizadas nos estádios de futebol é que elas estão conectadas na rede elétrica local. Desta forma, a eletricidade gerada é injetada na rede pública caso o estádio esteja com baixo consumo energético, tipicamente quando não estão sediando um evento. Ao todo, 7 dos 12 estádios sede da Copa do Mundo se

---

⁶ Uma análise dos impostos incidentes nos sistemas fotovoltaicos é apresentada posteriormente no tópico 5.2.3.

comprometeram a utilizar energia solar fotovoltaica para atender às necessidades de operação.

Figura 17 – Montagem e estado final de usina solar na cobertura do Estádio Mineirão, em Belo Horizonte.

Fonte: (AMÉRICA DO SOL, 2014).

3.3.7. Cartilhas para Publicidade da Micro e Minigeração

O Ministério de Minas e Energia realizou acordo com a *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) e com o Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas para a América Latina (Ideal) para criação e publicação de duas cartilhas, denominadas:

- “Como faço para ter eletricidade solar em minha casa? ” - Informa o que é eletricidade solar e que hoje já é possível conectar um sistema fotovoltaico à rede elétrica, reduzindo a conta de luz e contribuindo para o combate das mudanças climáticas, e;
- “Como faço para ter energia eólica em minha casa? ” - Informa os tipos de microgeradores eólicos e traz um passo a passo com os procedimentos para a conexão à rede de equipamentos instalados em residências ou comércio, tirando dúvidas também sobre o Sistema de Compensação de Energia.

As cartilhas foram publicadas no início de 2015 através dos *websites* do Instituto Ideal e do América do Sol, que também disponibilizam exemplares impressos das suas cartilhas educativas gratuitamente para empresas do setor cadastradas em seus sites e

instituições de ensino, que poderão orientar seus clientes e estudantes sobre este tema com o apoio dos materiais.

3.3.8. Programa 50 Telhados – Instituto Ideal

Dentre as ações do Instituto Ideal para promover a microgeração de energia, o Projeto 50 Telhados foi lançado com o intuito de divulgar a geração distribuída a partir da fonte fotovoltaica, sendo executado por empresas instaladoras de diversas cidades do país que possuem o objetivo de alcançar a meta de instalar 50 telhados fotovoltaicos de 2 kWp em um prazo de dois anos. Com isso, a geração anual estimada ficaria em torno de 130 MWh em cada cidade beneficiada.

Este projeto, embora de menor alcance, é equivalente ao projeto alemão “1000 telhados”, que ajudou a impulsionar a energia solar fotovoltaica na Alemanha.

3.3.9. Fundo Solar – Instituto Ideal / *Grüner Strom Label* / GIZ

Iniciativa do Instituto Ideal em parceria com o *Grüner Strom Label* (GSL: Selo de Eletricidade Verde da Alemanha) que provêm recursos para incentivar a microgeração distribuída no Brasil através do apoio financeiro a consumidores residenciais e empresários para a instalação de geradores fotovoltaicos com até 5 kW de potência.

Para obter o benefício, o sistema precisará ser conectado à rede, integrado a uma edificação, participar do Sistema de Compensação de Energia (conforme previsto na REN 482/12) e ter projeto desenvolvido por empresa capaz de provar a sua experiência ou qualificação como instaladores solares.

O fundo disponibilizou um total de 65 mil reais, sendo que cada projeto recebeu no mínimo 1 mil reais e, no máximo, 5 mil reais, de acordo com a tarifa praticada pela distribuidora que atende ao microgerador e com o custo total do investimento.

Os recursos do programa provêm de lei alemã que estabelece que as geradoras centralizadas de eletricidade certificadas pelo GSL necessitam investir um valor fixo por kWh produzido em novas usinas de geração hidroelétrica, eólica, biomassa ou fotovoltaica. Os recursos podem ser aplicados segundo regras pré-estabelecidas ou

podem ser transferidos para que o GSL aplique diretamente em projetos que julgue estejam dentro de seus critérios de desempenho, que é o caso do Fundo Solar.

3.3.10. P&D Estratégico da ANEEL

Em 2011, a ANEEL lançou programa de pesquisa e desenvolvimento (P&D) denominado “Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira” através da chamada pública nº013/2011. Com prazo de execução determinado em 36 meses, os 17 projetos aprovados previam acréscimo, no total, de 24,6 MWp de geração fotovoltaica com investimentos da ordem de 395 milhões de reais, incluindo capacitação laboratorial e de recursos humanos.

Este programa foi lançado com o objetivo de ajudar a desenvolver a cadeia produtiva da energia solar, estimular a concorrência, reduzir custos e proporcionar a capacitação de instituições de pesquisa, empresas e profissionais, além de transferência de tecnologia, reduzindo a sua barreira de penetração e contribuindo no desenvolvimento tecnológico e de serviços. Posteriormente, também se espera que o conhecimento desenvolvido contribua no aprimoramento regulatório e tributário.

Como resultado, até o momento, temos que o programa está envolvendo diretamente 96 empresas, 62 instituições e aproximadamente 600 pesquisadores nos projetos, conforme informado pela (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014). Por fim, constata-se que alguns dos projetos aprovados não foram efetivados enquanto outros apresentam atrasos na entrega, sendo anteriormente previstos para o fim de 2014.

3.3.11. Incentivos Fiscais em Alguns Estados

A (CÂMARA DE COMÉRCIO E INDÚSTRIA BRASIL-ALEMANHA, 2012) constatou a existência de incentivos fiscais nos seguintes estados:

- Rio Grande do Norte - a produção de equipamentos relacionados à geração de energia elétrica a partir de produtos relacionados à geração de energia fotovoltaica e eólica pode receber de 75% a 100% de isenção do ICMS;

- Pernambuco – Possibilidade de usufruir até 10% de crédito do ICMS a ser recolhido, no caso de importador atacadista que realize a tramitação da importação nesse estado;
- Ceará – Instituiu, em 2009, um fundo de incentivo à energia solar no estado, denominado Fundo de Incentivo à Energia Solar do Ceará (FIES), através de subsídios para realizar a compensação do sobrepreço do custo da energia por fontes de recursos do governo estadual;
- Amazonas - Neste estado, empresas podem se estabelecer e realizar pleito junto à Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA) para obtenção de incentivos e isenções para as linhas de montagem industriais destinadas a fabricação de equipamentos: (i) Isenção do II na aquisição da mercadoria estrangeira destinada a consumo ou industrialização; (ii) Redução do IPI na venda para o mercado nacional; (iii) Alíquota diferenciada de PIS e COFINS na venda de mercadoria ao mercado nacional.

3.3.12. Selo Solar – Instituto Ideal / CCEE

Para que as empresas que hoje já apostam na energia fotovoltaica possam ser reconhecidas pelos seus consumidores, o Instituto Ideal e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) lançaram o Selo Solar, com o apoio da GIZ e do Banco Alemão de Desenvolvimento (KfW).

As informações de quais fontes energéticas são utilizadas para a fabricação de um produto ou na iluminação de um estabelecimento comercial, por exemplo, não chegam aos consumidores preocupados com o impacto ambiental das atividades das empresas do qual compra produtos ou serviços. Tendo isto em vista, o Selo Solar possibilita ao consumidor saber a origem de ao menos parte da energia consumida por tais empresas. Assim, a medida se torna um diferencial competitivo para os fabricantes e/ou lojas de serviços, por exemplo, ao possibilitar que estampem o Selo Solar em seus produtos e estabelecimentos, incentivando a adoção de sistemas de micro e minigeração de energia nos setores comerciais e industriais.

Figura 18 - Design do Selo Solar.

Fonte: (INSTITUTO IDEAL, 2015b).

3.3.13. Lei da Informática (11.077/04)

A produção de equipamentos destinados à geração de energia elétrica por fonte solar utiliza diversos produtos alcançados pela Lei da Informática (nº11.077/04), que estabelece isenções tributárias para bens de informática e de automação. No caso de inversores para sistemas de micro e minigeração de energia, cuja produção depende de um ambiente de custos favorável para a indústria nacional obter preços competitivos, há redução de 80% a 95% de IPI para o setor, dependendo da região do país. A partir de 2015, se iniciou uma redução destes percentuais, de forma que o incentivo deverá ser extinto em 2019.

3.4. Percepção dos Brasileiros diante da Microgeração

O Greenpeace em parceria com a *Market Analysis* desenvolveu uma pesquisa em nível nacional para explorar o conhecimento e as atitudes da população brasileira em relação à micro e minigeração de energia (GREENPEACE. MARKET ANALYSIS, 2014), obtendo informações importantes para melhor compreensão do potencial deste mercado no Brasil.

Os principais objetivos do estudo foram:

- Avaliar o nível de conhecimento da população brasileira sobre a REN 482/12 aprovada pelo governo e das diferentes fontes de microgeração de energia;

- Avaliar a percepção dos brasileiros sobre a microgeração de energia no país;
- Conhecer as percepções do público diante dos fatores condicionantes e efeitos que a implantação do sistema de microgeração de energia traz;
- Identificar o nível de disposição financeira dos brasileiros em instalar um sistema de microgeração de energia em suas residências.

3.4.1. Conhecimento sobre a REN 482/12

Ao avaliar o conhecimento sobre a proposta do governo de microgeração de energia renovável no último ano, apenas três em cada dez brasileiros afirmam conhecer muito ou alguma coisa sobre o tema. A maioria (71%) indica estar pouco ou nada ciente desta proposta, conforme resultados apresentados na Figura 19.

Figura 19 - Conhecimento da proposta oficial de microgeração de energia.

Fonte: (GREENPEACE. MARKET ANALYSIS, 2014).

3.4.2. Percepção dos Brasileiros sobre a microgeração de Energia no País

A pesquisa mostrou que a microgeração de energia solar é a mais popular, com cerca de 9 em cada 10 brasileiros afirmando ter conhecimento sobre ela, embora predomine a confusão com energia termossolar para aquecimento de água. O reconhecimento da geração residencial de energia eólica chega perto de 60%, o dobro do conhecimento da energia obtida por biomassa.

O estudo também apresentou que a grande maioria dos brasileiros apresenta boa receptividade e está interessada em saber mais sobre a microgeração de energia. Cerca de 9 em cada 10 percebem o tema como relevante e estão interessados em conhecer melhor esse modelo de geração de energia.

3.4.3. Percepções Diante dos Fatores Condicionantes e Efeitos da Implantação de um Sistema de Microgeração de Energia

A pesquisa mostra que existem dúvidas sobre a vantagem econômica desse modelo e que a adoção dos sistemas pela população está condicionada aos custos de instalação, sendo que 7 em cada 10 questionam as vantagens financeiras de adoção da microgeração de energia. Outra informação importante é que aproximadamente 8 em cada 10 entrevistados afirmam que adotariam o sistema se houvessem linhas de financiamento disponíveis, conforme apresentado na Figura 20.

Figura 20 - Atitudes dos brasileiros diante da Microgeração de Energia.

Fonte: (GREENPEACE. MARKET ANALYSIS, 2014).

Os efeitos da adoção de um sistema de microgeração de energia tendem a ser vistos de forma bastante positiva pelos brasileiros. O modelo é considerado benéfico para o

meio ambiente (90%), econômico para os usuários (87%) e desperta uma sensação de pioneirismo para aqueles que se engajam a adotar tais sistemas (86%).

Entretanto, persistem dúvidas quanto à viabilidade da medida. Uma grande parcela acredita que a adoção do sistema exigirá muitas mudanças na rotina pessoal (68%) e questiona se esse modelo seria de fato uma solução para os problemas de energia no país (64%).

3.4.4. Nível de Disposição Financeira em Instalar um Sistema de Microgeração

A pesquisa levantou que aproximadamente 4 em cada 10 brasileiros (43%) mostram alguma disposição de investir na instalação de um sistema de microgeração de energia limpa, sendo que, deste total, 16% declaram uma forte inclinação pela adoção.

Figura 21 - Disposição financeira em instalar um sistema de microgeração de energia.

Fonte: (GREENPEACE. MARKET ANALYSIS, 2014).

Assim, ainda que desconhecida por significativa parcela da população brasileira, o conceito de microgeração de energia gera curiosidade e atinge receptividade promissora, o que cria perspectivas positivas para o desenvolvimento do mercado.

3.5. Capacidade Tecnológica

A capacidade tecnológica é um importante fator na determinação do desenvolvimento de uma atividade econômica. Entretanto, como um todo, o Brasil atualmente apresenta

capacidade de fabricação apenas de parte dos equipamentos necessários à micro e minigeração fotovoltaica e eólica. Acima disso, falta desenvolver domínio tecnológico, visto que a capacidade de fabricação existente é apenas possível, em sua maioria, através de projetos e/ou modelos de produtos providos do exterior.

Os próximos tópicos apresentam, em específico, a capacidade tecnológica para fabricação, instalação e ensaios de equipamentos de sistemas fotovoltaicos e eólicos de pequeno porte.

3.5.1. Sistemas Fotovoltaicos

O Brasil possui a maior reserva de matéria-prima do mundo e é um dos líderes mundiais em mineração de silício e processamento para silício metalúrgico, utilizado para a fabricação dos lingotes, *wafers* e, sequencialmente, das células fotovoltaicas de silício cristalino; entretanto, historicamente, o país tem optado por investir em fontes de geração mais baratas, como as hidrelétricas.

Atualmente, o Brasil já transforma silício mineral para grau metalúrgico. Falta transformar o silício grau metalúrgico para grau solar e, depois, para célula fotovoltaica, utilizada na montagem dos painéis solares que geram a energia.

O país possui tecnologia apenas em nível laboratorial para realizar a purificação do silício ao grau solar, utilizado na fabricação das células fotovoltaicas de silício cristalino, e para a fabricação de células solares de filmes finos, preparadas através da deposição de materiais semicondutores de baixa espessura. Seja qual for a tecnologia, a produção doméstica neste segmento tem esbarrado na competição com os baixos custos da produção asiática.

A Figura 22 apresenta a cadeia produtiva dos sistemas fotovoltaicos e a presença de cada uma atualmente no país, onde em verde são os elos existentes.

Figura 22 – Presença de elos da cadeia produtiva dos sistemas fotovoltaicos no Brasil.

Mineração							
Silício			Outros				
Processamento e refinamento de materiais							
Silício Metálico Metalúrgico		Silício Grau Solar			Lingotes e Wafers		Outros
Produção de equipamentos							
Células		Módulos		Outros			
Si	c-Si	Filme Fino	Inversores	Cabos	Isoladores DC	Estruturas	Dispositivos de Proteção
Vendas							
Instalação							
Manutenção							
Desmantelamento e reciclagem							

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012).

A contratação de 889,7 MW em usinas solares para entrada em operação em 2017, como resultado do 6º Leilão de Energia de Reserva, em outubro de 2014, apresentado no tópico 3.3.1, cria uma nova perspectiva para o desenvolvimento da cadeia produtiva do setor no país, com a possível instalação de fabricantes de equipamentos ao longo dos próximos anos, como aconteceu com a energia eólica após sua consolidação na matriz energética nacional.

Conforme apresentado por (ROCHAS, 2014), em função da quantidade significativa de energia a ser entregue em três anos resultante deste leilão, com a tendência de realização de novos leilões públicos regulares e com algumas condições favoráveis, tais como créditos específicos para a fonte, os fabricantes estrangeiros de módulos fotovoltaicos e de inversores estão considerando o mercado brasileiro como estratégico para a expansão de seus negócios, com tendência à produção de tais tecnologias no país no médio ou longo prazo.

Em paralelo, até o momento, o Brasil tem dois fabricantes nacionais de módulos fotovoltaicos: a DYA Energia Solar, do grupo Tecnometal, com capacidade de produção anual de 25 MW, e a Globo Brasil, fundada em fevereiro de 2015 em Valinhos/SP. Ambas necessitam importar as células fotovoltaicas, além de comprar materiais de

suporte, como vidro, plástico e estruturas metálicas de indústrias nacionais para realizar a produção.

Assim, a expansão da fonte solar no Brasil deverá, em um primeiro momento, ser baseada, sobretudo, no uso de equipamentos importados. De acordo com (SILVA, 2015), neste cenário, há empresas no segmento de energia solar que já instalaram, estão instalando ou têm planos de instalar unidades fabris no Brasil. São os casos de: Astro Solar, sediada em Santos (estado de São Paulo); Orteng e Celf, a partir da transferência de tecnologia da empresa francesa ECM Technologies; Grupo Brasil Solair, na Paraíba; Eco Solar do Brasil, a partir de tecnologia transferida da empresa suíça Oerlikon; Aider Telecom, no Paraná; S4 Solar, em Anápolis; Foto Energy, em Minas Gerais; BYD, em Manaus; Pure Energy Geração de Energia, em Alagoas; Solar-Par, no Mato Grosso do Sul; Kyocera Solar do Brasil; a espanhola Isofoton, no Ceará; a portuguesa ViV Energia Renovável, na Bahia; as italianas Real Solar e Astra, no Rio Grande do Norte; Samsung; LG; Sharp; SunEdison; ABB; Yingli Green Energy do Brasil e WEG.

Além disso, (ROCHAS, 2014) afirma que uma demanda anual de 500 MW viabilizaria a instalação da indústria para a transformação do silício do grau solar para células solares no país. Já uma demanda de 1.000 MW anuais viabilizaria a realização do processo anterior, de transformação do silício metalúrgico ao grau solar.

Os leilões públicos para usinas solares de grande porte são essenciais para criar demanda e desenvolver o mercado de geração distribuída, permitindo queda nos preços dos equipamentos e o aumento de viabilidade econômica para instalação em residências, por exemplo.

Empresas de Micro e Minigeração - O Brasil possui diversas empresas realizando as atividades de vendas, instalação e manutenção de sistemas fotovoltaicos para micro e minigeração de energia, atuando principalmente na integração de sistemas, importando equipamentos ou comprando no mercado nacional, quando possível, e realizando a instalação e posteriores manutenções dos sistemas.

Pesquisa realizada em 2013 com 90 instaladoras nacionais por (MANOEL e KONZEN, 2014) mostra que apenas 37 (41%) instalaram algum sistema fotovoltaico naquele ano, sendo que praticamente metade destas (18) finalizou a instalação de apenas um sistema fotovoltaico. Assim, as empresas existentes em sua maioria possuem baixa experiência prática na instalação dos sistemas.

Como característica usual, enquanto não há aumento de demanda, parte destas empresas difunde o conhecimento oferecendo cursos pagos sobre o funcionamento da tecnologia, a regulamentação e mesmo prática de instalação, conforme descrito posteriormente no tópico 3.6.3.

3.5.2. Sistemas Eólicos

O mercado de energia eólica assume uma posição de destaque dentre as fontes renováveis no Brasil, havendo um contínuo crescimento do segmento de grande porte, fruto de ações governamentais de estímulo ao segmento. De acordo com (GIANNINI, DUTRA e GUEDES, 2013) nos últimos 12 anos, o setor brasileiro de energia eólica recebeu investimentos da ordem de 32 bilhões de reais⁷.

Segundo (LAGE e PROCESSI, 2013), o parque industrial brasileiro da cadeia produtiva de geração eólica é formado majoritariamente por empresas multinacionais cujo foco é o mercado de grande porte, em especial os fornecedores de naceles, mas também conta com empresas brasileiras, sobretudo no fornecimento de pás e torres.

Entretanto, enquanto o segmento de energia eólica de grande porte caminha em direção à sua consolidação definitiva no mercado energia, o segmento de pequeno porte ainda é embrionário no país, apenas com experiências pontuais até o momento.

De forma geral, o Brasil possui poucas empresas atuando na fabricação e comercialização de turbinas eólicas e equipamentos auxiliares voltadas para a geração de energia a partir de sistemas de pequeno porte. Atualmente, estas empresas possuem poucos modelos disponíveis e baixa escala de produção, reflexo do mercado

---

⁷ US\$14 bilhões, considerando que a cotação média foi de US\$ 1,00 = R\$ 2,24 no período de análise.

ainda incipiente. Entretanto, devido inclusive à incipiência deste mercado, até o momento não há estudos consolidados do atual panorama do setor no país.

Segundo (GIANNINI, DUTRA e GUEDES, 2013), no fim de 2013, sob encomenda do Ministério de Minas e Energia, o CEPEL iniciou um estudo sobre o panorama de desenvolvimento tecnológico dos aerogeradores de pequeno porte. Considerando aspectos como custos, certificação, nichos de aplicação e parque industrial estabelecido, o estudo está alinhado ao objetivo de fomentar tecnologias de baixo carbono diante de um mercado de aerogeradores de pequeno porte ainda desconhecido, porém com potencial no Brasil. Este estudo também inclui um diagnóstico deste mercado, avaliando os problemas existentes na cadeia produtiva, indicando os prováveis impactos de possíveis ações no setor e destacando possíveis aperfeiçoamentos na busca da promoção do mercado doméstico.

A primeira etapa da pesquisa, com resultados disponibilizados no início de 2015, indicou que a redução na conta de energia elétrica é a principal motivação dos consumidores com potencial para instalarem sistemas eólicos de pequeno porte, citada por 54% dos entrevistados. Em seguida, aparece a redução de emissão de gases do efeito estufa, lembrada por 18%. Com relação à disposição de investimentos, observa-se um entrave em relação aos custos atuais, visto que 61,2% disseram que estão dispostos a gastar até 10 mil reais para ter o sistema, valor abaixo da realidade atual. Apenas 4% indicaram disposição acima de 30 mil reais.

3.5.3. Equipamentos Comuns aos Sistemas

De acordo com a (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012), os inversores possuem processo produtivo similar aos de equipamentos eletrônicos para as áreas de informática, telecomunicações e geração de energia de grande porte, o que tem feito alguns fabricantes nacionais estenderem suas linhas de negócios, começando a produzir tais equipamentos. Entretanto, os inversores atualmente participando no mercado nacional são tipicamente os importados.

Com relação a baterias, o Brasil possui poucos fabricantes de baterias estacionárias atendendo aos requisitos técnicos necessários para desempenho ótimo dos sistemas

de micro e minigeração. Além disso, os consumidores constatarem que muitas vezes estes modelos não estão disponíveis para pronta entrega. Diante deste cenário, é frequente observar consumidores importando tais equipamentos ou ainda utilizando baterias de características que não atendem às necessidades de sistemas energéticos, como as automotivas, desconhecendo a perda de desempenho ocasionada.

Os demais componentes dos sistemas de micro e minigeração, como cabos, proteções e estruturas, possuem fabricação no Brasil, sendo que em alguns casos são necessárias adaptações à linha de fabricação original para a utilização ser possível. Já os componentes importados também possuem significativa participação no mercado nacional, especialmente conectores, cabos solares e componentes elétricos de baixa tensão para corrente contínua.

3.5.4. Laboratórios para Ensaio e Certificações

Com o objetivo de incentivar a inovação e a evolução tecnológica dos produtos, estabelecer requisitos de segurança para os produtos, de modo que seja minimizada a possibilidade de um acidente de consumo e de funcionar como instrumento para estimular a fabricação de aparelhos e equipamentos energeticamente mais eficientes, o Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO) coordena o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), avaliando diversos produtos, desde fogões até módulos fotovoltaicos. A etiquetagem de um produto é a forma de evidenciar o atendimento a requisitos de desempenho estabelecidos em normas e regulamentos técnicos.

3.5.4.1. Módulos Fotovoltaicos

A partir de 2005, o INMETRO começou a investir na capacitação laboratorial de universidades e centros de pesquisa para realização dos ensaios determinados pelo PBE para módulos fotovoltaicos, controladores de carga, inversores CC/CA, e baterias.

Os ensaios para sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica devem atender aos critérios de avaliação estabelecidos pela portaria nº 004/2011 do INMETRO, dentre as quais, avaliando os módulos fotovoltaicos em condições nominais e extremas de

funcionamento, garantindo uma qualidade mínima de segurança e de eficiência energética.

O início do programa de etiquetagem para módulos fotovoltaicos teve início em abril de 2010, quando o INMETRO avaliou a eficiência energética de 51 modelos de 12 fabricantes. Em 2014, a avaliação do (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2014) já contava com 702 modelos de 103 fabricantes.

Atualmente, segundo o (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2015), há oito laboratórios nacionais realizando ensaios em módulos fotovoltaicos, dentre eles, os pioneiros a realizarem tais atividades foram:

- Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo - IEE/USP;
- Laboratório de Energia Solar/Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS;
- Laboratório de Energia Solar do Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energética da Universidade Federal do Pará - LES/GEDAE/UFPA.

A condição para um módulo fotovoltaico ser aceito no PBE é ser bem-sucedido em testes de isolamento elétrico e possuir potência medida entre -5% e +10% da potência nominal informada. Com o valor da potência, da medição da área externa dos módulos e com base na definição de eficiência energética de módulos apresentada no tópico 2.1.3, a classificação estabelecida pelo INMETRO é apresentada na Figura 23.

Figura 23 - Classificação de eficiência energética de módulos fotovoltaicos pelo INMETRO.

CLASSES	ÍNDICE DE MÓDULO		EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
	SILÍCIO CRISTALINO	FILMES FINO	
A	EE > 13,5	EE > 9,5	Mais eficiente Menos eficiente
B	13,5 >= EE > 13,0	9,5 >= EE > 7,5	
C	13,0 >= EE > 12,0	7,5 >= EE > 6,5	
D	12,0 >= EE > 11,0	6,5 >= EE > 5,5	
E	EE < 11,0	EE < 5,5	

Fonte: (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2014).

Analisando os dados obtidos nas avaliações de 2010, 2012 e 2014, observamos a seguinte evolução nos módulos solares comercializados no Brasil:

Figura 24 - Evolução na eficiência energética dos módulos FV comercializados no Brasil.

Fonte: Elaboração Própria.

Assim, verifica-se que em quatro anos a proporção de módulos fotovoltaicos com maior eficiência comercializados no Brasil aumentou de 24% para 81% enquanto que todas as demais categorias, de menor eficiência, perderam participação no mercado.

Assim, o Programa Brasileiro de Etiquetagem cumpre o seu papel de estimular a competitividade da indústria, que deverá fabricar produtos cada vez mais eficientes, e de influenciar a escolha dos consumidores, provendo informações para decisões de compra mais conscientes.

3.5.4.2. Equipamentos para Sistemas Fotovoltaicos

Além dos módulos fotovoltaicos, a portaria n.º004/2011 do INMETRO, atualizada pela portaria INMETRO nº357 de 01/08/2014 estabelece os critérios de avaliação de controladores de carga de baterias, inversores para sistemas autônomos com potência nominal entre 5 W e 10 kW, inversores para sistemas conectados à rede com potência nominal de até 10 kW e de baterias para os sistemas de micro e minigeração.

Dentre estes equipamentos, em 2014 o INMETRO avaliou pela primeira vez o consumo de inversores para sistemas fotovoltaicos, iniciando com a etiquetagem de um modelo de um fabricante, e de baterias, com a etiquetagem de 25 modelos de dois fabricantes.

3.5.4.3. *Sistemas Eólicos de Pequeno Porte*

Até março de 2015, embora em desenvolvimento, ainda não há portaria INMETRO estabelecendo os critérios de avaliação de equipamentos para sistemas eólicos de pequeno porte, garantindo uma qualidade mínima de eficiência energética e de segurança. Consequentemente, ainda não há laboratórios credenciados para realização de etiquetagem destas turbinas, embora haja dois laboratórios aptos a realizar ensaios de máquinas eólicas, de acordo com (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2015):

- Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - LABELO/PUCRS - através de em túnel de vento;
- Centro Brasileiro de Energia Eólica – CBEE/UFPE - através de área de testes no litoral.

A certificação é um diferencial competitivo global e a participação destes equipamentos no PBE pelo INMETRO irá incentivar a evolução de qualidade de tais equipamentos.

3.6. **Capacitação Profissional**

O desenvolvimento do mercado de micro e minigeração de energia exige a formação de mão de obra qualificada para a adequada realização de P&D, fabricação de equipamentos, projetos, instalação, manutenção e tratamento dos resíduos dos sistemas. Pela característica deste mercado de escalonamento das instalações, os segmentos de fabricação e de serviços deverão concentrar grande parte das oportunidades de atuação dos profissionais no mercado doméstico, garantindo efeitos benéficos sobre as economias locais.

A Figura 25 apresenta a quantidade média de empregos gerada pelas fontes energéticas habilitadas para o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, baseada

em experiências internacionais analisadas por (SIMAS, 2012), com uma média de 68 empregos por MW gerados.

Figura 25 - Experiência internacional na geração de empregos com micro/minigeração.

Fonte: Adaptado de (SIMAS, 2012).

A atual previsão da (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014) é que haja crescimento do mercado de forma que em 2023 haja a instalação anual de 160 MWp de sistemas fotovoltaicos distribuídos (não foi realizada análise para sistemas eólicos), o que, pela experiência internacional, demandará uma força de trabalho estimada de 13 mil profissionais no setor.

3.6.1. Cursos de Graduação

O Brasil conta com cursos de engenharia específicos para energias renováveis nas seguintes universidades, formando profissionais habilitados a projetar, construir e operar sistemas de geração de energia a partir de fontes renováveis, especialmente as de médio e pequeno porte:

- Universidade Federal do Ceará (UFC) – Fortaleza/CE;
- Universidade Federal da Integração Latino Americana (UNILA) – Foz do Iguaçu/PR;
- Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) – Chapecó/SC;
- Universidade Federal do Pampa (Unipampa) – Bagé/RS;
- Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – João Pessoa/PB.

Outras instituições englobam o ensino de energias renováveis dentro da grade curricular de Engenharia Elétrica, entre as quais temos:

- Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo/SP;
- Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – Campinas/SP;
- Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Rio de Janeiro/RJ;
- Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Porto Alegre/RS;
- Universidade Federal do ABC (UFABC) – Santo André/SP.

Entretanto, conforme apresentado por (GOMES, 2012), o Brasil possui déficit na formação de engenheiros eletricitas. Considerando todas as áreas da engenharia, o país forma anualmente 40 mil engenheiros, mas possui déficit de formação de 20 mil profissionais.

3.6.2. Cursos de Especialização

Nos últimos cinco anos, com a crescente demanda por capacitação em energias renováveis no Brasil, uma razoável quantidade de especializações teve início, ou seja, cursos de pós-graduação *latu sensu*, importantes para desenvolver o processo de verticalização do conhecimento sobre o assunto em profissionais de nível superior.

Dentre as universidades e instituições com cursos de pós-graduação na área, temos:

- Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU) – João Pessoa/PB;
- Faculdade de Tecnologia do Nordeste (FATENE) – Fortaleza/CE;
- Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) – Porto Alegre/RS;
- Universidade de Pernambuco (UPE) – Recife/PE;
- Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo/SP;
- Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Curitiba/PR.

3.6.3. Cursos de Capacitação Técnica

Atualmente, parte das empresas nacionais integradoras de sistemas fotovoltaicos de pequeno porte, enquanto não há aumento de demanda de instalação, oferecem cursos de capacitação técnica de curta duração como fonte de receita, atendendo à demanda

de profissionais e entusiastas da área em aprender mais sobre a tecnologia deste mercado incipiente.

Pesquisa realizada pelo (INSTITUTO IDEAL, 2014) levantou nove empresas oferecendo tais cursos, distribuídas entre as cidades de São Paulo, Campinas, Ribeirão Preto, Florianópolis, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Palhoça.

Entre os cursos há capacitação para compreensão dos fundamentos dos sistemas fotovoltaicos, desenvolvimento de projetos e de instalação de sistemas.

Entretanto, cursos técnicos similares não são encontrados para sistemas eólicos de pequeno porte, embora instituições como o SENAI ofereçam cursos para sistemas eólicos como um todo, visando à formação de profissionais para o mercado de grande porte.

3.7. Perspectivas

O (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2013) prevê que em curto prazo, a micro e minigeração não deve ter grande crescimento devido à queda nas tarifas de energia ao consumidor causada pela Medida Provisória nº 579/2012, convertida na Lei nº 12.783/2013. Entretanto, mantendo-se a tendência de queda nos custos das tecnologias de micro e minigeração de energia, especialmente da fotovoltaica, onde há estimativa de redução de quase 50% no custo do custo de investimento até 2020 segundo (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2013), e a perspectiva de aumento das tarifas de energia, a paridade tarifária deverá ser atingida em parte significativa da rede elétrica nacional e, assim, a expectativa é que a fotovoltaica se desenvolva gradualmente no longo prazo.

No Plano Decenal de Expansão de Energia 2023 do (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014), estima-se que em 2023, haverá uma capacidade instalada de 664 MWp de micro e minigeração, devido principalmente à inserção de sistemas de geração fotovoltaica nas classes residenciais e comerciais, não considerando os sistemas eólicos de pequeno porte como relevantes neste período.

A evolução da capacidade instalada estimada é baixa em comparação a outros países, como mostrado nos trabalhos de (WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION, 2014), que analisa o mercado global de eólica, e a (EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION, 2014), que avalia o mercado global de fotovoltaica. Além disso, o valor de energia estimado no horizonte decenal do PDE2023 é inferior ao valor estimado no PDE2022, que havia sido de 1,4 GWp (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2013). De acordo com os autores, esta forte diminuição ocorreu em virtude da mudança na tributação da geração distribuída, orientada pelo Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ) em 2013, que diminuiu a atratividade do investimento e levou a uma projeção mais conservadora, conforme abordado no tópico 5.3.1.

Uma nota técnica publicada pela (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014) indica também uma entrada de potência significativa primeiramente no setor comercial, por atingir paridade tarifária mais rapidamente que no setor residencial.

A Tabela 4 apresenta previsão da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) sobre o número de consumidores que instalarão painéis fotovoltaicos até 2023.

Tabela 4 – Cenário do número acumulado de unidades consumidoras com sistemas fotovoltaicos.

Segmento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Residencial	339	677	1.355	2.972	9.609	24.539	54.036	102.387	140.011
Comercial	616	1.676	3.735	6.407	9.912	14.936	17.268	19.238	21.349
Total	955	2.353	5.090	9.379	19.521	39.475	71.304	121.624	161.360

Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014).

Não há estudo equivalente para sistemas eólicos de pequeno porte, entretanto, considerando que, conforme apresentado por (DANTAS, 2014), entre as fontes de energia, até o momento as centrais geradoras fotovoltaicas respondem por 81,7% dos pedidos de acesso e conexões, enquanto as centrais eólicas correspondem por 9,92% e demais fontes por 8,39%. Adotando a premissa de que essa proporção se manterá

até 2023, podemos realizar uma estimativa do número de sistemas eólicos de pequeno porte no Brasil, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Cenário estimado do número acumulado de unidades consumidoras com sistemas eólicos.

Segmento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Residencial	41	82	165	361	1.167	2.980	6.561	12.432	17.000
Comercial	75	203	454	778	1.204	1.814	2.097	2.336	2.592
Total	116	286	618	1.139	2.370	4.793	8.658	14.768	19.592

Fonte: Elaboração Própria.

O estudo da (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014) ainda apresenta a perspectiva do momento em que se deverá obter paridade tarifária dos sistemas fotovoltaicos de pequeno porte, ou seja, quando o custo nivelado médio deste tipo de geração própria se igualar ou se tornar inferior que a tarifa regulada, paga pelo consumidor para sua concessionária de distribuição.⁸ A partir deste momento, deverá haver maior dinamismo do mercado. A Figura 26 apresenta o resultado do estudo:

Figura 26 - Previsão de viabilidade do mercado potencial pela EPE com dados de julho/2013.

Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014).

No estudo, expurgou-se o efeito da inflação no período, por se constatar que os aumentos tarifários entre 2005 e 2012 estiveram dentro da inflação anual, acrescentou-se o ICMS médio vigente em 2013 para cada distribuidora e classe de consumo e se

⁸ Na avaliação de paridade tarifária, o custo de geração deve considerar o custo de aquisição, instalação e operação de planta de geração própria, amortizado ao longo da vida útil considerada e a taxa de remuneração de capital obtido.

considerou a configuração do parque gerador nacional existente no momento da análise, em julho de 2013, desconsiderando-se efeito do custo marginal de expansão.

No gráfico, a redução tarifária média de 16% entre 2012 e 2013 apresentada é reflexo da lei nº 12.783/2013, que trata da renovação das concessões. Na sequência, com a tarifa real média cobrada pelas distribuidoras tendo reajustes dentro da inflação e com a evolução do custo nivelado médio da geração fotovoltaica distribuída esperada com base em estudos internacionais, a perspectiva da EPE é que o mercado potencial se viabilizará aproximadamente em 2021.

Entretanto, este estudo da EPE utilizou tarifas finais ao consumidor de julho de 2013, ou seja, não considerando os reajustes tarifários determinados pelo governo em 2014 e de 2015, que superaram a inflação, em virtude da condição hidrológica desfavorável verificada, conforme apresentado no tópico 3.1.4.

Considerando esta significativa mudança do cenário tarifário, ou seja, o reajuste médio de 18,66% na tarifa de energia elétrica (com base nos clientes da AES Eletropaulo) ocorrida em meados de 2014, da elevação média de 27,6% prevista nas tarifas em 2015 pelo (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2015), pelos motivos descritos no tópico 3.1.4, e considerando que posteriormente ela deverá sofrer ajustes dentro da inflação, temos que uma perspectiva atualizada é de que a paridade tarifária poderá ser obtida ainda em 2015, conforme ilustrado na Figura 27.

Figura 27 - Previsão de viabilidade do mercado potencial com previsão de tarifas de 2015.

Fonte: Elaboração Própria.

4. Maturidade do Setor de Micro e Minigeração no Brasil

Após o levantamento das informações sobre a conjuntura da inserção da micro e minigeração no Brasil, considerando seus aspectos técnicos, regulatórios e econômicos, abordando como este novo conceito de geração e conexão à rede de distribuição de energia têm sido implantado no Brasil, neste capítulo desenvolve-se uma análise crítica e mensurável da atual maturidade do setor, isto é, do atual estágio de desenvolvimento e da margem de evolução possível nos aspectos mais relevantes para esta atividade, ou seja, regulações, incentivos, capacidade tecnológica e capacitação profissional de mão de obra.

A definição de critérios para se avaliar a maturidade do setor de micro e minigeração de energia elétrica dentro de um país e a realização da avaliação no Brasil, com base na conjuntura apresentada no capítulo 3, facilita a identificação das possíveis barreiras existentes ao desenvolvimento do setor, apresentadas posteriormente no capítulo 5.

4.1. Desenvolvimento Observado no Setor

O mercado de geração distribuída encontra-se num estágio inicial de desenvolvimento no Brasil e ainda apresenta diversos desafios para seu desenvolvimento. Um ano após o marco inicial disposto pela REN 482/12 da ANEEL, se verificava que o Sistema de Compensação de Energia Elétrica contava apenas com 38 centrais gerando e fornecendo energia para as distribuidoras. Já em 4 de Fevereiro de 2015, o Banco de Informações de Geração (BIG) da (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2014b) apresentava que o Sistema de Compensação de Energia possuía apenas 295 sistemas fotovoltaicos, totalizando capacidade instalada de 3,9 MW, e 20 sistemas eólicos, totalizando apenas 52 kW, dentro de um universo de 74 milhões de consumidores, o que mostra um crescimento tímido do mercado após quase três anos do estabelecimento dos primeiros incentivos de órgãos públicos e privados e da promulgação de regulações específicas voltadas para o crescimento do setor.

A Figura 28 apresenta mapa da localização das unidades consumidoras brasileiras com micro ou minigeração no Brasil em 30/09/2014.

Figura 28 - Mapa de Micro e Minigeradores no Brasil em 30/09/2014.

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2014a).

Assim, atualmente o Brasil possui pequena capacidade instalada em sistemas de micro e minigeração. Em contraste, em 2012, enquanto o Brasil publicava a resolução normativa inicial para evolução deste mercado, a Alemanha, país referência mundial na utilização de sistemas de energia de pequeno porte, já contava com uma capacidade instalada de aproximadamente 25 GWp através de sistemas de micro e minigeração de energia, conforme dados apresentados por (FRAUNHOFER INSTITUTE FOR SOLAR ENERGY SYSTEMS ISE, 2014) e (WIRTH, 2014). Em 2015, a Alemanha possui mais de 1 milhão de micro e minigeradores de energia que agregam uma capacidade instalada de aproximadamente 30 GWp ao sistema elétrico nacional daquele país.

Conforme apresentado no capítulo 3, o Brasil, embora ainda com pequena capacidade instalada, tem realizado ações que representam avanços nas esferas regulatória, tributária, normativa, de fomento econômico e de pesquisa e desenvolvimento, oriundas de diversos agentes, porém que se mostraram insuficientes para um maior dinamismo do mercado até o momento.

As evoluções do domínio tecnológico e dos preços globais de módulos fotovoltaicos, turbinas eólicas e inversores são aceleradas nos países que conseguem criar um dinamismo neste setor da economia, de acordo com o desenvolvimento tecnológico e maior inserção das tecnologias no mercado. Considerando que, em paralelo, há apenas um tímido crescimento do setor no Brasil, temos que o país atravessa um considerável atraso relativo, comprometendo sua competitividade e posicionamento global no setor.

4.2. Análise de Maturidade da Micro e Minigeração no Brasil

4.2.1. Conceito de Matriz de Maturidade

A matriz de maturidade é uma ferramenta utilizada para análise do estágio de desenvolvimento e da margem de evolução possível nos aspectos mais relevantes à competitividade de atividades de diversas naturezas, por exemplo:

- Processos internos de organizações;
- Desenvolvimento de *Software*;
- Gestão da Cadeia Logística (*Supply Chain*);
- Planos Diretores de Automação Industrial.

A matriz de maturidade consiste em um simples conjunto de cinco afirmações em cada aspecto relevante para uma atividade, podendo-se assim avaliar cada aspecto em uma escala de 1 a 5, onde 1 é o menor nível de maturidade e 5 o maior nível de maturidade, ou seja, o nível 5 significa um estágio excelente de desenvolvimento. Para cada aspecto, avaliam-se quais das cinco afirmações melhor corresponde à situação da área através de embasamento da conjuntura da atividade (no caso desta dissertação com base no conteúdo apresentado no capítulo 3). Obtém-se então a classificação desta atividade para determinado aspecto, de acordo com o nível correspondente à afirmação que melhor descreve seu estágio de desenvolvimento.

Assim, na matriz de maturidade as colunas são os aspectos relevantes da atividade, enquanto as cinco linhas contêm as afirmações dos níveis de maturidade de 1 a 5. O resultado da matriz de maturidade consiste em um conjunto de notas, ou seja, uma nota na escala de 1 a 5 para cada aspecto avaliado.

As afirmações de cada nível são elaboradas de forma que para a atividade ter maturidade minimamente satisfatória para o objetivo que se deseja, é preciso que a cada aspecto seja avaliado no mínimo como nível 3.

O resultado da avaliação pela matriz de maturidade permite a reflexão e debate de quais são os atuais gargalos para se obter a maturidade desejada da atividade avaliada e assim facilita a identificação de barreiras e respectivas soluções para se alcançar este desenvolvimento.

Por fim, é importante observar que as matrizes de maturidade são vivas, ou seja, para uma dada atividade, os critérios de estágios de desenvolvimento podem mudar no decorrer dos anos, devido à provável evolução da atividade neste período. Desta forma, uma matriz de maturidade elaborada em um dado ano provavelmente conterá afirmações diferentes ou até mesmo aspectos relevantes diferentes de uma elaborada 5 anos depois, por exemplo. Portanto, recomenda-se realizar a avaliação periodicamente, analisando a evolução da atividade e novas barreiras existentes, para se chegar então a novas possíveis soluções.

4.2.2. Matriz de Maturidade para Micro e Minigeração

Com base na experiência profissional prévia do autor desta dissertação de utilizar a metodologia na área de Planos Diretores de Automação Industrial, propõe-se a utilização da matriz de maturidade na área de estudo, ou seja, para avaliação crítica e mensurável dos principais aspectos relevantes para se estabelecer ambiente favorável a um desenvolvimento consistente do mercado de micro e minigeração no Brasil, ou seja: Regulação, Incentivos, Capacidade Tecnológica e Capacitação Profissional.

Conforme o conceito explicado no tópico 4.2.1, a Tabela 6 apresenta a matriz de maturidade desenvolvida pelo autor desta dissertação para avaliação do mercado de micro e minigeração no Brasil, com as afirmações de cada nível tendo sido elaboradas de forma que para a atividade ter maturidade minimamente satisfatória para o objetivo que se deseja, seja preciso que cada aspecto seja avaliado no mínimo como nível 3.

Tabela 6 - Matriz de maturidade para desenvolvimento sustentável da micro e minigeração de energia elétrica.

Nível de Maturidade	Regulação	Incentivos	Capacidade Tecnológica	Capacitação Profissional
1	Ausência de regulação específica	Ausência de incentivos	Ausência de cadeia produtiva de equipamentos necessários	Nº de profissionais com qualificação específica na área insuficiente para desenvolvimento do mercado
2	Regulação insuficiente para mercado potencial atual	Incentivos insuficientes para aquecimento do mercado	Cadeia produtiva incompleta e altos custos de importação	Nº de profissionais suficiente, porém, na média, com baixa qualificação específica para desenvolvimento do mercado
3	Regulação suficiente para mercado potencial atual, porém insuficiente para novas tendências	Incentivos suficientes para aquecimento do mercado	Cadeia produtiva incompleta, porém com custos de importação competitivos	Nº de profissionais qualificados suficientemente para o desenvolvimento do mercado
4	Regulação suficiente para mercado potencial atual e para novas tendências	Incentivos suficientes para aquecimento do mercado e propiciando alta demanda	Cadeia produtiva completa e com custos competitivos	Nº de profissionais qualificados suficientemente para o desenvolvimento do mercado e com domínio tecnológico
5	Regulação suficiente para mercado potencial atual, para novas tendências e propiciando modelos de negócio inovadores	Incentivos suficientes e propiciando adoção ou criação de modelos de negócio inovadores	Cadeia produtiva completa, com custos competitivos e gerando inovação tecnológica	Nº de profissionais qualificados suficientemente para o desenvolvimento do mercado e gerando inovação tecnológica

Conforme explicado anteriormente, a matriz de maturidade é uma ferramenta viva, ou seja, reflete o que se considera níveis suficientes e insuficientes diante da atual conjuntura do setor e de suas necessidades. Por exemplo, devido ao atual baixo dinamismo do setor de micro e minigeração no Brasil e constatando a importância dos incentivos governamentais no desenvolvimento do setor em outros países, temos que, no cenário atual, uma conjuntura favorável ao crescimento da atividade inclui a necessidade de incentivos suficientes para aquecimento do mercado. Entretanto, em longo prazo é desejado que o setor não dependa de incentivos para ser competitivo. Assim, caso a metodologia seja aplicada novamente daqui 10 anos, por exemplo, a matriz de maturidade deverá ser atualizada com os critérios que melhor descrevam o que será, nesta época futura, um ambiente favorável à competitividade e evolução do setor.

4.2.3. Resultado da Análise da Micro e Minigeração no Brasil

Com base no estudo da conjuntura da micro e minigeração de energia elétrica no Brasil apresentado no capítulo 3, onde se descreveu o estágio de desenvolvimento atual de cada um dos aspectos avaliados nesta matriz, podemos classificar a atual maturidade do setor no país, obtendo o seguinte resultado:

Tabela 7 - Resultado da análise da atual maturidade da micro e Minigeração no Brasil.⁹

Aspecto	Maturidade	Descrição
Regulação Vigente	2	Regulação insuficiente para mercado potencial atual
Incentivos	2	Incentivos insuficientes para aquecimento do mercado
Capacidade Tecnológica	2	Cadeia produtiva incompleta e altos custos de importação
Capacitação Profissional	1	Nº de profissionais com qualificação específica na área insuficientes para desenvolvimento do mercado

Esta classificação é obtida principalmente pela análise dos seguintes fatos apresentados previamente:

⁹ A classificação da maturidade atual de cada aspecto relevante do setor de micro e minigeração no país apresentada é baseada no entendimento pessoal do autor da dissertação com base na análise da conjuntura do setor apresentada no capítulo 3.

- **Regulação Vigente:** A REN 482/12, apresentada no item 3.2.1, é suficiente para regulamentação do mercado no Sistema de Compensação de Energia, porém a perda de créditos de energia após três anos do mês de injeção daquele excedente gerado, caso não consumidos pelos usuários geradores, tende a limitar a capacidade instalada dos sistemas projetados, visto que o excedente de energia injetada não contribui para um melhor retorno do investimento, sendo apenas transformada em modicidade tarifária do sistema elétrico. Outro ponto é que o sistema *net-metering* não possibilita a venda de energia, sendo menos atrativo ao consumidor que o *feed-in tariff*, por exemplo. Além disso, a incidência de ICMS na energia gerada pelo micro ou minigerador através do convênio CONFAZ apresentado no tópico 3.2.8 afasta investimentos na área, tornando a regulação não atraente e insuficiente para o mercado potencial;
- **Incentivos:** Três anos após o estabelecimento dos primeiros incentivos de órgãos públicos e privados, observa-se, em 2015, que o país possui aproximadamente apenas três centenas de micro ou minicentrals conectadas à rede dentro de um universo de 74 milhões de consumidores;
- **Capacidade Tecnológica:** O país apresenta cadeia de produção incompleta para os sistemas fotovoltaicos e eólicos de pequeno porte e altos custos de importação. Embora exista a perspectiva de desenvolvimento da cadeia produtiva para sistemas fotovoltaicos para atender a demanda de contratação dos leilões de energia de usinas de grande porte, que deverão ser realizados com maior frequência, em um primeiro momento a importação de equipamentos deve prevalecer. Já o setor de equipamentos para turbinas eólicas de pequeno porte é existente, porém com poucas empresas fabricando poucos modelos de turbinas e equipamentos, muitas vezes não competitivos;
- **Capacitação Profissional:** O número de profissionais com qualificação específica em sistemas de micro e minigeração pelas tecnologias fotovoltaica e eólica para desenvolvimento do setor e atendimento do mercado potencial é insuficiente.

De forma gráfica, podemos apresentar a maturidade do setor de micro e minigeração de energia elétrica no Brasil conforme Figura 29, onde as células em

azul representam os atuais níveis de maturidade seguindo a matriz apresentada na Tabela 6:

Figura 29 – Atual maturidade de aspectos do setor de micro e minigeração no Brasil.

Fonte: Elaboração Própria.

Conforme explicado anteriormente, para que uma atividade avaliada pelo método tenha maturidade minimamente satisfatória para o objetivo que se deseja, é preciso que cada aspecto possua uma avaliação mínima de nível 3. Assim, a maturidade atual do setor de micro e minigeração de energia elétrica no Brasil é insuficiente para se obter um desenvolvimento mais consistente e dinâmico do setor.

O próximo capítulo apresenta as barreiras identificadas que possivelmente impedem uma evolução da maturidade do setor de micro e minigeração no Brasil.

5. Barreiras Identificadas

Este capítulo apresenta as barreiras ao desenvolvimento do setor de micro e minigeração de energia no Brasil identificadas através da análise de conjuntura apresentada no capítulo 3, da avaliação de maturidade do e da margem de evolução possível nos aspectos mais relevantes para esta atividade, ou seja, regulações, incentivos, capacidade tecnológica e capacitação profissional de mão de obra, apresentada no capítulo 4, e de consultas a profissionais de distribuidoras, fabricantes, empresas projetistas, instaladoras e a consultores do setor energético.

Para maior disseminação da micro e minigeração de energia no Brasil, propõe-se avaliar as possíveis barreiras existentes e desenvolver soluções para superá-las. Assim, o estudo apresentado neste capítulo estabelece as bases para que, na sequência deste trabalho, no capítulo 6, se apresente propostas de ações que impulsionem o desenvolvimento do setor no país.

5.1. Incertezas e Dificuldades de Distribuidoras de Energia

O (INSTITUTO IDEAL, 2014) apresenta que as experiências de consumidores e instaladores de sistemas de micro e minigeração na interface com as distribuidoras de energia são heterogêneas, sendo que algumas distribuidoras demonstram uma atitude aberta e cooperativa à geração distribuída enquanto outras demonstram desmotivação sobre o tema, não correspondendo com a devida atenção esperada nas solicitações de conexão à rede. Observa-se que algumas enfrentam dificuldades para adaptar seus procedimentos e o atendimento ao cliente, seja antes ou após a instalação. Além disso, a (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014) afirma que a grande maioria das contribuições das distribuidoras no debate sobre o tema com a EPE e com a ANEEL antes da REN 482/12 foi de opiniões contrárias à conexão da micro e minigeração distribuída na rede pública.

A desmotivação relatada é influenciada por questões como as incertezas comerciais e técnicas caso haja uma grande disseminação do conceito entre a população, como descrito nos próximos subtópicos, ocasionando problemas de atendimento como atrasos nos processos de liberação do acesso.

5.1.1. Incertezas Comerciais para Contratação de Energia

As incertezas na taxa de crescimento da participação da micro e minigeração na matriz elétrica nacional dificultam as projeções das necessidades de contratação de energia nova pelas distribuidoras, realizadas com até cinco anos de antecedência, de acordo com a atual regulação, o que aumenta o risco de realizarem sobrecontratação, impactando em maiores custos a serem arcados e, conseqüentemente, no equilíbrio financeiro das distribuidoras.¹⁰

Assim, estas empresas possuem preocupações com as dificuldades para se contratar energia e operar o sistema em caso de um rápido crescimento de um mercado não atrativo financeiramente ao seu modelo de negócios, ao menos a princípio.

5.1.2. Incertezas Técnicas dos Impactos na Rede

No aspecto técnico, questões como a qualidade da energia da rede de distribuição resultante de uma ampla inserção da micro e minigeração nas linhas de baixa e média tensão e o nível de segurança do sistema para manutenção, ou seja, a eficaz realização de desacoplamento de todas as fontes de micro e minigeração da rede da distribuidora em caso de desligamento da rede, conforme previsto nas resoluções normativas REN 482/12 da ANEEL e no PRODIST Seção 3.7, são incertezas que fazem as distribuidoras terem cautela com o conceito.¹¹

A Figura 30 apresenta uma classificação de impactos da geração distribuída na rede, desenvolvida por especialistas da (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013) com base na experiência em projetos internacionais de micro e minigeração.

---

¹⁰ Informação fornecida pelo professor doutor Dorel Soares Ramos durante a qualificação desta dissertação de mestrado na Escola Politécnica da USP, em 13 de março de 2014.

¹¹ Informação fornecida por engenheiros da CPFL Energia durante visita técnica à Usina Solar Tanquinho, em Campinas, SP, na data de 12 de março de 2014.

Figura 30 - Impactos na rede da geração distribuída eólica e fotovoltaica.¹²

Categorias de Impactos	Fotovoltaico	Eólica
Confiabilidade	Baixo	Baixo
Atendimento de Carga na Ponta	Alto	Baixo
Qualidade de Energia	Médio	Médio
Perdas Técnicas	Médio	Baixo
Adiamento de investimentos em P&D	Baixo	Baixo
Novas Tecnologias	Baixo	Baixo
Proteção	Médio	Médio

Impactos Positivos
Impactos Negativos

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013).

De acordo com a (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014), as principais preocupações das distribuidoras são referentes à necessidade de investimento na rede, mudança nas características técnicas, como níveis de curto-circuito, sensibilidade da proteção e redução da qualidade da energia, e elevação das perdas na rede em pontos que a geração é maior que a carga.

Assim, enquanto as tecnologias de geração fotovoltaica e eólica trazem impactos positivos em questões como confiabilidade, atendimento de carga na ponta, perdas técnicas e adiamento de investimento em P&D, por outro lado é preciso desenvolver tecnologia para se buscar melhora na qualidade de energia e dos mecanismos de proteção para conexão à rede.

5.1.3. Longo Prazo e Atrasos para Implantação de Novas Conexões

Considerando apenas os prazos das atividades da distribuidora, conforme requerido pela Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST, o processo para implantação de novas conexões de micro e minigeração de energia pode ser demorado. Conforme apresentado no tópico 3.2.2.2, o atendimento da primeira etapa pela distribuidora é por ordem de protocolo, ou seja, não há prazo limite para esta dar resposta após o consumidor solicitar o acesso de seu sistema à rede local. Na sequência, o PRODIST estabelece prazo de até 60 dias para emissão do parecer técnico. Considera-se que, embora estabelecido prazo de 90 dias para a assinatura de eventuais contratos de uso, na maioria dos casos para micro e minigeração tais documentos não são necessários,

¹² O parâmetro utilizado para avaliar a qualidade da energia é relacionado à qualidade da forma da onda injetada na rede, associada principalmente à injeção de harmônicas e flutuações na voltagem.

sendo suficiente a celebração de Acordo Operativo para os minigeradores ou do Relacionamento Operacional para os microgeradores, conforme estabelecido no artigo 4º da REN 482/12. Por fim, após a realização das instalações e implantação das conexões, pode-se demorar até 52 dias para o ponto de conexão ser aprovado pela distribuidora.

Portanto, após a entrega do projeto, apenas por prazos das distribuidoras pode-se demorar aproximadamente 4 meses para se ter uma conexão aprovada, desconsiderando os prazos de eventuais adequações do próprio consumidor. Neste período de tempo, o consumidor não possui retorno em cima do investimento realizado no projeto e na instalação ao não poder utilizar seu sistema para geração de energia e participar do Sistema de Compensação de Energia. Além disso, o PRODIST não estabelece penalidades para as distribuidoras caso os prazos não sejam cumpridos, aumentando as incertezas do consumidor sobre o cumprimento dos prazos estabelecidos.

Embora o consumidor possa recorrer às agências locais e à ANEEL caso os prazos não forem cumpridos, empresas instaladoras relataram em (MANOEL e KONZEN, 2014) que a falta de cumprimento dos prazos, alinhada com excessos de exigências das distribuidoras para se liberar as instalações, têm feito consumidores desistirem de aderir ao Sistema de Compensação de Energia.

Para conseguir atender à demanda de solicitações de novas conexões à rede nos prazos estabelecidos, as distribuidoras possuem a necessidade de contratação de uma equipe qualificada maior para avaliar os projetos, o que se torna uma preocupação para tais empresas.

5.2. Altos Custos de Investimentos

Os elevados custos dos equipamentos, tanto nacionais quanto importados, estes últimos analisados em trabalho da (CÂMARA DE COMÉRCIO E INDÚSTRIA BRASIL-ALEMANHA, 2012), associados aos custos de projeto e instalação, tornam alto o investimento para adoção dos sistemas de micro e minigeração. Considerando o

modelo de Sistema de Compensação de Energia Elétrica adotado no Brasil alinhado aos atuais níveis tarifários praticados pelas distribuidoras de energia, os retornos financeiros das pequenas centrais geradoras não se mostram atraentes à grande parte dos consumidores até o momento, não havendo paridade tarifária em diversas localidades no país, conforme descrito no tópico 4.1.

5.2.1. Altos Custos de Produção Nacional

A produção nacional de módulos fotovoltaicos não consegue atingir os níveis de preço praticados pelos fabricantes estrangeiros, principalmente os asiáticos, que detêm, além de grandes ganhos de escala, ganhos de escopo derivados da verticalização da cadeia produtiva, visto que possuem todos os elos de fabricação, desde a extração do silício até a montagem dos painéis, enquanto no Brasil ainda não há instalações para purificação do silício para grau solar e posterior fabricação das células fotovoltaicas.

De forma similar, os fabricantes de turbinas eólicas, inversores e outros equipamentos para sistemas de micro e minigeração encaram grandes desafios quando necessitam produzir equipamentos que sejam competitivos aos produtos estrangeiros, neste caso devido principalmente à menor escala de produção e menor domínio tecnológico.

5.2.2. Impostos Elevados para a Importação de Equipamentos

Segundo a (CÂMARA DE COMÉRCIO E INDÚSTRIA BRASIL-ALEMANHA, 2012), os fornecedores e investidores não dispunham de informações qualificadas sobre as condições gerais de importação de equipamentos de micro e minigeração nos vários estados brasileiros, representando uma dificuldade para que provedores de tecnologias de micro e minigeração fotovoltaica entrassem no mercado brasileiro.

Com este cenário em vista, a Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha analisou as condições de importação de equipamentos de micro e minigeração distribuída fotovoltaica no Brasil, considerando que a importação de produtos é uma atividade sujeita a diversos tipos de exigências administrativas (licença de importação), aduaneiras (taxas e tributos para liberação) e cambiais (operações de câmbio). Na execução destas tramitações, diversos impostos devem ser calculados e recolhidos, os

quais oneram a aquisição de materiais e equipamentos. Somente após a realização destas exigências legais é que os produtos importados podem ser recebidos e comercializados no Brasil.

O tratamento tributário nas importações é formado por um conjunto de impostos da esfera federal, estadual e até municipal. Para equipamentos fotovoltaicos, temos a aplicação dos seguintes impostos:

Tabela 8 - Impostos, Taxas e Produtos na Importação de Equipamentos Fotovoltaicos.

Imposto Taxa	Equipamento		
	Módulos FV	Inversores	Medidores
II	12%	14%	14%
IPI	0%	15%	15%
ICMS	0%	Variável ¹³	Variável
PIS	1,65%	1,65%	1,65%
COFINS	7,60%	8,60%	8,60%
AFRMM ¹⁴	25% do frete	25% do frete	25% do frete
Taxa SISCOMEX	R\$ 185,00	R\$ 185,00	R\$ 185,00

Fonte: (CÂMARA DE COMÉRCIO E INDÚSTRIA BRASIL-ALEMANHA, 2012).

Com base nestas alíquotas¹⁵, o estudo da (CÂMARA DE COMÉRCIO E INDÚSTRIA BRASIL-ALEMANHA, 2012) concluiu que o sobrecusto total devido aos impostos, tributos e taxas aplicados no Brasil eleva o custo dos equipamentos importados em:

- Módulos Fotovoltaicos: +27,64%;
- Inversores de Energia: +80,77%;
- Medidores de Energia: +80,77%.

O estudo não considerou equipamentos para sistemas eólicos de pequeno porte, entretanto, as turbinas possuem tributos em faixas similares aos módulos fotovoltaicos. Já os inversores e medidores possuem mesma tributação daqueles utilizados para sistemas fotovoltaicos.

¹³ Os valores de ICMS variam de acordo com o estado, sendo de 17% ou 18%.

¹⁴ Adicional de Frete para a Renovação da Marinha Mercadante;

¹⁵ No exemplo aplica-se alíquota de 17% para o ICMS.

A não presença de todos os elos das cadeias produtivas de equipamentos para micro e minigeração de energia no Brasil, alinhado com o elevado sobrecusto total para a importação de equipamentos encarece o investimento, aumentando o tempo de retorno financeiro e a atratividade de tais sistemas.

5.2.3. Altos Custos de Instalação

Pesquisa realizada por (MANOEL e KONZEN, 2014) mostra que o custo da instalação de sistemas fotovoltaicos para micro e minigeração no Brasil é superior ao praticado em outros países. Enquanto na Alemanha, em 2013, o preço de cada watt pico (Wp) instalado para sistemas de até 3 kWp era de €1,76 (R\$5,29 na época), no Brasil o Wp para sistemas até 5 kWp custava em média R\$8,69 e apresentando grande variação dependendo dos fabricantes e empresa contratada, com preços entre R\$5,60 a R\$15,00. Tanto no Brasil quanto no exterior, a maior parte do custo se deve ao valor dos módulos fotovoltaicos, que representam quase metade do valor total cobrado para a instalação de um sistema conectado à rede.

Até o momento não há estudos oficiais do custo de instalação de sistemas eólicos de pequeno porte no Brasil, principalmente devido ao baixo número de unidades instaladas.

5.3. Regulação Insuficiente

Conforme observado pela (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014), comparado aos países líderes em capacidade instalada de geração distribuída, como a Alemanha, Itália e Japão, o Brasil possui grande potencial, por possuir maior incidência de radiação solar, áreas urbanas e rurais com potencial de bons perfis de vento e por suas tarifas de energia elétrica estarem em patamares parecidos com as de tais países. No entanto, o sistema de *net-metering* adotado no Brasil não oferece a mesma atratividade proporcionada por outros mecanismos empregados inicialmente nos outros países, como o *feed-in tariff*, de forma que sua inserção ocorra de uma forma mais autônoma e recaia sobre a capacidade da própria fonte se viabilizar economicamente, se refletindo num prazo maior para a popularização da micro e minigeração de energia.

5.3.1. Tributação no Sistema de Compensação de Energia Elétrica

Embora a REN 482/12 informe que a relação entre a energia injetada e a consumida pelo micro ou minigerador na rede da distribuidora seja de compensação, a maioria das Secretarias de Fazendas Estaduais está orientada a realizar cobrança de ICMS sobre a energia gerada pelo próprio consumidor com base no convênio ICMS nº6/2013 do (CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA, 2013), apresentado no tópico 3.2.8, que estabelece a incidência do ICMS sobre o consumo bruto de eletricidade proveniente da distribuidora, antes de qualquer compensação da geração própria. Assim, o montante de energia elétrica gerada que não é consumida instantaneamente é exportado à rede de distribuição e tributado ao ser compensado em outra oportunidade, posteriormente.

Conforme análise da (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014), tal tributação muda a realidade do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, diminuindo a competitividade e, conseqüentemente, a perspectiva de adoção da micro e minigeração distribuída no país por potenciais usuários.

Se não houvesse a incidência de impostos no custo nivelado estabelecida por este convênio do CONFAZ, a previsão de viabilização do mercado potencial pela EPE, conforme apresentado no tópico 3.7, não seria em 2021 e sim em 2017. Ou seja, o efeito da tributação sobre a energia compensada é relevante para a competitividade do setor. Caso a tributação fosse realizada sobre o consumo líquido, o custo nivelado da geração fotovoltaica, por exemplo, seria reduzido em aproximadamente 19% para uma residência típica. Essa redução adiantaria a paridade tarifária em cerca de quatro anos, ampliando o mercado no horizonte decenal, conforme apresentado na Figura 31.

Figura 31 - Impacto do Convênio ICMS 6 no custo nivelado.

Fonte: (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014).

Se considerarmos a mudança ocorrida no cenário tarifário após o estudo da (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014), ou seja, o reajuste médio de 18,66% na tarifa de energia elétrica ocorrida em meados de 2014 e se a elevação média de 27,6% nas tarifas em 2015 previstas pelo (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2015) se concretizar, com a não incidência de impostos no custo nivelado, a paridade tarifária para sistemas fotovoltaicos de pequeno porte já teria sido alcançada, conforme Figura 32.

Figura 32 - Previsão de viabilidade do mercado potencial com previsão de tarifas e sem ICMS.

Fonte: Elaboração Própria.

Ainda conforme apresentado pela (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA, 2014), devido à tributação incidente na atividade, atualmente se precisa injetar em média 1,5 kWh na rede para compensar cada 1 kWh consumido.

Outro efeito que pode vir a ser observado com o advento desta tributação da energia compensada é o subdimensionamento dos sistemas de micro e minigeração, visto que o consumidor poderia vir a dimensionar seu sistema para gerar energia apenas para seu consumo base, pouco exportando para a rede de distribuição e evitando uma compensação tributada posteriormente, conforme avaliado pela (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014).

Assim, além dos atuais impasses financeiros e técnicos para a viabilização da micro e minigeração, o retorno financeiro do consumidor é prejudicado pela tributação incidente na energia gerada pelo próprio sistema, alterando o conceito original de *net-metering* e sendo um entrave à disseminação da geração distribuída.

5.3.2. Prazo da REN 481/2012 em 31 de Dezembro de 2017

O desconto de 80% na TUSD e na TUST para empreendimentos de fonte solar com potência inferior a 30 MW só é válido para usinas que entrarem em operação comercial até 31 de dezembro de 2017, conforme estabelecido na REN 481 de 2012.

Com esta resolução, houve estímulo econômico importante para facilitar a viabilidade econômica das primeiras usinas solares do país a preços competitivos contratadas em 2014 para início de suprimento em 1º de outubro de 2017. Entretanto, visto que sem incentivos desta natureza os sistemas fotovoltaicos ainda não possuem competitividade comercial suficiente com outras fontes, o término deste incentivo para os próximos leilões pode dificultar a contratação de novas usinas de grande porte, freando o estímulo ao desenvolvimento da indústria nacional.

5.3.3. Detalhamento das Normas Técnicas das Distribuidoras

As normas técnicas das distribuidoras de energia, desenvolvidas para atender às REN 482/12 e REN 517/12 da ANEEL e à Seção 3.7 do PRODIST, apresentadas no tópico 3.2.3, possuem níveis de detalhamento diferentes entre si quanto às diretrizes para

elaboração de projetos necessários à conexão dos sistemas microgeração e minigeração distribuída nas redes de distribuição.

Este fato faz com que, em muitos casos, clientes e empresas instaladoras tenham que consultar documentos de distribuidoras fora da sua área de atuação para sanar dúvidas, conforme observado por (MANOEL e KONZEN, 2014), o que atrapalha o desenvolvimento do projeto e o nível de confiança na interface com a distribuidora local.

5.3.4. Ausência de Regulação para Ilhamento

A Seção 3.7 do PRODIST não permite o ilhamento dos sistemas de micro e minigeração. Atualmente, se houver desligamento da rede elétrica, o inversor do sistema de geração distribuída deverá interromper tanto a injeção de energia na rede como a alimentação das cargas do consumidor, ou seja, não é permitido que as pequenas centrais de energia assumam a alimentação das cargas de forma independente.

Este procedimento torna os sistemas menos atrativos, uma vez que o consumidor realiza um alto investimento em geração própria, porém continua dependente da rede de distribuição, com a mesma disponibilidade de atendimento.

Assim, em épocas com maiores ocorrências de interrupções ou falhas no fornecimento de energia pelas distribuidoras, por exemplo, mesmo consumidores entusiastas por energias renováveis tendem a acabar considerando outras opções, como geradores elétricos a gasolina, que podem fornecer energia elétrica de emergência e são economicamente mais baratos.

5.3.5. Ausência de Regulação para Sistemas Híbridos

A Seção 3.7 do PRODIST não descreve procedimentos para acesso de micro e minigeração ao sistema de distribuição através de sistemas híbridos. Devido à complexidade de arranjos e multiplicidade de opções para se arquitetar um sistema híbrido e, conseqüentemente, da necessidade de um controle de todas as fontes para que haja máxima eficiência energética, seria importante o estabelecimento de critérios de conexão à rede para tal concepção de sistemas, à medida que avanços tecnológicos

ocorrem na área, tornando-a uma possibilidade em localidades que possuem potencial de complementaridade solar-eólica atraente, como de frente para o mar ou no alto de colinas ou ainda na complementaridade da fonte geradora com banco de baterias, condição prévia para se possibilitar um ilhamento, conforme tópico 5.3.4.

5.3.6. Ausência de Regulação para Minirredes

A REN 482/12 da ANEEL não regulamenta a conexão de minirredes à rede de distribuição e sim de centrais geradoras de pequeno porte por meio de unidades consumidoras individuais. Da mesma forma, o PRODIST não descreve procedimentos para acesso de minirredes ao sistema de distribuição.

Entretanto, embora não regulamentada, tecnicamente há a possibilidade de utilização de minirredes urbanas com ponto de conexão à rede de distribuição da concessionária local, o que possibilitaria a participação de tais sistemas em programas de incentivos às energias renováveis, a exemplo do Sistema de Compensação de Energia, possibilitando que grupos de usuários com fontes de geração e rede própria, como condomínios comerciais e residenciais inteligentes, conjunto de unidades rurais, dentre outros, possam realizar trocas de energia com a rede pública.

5.4. Incentivos Insuficientes

Em paralelo com a promulgação das primeiras regulações específicas para a micro e minigeração no Brasil, a partir de 2012 também foram estabelecidos os primeiros incentivos para o setor. Entretanto, conforme observado previamente no capítulo 4, as medidas adotadas até o momento se mostraram insuficientes para um maior aquecimento do mercado. Os próximos tópicos abordam barreiras identificadas que poderiam ser solucionadas através de novos possíveis incentivos.

5.4.1. Reduzida Atratividade do Sistema de Compensação de Energia

Cálculos realizados pelo Instituto Acende Brasil (SALES, 2014) demonstram que a taxa de retorno de projetos fotovoltaicos para microgeração de energia no Brasil no Sistema de Compensação de Energia varia atualmente entre 3% e 12% ao ano, dependendo do custo da tecnologia, do nível de radiação solar da localidade, da tarifa de fornecimento

cobrada pelas distribuidoras e da classe de consumo, o que torna o investimento menos atrativo economicamente, visto que a faixa de variação do retorno observada traz incertezas ao investidor comum. Assim, ao consumidor, muitas vezes é financeiramente mais atrativo investir o valor em aplicações financeiras com menores incertezas.

5.4.2. Poucas Opções de Financiamento

A reduzida quantidade de linhas de financiamento específicas se torna obstáculo para a aquisição e instalação de sistemas de micro e minigeração. Conforme apresentado no tópico 3.3.2, a Caixa Econômica Federal, Banco do Brasil, Banco do Nordeste e BNDES passaram a financiar equipamentos de energia solar fotovoltaica e aerogeradores de pequeno porte em 2014. Embora seja um considerável avanço para a viabilidade financeira das instalações, algumas das linhas de financiamento não atendem todo o mercado potencial. Além disso, não se constatou divulgação suficiente de tal possibilidade para os possíveis consumidores e os financiamentos para pessoas físicas são de no máximo 5 (Banco do Brasil) e 8 anos (Caixa), curto período se comparado com a vida útil dos sistemas fotovoltaicos (acima de 25 anos).

Além disso, uma diversificação de opções de financiamento seria adequada para abrangência de diversos tipos de consumidores. Os bancos privados, por exemplo, não possuem linhas de financiamento adequadas para produtos e serviços de energia fotovoltaica e eólica de pequeno porte. Por fim, os financiamentos existentes são de períodos muito curtos e as taxas de juros são muito altas, apesar do baixo risco do ativo.

5.4.3. Desconhecimento Técnico e Comercial dos Consumidores

Conforme apresentado no tópico 3.4, pesquisa realizada pelo (GREENPEACE. MARKET ANALYSIS, 2014) indica que 72% dos brasileiros estão pouco ou nada cientes da possibilidade da instalação de sistemas de micro ou minigeração em suas unidades consumidoras com conexão e injeção de energia ativa excedente à rede para geração de crédito. Além disso, os que possuem conhecimento da possibilidade muitas vezes não possuem conhecimento técnico suficiente para avaliar os custos e benefícios

da adesão ao regime de compensação e assim decidir pelo investimento. Portanto, há um desconhecimento da grande população sobre a possibilidade e benefícios técnicos e financeiros de se realizar a instalação de sistemas fotovoltaicos, eólicos e medidores eletrônicos de energia em suas residências ou outras unidades consumidoras.

A publicidade às normas definidas pela ANEEL, como a REN 482/12 e aos produtos/instrumentos de crédito para aquisição e instalação de equipamento para uso em sistemas de micro e minigeração são medidas em operação conforme Plano Brasil Maior da (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2014) e para tal foi lançada cartilha sobre o assunto no Congresso Internacional de Energias Renováveis em Porto Alegre/RS, em Dezembro de 2013 e as cartilhas do Instituto Ideal, conforme apresentado no tópico 3.3.7. Entretanto, tais ações se mostraram insuficientes para o alcance do grande público até o momento.

5.5. Cadeia Produtiva Incompleta

Conforme apresentado no tópico 3.5, o Brasil possui lacunas nos elos das cadeias produtivas de materiais e equipamentos utilizados nos sistemas de micro e minigeração fotovoltaico e eólico. Somando este fato aos altos impostos para importação de equipamentos, conforme demonstrado no tópico 5.2.2 e aos altos custos de produção nacional, descritos no tópico 5.2.1, temos que o Brasil não possui um ambiente técnico-econômico favorável para a aquisição de equipamentos utilizados para as instalações.

5.5.1. Cadeia Produtiva de Sistemas Fotovoltaicos Incompleta

Embora exista a perspectiva de desenvolvimento de parte da cadeia produtiva para os sistemas fotovoltaicos para atender à demanda de contratação das 31 usinas de grande porte no 6º Leilão de Reserva realizado em outubro de 2014 e na expectativa de haver contratação frequente de fontes solares daqui em diante, conforme apresentado no item 3.3.1, em um primeiro momento tal cadeia não será autossuficiente, demandando importações.

Com a demanda originária dos leilões de grande porte, diversos fabricantes estrangeiros iniciaram a prospectar oportunidades no Brasil através de representantes

comerciais, entretanto, de forma geral, não pretendem iniciar fabricação no país no curto prazo, porque consideram a atual demanda insuficiente para viabilizar tais operações.

5.5.2. Cadeia Produtiva de Sistemas Eólicos de Pequeno Porte Incompleta

A indústria de equipamentos para turbinas eólicas de pequeno porte é existente, porém incompleta e não competitiva, com poucos fabricantes comercializando poucos modelos, conforme apresentado no tópico 3.5.2, com preços altos e usualmente com longos prazos para entrega, o que inviabiliza a compra de equipamentos para sistemas de pequeno porte no país, na maioria dos casos.

A atual conjuntura insuficiente para o desenvolvimento do mercado de sistemas eólicos de pequeno porte, conforme barreiras apresentadas posteriormente no tópico 5.7, indica que a evolução da cadeia produtiva também não deverá ser significativa no curto prazo.

5.5.3. Baterias Não Específicas para o Setor

Com relação ao atual mercado de sistemas isolados e considerando um possível mercado de sistemas híbridos, há poucos fabricantes de baterias estacionárias específicas para sistemas de micro e minigeração, que suportam as descargas profundas típicas destas utilizações. Além disso, atualmente tais fabricantes possuem baixa escala de produção devido ao tamanho do mercado.

Muitas vezes, devido à dificuldade para se encontrar os produtos específicos e alinhado ao desconhecimento técnico sobre a perda ocasionada no desempenho dos sistemas, as instalações de sistemas isolados de microgeração no Brasil utilizam baterias que não atendem satisfatoriamente às particularidades das tecnologias geradoras fotovoltaicas e eólicas, como as automotivas. Tais produtos são projetados para fornecer grandes correntes por curtos períodos de tempo, não suportando descargas profundas. Por causa disso, suas vidas úteis se tornam extremamente reduzidas se utilizadas em sistemas solares e eólicos.

5.5.4. Tecnologias para Sistemas Híbridos e *Smart Grid* Insuficientes

Conforme apresentado no tópico 5.3.5, não há regulação para acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema de distribuição através de sistemas híbridos devido principalmente ao não domínio tecnológico para controle de sistemas com múltiplas fontes de geração de energia, banco de baterias e com conexão à rede de distribuição no Brasil.

Embora haja estudos nacionais na área¹⁶, a não consolidação de tecnologias para o segmento é barreira para o país acompanhar novas tendências globais do setor de geração distribuída, que aumentam a disponibilidade energética, diminuem a necessidade de consumo de energia da distribuidora local e possibilita operação de conceitos de *smart grid*, como a de condomínios inteligentes, aumentando a atratividade de ser autoprodutor de energia.

5.6. Capacitação Profissional Insuficiente

Um dos principais fatores que determinam a competitividade da indústria como um todo é a produtividade do trabalho, consequência de engenheiros bem formados, equipes educadas, capacitadas e que, assim, utilizam melhor os equipamentos, criam soluções, adaptam processos, produtos e desenvolvem e implantam inovações.

A educação possui problemas estruturais que afetam toda a economia brasileira, entre as quais podemos destacar, conforme apresentado em trabalho da (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2013):

- Baixa qualidade da educação básica: A taxa de conclusão do ensino fundamental é de apenas 63,4% e a qualidade da educação requer melhoria substancial, como sugerem exames internacionais de avaliação. Em 2011, 20% dos trabalhadores formais da indústria não possuíam o ensino fundamental completo e 45% não haviam concluído o ensino médio;

---

¹⁶ Informação obtida com a professora doutora Eliane Aparecida Faria Amaral Fadigas em 17 de setembro de 2014 na Escola Politécnica da USP.

- Reduzida oferta de ensino profissional: Apenas 6,6% dos estudantes brasileiros cursam a educação profissional concomitante ao ensino médio regular. Já em países desenvolvidos, como Japão, Alemanha e França, esse número fica em torno de 50% a 55%;
- Deficiências do ensino superior: Somente 15% dos jovens brasileiros acessam o ensino superior e a taxa de conclusão é de apenas 15,2% dos ingressantes. A falta de profissionais qualificados em determinadas áreas é um gargalo para a inovação. Destaca-se a escassez de engenheiros, sendo que enquanto temos 2 graduados em engenharia para cada 10 mil habitantes, no Japão são 10,2 e na China são 13,4.

Entretanto, focando apenas em barreiras específicas do setor de micro e minigeração de energia, podemos destacar as seguintes dificuldades:

5.6.1. Instaladores Eletricistas de Micro e Minigeração Insuficientes

O país hoje é carente de profissionais na área de micro e minigeração de energia, dentre os quais técnicos eletricitas com qualificação específica para realizar a instalação e manutenção de módulos fotovoltaicos e de turbinas eólicas de pequeno porte, inversores e o dimensionamento de componentes elétricos específicos e de proteções para o aterramento.

5.6.2. Engenheiros Projetistas de Micro e Minigeração Insuficientes

Em paralelo com a carência de técnicos eletricitas, atualmente o Brasil não possui número de engenheiros projetistas de sistemas de micro e minigeração suficientes para atendimento do mercado potencial.

Como habilidades, são desejadas as capacidades de estimar os recursos solares e eólicos nas localidades de interesse, analisar a curva de carga do consumidor, dimensionar os sistemas através de *softwares* dedicados, especificar módulos fotovoltaicos, turbinas eólicas de pequeno porte, inversores, quadros de força e seus componentes elétricos, estruturas de montagem e de proteção ao encaminhamento de cabos.

5.7. Conjuntura Insuficiente dos Sistemas Eólicos de Pequeno Porte

Os sistemas eólicos de pequeno porte ainda não possuem conjuntura suficiente para se obter domínio tecnológico e maior participação no mercado brasileiro, refletindo no baixo número de fabricantes e modelos de turbinas nacionais, conforme apresentado no tópico 3.5.2. Para desenvolver este mercado, algumas soluções iniciais são necessárias para as questões apresentadas a seguir.

5.7.1. Mapeamento do Potencial Eólico para Aplicações de Pequeno Porte

De acordo com (GIANNINI, DUTRA e GUEDES, 2013), o potencial brasileiro para aproveitamento eólico em pequenos aerogeradores ainda não é totalmente conhecido e um dos principais fatores que dificultam a análise de potencial deste mercado é a ausência de um Atlas Eólico com considerações para aplicações de pequeno porte.

Com foco na geração eólica de grande porte, o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro publicado pela primeira vez em 2001 e diversas outras iniciativas estaduais identificaram importantes sítios que viabilizaram o desenvolvimento comercial da tecnologia eólica de grande porte no Brasil. Para tal, diversas considerações que não se aplicam para a tecnologia de pequeno porte foram feitas para determinar o potencial eólico brasileiro de grande porte, como 50 metros sendo a altura média para análise da velocidade dos ventos, que em média se considera como 7 m/s em tal altura. No entanto, para aplicações de pequeno porte, as alturas de interesse ficam entre 10 a 40 metros, com maior incidência de obstáculos próximos que atrapalham o fluxo dos ventos, como árvores e prédios. Além disso, as velocidades médias nestas alturas menores encontram-se em torno de 4,5 m/s. Desta forma, as informações contidas nos diversos atlas publicados devem atualmente ser analisadas com especial cuidado se o intuito do estudo for verificar o potencial de certa região para turbinas de pequeno porte.

Considerando que a quantificação e a localização de sítios eólicos favoráveis para a geração eólica de pequeno porte são de fundamental importância para delinear políticas eficientes para o desenvolvimento tecnológico e de mercado, é de importância ao setor o mapeamento do potencial de ventos para menores alturas e centros urbanos.

5.7.2. Menor Aceitação Social das Turbinas Eólicas

O aproveitamento dos ventos para geração de energia elétrica apresenta algumas características ambientais que tornam menor sua aceitação social:

- Impacto sobre a fauna: preocupação com os pássaros, que podem vir a colidir com as turbinas eólicas devido à dificuldade de visualização;
- Ruído: gerado pelas partes mecânicas e aerodinâmicas do sistema eólico ao girar suas pás e que pode causar distúrbios à população vizinha;
- Impacto visual: A reação das pessoas ao visualizarem turbinas eólicas é subjetiva, visto que há pessoas que as veem como um símbolo de energia limpa e sustentabilidade, sendo bem-vinda, já outros reagem negativamente alegando muitas vezes impacto na paisagem original, por exemplo.

5.7.3. Laboratórios para Ensaios e Certificações Insuficientes

Atualmente, não há portaria INMETRO e, conseqüentemente, laboratórios credenciados para realização de etiquetagem de turbinas eólicas de pequeno porte, o que seria importante para garantir que tais geradores comercializados no Brasil possuam uma qualidade mínima satisfatória de eficiência energética e segurança.

6. Propostas para Desenvolvimento da Micro e Minigeração no Brasil

Com base no conhecimento obtido no desenvolver dos capítulos anteriores, ou seja, após o levantamento da conjuntura, análise de maturidade e identificação de possíveis barreiras existentes para o desenvolvimento do setor de micro e minigeração de energia elétrica no Brasil, neste capítulo apresenta-se propostas de ações que podem auxiliar a desenvolver o setor de micro e minigeração de energia elétrica no Brasil, com base em discussões existentes no setor, verificando medidas adotadas em outros países, soluções utilizadas para barreiras similares de outros setores e na análise da margem de evolução possível nos aspectos mais relevantes para esta atividade, ou seja, regulações, incentivos, capacidade tecnológica e capacitação profissional.

Espera-se que as propostas apresentadas nesta dissertação possam ser utilizadas como base para trabalhos futuros de instituições governamentais e privadas, fabricantes, centros de pesquisas, universidades e demais interessados no assunto para suas validações, aperfeiçoamentos e detalhamentos para possíveis implantações no país.

6.1. Regulação

As seguintes ações são propostas aos agentes relacionados ao debate regulatório do setor de micro e minigeração, como a ANEEL e o próprio Congresso Nacional, possibilitando que a regulação seja suficiente para o mercado potencial atual e para o desenvolvimento de novas tendências.

De acordo com (SILVA, 2015), “a regulação a ser criada pelo Estado deve: (i) corrigir falhas de mercado, imperfeições e distorções, nos aspectos econômico e social; (ii) produzir resultado líquido positivo; (iii) optar pela alternativa que maximize o ganho da sociedade; e (iv) ter fundamento jurídico robusto a fim de evitar incertezas e custos à sociedade provenientes de questionamentos judiciais”. Esses aspectos devem ser observados na decisão de estabelecer um marco legal específico para a micro e minigeração de energia.

Dentre as propostas, é importante observar que esta dissertação não sugere a substituição do sistema de *net-metering* adotado no Brasil pelo *feed-in tariff*¹⁷ pelos seguintes motivos:

- O pagamento da *feed-in tariff* geralmente é administrado e efetuado pela distribuidora de energia elétrica que, por sua vez, repassa e dilui o custo entre todos os consumidores. Assim, quanto maior for o número de usuários de micro e minigeração necessitando ser remunerados, maior será a tarifa de energia elétrica média no Brasil, fugindo do objetivo de modicidade tarifária adotado. Esta característica gerou uma grave crise no setor de energia na Alemanha, por exemplo. Em nosso país, tal fato é agravado pelo já aumento expressivo das tarifas elétricas nos últimos anos;
- Ainda com relação a diluir o custo entre todos os consumidores, considerando que o Brasil possui graves desigualdades sociais com limitado poder aquisitivo principalmente pela população de baixa renda, não é socialmente interessante aumentar a tarifa de todos os consumidores para subsidiar os sistemas de micro e minigeração, usualmente adquiridos por consumidores das classes A e B;
- A motivação de muitos países para adotar o *feed-in tariff* foi realizar incentivos de maior atratividade à população para impulsionar transições de matrizes majoritariamente poluidoras ou que apresentam riscos de segurança para matrizes majoritariamente renováveis. No Brasil, com uma matriz já predominantemente renovável devido à grande participação de hidrelétricas, tal argumento possui menos relevância;
- Em outros países, os sistemas *feed-in tariff* foram introduzidos tipicamente anteriormente a 2010, em um cenário de custos das tecnologias para micro e minigeração mais elevados do que os atuais, o que demandava medidas mais enérgicas para obtenção de uma paridade tarifária;
- A experiência internacional demonstra que a dificuldade de estabelecer critérios claros e um mecanismo de regressão no valor pago pelo kWh injetado na rede

---

¹⁷ Embora esta dissertação não sugira a substituição do *net-metering* pelo *feed-in tariff* devido à análise de cenário realizada, concorda-se que é oportuno desenvolver estudos mais aprofundados sobre tema.

com base na evolução de custos da tecnologia gerou uma crise no setor em diversos países, como na Inglaterra e Espanha, por exemplo. Em alguns casos, chegou-se a suspender tal subsídio, os substituindo inclusive pelo *net-metering*;

- A regressão no valor pago pelo kWh injetado na rede torna incerta a análise do retorno financeiro pelos investidores;
- O sistema *net-metering* simplifica os trâmites legais por não precisar envolver outros agentes, como a Receita Federal;
- O *feed-in tariff* possui maior atratividade apenas para parte do mercado potencial, tipicamente quando as unidades possuem área disponível para sistemas que, na média anual, gerem excedente de energia. Tal mercado é caracterizado por parcela dos consumidores residenciais e comerciais com baixo consumo energético e áreas médias para instalação dos painéis fotovoltaicos ou turbinas eólicas. Para usuários comerciais, industriais e residenciais de maior consumo, onde a energia adquirida da rede tende a ser significativamente maior que a possibilidade de potência instalada dos sistemas, limitada pela área de seus terrenos, e assim com menor porcentagem de energia sendo injetada na rede, o *feed-in tariff* não traz benefícios mais atraentes do que o *net-metering*.

Já as ações para melhorar o ambiente regulatório propostas por esta dissertação são apresentadas a seguir.

6.1.1. Tarifa Diferenciada entre a Energia Injetada e a Consumida

Barreira Associada: 5.3.1 - Tributação no Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

A adoção de tarifa diferenciada para a energia injetada na rede, maior em comparação com a consumida, dentro do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, possibilitaria um melhor retorno financeiro para os investimentos em micro e minigeração enquanto não se alcança paridade tarifária.

Neste conceito, e considerando o sistema de bandeiras tarifárias adotado em 2015 no Brasil, poderíamos ter valores diferenciados para cada kWh injetado na rede de acordo

com a bandeira vigente para a energia consumida. Assim, por exemplo, a tarifa de injeção de energia à rede poderia ser 50% maior do que a tarifa de consumo quando em bandeira vermelha, 30% em bandeira amarela e 10% em bandeira verde. Assim, se em um mês um usuário injetasse 100 kWh na rede com o sistema tarifário em bandeira vermelha, através deste incentivo ele obteria 150 kWh de crédito.

Este incentivo se justifica pela contribuição da micro e minigeração ao sistema elétrico nacional nestes cenários energéticos menos favoráveis, sinalizados pelas bandeiras amarela e vermelha, visto que contribuem com a oferta de energia através de fontes renováveis em um sistema operando próximo de seu limite e, nestes casos, usualmente despachando fontes poluidoras, como as usinas térmicas.

Com base no exemplo do mecanismo de tarifa prêmio adotado para incentivar o setor em outros países, conforme apresentado pela (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012), a política incentivadora adotada no país poderia incluir contratos com cláusulas claras sobre a redução das tarifas diferenciadas ao longo do tempo, baseadas na evolução da competitividade das fontes adotadas nos sistemas de micro e minigeração.

Este mecanismo seria especialmente interessante para sistemas de micro e minigeração com potência instalada proporcionando geração abaixo do consumo mensal das unidades, caso típico de usuários comerciais, por exemplo, visto que usuários com igualdade entre geração e consumo tenderiam a acumular créditos que, se não consumidos em até três anos, seriam cancelados.

6.1.2. Reduzir a Incidência de Tributos sobre a Atividade

Barreira Associada: 5.3.1 - Tributação no Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

Uma das medidas mais simples para promover a geração distribuída, conforme idealização original da REN 482/12 da ANEEL, seria reduzir a incidência de tributos sobre a atividade, considerando que esta atividade é uma permuta da energia ativa injetada na rede de distribuição e a energia ativa a ser consumida pelo mesmo micro ou

minigerador em outro horário e assim sem fins comerciais. Portanto, assegurar que a energia compensada não seja tributada por ICMS, PIS/PASEP, COFINS e por outros tributos seria uma medida eficiente para o governo promover a geração distribuída em pequena escala. Até o momento, início de 2015, há debate em torno deste assunto pelos agentes do setor.

Conforme sugestão de (SALES, 2014), no caso do ICMS, os legisladores poderiam assegurar sua isenção por meio de uma emenda à Lei Complementar 87 (Lei Kandir), acrescentando um inciso adicional no artigo 3º para incluir as operações de compensação de energia elétrica realizados sob o sistema de compensação instituído pela REN 482/12 da ANEEL no rol de operações nas quais o ICMS não incide.

A esse respeito, o escritório de advocacia Pinheiro Neto, através de (LOBO e PILOTO, 2014), recomenda que o assunto seja rediscutido no âmbito do CONFAZ e que eventuais benefícios fiscais relativos ao ICMS sejam devidamente aprovados de modo a resguardar a segurança jurídica, já que iniciativas autônomas dos Estados nesse sentido tendem a ser consideradas inconstitucionais conforme jurisprudência do Supremo Tribunal Federal.

6.1.3. Isenção de TUSD para Sistemas de Micro e Minigeração

Barreira Associada: 5.3.1 - Tributação no Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

O programa de *net-metering* traz a possibilidade de as concessionárias compensarem suas perdas na distribuição e atenuarem o carregamento de redes e transformadores, principalmente em regiões onde existem picos diurnos de energia, com a geração solar fotovoltaica e eólica de pequeno porte produzindo ganhos para as distribuidoras sem a necessidade de investimentos por parte destas.

Tendo em vista tais benefícios, poderia haver isenção da TUSD aplicada para inserções de energia na rede por sistemas de micro e minigeração.

6.1.4. Ampliação do Mercado Livre de Energia por Fontes Alternativas

Barreiras Associadas: 5.1.3 - Longo Prazo e Atrasos para Implantação de Novas Conexões, 5.4.1 - Reduzida Atratividade do Sistema de Compensação de Energia e 5.4.3 - Desconhecimento Técnico e Comercial dos Consumidores.

Atualmente, há campanhas e mobilizações no Brasil para se realizar ampliação do Mercado Livre de Energia para que consumidores de menor capacidade instalada, a partir de 100 kW, por exemplo, possam participar, sendo que, pela regulação vigente, apenas consumidores a partir de 500 kW possuem esta opção. O objetivo de ampliar este mercado é realizar uma maior descentralização e democratização da geração e do armazenamento de energia, maior alinhamento de interesse dos agentes e aumento da eficiência energética no setor.

No Mercado Livre de Energia, que hoje devido às restrições corresponde a 25% do consumo nacional, impera a livre negociação entre os agentes geradores, comercializadores, consumidores livres, importadores e exportadores de energia, com os consumidores podendo contratar energia elétrica de fornecedor distinto da concessionária local, sendo suprido por fontes renováveis. Neste modelo, os acordos de compra e venda de energia são pactuados por meio de contratos bilaterais, elevando a concorrência do mercado e resultando em preços entre 10 a 15% mais baratos que no mercado regulado.

Se por um lado menores tarifas de energia elétrica diminuem a atratividade de instalação dos sistemas de micro e minigeração pelos consumidores, por outro lado, em uma expansão do Mercado Livre de Energia, um maior número de consumidores, caracterizados por menor consumo energético, tende a impulsionar a criação de negócios de minigeração dedicados a este mercado, pelo fato de tais consumidores poderem contratar energia proveniente de empreendimentos de suas preferências.

Assim, empresas que reconhecidamente operem com menores impactos ambientais em questões como regimes hídricos, animais silvestres e ao bem-estar do ser humano podem ser a escolha de parte considerável da população, diminuindo o mercado das que não seguem estes valores, trazendo ganhos a toda a população. Assim,

empreendimentos de minigeradores eólicos ou fotovoltaicos também tendem a ser incentivados, impulsionando este setor. Em paralelo, poderia ser regulamentada a criação de comercializadores de pequeno porte, para atender a este grupo de consumidores especiais a partir de 100 kW.

Parte desta equação pode ser regulamentada pela ANEEL, mas outra parte, em especial no nível de políticas públicas, precisaria ser contemplada pelas esferas federais no Ministério de Minas e Energia e/ou pela Câmara dos Deputados.

6.1.5. Ampliação do Prazo da ANEEL nº481 em Cinco Anos

Barreira Associada: 5.3.2 - Prazo da REN 481/2012 em 31 de Dezembro de 2017.

Avaliar a ampliação do prazo para entrada em operação comercial de usinas solares com potência inferior a 30 MW para desconto de 80% na TUSD e TUST em cinco anos. Ou seja, o atual prazo determinado em 31 de dezembro de 2017 seria prorrogado para o fim de 2022, de forma que as usinas solares continuem com este estímulo econômico para os próximos leilões de energia. Tal medida seria importante visto que tal resolução facilitou a viabilidade econômica das primeiras usinas solares do país que deverão entrar em operação em até 1º de outubro de 2017. Com o prazo estendido até 2022 e com a fonte solar se concretizando na matriz elétrica brasileira, a cadeia produtiva deve se estabelecer no país, diminuindo também o custo nacional para sistemas de micro e minigeração fotovoltaica.

6.1.6. Regulação para Ilhamento

Barreira Associada: 5.3.4 - Ausência de Regulação para Ilhamento.

O estabelecimento de critérios técnicos para realização de ilhamento em sistemas de micro e minigeração possibilitaria ao consumidor suprir o seu consumo de energia em caso de desligamento da rede elétrica da distribuidora, aumentando, assim, a disponibilidade de atendimento e, consequentemente, a atratividade do investimento.

Os critérios poderiam incluir a possibilidade de ilhamento no caso de utilização de sistemas com bateria, controlador de carga e inversor com capacidade de interagir com

a rede, tecnologia já existente no mercado, conforme apresentado por (VILLALVA e GAZOLI, 2012) seguindo a topologia da Figura 33. Neste tipo de sistema, com a rede elétrica pública presente, esta alimenta as cargas do consumidor em paralelo com a fonte de microgeração e ambos carregam o banco de baterias, com o inversor interativo também atuando como controlador de carga. Já em caso de ausência da rede, as chaves de alimentação das cargas através da rede são abertas e o inversor passa a alimentar as cargas do consumidor através das fontes e das baterias

Figura 33 - Inversor interativo com a rede elétrica pública.

Fonte: Adaptado de (VILLALVA e GAZOLI, 2012).

Por fim, para haver equilíbrio de interesses entre distribuidoras e consumidores, sugere-se que a permissão para realizar o ilhamento seja estabelecida apenas para quando houver falha na rede convencional e não como opção do consumidor, não permitindo assim que ele conecte e desconecte sua unidade consumidora da rede da distribuidora de acordo com suas preferências.

6.1.7. Regulação para Sistemas Híbridos

Barreira Associada: 5.3.5 - Ausência de Regulação para Sistemas Híbridos.

Com base em estudos de conexão à rede elétrica sendo realizados, propõe-se a realização de debate técnico para se estabelecer critérios e procedimentos no PRODIST para acesso de sistemas híbridos de micro e minigeração distribuída ao sistema de distribuição, considerando a complexidade de arranjos e multiplicidade de opções para se arquitetar tais sistemas e, conseqüentemente, da necessidade de um controle de todas as fontes para que haja máxima eficiência na entrega da energia.

6.1.8. Regulação para Minirredes

Barreira Associada: 5.3.6 - Ausência de Regulação para Minirredes.

Propõe-se a realização de debate técnico para se estabelecer regulação específica e critérios e procedimentos no PRODIST para acesso de minirredes urbanas ao sistema de distribuição através de ponto de conexão à rede da concessionária local para participação de programas de incentivos às energias renováveis como a Tarifa Prêmio (*feed-in tariff*) e o Sistema de Compensação de Energia (*net-metering*).

Assim, por exemplo, conjuntos de usuários, como condomínios residenciais e comerciais, complexos turísticos e industriais, poderiam investir em fontes geradoras próprias para atendimento de sua demanda local e realizar gerenciamento da oferta e demanda inserindo energia excedente na rede pública e captando energia quando a demanda interna for maior que a geração própria, dentro do conceito de condomínios inteligentes. A diferença entre os dois fluxos poderia ser contabilizada em programas de incentivos existentes ou pela criação de nova regulamentação específica.

6.1.9. Padronização das Normas das Distribuidoras

Barreira Associada: 5.3.3 - Detalhamento das Normas Técnicas das Distribuidoras.

A padronização dos procedimentos de conexão à rede de todas as distribuidoras em uma norma de abrangência nacional poderia ser estabelecida, com detalhamento suficiente para clientes e empresas compreenderem as diretrizes para elaboração,

instalação e manutenção de projetos de sistemas microgeração e minigeração distribuída e suas interligações com a rede de distribuição, aumentando o nível de confiança das instalações e facilitando a comunicação entre os agentes.

O desenvolvimento desta norma nacional pode ocorrer através de análise da qualidade dos documentos de procedimentos atuais, debate de um modelo de documento ótimo e aprimoramento do conteúdo levando em consideração as lições aprendidas através das experiências de conexão de sistemas de micro e minigeração à rede pública realizadas ao redor do país.

6.2. Incentivos

As propostas de possíveis incentivos apresentados a seguir podem ser debatidas e estudadas por diferentes agentes envolvidos no setor de energia, entre eles a ANEEL, o Congresso Nacional, distribuidoras de energia, bancos, organizações sem fins lucrativos e universidades, buscando o desenvolvimento de ambiente que possibilite aquecimento do mercado de micro e minigeração, propiciando alta demanda, e a criação de modelos de negócios inovadores pelas empresas envolvidas no setor.

6.2.1. Dedução no Imposto de Renda

Barreira Associada: 5.4.1 - Reduzida Atratividade do Sistema de Compensação de Energia.

O governo poderia estudar meios de permitir que o consumidor realize a dedução de um percentual do valor investido em equipamentos de sistemas de micro e minigeração no imposto de renda referente ao ano da compra dos equipamentos. Esta medida traria significativo impacto no custo nivelado de geração e tornariam os retornos financeiros da energia fotovoltaica e da eólica de pequeno porte mais atraentes. Nos Estados Unidos, por exemplo, tal medida foi importante para o sucesso do setor de microgeração no país, sendo que as residências que investem em geração local são elegíveis a um desconto de até 30% do valor investido nos equipamentos no ano da instalação.

Se implantando no Brasil, para motivar a instalação de sistemas energeticamente eficientes, sugere-se adotar que apenas sistemas com módulos fotovoltaicos, turbinas eólicas e inversores certificados pelo INMETRO e com classificação A no programa brasileiro de etiquetagem sejam aptos à dedução no imposto de renda. Além disso, sugere-se que o consumidor comprove que o sistema está operacional, através de faturas da conta de luz, por exemplo, evitando a dedução de imposto em equipamentos que não estejam efetivamente contribuindo com o setor energético brasileiro.

6.2.2. Tributação Ecológica (*Eco Tax*)

Barreira Associada: 5.4.1 - Reduzida Atratividade do Sistema de Compensação de Energia.

Uma forma dos governos ajudarem a sociedade a instalar unidades de micro ou minigeração através de fontes renováveis de energia é introduzir o conceito de tributação ecológica, conhecida em diversos países como *eco tax*. Este sistema fiscal se concentra em oferecer incentivos fiscais e subsídios para os consumidores, tanto pessoa física quanto pessoa jurídica, que querem instalar e manter sistemas de micro ou minigeração de energia por fontes renováveis. Para compensar esses incentivos, o governo pode debater o aumento de impostos sobre as entidades que geram significativa poluição através da produção de gases do efeito estufa.

Seguem exemplos de impostos que poderiam ser reduzidos aos usuários comerciais e industriais de sistemas de micro e minigeração através deste incentivo, seja em relação a seus patrimônios quanto aos produtos fabricados\comercializados:

- Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU);
- Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ);
- Imposto sobre Produto Industrializado (IPI);
- Contribuição para o Programa de Integração Social (PIS);
- Contribuição Social sobre o Faturamento das Empresas (COFINS);
- Imposto Sobre Serviços (de qualquer natureza) (ISS);
- Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS).

Assim, fábricas com sistemas de minigeração poderiam ter menor incidência de impostos na comercialização dos produtos por elas fabricados. Por exemplo, certo produto poderia ter desconto de 10% no IPI pelo fato da fábrica atender um percentual mínimo de sua carga através de sistemas fotovoltaicos em suas instalações, tornando tal mercadoria mais competitiva no mercado e, conseqüentemente, estimulando as fábricas concorrentes a também adotarem sistemas de minigeração para manterem seus preços competitivos.

Para os usuários residenciais, também poderia ser reduzido o Imposto de Renda Pessoa Física (IRPF), conforme sugerido no tópico 6.2.1.

Já exemplos de tributações ecológicas incidentes sobre entidades que geram significativa poluição que poderiam ser implantadas ou melhoradas são:

- Impostos sobre o uso de combustíveis fósseis para geração de energia;
- Impostos sobre bens importados que contenham uma fonte de energia não renovável significativa;
- Impostos sobre atividades de extração florestal;
- Impostos sobre produtos associados a externalidades negativas, como os setores de fumo e bebida.

Esta adoção de benefícios fiscais, reduzindo assim impostos aplicados a indústrias que instalem sistemas de minigeração nas amplas coberturas de suas fábricas e a prédios que adotem a microgeração para a iluminação de áreas comuns, por exemplo, seria importante incentivo para maior disseminação do conceito e para promover a transição em direção a uma economia de baixa emissão de carbono.

6.2.3. Criação de Projetos Padrão com Financiamentos Específicos

Barreira Associada: 5.4.2 - Poucas Opções de Financiamento.

Para facilitar a aprovação de financiamentos e, assim, gerar escala de utilização, o governo poderia desenvolver modelo padrão de projeto para investimentos em microgeração de energia, ou seja, modelo técnico-econômico aplicável aos vários perfis

de consumidores, oferecendo como parte do projeto o financiamento necessário, com fundos específicos constantes do orçamento da união. O financiamento poderia oferecer juros subsidiados, ter longo prazo para sua amortização e desenvolver mecanismo para se utilizar os créditos obtidos pelos consumidores pela injeção da energia excedente na rede das distribuidoras como parte da amortização da dívida.

6.2.4. Criação de Programa de Financiamento Orientado

Barreiras Associadas: 5.4.1 - Reduzida Atratividade do Sistema de Compensação de Energia, 5.4.2 - Poucas Opções de Financiamento e 5.4.3 - Desconhecimento Técnico e Comercial dos Consumidores.

De acordo com (SALES, 2014), a dificuldade de acesso a crédito em condições competitivas em conjunto com a falta de conhecimento técnico dos consumidores para avaliar os custos e benefícios da adesão ao regime de compensação são fatores que emperram a adesão à geração distribuída e poderiam ser resolvidos com a criação de um programa de financiamento análogo ao Programa de Microcrédito Produtivo Orientado, instituído pela Lei 11.110/2005, em que recursos das 'Instituições Financeiras Operadoras' (instituições financeiras públicas federais, bancos públicos e privados) são intermediados pelas 'Instituições de Microcrédito Produtivo Orientado' (cooperativas singulares de crédito, agências de fomento, sociedades de crédito ao microempreendedor, organizações da sociedade civil de interesse público), que fazem a ponte entre as 'Instituições Financeiras Operadoras' e o consumidor que deseja instalar um mini ou microgerador, também oferecendo suporte técnico.

6.2.5. Programas de Divulgação e de Conscientização da População

Barreiras Associadas: 5.4.3 - Desconhecimento Técnico e Comercial dos Consumidores, 5.4.1 - Reduzida Atratividade do Sistema de Compensação de Energia e 5.7 - Conjuntura Insuficiente dos Sistemas Eólicos de Pequeno Porte.

Como visto anteriormente, no tópico 3.4, a maioria dos brasileiros desconhece o Sistema de Compensação de Energia Elétrica e a taxa de adesão ao programa dos que conhecem é muito baixa.

Desta forma, recomenda-se promover campanhas de divulgação com alguns propósitos:

- Divulgar a atividade de micro e minigeração por fontes renováveis no Brasil para a população, explicando seu conceito, características, funcionamento na prática, benefícios e quais os procedimentos necessários para se instalar um sistema em sua unidade consumidora, alcançando maior parcela da população;
- Conscientizar a importância ambiental de se tornar um autoprodutor de energia, aumentando assim o valor da atividade através de ganhos qualitativos. Esta conscientização também tende a aumentar o nível de aceitação social das turbinas eólicas de pequeno porte. Dentre os principais fatores, pode-se explicar:
  - Para sistemas conectados à rede, os benefícios ao sistema elétrico ao contribuir no horário de pico de consumo devido à carga residencial e comercial de ar condicionado no verão, que coincide com o horário de maior nível de radiação solar;
  - Para sistemas isolados, informar os preços competitivos e as vantagens de se adotar energia fotovoltaica e/ou eólica em comparação ao diesel, usualmente utilizados, por menores custos, redução de poluição, redução de ruídos, a não necessidade de reabastecimento de combustível e a baixa exigência de manutenção;
  - A contribuição em questões ambientais, por diminuição da dependência de combustíveis fósseis e de hidrelétricas que muitas vezes geram impactos negativos.
- Benefícios ao se adotar medidores eletrônicos, mostrando que a partir da tarifa branca e da possibilidade de ser um microgerador, por exemplo, o consumidor pode mudar seu perfil técnico e financeiro de uso de energia.

Para tal, campanhas de publicidade de agentes do setor na grande mídia como televisão e revistas são boas possibilidades, assim como palestras e outras ações de marketing em bairros com potenciais consumidores.

6.3. Capacidade Tecnológica

As propostas apresentadas a seguir são voltadas ao aumento de competitividade das empresas que formam a cadeia produtiva de sistemas fotovoltaicos e eólicos de pequeno porte no Brasil e ao fomento para a atratividade de novos entrantes.

Entre as medidas, se busca melhores preços para a tecnologia devido aos altos custos de produção nacional e aos altos impostos para importação de equipamentos através da criação de um ambiente técnico-econômico favorável para o sucesso do setor.

Algumas das propostas são voltadas aos agentes relacionados à política industrial do país, outras às distribuidoras de energia para obtenção de maior domínio tecnológico e ainda há sugestões às empresas da cadeia produtiva e universidades para desenvolvimento de tecnologia.

6.3.1. Expansão do Programa de P&D Obrigatório da ANEEL

Barreira Associada: 5.5 - Cadeia Produtiva Incompleta.

Com objetivo de incentivar a busca constante por inovações e fazer frente aos desafios tecnológicos do setor elétrico, o atual programa de pesquisa e desenvolvimento (P&D) exigido pela ANEEL para empresas concessionárias, permissionárias ou autorizadas de distribuição, transmissão e geração de energia elétrica, poderia ser expandido para empresas geradoras a partir de usinas eólicas ou solares, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), biomassa e cogeração qualificada, hoje isentas da obrigatoriedade de realizar este investimento.

Neste programa, as empresas devem aplicar anualmente um percentual mínimo de sua receita operacional líquida em P&D voltado ao setor de energia elétrica nacional. A obrigatoriedade na aplicação desses recursos está prevista em lei e nos contratos de concessão, cabendo à ANEEL regulamentar os investimentos, acompanhar a execução dos projetos e avaliar seus resultados.

A expansão do programa para empresas que geram exclusivamente por fontes renováveis poderia ter como requisito o investimento exclusivo em tecnologias

relacionadas a tais fontes. No fim, os avanços tecnológicos proporcionados pelas pesquisas desenvolvidas tendem a ser significativos em relação aos recursos financeiros necessários, aumentando a capacidade e domínio tecnológico do país.

6.3.2. Fomento de Parcerias entre Empresas e Universidades pelos Estados

Barreira Associada: 5.5 - Cadeia Produtiva Incompleta.

Sugere-se que as unidades federativas do Brasil mapeiem criteriosamente e fomentem o desenvolvimento de parcerias entre empresas interessadas em desenvolver equipamentos para sistemas fotovoltaicos e eólicos de pequeno porte e grupos de pesquisa dentro de universidades públicas capazes de contribuir tecnicamente, através do corpo acadêmico, e financeiramente, através de parcerias com instituições públicas de fomento à pesquisa e desenvolvimento.

Através das parcerias, se poderiam desenvolver protótipos de equipamentos fotovoltaicos e eólicos com maior eficiência energética, robustez e segurança, ao agregar os conhecimentos técnicos dos fabricantes com os da academia. Posteriormente, após ganho de maturidade dos protótipos, as empresas poderiam desenvolver modelos comerciais dos produtos para possível certificação e inserção no mercado.

No caso de desenvolvimento de turbinas eólicas, por exemplo, mais de um grupo de pesquisa acadêmica poderia ser envolvido, visto que tal tecnologia envolve diversas áreas de conhecimento, como automação, energia, mecânica e controle, com a empresa parceira coordenando e integrando as diversas frentes de trabalho.

6.3.3. Criação de Entidade de Energias Renováveis e Eficiência Energética

Barreiras Associadas: 5.5 - Cadeia Produtiva Incompleta, 5.6 - Capacitação Profissional Insuficiente e 5.4.3 - Desconhecimento Técnico e Comercial dos Consumidores.

A partir do exemplo de atuação do (OFFICE OF ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY, 2015), denominado *EEER*, vinculado ao Departamento de Energia dos Estados Unidos, o Ministério de Minas e Energia poderia avaliar a criação

de entidade vinculada que possua o objetivo de acelerar o desenvolvimento e facilitar a instalação de tecnologias de energias renováveis, eficiência energética e outras soluções baseadas no mercado que fortaleçam a segurança energética, qualidade ambiental e suas vitalidades econômicas no Brasil.

Atualmente, possuímos no Brasil entidades como a Associação Brasileira de Energia Solar (ABSolar), a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), além da Empresa de Planejamento Energético (EPE) e do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) executado pela Eletrobrás. Entretanto, as associações citadas trabalham principalmente defendendo os interesses de seus associados, tipicamente a indústria e empresas de serviços. Já a EPE possui caráter político de planejamento do setor energético e o PROCEL possui atuação limitada dentro do objetivo de promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício.

Assim, a proposta consiste na criação de uma entidade que atue observando o interesse de todos os agentes do setor e os aproximando, tanto pessoas jurídicas quanto físicas, ou seja, governo, indústria, empresas de geração, transmissão, distribuidoras, comercializadoras, consumidores, universidades, profissionais e estudantes.

Desta forma, a exemplo do EERE, tal entidade nacional poderia ter as seguintes missões:

- Liderar e fomentar parcerias entre rede de pesquisadores e empresas do setor para fornecer tecnologias inovadoras que tornem a produção de energia renovável com custo competitivo frente às fontes tradicionais de geração, auxiliando assim no alcance da proposta do tópico 6.3.2, por exemplo;
- Liderar rede de pesquisadores e outros parceiros para desenvolver, continuamente, soluções de economia de energia inovadoras e rentáveis, que ajudem o país a operar com maior eficiência energética de plantas industriais, processos de fabricação, produtos, casas e prédios;

- Liderar o desenvolvimento de recursos energéticos para veículos, buscando soluções mais competitivas para uma menor poluição do ambiente, através da utilização de recursos como etanol, biomassa e veículos elétricos, por exemplo;
- Desenvolver atividades de suporte à educação, treinamento e desenvolvimento da força de trabalho do mercado de energia, engajando a sociedade, inspirando e capacitando profissionais a inovar, produzir e oferecer serviços e produtos de alta qualidade.

Neste último aspecto, as seguintes ações de suporte à capacitação profissional são realizadas pelo EERE e podem servir como base para a possível entidade nacional:

- Mapeamento e intermediação de vagas profissionais disponíveis no setor;
- Apresentação de mapas de carreira em áreas como energia solar e eólica, explorando quais são os cargos usuais, analisando possível progressão entre eles e identificando a formação necessária para realizar bem cada função;
- Intermédio para ensino e engajamento de jovens estudantes a aprender sobre a importância das energias renováveis e da eficiência energética através de planos de ensino, laboratórios, projetos e outras atividades pré-desenvolvidas pela entidade para realização nas escolas;
- Mapeamento de treinamentos, cursos técnicos, graduação e especialização em energias renováveis e eficiência energética em todo o país e no exterior;
- Realização de competições de energias renováveis e eficiência energética para estudantes de diferentes faixas etárias, desde alunos da educação básica até estudantes de engenharia, possibilitando que apliquem seus conhecimentos da tecnologia e buscando um possível aumento de suas motivações para trabalharem no setor. Por exemplo, nos Estados Unidos há a realização de competições nacionais para premiar quem desenvolve (i) o protótipo de melhores carros elétricos, (ii) fábricas energeticamente eficientes e (iii) casas com os mais eficientes sistemas de microgeração.

Portanto, esta nova entidade nacional teria o papel de identificar as dificuldades existentes em diversas frentes, de acordo com os interesses nacionais, e proporcionar

apoio para superá-los. Sua atuação consistiria em planejar, incentivar e atuar para o desenvolvimento tecnológico nacional em energias renováveis e eficiência energética, impulsionando a pesquisa, o relacionamento entre academia e empresas, aprimorando o ambiente de formação profissional, facilitando o contato entre profissionais, empresas e governo.

6.3.4. Política Industrial com Metas para a Micro e Minigeração

Barreiras Associadas: 5.1.1 - Incertezas Comerciais para Contratação de Energia e 5.5 - Cadeia Produtiva Incompleta.

Os governos nacionais, sendo o federal através do MME e EPE e os estaduais através de suas secretarias de energia, poderiam estabelecer metas quantitativas claras para a energia solar fotovoltaica e para os sistemas eólicos de pequeno porte em termos de capacidade instalada de forma que os demais agentes do setor consigam ter uma melhor previsão de crescimento da demanda para realizarem planejamento de ações.

Para a indústria, por exemplo, é essencial ter uma visão da demanda em médio e longo prazo para desenvolverem sua estratégia de estabelecimento e crescimento. Já para as distribuidoras de energia, a previsão de crescimento da micro e minigeração é informação importante para conseguirem projetar com melhor precisão as necessidades de contratação de energia nova, realizadas com até cinco anos de antecedência, diminuindo o risco de realizarem sobre contratação, o que impacta em maiores custos a serem arcados.

Para se alcançar tais metas de capacidade instalada, é necessário o estabelecimento de políticas industriais, energéticas e tributárias consistentes, específicas e factíveis para o setor, incluindo a revisão de tributos federais e estaduais sobre insumos e atividade, linhas de incentivos para geração de escala suficiente para justificar a indústria local, dentre outras, abordadas inclusive nas demais propostas desta dissertação.

6.3.5. Desenvolver Instituições para Certificação INMETRO de Aerogeradores

Barreira Associada: 5.7.3 - Laboratórios para Ensaios e Certificações Insuficientes.

Visto que a etiquetagem INMETRO é uma garantia da eficiência energética e segurança de um equipamento e a certificação um diferencial competitivo global, ao incentivar a evolução de qualidade de tais equipamentos produzidos no Brasil, é preciso investir em laboratórios para a realização de ensaios mecânicos e elétricos das turbinas eólicas de pequeno porte, assim como testes com cargas e na rede elétrica e da certificação de eficiência energética de cada modelo disponível comercialmente.

Segundo (GIANNINI, DUTRA e GUEDES, 2013), a experiência americana mostra que o processo para desenvolver instituições de certificação de aerogeradores de pequeno porte é caro e lento por sua própria natureza e que nos Estados Unidos a certificação surgiu da necessidade dos fabricantes participarem também do mercado europeu, onde as regras são mais rígidas quanto à obrigatoriedade dos ensaios de conformidade. Assim, da mesma forma, o desenvolvimento de portaria INMETRO estabelecendo os critérios de avaliação de equipamentos para sistemas eólicos de pequeno porte, a exemplo da portaria nº004/2011 para sistemas fotovoltaicos, tende a aumentar o número de solicitações para certificação no Brasil.

6.3.6. Incentivos Fiscais para Equipamentos

Barreiras Associadas: 5.2 - Altos Custos de Investimentos e 5.5 - Cadeia Produtiva Incompleta.

Para aumentar a competitividade da micro e minigeração no Brasil, justificável, entre outros pontos, pelos seus benefícios ao setor elétrico brasileiro e ambientalmente pela promoção e maior adoção das fontes renováveis de energia, os altos custos nacionais para produção e importação de equipamentos para sistemas fotovoltaicos e eólicos de pequeno porte poderiam ser em parte compensados através de abatimento ou isenção de tributos como o IPI, para produtos fabricados no Brasil, e o II, para produtos importados.

Para tal, poderia se criar projeto de lei na esfera do Congresso Nacional. Atualmente, existe o Projeto de Lei 317/2013, aprovado na Comissão de Assuntos Econômicos (CAE), que prevê a isenção de II para equipamentos de sistemas fotovoltaicos produzidos fora do país, entretanto se recomenda estender a discussão para produtos fabricados no Brasil e também ao mercado de sistemas eólicos de pequeno porte.

6.3.7. Incentivos Fiscais para a Cadeia Produtiva

Barreira Associada: 5.2 - Altos Custos de Investimentos e 5.5 - Cadeia Produtiva Incompleta.

Como forma de impulsionar a cadeia produtiva de equipamentos de sistemas fotovoltaicos e eólicos de pequeno porte, em estágio inicial de desenvolvimento no Brasil e que necessitam aumentar suas competitividades com produtos importados, se poderia debater o oferecimento de incentivos fiscais para empresas fabricantes, como descontos nos valores pagos de IPTU e no IRPJ, por exemplo. Para compensar esses incentivos, o governo poderia debater o aumento de impostos sobre empresas que operam com nível de geração de gases do efeito estufa e de outros poluentes em proporções não adequadas.

6.3.8. Desenvolvimento de Projetos Pilotos pelas Distribuidoras

Barreira Associada: 5.1 - Incertezas e Dificuldades de Distribuidoras de Energia.

Para diminuir as incertezas comerciais e técnicas das distribuidoras, propõe-se o desenvolvimento de dois projetos pilotos:

6.3.8.1. *Bairro Residencial com Alta Inserção de Microgeração*

Selecionar bairros residenciais para instalação de microgeração em suas unidades consumidoras para avaliação técnica da qualidade de energia resultante da conexão de um número expressivo de sistemas na rede elétrica, desenvolvimento de procedimentos seguros de manutenção e de outras soluções que julgarem necessárias, diminuindo assim as incertezas que tais agentes possuem em relação aos impactos na rede caso haja ampla disseminação do conceito.

6.3.8.2. *Minirrede Inteligente através de Tarifação Dinâmica*

Desenvolvimento de minirrede inteligente com tarifação dinâmica, possuindo sistema de controle que armazene energia nos horários de menor tarifa, realize o gerenciamento da demanda e injete energia na rede nos períodos de ponta, possibilitando maior retorno ao consumidor e à concessionária. Este conceito é adotado em condomínios inteligentes nos Estados Unidos.

6.3.9. Integração de Energia Fotovoltaica em outras Centrais Geradoras

Barreira Associada: 5.5.1 - Cadeia Produtiva de Sistemas Fotovoltaicos Incompleta.

Devido à relativa facilidade para se realizar a instalação dos módulos fotovoltaicos e as características de construção de outros empreendimentos geradores de energia, como centrais hidrelétricas, que correspondem a 66% da energia elétrica gerada no Brasil, e parques eólicos, que possuem significativo crescimento no país nos últimos anos, propõe-se o estudo técnico, econômico, ambiental e jurídico de integração de energia fotovoltaica aos sistemas destes outros tipos de centrais geradoras, possibilitando aumento da garantia física das usinas, melhor uso das áreas das centrais e sem alterar o custo de transmissão. Tal medida possui potencial de tornar a energia fotovoltaica competitiva neste segmento, proporcionando desenvolvimento do setor.

Os estudos devem considerar, entre outros pontos:

- Análise técnica:
  - Da integração da energia fotovoltaica e suas características às das centrais primárias, propondo modelos que aperfeiçoem a eficiência e complementaridade das fontes;
  - De limitações técnicas de possível sobrecarga do sistema como um todo;
  - De possíveis sombreamentos das torres eólicas ou de estruturas e arredores das centrais hidrelétricas nos painéis fotovoltaicos.
- Análise ambiental de impactos dos painéis fotovoltaicos na flora e fauna, como sombreamento das águas dos rios e reservatórios das centrais hidrelétricas e na utilização do solo com suas outras possibilidades nos parques eólicos;

- Análise econômica da atratividade desta integração;
- Análises contratuais e legais quanto aos direitos, licenciamentos e autorizações que tenham sido obtidas com a específica finalidade de implementar o projeto original.

Outra forma de viabilizar a integração de energia fotovoltaica com outras fontes geradoras seria a CCEE realizar leilões de energia elétrica permitindo sistemas geradores complementares, ou seja, com fontes energéticas de características de recursos complementares. Tais centrais não precisariam ser necessariamente híbridas e sim com pontos de conexão distintos, simplificando o gerenciamento da energia gerada. Com empreendimentos desta natureza, o fornecimento de energia contratado poderia ser mais facilmente alcançado mesmo em épocas de escassez de recursos de uma das fontes geradoras, evitando compras no mercado *spot*.

6.3.10. Atlas Eólico para Sistemas de Pequeno Porte

Barreira Associada: 5.7.1 - Mapeamento do Potencial Eólico para Aplicações de Pequeno Porte.

Considerando que a quantificação e a localização de sítios favoráveis para a geração eólica de pequeno porte são de fundamental importância para delinear políticas eficientes para o desenvolvimento tecnológico e de mercado, conforme apresentado por (GIANNINI, DUTRA e GUEDES, 2013), é necessário identificar o perfil do vento em alturas menores do que as consideradas atualmente nos Atlas Eólicos Brasileiros, que focam em sistemas de grande porte.

Para tal, pode-se dar continuidade e eventualmente realizar melhorias na metodologia sendo desenvolvida por (GIANNINI, DUTRA e GUEDES, 2013) que, através de atlas eólicos para grande porte, modelam as alturas típicas dos aerogeradores de pequeno porte e a instabilidade média anual da atmosfera, obtendo o mapeamento de ventos para pequeno porte. Tal metodologia por fim é testada utilizando *softwares* de estimativa de produção energética e medições anemométricas pontuais. Os autores desta metodologia realizaram estudos preliminares no Nordeste do país obtendo

indicação de potencial significativo para sistemas eólicos de pequeno porte nesta região.

A identificação do perfil de ventos nacional para turbinas eólicas de pequeno porte ajudará aos possíveis consumidores a analisarem a atratividade do investimento e possibilitará que fabricantes de aerogeradores de pequeno porte modelem as turbinas eólicas e dimensionem os inversores e controladores de carga de acordo com o perfil de vento das regiões de interesse comercial.

6.3.11. Desenvolvimento de Turbinas Eólicas para o Mercado Nacional

Barreira Associada: 5.5.2 - Cadeia Produtiva de Sistemas Eólicos de Pequeno Porte Incompleta e 5.7.2 - Menor Aceitação Social das Turbinas Eólicas.

Empresas fabricantes, centros de P&D e/ou grupos de pesquisa de universidades nacionais poderiam desenvolver turbinas de pequeno porte adaptadas aos ventos turbulentos e de menor intensidade característicos de áreas urbanas e rurais brasileiras, personalizando o modelo aerodinâmico aos perfis de ventos conforme características geográficas destas regiões, buscando aumento do fator de capacidade, maior robustez para suporte de turbulências, aparência que as tornem socialmente mais atraentes e menor geração de ruídos.

Os projetos devem atender às condições de segurança, confiabilidade, desempenho, nível de ruído, testes e interação com redes elétricas definidas pelas normas IEC 61400-2 – *Small Wind Turbines* e IEC 61400-22 - *Conformity testing and certification*, possuindo assim desempenho apto para certificação, aumentando sua confiabilidade e competitividade no mercado nacional e global.

O desenvolvimento de turbinas personalizadas ao mercado de micro e minigeração brasileiro e com atendimento às normas internacionais poderá trazer vantagens competitivas de custo-benefício, aumentando sua atratividade, e o menor nível de ruídos e a busca por *design* agradável visualmente à sociedade tende a aumentar a aceitação por tal tipo de tecnologia.

Por fim, conforme sugerido em 6.3.2 - Fomento de Parcerias entre Empresas e Universidades pelos Estados, visto que tal tecnologia envolve diversas áreas de conhecimento, a realização de parcerias entre diversas frentes de trabalho seria algo estratégico para desenvolvimento dos projetos.

6.3.12. Desenvolvimento de Ambiente de Negócios através de *Leasing*

Barreiras Associadas: 5.4.1 - Reduzida Atratividade do Sistema de Compensação de Energia, 5.4.2 - Poucas Opções de Financiamento, 5.4.3 - Desconhecimento Técnico e Comercial dos Consumidores e 5.5 - Cadeia Produtiva Incompleta.

O desenvolvimento de linhas de negócios já experimentadas com bons resultados em outros países, onde também se aplica o conceito de *net-metering*, como o *leasing* de equipamentos fotovoltaicos ou eólicos de pequeno porte, poderia ser incentivado pelo governo brasileiro, através do financiamento de planos de negócio de empresas que pretendam prestar tais serviços e alinhado com condições de crédito de bancos que poderiam desenvolver modelo de negócio para viabilizar o serviço.

O *leasing*, denominado na legislação brasileira como arrendamento mercantil, para micro ou minigeração consiste em contrato através do qual a arrendadora (empresa que se dedica à exploração de *leasing*) adquire os equipamentos dos sistemas de geração e o aluga ao arrendatário (consumidor) por um prazo determinado. Assim, o usuário tem custo de instalação zero, pagando mensalidade fixa, usualmente sem reajustes, a uma empresa que é responsável pela instalação e manutenção dos sistemas fotovoltaicos. Esta mensalidade fixa somada à nova conta paga à distribuidora tende a ser menor que a conta antiga paga à distribuidora e tende a ficar mais atrativa no decorrer dos anos, à medida que a tarifa de energia elétrica das distribuidoras locais tende a aumentar ao menos pelos processos inflacionários, favorecendo a adesão do consumidor. Ao término do contrato, o arrendatário pode optar por renová-lo por mais um período, devolver o sistema arrendado à arrendadora ou adquiri-lo pelo valor de mercado ou por um valor residual previamente definido em contrato.

De acordo com a (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2014), o modelo de *leasing* pode ser implantado no atual cenário regulatório brasileiro (*net-metering*) e

possibilita uma otimização de custos, tendo em vista que as etapas de financiamento, compra, venda, instalação e manutenção passem por apenas um agente.

6.3.13. Desenvolvimento de Ambiente de Negócio por Contratos de Compra

Barreiras Associadas: 5.4.1 - Reduzida Atratividade do Sistema de Compensação de Energia, 5.4.2 - Poucas Opções de Financiamento, 5.4.3 - Desconhecimento Técnico e Comercial dos Consumidores e 5.5 - Cadeia Produtiva Incompleta.

As linhas de negócios baseadas em contratos de compra, denominadas em inglês como *Power Purchase Agreement* (PPA), é uma possibilidade para aumentar a atratividade de adoção de sistemas de micro ou minigeração. Neste tipo de modelo de negócios, a empresa de engenharia é responsável pelo projeto e investimentos necessários para a implantação do sistema na unidade do consumidor, assumindo o risco técnico e financeiro da operação, estando disposta a remunerar-se com base na economia gerada no consumo de energia adquirida da rede da distribuidora local, conceito já utilizado internacionalmente com sucesso para o setor de microgeração.

Para tal, usualmente a empresa que oferece o PPA realiza um pré-diagnóstico técnico e econômico da unidade consumidora para verificar se o potencial de geração de energia, e assim o retorno do investimento, é atraente tanto para a empresa lidar com os riscos quanto para o consumidor prosseguir na sua intenção de possuir um sistema de microgeração. Após desenvolvimento de projeto detalhado e instalação do sistema, se realiza monitoramento da energia gerada para pagamento mensal do consumidor à empresa que oferece o PPA. A tarifa por kWh contratada é usualmente igual ou menor que a cobrada pela distribuidora local e não sofre reajustes com o tempo, o que faz com que a atratividade do sistema cresça de acordo com o aumento das tarifas de energia das distribuidoras locais.

Segundo o (INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2011), algumas das dificuldades para efetivação deste modelo de negócios no Brasil, e que este tópico sugere o estudo de ações de agentes do setor para se obter soluções, se devem por:

- Ausência de regulação que estabeleça base jurídica segura para operação deste modelo de negócios;
- Financiamentos caros e bancos nacionais não adaptados a este modelo;
- Desconhecimento das vantagens de um contrato de compra por clientes;
- Baixa maturidade para avaliação dos resultados econômicos no país;
- Falta de garantia legal que o contratante irá pagar a economia obtida e medida.

6.3.14. Microgeração - Modelos de Negócios Bem-Sucedidos nos EUA

Barreiras Associadas: 5.4.1 - Reduzida Atratividade do Sistema de Compensação de Energia, 5.4.2 - Poucas Opções de Financiamento, 5.4.3 - Desconhecimento Técnico e Comercial dos Consumidores e 5.5 - Cadeia Produtiva Incompleta.

O mercado de microgeração nos Estados Unidos cresce rapidamente em paralelo com diversas transformações no mercado, onde se observa constantemente aquisições de empresas, anúncios de fundos de financiamentos e desenvolvimento de parcerias, que, conforme análise de (LITVAK, 2014), indicam uma integração vertical dos serviços prestados pelas empresas como evolução dos modelos de negócios do setor naquele país.

Em 2015, as empresas *SolarCity* e *Vivint Solar* são as duas principais instaladoras de sistemas fotovoltaicos residenciais nos EUA, sendo responsáveis por 34% do mercado local. Como ponto em comum em seus modelos de negócios bem sucedidos, que podem ser avaliados por empresas brasileiras para inspiração e adaptação ao cenário nacional conforme avanço do ambiente para novos modelos de negócios, com propostas nos tópicos 6.3.12 e 6.3.13, temos que ambas oferecem primariamente equipamentos através de *leasing* ou PPA, modelo de mercado que deve valer 5,5 bilhões de dólares em 2016 de acordo (HALL, 2013). Além disso, neste segmento de atuação nos Estados Unidos, ambas são as únicas empresas completamente verticais, em outras palavras, integrando todo o ciclo de desenvolvimento do negócio, ou seja: prospecção comercial, avaliação, projeto, instalação e manutenção, e ainda com os seguintes diferenciais nestas etapas:

- *Marketing*: Incluindo propagandas na grande mídia, parcerias com o varejo, venda porta a porta e ações de *telemarketing* em regiões potenciais;
- Avaliação Técnico-Econômica: Através de rápido contato telefônico, as empresas avaliam o uso de energia do consumidor e o potencial de geração ao analisarem o telhado do imóvel com imagens por satélite obtidas *online* através do endereço informado da unidade consumidora;
- Financiamento: Com a consolidação do mercado americano e de suas operações comerciais, as maiores empresas vêm buscando não necessitar mais de financiamento de terceiros para suas operações de *leasing* ou PPA, as realizando com seu próprio caixa, o que aumenta assim suas competitividades comparadas às centenas de pequenos instaladores existentes;
- Instalação: Estas empresas adquiriram instaladoras previamente parceiras, removendo a margem de lucro do instalador e melhorando seus custos.

6.3.15. Minigeração - Modelos de Negócios Bem-Sucedidos nos EUA

Barreiras Associadas: 5.4.1 - Reduzida Atratividade do Sistema de Compensação de Energia, 5.4.2 - Poucas Opções de Financiamento, 5.4.3 - Desconhecimento Técnico e Comercial dos Consumidores e 5.5 - Cadeia Produtiva Incompleta.

No mercado de minigeração, a americana SunEdison possui modelo de negócios competitivo para instalação de sistemas fotovoltaicos para clientes como fábricas, supermercados, shoppings e escolas, que tipicamente possuem altas contas de energia elétrica e largas coberturas em suas unidades consumidoras. Tal modelo de negócio pode inspirar empresas brasileiras a adaptar tal modelo de negócios ao cenário nacional, especialmente caso incentivos, como deduções no imposto de renda de pessoas jurídicas e as *Eco Taxes*, propostas nos tópicos 6.2.1 e 6.2.2, respectivamente, forem adotados no país.

Para tais consumidores, a SunEdison realiza a venda de PPA, realizando o projeto, instalação e manutenção dos sistemas fotovoltaicos sem custos ao cliente e com contratos de compra de no mínimo 10 anos. O financiamento ocorre pela revenda de grupos de PPAs para empresas investidoras, que se beneficiam das instalações ao

receberem o pagamento mensal dos consumidores da energia gerada e ao receber descontos e incentivos fiscais por serem as empresas legalmente proprietárias dos sistemas de fontes renováveis. Como contrapartida, os investidores pagam taxas para a SunEdison pelo desenvolvimento, monitoramento e serviços relacionados às PPAs.

6.3.16. Evolução tecnológica para Sistemas Híbridos, Ilhamento e Smart Grid

Barreira Associada: 5.5.4 - Tecnologias para Sistemas Híbridos e *Smart Grid* Insuficientes, 5.3.4 - Ausência de Regulação para Ilhamento e 5.5.3 - Baterias Não Específicas para o Setor.

De forma que a indústria nacional acompanhe novas tendências globais do setor de micro e minigeração de energia e aumente a atratividade de tais sistemas no país, sugere-se desenvolver tecnologia para utilização de sistemas híbridos, incluindo suas aplicações para ilhamento e no conceito de *smart grid*.

Alinhada à questão de criação de regulação específica para sistemas híbridos conforme abordado no tópico 6.1.7, o desenvolvimento de inversores aptos a realizar controle de múltiplas fontes geradoras com segurança e máxima eficiência na entrega da energia, tornando possível o desenvolvimento de arranjos entre fontes fotovoltaicas, eólicas e bancos de baterias, é uma oportunidade para aumento de opções e atratividade de tais sistemas.

Já o desenvolvimento de tecnologia de intertravamento para ilhamento de sistemas híbridos é importante para aumentar a atratividades da micro e minigeração elétrica aos consumidores, por se tornarem sistemas que possibilitam o aumento da disponibilidade energética das instalações do cliente no caso de falhas do suprimento de energia da concessionária local.

Outro mercado a ser desenvolvido é o de baterias para utilização em microgeração com funcionalidades em *smart grid*. Conforme apresentado por (GREEN CAR REPORTS, 2013), nos Estados Unidos, a empresa Solar City em parceria com a Tesla Motors, por exemplo, iniciou a oferecer banco de baterias residencial de alta capacidade para

sistemas fotovoltaicos conectados à rede, ajudando o consumidor a manter cargas essenciais, como geladeira e iluminação, alimentadas no caso de falta de energia e a reduzir o consumo de energia da rede local nos horários de pico quando há tarifação dinâmica, aumentando assim a disponibilidade energética e com mais um fator para reduzir a conta de luz do consumidor e tornar os sistemas mais atrativos.

6.3.17. Desenvolvimento de Baterias para Sistemas Isolados

Barreira Associada: 5.5.3 - Baterias Não Específicas para o Setor.

Para atendimento de sistemas isolados, é preciso desenvolver maior número de modelos e melhorar os canais de vendas de baterias nacionais que atendam satisfatoriamente às particularidades das tecnologias de micro e minigeração eólica e fotovoltaica no Brasil para uso em tais sistemas, alcançando com maior facilidade as regiões dos usuários finais, em sua maioria distante dos grandes centros.

Operando através de um controlador com desempenho adequado para sistemas isolados, as baterias devem ser estacionárias ou de ciclo profundo, suportando assim descargas profundas, ao contrário de uma bateria comum.

6.4. Capacitação Profissional

As soluções para o país desenvolver uma melhor capacitação de seus profissionais são complexas para serem analisadas como função de causas pontuais e influenciam no desempenho de toda a indústria nacional. De acordo com análise da (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2013), de forma geral, é preciso desenvolver ações que visem:

- Aumentar a qualidade da educação básica e a proporção de jovens com o ensino médio completo;
- Ampliar a oferta de profissionais técnicos qualificados;
- Ampliar a oferta de engenheiros graduados em cursos superiores tecnológicos industriais no total de matrículas na educação superior;
- Aumentar o percentual de alunos concluintes dos cursos de engenharia, produção e construção em relação ao total de concluintes graduados.

Entretanto, focando apenas em ações exclusivas que proporcionariam uma evolução da capacitação profissional voltada ao setor de micro e minigeração de energia, pode-se desenvolver as seguintes propostas:

6.4.1. Cursos de Aperfeiçoamento para Técnicos Eletricistas

Barreira Associada: 5.6.1 - Instaladores Eletricistas de Micro e Minigeração Insuficientes

Frente à carência de técnicos eletricistas com qualificação específica para realizar a instalação e manutenção de sistemas de micro e minigeração de energia, faz-se necessário o desenvolvimento e oferecimentos de cursos de aperfeiçoamento para estes profissionais, através de instituições como o SENAI e o SENAC. Sugere-se que os cursos sejam de média duração (mínimo de 60 horas), conseguindo abordar o conteúdo com tempo adequado tanto para a parte teórica quanto para desenvolver a parte prática.

Dentre o conteúdo dos cursos, deve-se abordar, no mínimo e tanto na teoria quanto na prática, como se realiza a instalação e manutenção de módulos fotovoltaicos e de turbinas eólicas de pequeno porte, inversores e o dimensionamento de componentes elétricos específicos e de proteções para o aterramento.

6.4.2. Cursos de Aperfeiçoamento para Formação de Engenheiros Projetistas

Barreira Associada: 5.6.2 - Engenheiros Projetistas de Micro e Minigeração Insuficientes

É necessário desenvolver engenheiros com competências para projetar sistemas de micro e minigeração suficientes para atendimento do mercado potencial. Para tanto, pode-se desenvolver e ofertar cursos de aperfeiçoamento de média duração (mínimo de 60 horas) através de instituições como o IEE/USP.

Como habilidades, são desejadas, no mínimo, as capacidades de:

- Estimar os recursos solares e eólicos nas localidades de interesse;
- Estruturar e analisar a curva de carga do consumidor;
- Realizar levantamento topográfico de sombreamento próximo das instalações e do horizonte;

- Dimensionar os sistemas através de *softwares* dedicados, como o PVSyst e o HOMER Energy;
- Especificar módulos fotovoltaicos, turbinas eólicas de pequeno porte e inversores;
- Especificar quadros de força, seus componentes elétricos, cabos dedicados e suas proteções;
- Analisar as superfícies para montagem das estruturas metálicas de suporte, como os diversos tipos de telhados possíveis, e especificar as corretas estruturas para cada tipo;
- Supervisionar montagem e comissionamento.

6.4.3. Inserção de Micro e Minigeração nos Cursos de Graduação

Barreira Associada: 5.6.2 - Engenheiros Projetistas de Micro e Minigeração Insuficientes

Para um primeiro contato teórico com o conceito, ciência e práticas de projeto envolvidas nos sistemas de micro e minigeração de energia, sugere-se que se discuta a inserção de conteúdo voltado a esta área em disciplinas dos cursos de engenharia elétrica das universidades nacionais.

O conteúdo do curso poderia envolver:

- Fontes renováveis de energia para geração distribuída;
- Situação atual e potencial de utilização no Brasil e no mundo;
- Estimação de recursos energéticos solares e eólicos;
- Regras Básicas para dimensionamento e instalação de sistemas fotovoltaicos e eólicos de pequeno porte;
- Tecnologias envolvidas, incluindo conceito das células fotovoltaicas, de turbinas eólicas e de inversores;
- Diferenças entre sistemas conectados à rede e autônomos.

6.5. Priorização das Propostas

O desenvolvimento consistente de um setor econômico depende da satisfação e equilíbrio de atratividade que este possui para os diversos agentes envolvidos na atividade. Desta forma, com o objetivo de apresentar uma possível priorização das 34 propostas apresentadas nesta dissertação, propõe-se que a relevância de cada proposta é diretamente proporcional à possível contribuição na atratividade aos principais agentes envolvidos no setor de micro e minigeração de energia, isto é:

- Potenciais Usuários de Microgeração;
- Potenciais Usuários de Minigeração;
- Distribuidoras de Energia;
- Fabricantes Nacionais;
- Setor Elétrico Nacional;
- Sociedade (através de impactos no meio ambiente, mercado de trabalho, etc.).

Portanto, uma proposta que traga benefícios tanto aos usuários, distribuidoras e fabricantes possuirá atratividade global maior que uma que traga benefícios apenas aos usuários, por exemplo.

Adota-se uma priorização das propostas apresentadas nesta dissertação separando-as pelos aspectos relevantes analisados para se desenvolver ambiente favorável a um desenvolvimento consistente do mercado de micro e minigeração. Assim, as priorizações por aspecto são apresentadas nas seguintes figuras:

- Figura 34 – Priorização de propostas referentes a Regulações;
- Figura 35 – Priorização de propostas referentes a Incentivos;
- Figura 36 – Priorização de propostas referentes à Capacitação Profissional;
- Figura 37 – Priorização de propostas referentes à Capacidade Tecnológica.

As células do meio destas figuras apresentam se uma determinada proposta possui nenhuma (peso 0), média (peso 1) ou alta (peso 2) contribuição no aumento de atratividade do setor de micro e minigeração a cada agente envolvido no setor e é baseada em análise exclusiva do autor desta dissertação, a partir do disposto

previamente quanto da análise na conjuntura atual, barreiras identificadas e prováveis benefícios de cada proposta levantada.

Somando-se as notas de cada linha, chega-se a notas que representam o aumento da atratividade global de cada proposta realizada, tornando possível ordená-las de acordo com as maiores notas, com o propósito de servir como base para o caso de necessidade de priorização de desenvolvimento de estudos e posterior instauração.

O objetivo de se separar as propostas por aspecto relevante é tornar as priorizações organizadas de acordo com os diferentes agentes possivelmente interessados em desenvolver trabalhos futuros em cada aspecto, conforme afinidade de atuação e/ou pesquisa.

6.5.1. Regulação

Figura 34 – Propostas referentes à Regulação - Contribuição no aumento de atratividade do setor aos agentes e priorização.

Prioridade	Contribuição no Aumento de Atratividade do Setor ao Agente		Usuários de Microgeração	Usuários de Minigeração	Distribuidoras de Energia	Fabricantes Nacionais	Setor Elétrico Nacional	Sociedade	Total
	Nenhum	0							
	Médio	1							
	Alto	2							
	Proposta								
1	Ampliação do Mercado Livre de Energia por Fontes Alternativas		2	2	2	0	2	2	10
2	Padronização das Normas das Distribuidoras		2	2	2	1	1	1	9
3/4	Ampliação do Prazo da ANEEL nº481 em Cinco Anos		1	1	0	2	2	2	8
	Regulação para Ilhamento		2	2	1	1	1	1	8
5/6	Regulação para Sistemas Híbridos		1	2	1	1	1	1	7
	Regulação para Minirredes		0	2	1	1	1	2	7
7/8/9	Tarifa Diferenciada entre a Energia Injetada e a Consumida		2	2	0	1	0	1	6
	Reduzir a Incidência de Tributos sobre a Atividade		2	2	0	1	0	1	6
	Isenção de TUSD para Sistemas de Micro e Minigeração		2	2	0	1	0	1	6

Fonte: Elaboração Própria.

6.5.2. Incentivos

Figura 35 – Propostas referentes a Incentivos - Contribuição no aumento de atratividade do setor aos agentes e priorização.

Prioridade	Contribuição no Aumento de Atratividade do Setor ao Agente		Usuários de Microgeração	Usuários de Minigeração	Distribuidoras de Energia	Fabricantes Nacionais	Setor Elétrico Nacional	Sociedade	Total
	Nenhum	0							
	Médio	1							
	Alto	2							
	Proposta								
1	Tributação Ecológica (Eco Tax)		2	2	1	1	2	2	10
2/3	Criação de Projetos Padrão com Financiamentos Específicos		2	1	2	1	1	1	8
	Programas de Divulgação e de Conscientização da População		1	1	1	2	1	2	8
4/5	Dedução no Imposto de Renda		2	2	0	2	0	1	7
	Criação de Programa de Financiamento Orientado		2	2	0	2	0	1	7

Fonte: Elaboração Própria.

6.5.3. Capacitação Profissional

Figura 36 – Propostas referentes à Capacitação Profissional - Contribuição no aumento de atratividade do setor aos agentes e priorização.

Prioridade	Contribuição no Aumento de Atratividade do Setor ao Agente		Usuários de Microgeração	Usuários de Minigeração	Distribuidoras de Energia	Fabricantes Nacionais	Setor Elétrico Nacional	Sociedade	Total
	Nenhum	0							
	Médio	1							
	Alto	2							
	Proposta								
1/2	Cursos de Aperfeiçoamento para Técnicos Eletricistas		2	2	2	1	1	1	9
	Cursos de Aperfeiçoamento para Formação de Engenheiros Projetistas		2	2	2	1	1	1	9
3	Inserção de Micro e Minigeração nos Cursos de Graduação		1	1	2	1	1	1	7

Fonte: Elaboração Própria.

6.5.4. Capacidade Tecnológica

Figura 37 – Propostas referentes à Capacidade Tecnológica - Contribuição no aumento de atratividade do setor aos agentes e priorização.

Prioridade	Contribuição no Aumento de Atratividade do Setor ao Agente		Usuários de Microgeração	Usuários de Minigeração	Distribuidoras de Energia	Fabricantes Nacionais	Setor Elétrico Nacional	Sociedade	Total
	Nenhum	0							
	Médio	1							
	Alto	2							
	Proposta								
1/2	Criação de Entidade de Energias Renováveis e Eficiência Energética		2	2	2	2	2	2	12
	Desenvolvimento tecnológico para Sistemas Híbridos e Smart Grid		2	2	2	2	2	2	12
3	Desenvolver Instituições para Certificação INMETRO de Aerogeradores		2	2	2	2	2	1	11
4/5/6/7	Fomento de Parcerias entre Empresas e Universidades pelos Estados		1	1	1	2	2	2	9
	Política Industrial com Metas para a Micro e Minigeração		1	1	2	2	2	1	9
	Desenvolvimento de Turbinas Eólicas para o Mercado Nacional		2	2	1	2	1	1	9
	Desenvolvimento de Baterias para Sistemas Isolados;		2	2	0	2	1	2	9
8/9/10/11	Expansão do Programa de P&D Obrigatório da ANEEL		1	1	1	2	2	1	8
	Incentivos Fiscais para a Cadeia Produtiva		1	1	1	2	1	2	8
	Atlas Eólico para Sistemas de Pequeno Porte		2	2	0	2	1	1	8
	Desenvolvimento de Projetos Pilotos pelas Distribuidoras		1	1	2	1	2	1	8
12/13	Incentivos Fiscais para Equipamentos		2	2	0	2	0	1	7
	Integração de Energia Fotovoltaica em outras Centrais Geradoras		0	2	1	1	2	1	7
14/15	Desenvolvimento de Ambiente de Negócios através de Leasing		2	2	0	1	1	0	6
	Desenvolvimento de Ambiente de Negócio por Contratos de Compra		2	2	0	1	1	0	6
16/17	Microgeração - Modelos de Negócios Bem-Sucedidos nos EUA		2	0	0	1	1	1	5
	Minigeração - Modelos de Negócios Bem-Sucedidos nos EUA		0	2	0	1	1	1	5

Fonte: Elaboração Própria.

6.6. Evolução de Maturidade do Setor Após Propostas

Se ao menos parte das propostas apresentadas nesta dissertação for desenvolvida e implantada no Brasil, com base nos critérios estabelecidos na matriz de maturidade apresentada na Tabela 6, a perspectiva é que se pode obter uma evolução mais acelerada na maturidade dos principais aspectos relevantes ao desenvolvimento do setor de micro e minigeração de energia elétrica no Brasil, ou seja: regulação vigente, incentivos, capacidade tecnológica e capacitação profissional. Esta perspectiva é apresentada na Figura 38, sendo que as células em azul representam os atuais níveis de maturidade e as em laranja representam a possível evolução.

Figura 38 - Evolução da maturidade do setor após desenvolvimento das propostas.

Fonte: Elaboração Própria.

Assim, a perspectiva é que o cenário de cada aspecto relevante para o setor de micro e minigeração evolua conforme Tabela 9.

Tabela 9 - Resultado da análise de evolução na maturidade da micro e minigeração no Brasil.

Tema	Cenário Atual	Cenário após Propostas
Regulação Vigente	Insuficiente para mercado potencial atual	Suficiente para mercado potencial atual e para novas tendências
Incentivos	Insuficientes para aquecimento do mercado	Suficientes e propiciando adoção ou criação de modelos de negócio inovadores
Capacidade Tecnológica	Cadeia produtiva incompleta e altos custos de importação	Cadeia produtiva completa e com custos competitivos
Capacitação Profissional	Nº de profissionais com qualificação específica na área insuficientes para desenvolvimento do mercado	Número de profissionais qualificados suficientemente para o desenvolvimento do mercado e com domínio tecnológico

Assim, se após trabalhos futuros para validação, aperfeiçoamento e detalhamento, as propostas apresentadas neste trabalho forem efetivamente implantadas no país, a análise realizada nos conduz à perspectiva de que o Brasil aumentará sua maturidade no setor de micro e minigeração de energia elétrica, evoluindo de um ambiente insuficiente para um ambiente favorável ao desenvolvimento consistente desta atividade econômica, com sustentabilidade e equilíbrio de atratividade aos agentes envolvidos.

Devido ao atual cenário, não é factível alcançar maturidade de nível 5 em curto ou médio prazo em regulação vigente, capacidade tecnológica e capacitação profissional. Assim, recomenda-se que uma nova avaliação da maturidade do setor seja realizada periodicamente, em intervalos de 5 anos, por exemplo, analisando-se qual o cenário alcançado e propondo novas ações para aumento de maturidade e de competitividade da micro e minigeração de energia no Brasil, factíveis em seu tempo.

7. Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

Esta dissertação apresentou informações que possibilitam concluir que o mercado de micro e minigeração de energia elétrica no Brasil encontra-se em estágio inicial de desenvolvimento que pode ser considerado aquém de suas potencialidades face aos recursos energéticos renováveis do país, passados três anos do estabelecimento dos primeiros incentivos de órgãos públicos e privados e da promulgação de regulações específicas voltadas para o crescimento do setor, destacando-se a Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, que abriu novas perspectivas para a geração distribuída no Brasil ao reduzir barreiras para a conexão de pequenos geradores de energia elétrica renovável à rede de distribuição e ao regulamentar o Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

Através da análise da atual conjuntura e da margem de evolução possível em aspectos relevantes ao desenvolvimento do setor como regulação, incentivos, capacidade tecnológica e capacitação profissional, foi possível identificar possíveis barreiras que dificultam um desenvolvimento mais consistente do setor de micro e minigeração no Brasil, concluindo que os atuais estágios de desenvolvimento destes aspectos, e assim do setor como um todo, são insuficientes na composição de ambiente favorável, com equilíbrio de atratividade aos diversos agentes, para o setor prosperar.

Em paralelo, foi apresentado que grande parte dos brasileiros desconhece o tema, porém, depois que cientes do assunto, o percebem como relevante e demonstram disposição significativa para adotar tais sistemas de geração renovável em suas unidades consumidoras. Portanto, o trabalho apresenta que se houver desenvolvimento de ambiente favorável, o Brasil desponta como país com alto potencial para consolidação do mercado de micro e minigeração de energia elétrica e que há possibilidades de ações governamentais e privadas, passíveis de discussões e estudos, para fomentar este ambiente.

Ao avaliar a perspectiva de evolução na maturidade do setor caso as ações descritas nas propostas sejam efetivamente implantadas através da matriz de maturidade, o

resultado observado é um provável progresso de um atual cenário insuficiente para um favorável ao desenvolvimento da atividade de micro e minigeração no país.

Como sugestões para trabalhos futuros, espera-se que as propostas apresentadas no capítulo 6 possam ser utilizadas como base para próximos estudos, pesquisas, análises e desenvolvimento de propostas de instituições governamentais e privadas, fabricantes, centros de pesquisas, universidades e demais interessados no assunto para suas validações, aperfeiçoamentos e detalhamentos para possíveis implantações no país, possivelmente solucionando as barreiras identificadas nesta dissertação.

Considerando que o desenvolvimento consistente de um setor econômico depende da satisfação e equilíbrio de atratividade que este possui para os diversos agentes envolvidos na atividade, uma priorização das propostas, e assim de trabalhos futuros, foi proposta no tópico 6.5, através da análise da influência de cada proposta ao interesse dos agentes envolvido no setor.

Além destas propostas, relacionadas às barreiras identificadas, propõe-se a realização dos seguintes trabalhos futuros que abrangem o setor de micro e minigeração de forma geral e que poderão contribuir no debate sobre como desenvolvê-lo:

- Estudo de quanto a utilização de micro e minigeração de energia elétrica em larga escala no país (massificação) contribuiria na redução de emissão de gases do efeito estufa, com um resultado, caso atraente, se tornando possível incentivo para políticas nacionais de adoção de tais sistemas pela população;
- Análise comparativa da maturidade do setor de micro e minigeração entre países que já possuem iniciativas consolidadas no setor, como Alemanha, Estados Unidos, e Japão, verificando quais ações realizadas nestes países podem ser aplicadas ou adaptadas para impulsionar o setor no Brasil, considerando as particularidades regulatórias, climáticas e mercadológicas de nosso país;
- Pesquisa de opinião com os principais agentes do setor às propostas apresentadas nesta dissertação, adquirindo mais pontos de vistas para o desenvolvendo das ações e priorização das propostas. Assim, propõe-se a apresentação das propostas para obtenção de comentários dos potenciais

usuários de microgeração e de minigeração, distribuidoras de energia, fabricantes, agentes do governo relacionados ao setor elétrico nacional e representantes da sociedade;

- Desenvolver estudo similar ao desta dissertação, porém com enfoque nas outras tecnologias regulamentadas para sistemas de micro e minigeração de energia elétrica no Brasil e não abordadas no atual trabalho, ou seja: pequenas centrais hidrelétricas, biomassa e cogeração qualificada;
- Realização de nova avaliação da conjuntura, barreiras e assim da evolução do setor dentro de 5 anos, analisando-se quais propostas foram implantadas, o cenário alcançado, os novos desafios existentes e assim propondo novas ações para desenvolvimento do setor, factíveis a seu tempo.

Referências Bibliográficas

AES ELETROPAULO. São Paulo. **AES Eletropaulo anuncia o maior projeto de Smart Grid do país.** AES Eletropaulo, 2014. Disponível em: <<https://www.aeseletropaulo.com.br/imprensa/nossos-releases/conteudo/aes-eletropaulo-anuncia-o-maior-projeto-de-smart-grid-do-pa%C3%ADs>>. Acesso em: 3 Dezembro 2014.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Plano Brasil Maior:** Relatório de Acompanhamento das Agendas Estratégicas Setoriais - Outubro de 2014. Brasília, p. 59-61. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Resolução Normativa nº 414, 9 de Setembro de 2010. [Brasília], p. 127. 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Nota Técnica Nº 0004/2011 - SRD/ANEEL - Análise das contribuições recebidas na Consulta Pública nº 15/2010.** [Brasília], p. 14. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Resolução Normativa nº 482, de 17 de Abril de 2012. [Brasília], p. 6. 2012a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e o Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Resolução Normativa nº 517, de 11 de Dezembro de 2012. [Brasília], p. 3. 2012b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST - Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição.** Procedimentos. [Brasília]. 5ª rev., p. 76-86. 2012c.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por meio de Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica – MIGDI ou Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente – SIGFI. Resolução Normativa nº 493, de 05 de Junho de 2012. [Brasília], p. 9. 2012d.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Altera a Resolução Normativa nº 77, de 18 de agosto de 2004. Resolução Normativa nº 481, de 17 de Abril de 2012. [Brasília], p. 1. 2012e.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Regulamenta sistemas de medição de energia elétrica de unidades consumidoras do Grupo B. Resolução Normativa nº 502. 7 de Agosto de 2012. [Brasília], p. 4. 2012f.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Relatório ANEEL 2012.** Brasília, p. 92. 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Mapa de Micro e Minigeradores no Brasil.** Google My Maps, 2014a. Disponível em: <https://mapsengine.google.com/map/viewer?authuser=0&hl=pt-BR&mid=zenET-an72kw.k_IUgAxwv4h4>. Acesso em: 16 Novembro 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Capacidade de Geração do Brasil.** ANEEL - Banco de Informações de Geração, 2014b. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 16 Novembro 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Conheça as Tarifas da Classe de Consumo Residencial de uma Concessionária.** ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/tarifaAplicada/index.cfm>>. Acesso em: 1 Fevereiro 2015.

AMÉRICA DO SOL. **Eletrificação Rural Solar**, 2010. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/eletrificacao-rural-solar/>>. Acesso em: 7 Fevereiro 2014.

AMÉRICA DO SOL. **Mineirão Solar**, 2014. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/mineirao-solar/>>. Acesso em: 1 Fevereiro 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira.** LCA Consultores, PSR Soluções e Consultoria em Energia. [São Paulo], p. 176. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. **III Workshop Inovação para o Estabelecimento do Setor de Energia Solar Fotovoltaica no Brasil.** In: III Workshop Inovação para o Estabelecimento do Setor de Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. Campinas: [s.n.]. 2013. p. 14.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. **Distribuição em Destaque.** ABRADÉE, 2014. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/abradee/distribuicao-em-destaque>>. Acesso em: 2 Novembro 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Mercado FV Brasileiro: Características e Destaques.** In: INTERSOLAR SOUTH AMERICA, São Paulo, p. 21, 2014. Disponível em: <https://onetypo.mpcnet.de/fileadmin/Intersolar-Global/3_Visitor_Material_2014/Webinar_Files/Mercado_FV_Brasileiro_-_Caracteristicas_e_Destaques_-_Dr._Rodrigo_Lopes_Sauaia_-_Portuguese_-_14.07.2014.pdf>. Acesso em: 1 Setembro 2014.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Atas do Copom - 188ª Reunião - 20 e 21/1/2015.** Banco Central do Brasil, Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/?COPOM188>>. Acesso em: 22 Janeiro 2015.

BLUE SOL. **Energia Solar: Como Funciona? – O Efeito Fotovoltaico.** Blue Sol Educacional, 2011. Disponível em: <<http://www.blue-sol.com/energia-solar/energia-solar-como-funciona-o-efeito-fotovoltaico/>>. Acesso em: 5 Dezembro 2014.

CÂMARA DE COMÉRCIO E INDÚSTRIA BRASIL-ALEMANHA. **Condições de Importação de Equipamentos de Mini & Micro-Geração Distribuída Fotovoltaica no Brasil**. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Rio de Janeiro, p. 47. 2012. (2009.9053.1-001.00).

CAMARILLO, C. **SolarWorld solar panels power largest U.S. solar-equipped affordable housing project**. Solar World, 2011. Disponível em: <<http://www.solarworld-usa.com/newsroom/news-releases/news/2011/santa-barbara-housing>>. Acesso em: 20 Novembro 2014.

CARBON TRACKER INITIATIVE. **Unburnable Carbon 2013: Wasted capital and stranded assets**. Carbon Tracker Initiative, 2013. Disponível em: <<http://www.carbontracker.org/wp-content/uploads/2014/09/Unburnable-Carbon-2-Web-Version.pdf>>. Acesso em: 20 Setembro 2014.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Mapa Estratégico da Indústria 2013-2022**. Brasília, p. 27-34. 2013. (ISBN 978-85-7957-088-9).

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA. Estabelece disciplina para fins da emissão de documentos fiscais nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa Nº 482/2012. Convênio ICMS 6. 5 de Abril de 2013. [S.l.]. 2013.

DANTAS, B. **A regulação e a situação do sistema de microgeração e minigeração de energia e o sistema de compensação de energia elétrica (net metering) no Brasil**. Buzaglo Dantas Advogados, 2014. Disponível em: <<http://buzaglodantas.adv.br/2014/01/a-regulacao-e-a-situacao-do-sistema-de-microgeracao-e-minigeracao-de-energia-e-o-sistema-de-compensacao-de-energia-eletrica-net-metering-no-brasil/>>. Acesso em: 16 Novembro 2014.

ECO PLANET ENERGY. **Hybrid Energy**. Eco Planet Energy - Renewable Energy Solutions, 2015. Disponível em: <<http://www.ecoplanetenergy.com/all-about-eco-energy/overview/hybrid/>>. Acesso em: 27 Janeiro 2015.

EDITORA BRASIL ENERGIA. **Altos reajustes no mercado livre por cinco anos**. Editora Brasil Energia, 2014. Disponível em: <<http://energiahoje.editorabrasilenergia.com/news/bec-online/consumidor/2014/10/trade-energy-preve-alta-anual-de-15-nas-tarifas-de-energia-no-mercado-livre-ate-2019-460381.html>>. Acesso em: 21 Outubro 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **A Energia Solar Fotovoltaica no Contexto do Planejamento Energético Nacional**. In: III Workshop Inovação para o Estabelecimento do Setor de Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. Campinas: [s.n.]. 2013. p. 23.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota Técnica DEA 19/14 - Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil - Condicionantes e Impactos**. Rio de Janeiro, p. 64. 2014.

EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION. **Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018**. EPIA. Brussels, p. 60. 2014. (ISBN 9789082228403).

FADIGAS, E. A. F. A. **Energia Eólica**. 1ª Edição. ed. Barueri: Manole, 2011.

FRAUNHOFER INSTITUTE FOR SOLAR ENERGY SYSTEMS ISE. **Photovoltaics Report**. Fraunhofer ISE, Freiburg, p. 5, 38, 2014. Disponível em: <<http://www.ise.fraunhofer.de/de/downloads/pdf-files/aktuelles/photovoltaics-report-in-englischer-sprache.pdf>>. Acesso em: 10 Janeiro 2015.

G1 CAMPINAS. **Energia solar deve abastecer rede de clientes em Campinas a partir de 2013**. G1 - Campinas e Região, 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2012/09/energia-solar-deve-abastecer-rede-de-clientes-em-campinas-partir-de-2013.html>>. Acesso em: 15 Janeiro 2015.

GIANNINI, M.; DUTRA, R. M.; GUEDES, V. G. **Estudo Prospectivo do Mercado de Energia Eólica de Pequeno Porte no Brasil**. Brazil WindPower 2013 Conference and Exhibition, Rio de Janeiro, 2013. 10 p.

GOMES, A. **Engenheiros em Formação**. O Setor Elétrico, São Paulo, n. 82, Novembro 2012.

GORE, A. **Nossa Escolha**: um plano para solucionar a crise climática. Barueri: Manole, 2010.

GREEN CAR REPORTS. **Is SolarCity the 'energy company of the 21st century'?** Venture Beat News, 2013. Disponível em: <<http://venturebeat.com/2013/12/31/is-solar-city-the-energy-company-of-the-21st-century/>>. Acesso em: 3 Dezembro 2014.

GREEN ENERGY CORP. **Microgrid Overview**. Green Energy Corp, 2015. Disponível em: <<http://www.greenenergycorp.com/about-us/about-us/technology/>>. Acesso em: 28 Janeiro 2015.

GREENPEACE. MARKET ANALYSIS. **Os brasileiros diante da microgeração de energia renovável**. Market Analysis, 2014. Disponível em: <<http://marketanalysis.com.br/wp-content/uploads/2014/07/searchsearchsearch.pdf>>. Acesso em: 10 Agosto 2014.

HALL, M. **TPO solar model worth \$5.5 billion in 2016**. PV Magazine, 2013. Disponível em: <http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/tpo-solar-model-worth-55-billion-in-2016_100010239/#axzz3KlyJjiHE>. Acesso em: 1 Dezembro 2014.

INSTITUTO IDEAL. **Pesquisa de Cursos de Capacitação na Área Fotovoltaica no Brasil**. Florianópolis, p. 30. 2014.

INSTITUTO IDEAL. **Como faço para ter energia eólica em minha casa?** Instituto Ideal, 2015a. Disponível em: <<http://institutoideal.org/guiaeeolica/>>. Acesso em: 1 Fevereiro 2015.

INSTITUTO IDEAL. **Como faço para ter eletricidade solar em minha casa?** América do Sol, 2015b. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/guiaFV/>>. Acesso em: 1 Fevereiro 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Medição & Verificação (M&V) para Projetos de Eficiência Energética - Contratos de Performance.** SlideShare, 2011. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/ambienteenergia/medio-e-verificacao-para-projetos-de-eficincia-energetica-contrato-de-performance>>. Acesso em: 1 Dezembro 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Tabela de Eficiência Energética - Sistema de Energia Fotovoltaica - Módulos - Edição 02/2014.** INMETRO, 2014. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabela_fotovoltaico_modulo.pdf>. Acesso em: 10 Novembro 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **INMETRO - Informação ao Consumidor - Produtos - Módulo Fotovoltaico - Laboratórios.** INMETRO, 2015. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/Modulo_Fotovoltaico.asp>. Acesso em: 29 Janeiro 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **INMETRO - Informação ao Consumidor - Produtos - Sistemas para Energia Eólica.** INMETRO, 2015. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/SistemasEnergiaEolica.asp>>. Acesso em: 29 Janeiro 2015.

LAGE, E. S.; PROCESSI, L. D. **Panorama do setor de energia eólica.** Revista do BNDES, n. 39, p. 183-206, Junho 2013.

LITVAK, N. **Is the SolarCity Model the Only Way to Scale Residential Solar?** Greentech Media, 2014. Disponível em: <<http://www.greentechmedia.com/articles/read/is-the-solarcity-model-the-only-way-to-scale-residential-solar>>. Acesso em: 1 Dezembro 2014.

LOBO, M. P. D. S.; PILOTO, B. A. D. M. **Energia Solar - Novo Cenário, Novas Expectativas.** Pinheiro Neto Advogados. Rio de Janeiro, p. 4. 2014.

MANOEL, P. S.; KONZEN, G. **O mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica em 2013.** Instituto IDEAL. [São Paulo], p. 43. 2014.

MATHEWS, D. **Germany's New Record For Solar PV Generation...And Still Going!** PV-BUZZ, 2014. Disponível em: <<http://www.pvbuzz.com/germany-new-record-for-solar-pv-generation/>>. Acesso em: 15 Janeiro 2015.

MEINSHAUSEN, M. et al. **Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2° C.** Nature, n. 458, p. 1158-1163, 30 April 2009.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2022.** Brasília, p. 410. 2013.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2023.** Brasília, p. 434. 2014.

OFFICE OF ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY. **About Us - Mission.** Energy.gov - Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE), 2015. Disponível em: <<http://energy.gov/eere/about-us/mission>>. Acesso em: 1 Fevereiro 2015.

ROCHAS, A. F. **Indústria da energia solar tem atenções no leilão do Brasil.** Reuters Brasil, São Paulo, jul. 2014. Disponível em: <<http://br.reuters.com/article/businessNews/idBRKBN0FK2DP20140715>>. Acesso em: 8 Novembro 2014.

SALES, C. J. D. **Incentivos e barreiras à geração distribuída.** Valor Econômico, São Paulo, 21 Fevereiro 2014. 2 p.

SILVA, R. M. D. **Energia Solar no Brasil:** dos incentivos aos desafios (Texto para Discussão nº 166). Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, 2015. Disponível em: <www.senado.leg.br/estudos>. Acesso em: 3 Fevereiro 2015.

SIMAS, M. S. **Energia Eólica e Desenvolvimento Sustentável no Brasil:** Estimativa da Geração de Empregos por Meio de uma Matriz Insumo-Produto Ampliada. Dissertação - Universidade de São Paulo (EP / FEA / IEE / IF). São Paulo, p. 220. 2012.

TOLMASQUIM, M. T. **Novo modelo do setor elétrico brasileiro.** Brasília: Synergia, 2011. 21-66 p. ISBN 978-85-61325-59-6.

VENTURA FILHO, A. **Energia Elétrica no Brasil: Contexto Atual e Perspectivas.** Revista Interesse Nacional, n. 21, Ano 6, abr./jun. 2013.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia Solar Fotovoltaica:** Conceitos e Aplicações. 1ª. ed. São Paulo: Érica, 2012. ISBN 978-85-365-0416-2.

WIND POWER PROGRAM. **Smaller wind turbines. The Evance R9000, Bergey Excel-10, Skystream and Honeywell RT6500.** Wind Power Program, 2013. Disponível em: <http://www.wind-power-program.com/small_turbines.htm>. Acesso em: 27 Janeiro 2015.

WINDENERGY7. **Understand Net Metering for Home Wind Turbines and Solar.** WindEnergy7 - Home Wind Turbines, 2008. Disponível em: <<http://windenergy7.com/turbines/tag/colorado/>>. Acesso em: 27 Janeiro 2015.

WIRTH, H. **Recent Facts about Photovoltaics in Germany.** Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems. Freiburg, p. 37. 2014.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Comparison of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources.** Londres, p. 12. 2011.

WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION. **Small Wind World Report 2014.** New Energy Husum. Bonn, p. 20. 2014.