

**Análise das atuais políticas de incentivo à mini e microgeração distribuída e da certificação de aerogeradores de pequeno porte no Brasil****Analysis of current mini and incentive policies distributed microgeration and certification of small aerogenerators in Brazil**

DOI:10.34117/bjdv6n7-755

Recebimento dos originais: 27/06/2020

Aceitação para publicação: 28/07/2020

**Augusto Antônio Coutinho Silva**

Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Pernambuco  
Instituição: Universidade Federal de Pernambuco  
Endereço: Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária, Recife – PE  
E-mail: augustoacoutinho@gmail.com

**Oyama Douglas Queiroz de Oliveira Filho**

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Pernambuco  
Instituição: Universidade Federal de Pernambuco  
Endereço: Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária, Recife – PE  
E-mail: oyamadouglas@gmail.com

**Alex Maurício Araújo**

Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Instituição: Universidade Federal de Pernambuco  
Endereço: Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária, Recife – PE  
E-mail: ama@ufpe.br

**Claudio Orlando Gomes da Silva**

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco  
Instituição: Universidade Federal de Pernambuco  
Endereço: Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária, Recife – PE  
E-mail: cogs\_c@hotmail.com

**Cândido Requião Ferreira**

Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Pernambuco  
Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Endereço: Praça Primavera, 40 – Bairro Primavera, Itapetinga – BA  
E-mail: crequiao@uesb.edu.br

**Lucas Iolanda de Andrade**

Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Pernambuco  
Instituição: Universidade Federal de Pernambuco  
Endereço: Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária, Recife – PE  
E-mail: lucas\_iolanda@hotmail.com

**Pedro Henrique Cavalcanti de Arruda Filho**

Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Pernambuco

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco

Endereço: Av. Prof. Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária, Recife – PE

E-mail: pedro\_cavalcantii@hotmail.com

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivos levantar, analisar e sintetizar as principais políticas de incentivo que vêm sendo empregadas para promover o uso das fontes de energia renováveis para a geração distribuída no país e avaliar o conteúdo da Portaria INMETRO n° 168/2015 – que trata da certificação de aerogeradores. Além disso, este trabalho também busca uma resposta ao questionamento: por que a micro e minigeração eólica distribuída não vem se desenvolvendo tanto quanto a solar? A necessidade e importância de se estudar esse tema está justamente nas recentes políticas regulatórias e nos incentivos públicos-fiscais, que abrem as portas para o mercado de pequenos aerogeradores, em vias de crescimento no Brasil. De fato, a aprovação da Regulamentação Normativa (REN) n° 482/2012 – aprimorada pela REN n° 687/2015 – pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que lançou as condições para o acesso de micro e minigeração distribuídas ao sistema de compensação de energia elétrica e que constitui um marco para a geração distribuída no país, ratifica essa afirmativa. Os resultados do trabalho mostrarão a viabilidade da mini e microgeração distribuídas a partir dos auxílios das políticas de incentivo, e esboçarão um cenário atual do Brasil quanto à certificação dos aerogeradores de pequeno porte nacionais e importados, evidenciando as normas que não foram adotadas na Portaria citada e o impacto delas na segurança do consumidor e na garantia da qualidade do produto.

**Palavras-chave:** aerogeradores de pequeno porte, autoprodução, mini e microgeração distribuídas, políticas de incentivo, energia renovável

## ABSTRACT

This work aims to survey, analyze and synthesize the main incentive policies that have been used to promote the use of renewable energy sources for generation distributed in the country and to evaluate the content of INMETRO Ordinance No. 168/2015 - which deals with the certification of wind turbines. In addition, this work also seeks an answer to the question: why is the distributed micro and mini wind generation not developing as much as the solar one? The need and importance of studying this theme is precisely in the recent regulatory policies and public-tax incentives, which open the door to the market for small wind turbines, which are on the rise in Brazil. In fact, the approval of Normative Regulation (REN) n ° 482/2012 - improved by REN n ° 687/2015 - by the National Electric Energy Agency (ANEEL), which launched the conditions for the access of micro and mini-generation distributed to the system of electricity compensation and which constitutes a milestone for generation distributed in the country, confirms this statement. The results of the work will show the feasibility of the mini and microgeneration distributed from the aid of the incentive policies, and will outline a current scenario in Brazil regarding the certification of the national and imported small wind turbines, evidencing the standards that were not adopted in the aforementioned Ordinance. and their impact on consumer safety and product quality assurance.

**Keywords:** small wind turbines, self-production, distributed mini and microgeneration, incentive policies, renewable energy

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho objetiva levantar, analisar e sintetizar as principais políticas de incentivo que vêm sendo adotadas atualmente no Brasil para impulsionar a adesão do consumidor ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica, conforme regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Também será discutida a Portaria INMETRO nº 168/2015, a qual trata especificamente de aerogeradores. Finalmente, o artigo tenta investigar as principais razões que levam o consumidor brasileiro, neste ambiente regulatório, a adotar a mini e microgeração solar com uma frequência muito maior sobre a fonte eólica.

## 2 POLÍTICAS DE INCENTIVO

Em qualquer país, o desenvolvimento da geração distribuída – geração de energia elétrica realizada por consumidores independentes – está sujeito à consolidação e aperfeiçoamento das fontes renováveis de energia de pequeno porte, que só é possível quando políticas de incentivo adequadas são devidamente adotadas (Bertoi, 2012).

As políticas de incentivo para esse fim têm como objetivo mitigar as barreiras regulatórias, técnicas ou econômicas (Bertoi, 2012). Elas podem ser organizadas em três grupos: políticas regulatórias, que regularizam a troca ou venda da energia produzida; incentivos público-fiscais, que se traduzem nas leis promulgadas com o objetivo de diminuir ou isentar impostos sobre a energia gerada e sobre as tecnologias de energia renovável; e financiamentos bancários, que visam à implantação de linhas de financiamento específicos voltados ao setor.

### 2.1 POLÍTICAS REGULATÓRIAS

Segundo Rua e Romanini (2013), “políticas regulatórias são aquelas que estabelecem imperativos, interdições e condições por meio das quais podem e devem ser realizadas determinadas atividades ou admitidos certos comportamentos (...). Elas podem variar de regulamentações simples e operacionais a regulações complexas, de grande abrangência. Ex.: Código de Trânsito, Lei de Eficiência Energética, Código Florestal, Legislação Trabalhista, etc.”.

As políticas regulatórias desempenham papel fundamental no desenvolvimento do consumo das energias renováveis. Entre elas, as mais utilizadas são o sistema de preço feed-in tariff (FIT), o Net metering e os sistemas de cotas com certificados verdes (Lage e Processi, 2013). No entanto, para fins de incentivo a mini e microgeração distribuídas, os principais mecanismos adotados são o feed-in tariff e o Net metering (REN21, 2015).

No Brasil, assim como em outros países – como é o caso de alguns estados dos EUA (REN21, 2015) – o Net metering foi o modelo de comercialização adotado. Esse modelo é caracterizado pela

compensação de energia entre consumidor e concessionária de energia elétrica, de modo que o faturamento da unidade geradora é dado pela diferença entre a quantidade de energia consumida e a quantidade gerada. Assim:

- Quando a quantidade de energia gerada for maior que a consumida, o excedente será injetado na rede, gerando créditos para a fatura dos próximos meses.
- Por outro lado, se a quantidade gerada for menor que a quantidade consumida, o valor da tarifa energética será dado pela diferença entre a quantidade de energia consumida e a gerada.
- Não existirá faturamento na unidade geradora se as quantidades de energia gerada e consumida se equilibrarem – ou pelo menos uma taxa mínima, referente ao custo de disponibilidade de energia, será cobrada.

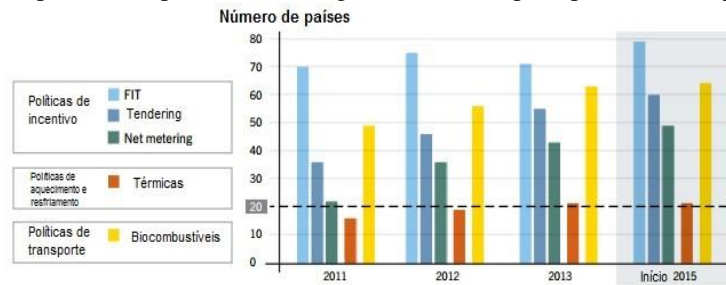
Em abril de 2012, a ANEEL regulamentou o Net metering no país ao aprovar a regulamentação normativa (REN) nº 482/2012, lançando as condições para o acesso de micro e minigeração distribuídas ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Em seguida, em dezembro de 2015, aprovou a REN nº 687/2015, que entrou em vigor em 1º de março de 2016, aprimorando a resolução de 2012. Ficaram estabelecidos, assim, os principais benefícios (ANEEL, 2015):

- Sistemas eólicos, fotovoltaicos e de biomassa de até 5MW de potência podem aderir ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica;
- Modalidades de autoconsumo remoto e geração compartilhada;
- Possibilidade de compensação de créditos de energia entre matrizes e filiais de grupos empresariais;
- Sistemas de geração distribuída condominiais (pessoa física e jurídica);
- Duração de 60 meses dos créditos de energia elétrica;
- Prazos mais curtos de tramitação de pedidos junto às distribuidoras.

Contudo, apesar da adoção do Net metering no país e seus benefícios, mundialmente é o FIT que se mostra uma política regulatória bem-sucedida, notavelmente na Europa, cuja experiência sugere que um sistema de feed-in tariff bem projetado é capaz de gerar rápido crescimento às tecnologias de energia renovável de diferentes tipos e portes (NREL, 2014). Até o início de 2015, aproximadamente 80 países haviam regulamentado o FIT em seu território, conforme mostra a Fig. 1 (REN21, 2015). Simplificadamente, o feed-in tariff é um mecanismo de incentivo que visa à

remuneração de toda a energia gerada através de fontes renováveis por um valor fixado em contrato durante um intervalo de tempo suficiente para tornar o investimento atrativo (Bertoi, 2012).

Figura1. Número de países com políticas de energias renováveis, por tipo. Fonte: adaptado de REN21 (2015).



Dutra et al. (2015) realizaram dois trabalhos de análise a respeito do mercado de aerogeradores de pequeno porte no Brasil, um relativo à percepção dos potenciais consumidores (Dutra et al., 2015a) e outro referente à percepção dos produtores (Dutra et al., 2015b). As informações contidas nesses trabalhos são oriundas da pesquisa realizada através de um questionário online que pode ser acessado em CRESESB (2015). Esse estudo foi desenvolvido pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel), solicitado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) para avaliação de mercado dos aerogeradores de pequeno porte no país, cujo objetivo é avaliar a utilização da tecnologia como uma opção energética para os consumidores interessados em adotar o Sistema de Compensação Energética definido na REN nº 482/2012, atualizada para a REN nº 687/2015 (CRESESB, 2015).

Os resultados da pesquisa mostram que a REN nº 482/2012 foi bastante criticada por seus participantes; de acordo com um dos entrevistados, a resolução, embora, positiva, não é suficiente para suportar uma expansão de aerogeradores de pequeno porte no país. Tal afirmação está amparada pelas linhas de ações sugeridas pelos entrevistados que, em sua maioria, identificaram a necessidade de incentivos através de financiamento público para o consumidor, além de a possibilidade da venda da energia gerada através de um incentivo como o FIT (Dutra et al., 2015a; Dutra et al., 2015b).

Dessa forma, a adoção do feed-in tariff no Brasil como política regulatória ao invés do Net metering pode gerar o crescimento do número de mini e micro produtores de energia que a ANEEL almeja para diversificar a matriz energética do país.

## 2.2 INCENTIVOS PÚBLICOS-FISCAIS

Além das políticas regulatórias, para se estabelecer condições favoráveis para o crescimento e evolução da geração distribuída no país, é necessário, igualmente, criar Programas e Projetos de Lei para estimular e desenvolver sua utilização e isentar ou reduzir tributos sobre a energia gerada e sobre

os equipamentos utilizados em energia renovável. No Brasil, uma vez que a energia elétrica é um bem de consumo, incidem sobre ela diversos tributos. São eles:

- Tributos Federais: PIS - Programa de Integração Social e COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social;
- Tributos Estaduais: ICMS - Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação;
- Tributos Municipais: CIP ou COSIP - Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública.

### **2.2.1 Convênio ICMS e Lei nº 13.169/2015**

Até o ano de 2015, eram esses os tributos que incidiam sobre toda a energia elétrica que chegava à unidade consumidora proveniente da distribuidora, sem que fosse considerada qualquer compensação de energia gerada pelo autoprodutor. O resultado, então, era a redução da quantidade de créditos acumulados, desfavorecendo ainda mais a competitividade das fontes renováveis. Nesse contexto, avanços importantes foram concretizados quando o Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ) aprovou o Convênio ICMS 16 em 22 de abril de 2015, autorizando os estados de Goiás, Pernambuco e São Paulo a desonerarem o ICMS sobre a energia injetada na rede pelos consumidores-geradores, e a lei nº 13.169/2015 foi posta em vigor, desonerando, a seu turno, o PIS e o COFINS sobre a energia injetada na rede.

#### **2.2.1.1 Convênio ICMS**

O Convênio ICMS, de responsabilidade do CONFAZ, tem como objetivo autorizar os estados da União e o Distrito Federal a isentarem ou reduzirem o ICMS sobre bens e serviços. Os convênios ICMS listados abaixo autorizam a isenção do imposto estadual sobre a energia gerada através de pequenas fontes de energia renovável, conforme a regulamentação da ANEEL:

- Convênio ICMS 16 de 22 de abril de 2015 – adesões dos estados de Goiás, Pernambuco e São Paulo (ICMS, 2015a);
- Convênio ICMS 44 de 3 de junho de 2015 – adesão do estado do Rio Grande do Norte (ICMS, 2015b);
- Convênio ICMS 52 de 30 de junho de 2015 – adesões dos estados do Ceará e Tocantins (ICMS, 2015c);

- Convênio ICMS 130 de 4 de novembro de 2015 – adesão dos estados da Bahia, Maranhão, Mato Grosso e do Distrito Federal. Alteração da redação das cláusulas do Convênio ICMS 16/15 (ICMS, 2015d);
- Convênio ICMS 157 de 18 de dezembro de 2015 – adesões dos estados do Acre, Alagoas, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul (ICMS, 2015e).

Como pode ser observado, 14 estados e o Distrito Federal aderiram ao acordo (até abril de 2016). Estima-se que mais estados se tornem signatários.

#### 2.2.1.2 Lei nº 13.169/2015

Publicada em 07 de outubro de 2015 no Diário Oficial da União, a Lei reduz a zero as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e COFINS incidentes sobre a diferença positiva entre a energia consumida e a energia injetada pelos autoprodutores, nos termos do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (Lei nº 13.169/2015, 2015).

#### 2.2.2 Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD)

Esse Programa foi lançado em 15 de dezembro de 2015 pelo Ministério de Minas e Energia (MME) com o objetivo de ampliar e aprofundar as ações de estímulo à geração distribuída de energia elétrica com fontes renováveis em residências, instalações industriais e comerciais, hospitais e edifícios públicos, escolas técnicas e universidades federais. O Programa pode movimentar pouco mais de R\$ 100 bilhões em investimentos na área até 2030 (MME, 2015).

#### 2.2.3 Projeto de Lei do Senado nº 167 de 2013

De autoria do Senador Wilder Moraes, a Lei isenta do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) dispositivos fotossensíveis semicondutores, incluídas as células fotovoltaicas, montadas em módulos ou painéis. De acordo com PL nº 167 (2013), a matéria está com a Relatoria, sendo esse o último estado do Projeto, datado de 27 de outubro de 2015.

#### 2.2.4 Projeto de Lei do Senado nº 371 de 2015

A Lei, de autoria do Senador Ciro Nogueira, vem alterar a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, para permitir o uso de recursos do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) na aquisição e na instalação de equipamentos destinados à geração própria de energia elétrica a partir das fontes hidráulica, solar, eólica ou biomassa em residências. Para tanto, é necessário que o trabalhador tenha no mínimo três anos de trabalho sob o regime do FGTS. Segundo o PL nº 371

(2015), a matéria se encontra com a relatoria, sendo essa a situação atual do Projeto, datada de 03 de março de 2016.

### 2.3 FINANCIAMENTOS BANCÁRIOS

Atualmente (2016), diversas instituições bancárias oferecem linhas de financiamento especiais para Pessoa Física e Jurídica que deseje iniciar seus projetos em autoprodução de energia no país. Muitos desses programas estão voltados ao financiamento de bens de tecnologia renovável, como a compra de painéis solares e aerogeradores de pequeno porte, que são equipamentos de alto custo. Como ficará evidenciado, grande parte das linhas de financiamento está voltada para Pessoa Jurídica, sendo poucos os Programas que contemplam a Pessoa Física. Essa constatação enfatiza a necessidade de incentivos através de financiamento público para o consumidor, conforme afirmam os entrevistados da pesquisa realizada por Dutra et al. (2015a) e Dutra et al., (2015b). A Tab. 1 apresenta os Programas de Financiamento de cinco instituições bancárias pesquisadas e a descrição dos Programas é exibida em seguida.

Tabela 1. Programas de Financiamento de diversas Instituições Bancárias.

Instituição Bancária	Programa de Financiamento
Banco do Brasil	BB Consórcios
Banco do Nordeste	FNE VERDE e PRONAF - ECO
BNDES	BNDES Finem – linha eficiência energética
Caixa Econômica Federal	Construcard e Producard PJ
Banco Santander	CDC Eficiência Energética de Equipamentos

- Banco do Brasil – BB Consórcios

No grupo Economia Verde Bens, o banco disponibiliza geradores fotovoltaicos de 500WP no valor de R\$ 4.011,84 com cotas de R\$ 145,03 e 840WP no valor de 5.864,64 e cotas de R\$ 212,02 para comercialização, enquanto que no grupo “Economia Verde Serviços” são disponibilizados serviços de R\$ 5.000,00 a R\$ 15.000,00 com cotas que variam entre R\$ 180,76 e R\$ 647,60, voltados a projetos na área sustentável (Banco do Brasil, 2016). Nos consórcios, um grupo de pessoas contribui com parcelas mensais a fim de se formar um fundo, que é administrado pelo banco. No momento da contemplação, o contribuinte recebe o valor do fundo e poderá comprar o que desejar, desde que esteja de acordo com o segmento da cota desembolsada.

- Banco do Nordeste – FNE VERDE



O programa tem como objetivo financiar projetos relacionados a energias renováveis e eficiência energética. Produtores rurais e empresas rurais, industriais, agroindustriais, comerciais e de prestação de serviços, cooperativas e associações legalmente constituídas são o público-alvo. Entre os itens financiáveis estão: geração e cogeração de energia elétrica ou térmica a partir de fontes renováveis e sistemas para redução de perdas na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (Banco do Nordeste, 2015).

- Banco do Nordeste – PRONAF – ECO

A finalidade deste programa é financiar projetos de tecnologias ambientais, energia renovável, armazenamento hídrico, pequenos aproveitamentos hidro energéticos, entre outros. Os itens financiados são: tecnologias de energia renovável como o uso da energia solar, eólica e da biomassa e de miniusinas de biocombustíveis e a substituição de tecnologia de combustível fóssil por renovável nos equipamentos e máquinas agrícolas. O público-alvo se restringe a agricultores familiares enquadrados em categorias específicas do banco. O limite de crédito pode variar de R\$ 150.000,00 (individual) a R\$ 750.000,00 (coletivo) e os juros podem ser de 2,5% a.a., 4,5% a.a. ou 5,5% a.a., dependendo do valor das operações (Banco do Nordeste, 2015).

- BNDES – BNDES Finem – Linha eficiência energética

O objetivo desta linha de financiamento é apoiar projetos para redução do consumo de energia ou aumento da eficiência do sistema energético nacional. Pessoas jurídicas de direito privado, com sede e administração no País e pessoas jurídicas de direito público interno – como é o caso de hospitais e escolas públicas – podem solicitar acesso ao programa. Entre os produtos que podem ser financiados encontram-se edificações, com foco em geração distribuída, incluindo cogeração, e investimentos focados em redes elétricas inteligentes. O valor mínimo do financiamento é de R\$ 5 milhões de reais, com juros que podem variar de 9,7% a.a. a 13,18% a.a (BNDES, 2016).

- Caixa Econômica Federal – Construcard

O Construcard é uma linha de crédito destinada à compra de materiais de construção e similares, que pode ser feita por meio de cartão magnético em estabelecimentos comerciais do ramo credenciados pela Caixa. Entre as empresas que podem se credenciar ao convênio Construcard

CAIXA estão aquelas cuja atividade é a venda de equipamentos de energia fotovoltaica (CAIXA, 2016a).

- Caixa Econômica Federal – Producard PJ

É um cartão de crédito para micro e pequenas empresas, com faturamento anual de até R\$ 7 milhões. O empreendedor deve procurar estabelecimentos credenciados pela CAIXA para efetuar a compra com o cartão do item que desejar. Entre eles, aerogeradores e equipamentos de energia fotovoltaica podem ser adquiridos (CAIXA, 2016b).

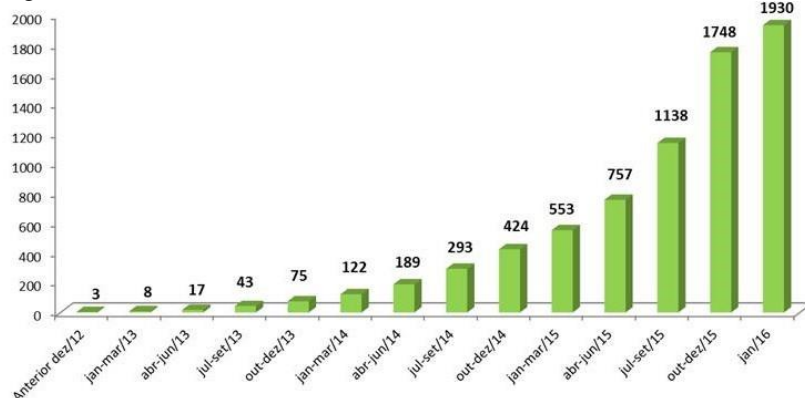
- Banco Santander – CDC Eficiência Energética de Equipamentos

Subproduto utilizado para operações de financiamento de máquinas e equipamentos voltados para financiamentos de soluções socioambientais. Exemplo: painel fotovoltaico, aquecedor solar, entre outros (Santander, 2016).

### 3 PORTARIA INMETRO N° 168/2015

As políticas de incentivo apresentadas têm como objetivo estimular o consumidor a aderir à mini e microgeração distribuída através de fontes renováveis de energia. Embora os incentivos na área sejam recentes, a ANEEL prevê um crescimento significativo para os próximos anos: estima-se que cerca de 1,2 milhão de residências no Brasil produzirão a própria energia até 2024, o que equivale a 4,5 gigawatts (GW) de potência instalada (ANEEL, 2016). A Fig. 2 mostra um gráfico com o número de conexões acumuladas nesses últimos anos.

Figura 2. Número de conexões acumuladas 2012-16. Fonte: ANEEL (2016).



O impacto desse crescimento reflete-se diretamente na quantidade de aerogeradores de pequeno porte comercializados. Por isso, é fundamental certificá-los para assegurar ao consumidor a boa

funcionalidade, qualidade e segurança das máquinas. Cabe ao Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) definir normas e acreditar organismos para esse fim.

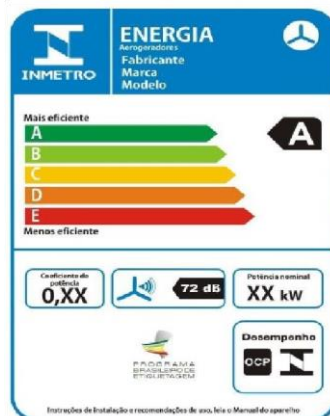
A Portaria n° 168, publicada pelo INMETRO em 23 de março de 2015, estabelece os requisitos para certificação voluntária de aerogeradores destinados à produção de energia elétrica. No documento, os critérios para certificação têm foco no desempenho, atendendo às exigências presentes nas normas técnicas ABNT NBR IEC 61400-12-1 – que trata do desempenho dos aerogeradores - e IEC 61400-11 – que lida com o ruído gerado pelas turbinas. Com isso, foram estabelecidos os seguintes modelos de certificação, ambos com validade inicial de quatro anos (INMETRO, 2015):

- Modelo de Certificação 4: Ensaio de tipo seguido de verificação através de ensaio em amostras retiradas no comércio ou no fabricante para aerogeradores de potência nominal até 100 kW;
- Modelo de Certificação 5: Ensaio de tipo, avaliação e aprovação do Sistema de Gestão da Qualidade do fabricante, acompanhamento através de auditorias no fabricante, para aerogeradores de qualquer potência nominal.

Segundo a Portaria, em ambos os modelos, todos os ensaios na amostra devem ser executados de acordo com as duas normas técnicas citadas. No entanto, a amostra é considerada aprovada apenas se apresentar sua faixa de classificação de eficiência energética declarada condizente com a mesma verificada nos ensaios.

As classificações da eficiência energética dos aerogeradores são realizadas através do cálculo do coeficiente de potência – CP, que é a relação entre a potência produzida e a potência disponível no vento - considerando-se o tipo da máquina (horizontal ou vertical) e sua potência nominal (abaixo ou acima de 100 kW). O selo do INMETRO, ilustrado na Fig. 3, expõe essa escala de classificação, em que A expressa maior eficiência, enquanto E, menor eficiência.

Figura 3. Selo de identificação da conformidade. Fonte: INMETRO (2015).



No país ainda não há Organismos Certificadores de aerogeradores que sejam acreditados pelo INMETRO, embora existam laboratórios capacitados que podem realizar os ensaios estabelecidos na Portaria supracitada, como é o caso dos laboratórios da PUC-RS, do IPT-USP e da UFRGS, porém

em túneis de vento (Real, 2015). Isso significa que, se alguma empresa nacional fabricar ou importar algum tipo de aerogerador e queira de alguma forma certificá-lo, não terá como recorrer, aqui no Brasil, a qualquer entidade acreditada que preste os serviços de ensaios em condições de campo aberto.

Futuramente, no entanto, caso Organismos Certificadores passem a ser acreditados pelo INMETRO para certificar aerogeradores, apenas cumprir os requisitos estabelecidos na Portaria 168/2015 não garantirá a duração, segurança, funcionalidade e qualidade da energia dos aerogeradores certificados. Embora esses laboratórios possam ter competência para conduzir os ensaios estabelecidos pelas normas citadas no documento, os aerogeradores de pequeno porte que não são certificados segundo as normas IEC 61400-2 e ABNT-NBR IEC 61400-21 não oferecem as garantias de duração, segurança, funcionalidade e qualidade de energia ao consumidor.

### 3.1 NECESSIDADE DO EMPREGO DA NORMA TÉCNICA IEC 61400-2

Para fins de geração distribuída, os aerogeradores devem produzir e injetar na rede até 75 kW de potência elétrica para microgeração e acima de 75 kW até 5MW para minigeração, conforme a REN nº 687/2015 da ANEEL (ANEEL, 2015). Assim, em sua grande maioria, os aerogeradores adquiridos para objetivos de autoprodução energética apresentam porte pequeno (área varrida menor que 200 m<sup>2</sup> ou até 100 kW (IEC, 2006; AWEA, 2009)), o que permite que sua certificação seja enquadrada dentro dos requisitos estabelecidos na IEC 61400-2.

Em virtude do dispêndio financeiro em adquirir tecnologias de energia renovável no Brasil, quanto mais breve e menos riscos houver para o autoprodutor reaver os investimentos realizados nessas tecnologias, mais atrativo será aderir ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica da ANEEL. Portanto, a garantia de durabilidade, segurança e funcionalidade de aerogeradores através da certificação dos mesmos também se configura como uma forma de incentivo à geração distribuída do país.

Assim, os testes recomendados pela IEC 61400-2 são:

- Ensaios para verificar dados de projetos;
- Ensaio de carga técnica;
- Ensaio de duração;
- Ensaio de componentes mecânicos;
- Segurança e função;
- Ensaios ambientais;
- Ensaio de componentes elétricos.

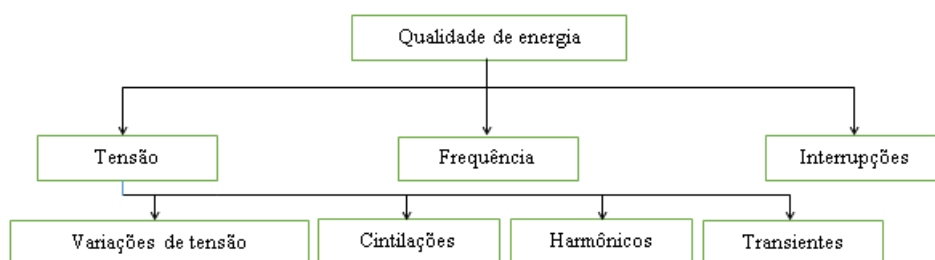
Porém, para efeitos de certificação, de acordo com os relatórios de ensaio do National Wind Technology Center (NREL, 2014), os ensaios necessários de duração e segurança e função são suficientes. A descrição deles se encontra a seguir:

- Ensaio de duração - Investiga a integridade estrutural e a degradação material – como corrosão e deformações - a qualidade da proteção ambiental e o comportamento dinâmico do aerogerador.
- Ensaio de segurança e função - Verifica se o aerogerador ensaiado apresenta o mesmo comportamento especificado no projeto e que as disposições relativas à segurança de pessoal sejam adequadamente aplicadas. Esses testes devem incluir as funções críticas do sistema de controle e proteção, que incluem o controle de potência e velocidade, controle do sistema de guinada, perda de carga, proteção e o ligamento e desligamento acima da velocidade de vento do projeto.

### 3.2 NECESSIDADE DO EMPREGO DA NORMA TÉCNICA ABNT NBR IEC 61400-21

Quando sistemas de geração de energia elétrica passam a injetar na rede de transmissão a energia que produzem, deve-se considerar os impactos causados correspondentes à qualidade dessa energia. Tensão, frequência e interrupções são parâmetros para qualificá-la, como esquematiza a Fig. 4.

Figura 4. Classificação de alguns parâmetros que definem a qualidade de energia elétrica. Fonte: adaptado de Larsson (2000).



Com aerogeradores não é diferente. A qualidade da energia concedida à rede elétrica por eles está relacionada a variações e flutuações de tensão, conteúdo harmônico, picos de potência e cintilações (Gutierrez et al., 2011). A presença dessas perturbações é determinada pelas condições meteorológicas do local em que as turbinas se encontram, assim como pelas suas características técnicas: potência de saída continuamente variável devido ao vento, turbulências, desempenho de componentes elétricos como geradores e transformadores, entre outros. (NREL, 2013).

As consequências dos parâmetros de qualidade de energia na rede de transmissão são (Franco, 2013):

- Flutuações de tensão – Causa oscilações de potência e torque das máquinas elétricas conectadas, queda de rendimento dos equipamentos e interferências nos sistemas de proteção;
- Cintilações – Gera uma visível mudança na luminosidade de lâmpadas através de flutuações rápidas na tensão ou no suprimento de potência;
- Harmônicos – Pode causar o sobreaquecimento de cabos e equipamentos, diminuição do rendimento de motores e má operação de disjuntores, relés e fusíveis;
- Interrupções – Pode provocar queda do sistema, dano a componentes e perda de produção.

É nesse contexto que surge a necessidade de se certificar aerogeradores de acordo com a norma ABNT NBR IEC 61400-21 (ABNT NBR IEC, 2010). Nela, medidas e ensaios são estabelecidos para assegurar a qualidade da energia gerada, com foco nos parâmetros citados. O objetivo dos principais ensaios está descrito abaixo:

- 1) Ensaio de flutuação de tensão – Este teste permite simular as flutuações de tensão, que causam cintilações na rede, sem outras fontes de flutuação de tensão além do aerogerador. As cintilações correspondem a variações luminosas que podem provocar fadiga física e psíquica aos usuários que estejam próximos à carga perturbadora.
- 2) Ensaio de injeção de correntes harmônicas, inter-harmônicas e componentes de alta frequência por aerogeradores – Este teste é útil para mostrar os níveis dos múltiplos da corrente fundamental injetada pelos aerogeradores, que se configuram como ruído, deixando-a deformada por certo tempo. As correntes harmônicas prejudicam outros equipamentos ligados à mesma rede de alimentação do aerogerador, além de diminuírem a confiabilidade das proteções localizadas na rede.
- 3) Ensaio de resposta a afundamentos momentâneos de tensão – O ensaio tem como objetivo verificar a resposta do aerogerador aos afundamentos de tensão, devido a eventuais falhas na rede causadas, por exemplo, por curtos-circuitos na rede vizinha, partida de motores, energização de grandes cargas, entre outras. Alguns equipamentos eletrônicos não são capazes de funcionar durante afundamentos de tensão momentâneos e por isso a importância do ensaio.

#### **4 POR QUE A MICRO E MINIGERAÇÃO EÓLICA DISTRIBUÍDA NÃO VEM SE DESENVOLVENDO TANTO QUANTO A SOLAR?**

No Brasil, a energia solar de pequeno porte vem obtendo maior aceitação por parte dos consumidores frente às demais modalidades de energia renovável. De fato, desde a publicação da REN 482/2012 pela ANEEL até outubro de 2015, segundo dados da própria agência (ANEEL, 2016), 1233 (96%) mini e micro centrais geradoras funcionavam a base de fonte solar fotovoltaica, 31 (2,4%) a base de eólica, 13 (1%) a base de fonte híbrida (solar e eólica) e menos de 1% eram movidas a biogás (6), biomassa (1) e hidráulica (1).

Essa diferença pode ser atribuída ao nosso grande potencial solar (Tiba, 2000) frente a pouca divulgação da tecnologia eólica de pequeno porte no país e à ausência de um mapa eólico mais preciso e confiável, capaz de fornecer dados a baixas alturas (até 30 m). Por isso, os pequenos aerogeradores ainda estão, de forma geral, distantes de oferecer ao consumidor um produto no estado da arte, visto que apresentam eficiência e confiabilidade questionáveis, já que muitos ainda são produzidos artesanalmente. Inclusive, esse é um dos principais motivos que evidenciam a necessidade de certificação das pequenas turbinas em conformidade com as normas técnicas vigentes e as discutidas no terceiro tópico deste trabalho.

Não obstante, políticas regulatórias voltadas ao estímulo de fontes de energia renovável como o FIT ampliaram o emprego de aerogeradores de pequeno porte em países europeus como Itália e Reino Unido (WWEA, 2016). Em razão disso, no momento em que o Brasil passar a adotar tal política juntamente com mapeamentos mais amplos e confiáveis de ventos e maior for a divulgação das tecnologias de energia eólica, mais consumidores irão adquirir aerogeradores de pequeno porte como fonte de sua mini e microgeração de energia.

#### **5 CONCLUSÕES**

Este trabalho apresentou as principais políticas de incentivo aplicadas à promoção das fontes de energia renovável no país, discutiu a Portaria INMETRO nº 168/2015 e investigou os principais motivos que levam o consumidor brasileiro, no atual ambiente regulatório, a adotar a mini e microgeração solar com uma frequência superior a fonte eólica. Não obstante, reuniu informações fragmentadas que o torna um documento informativo para o público em geral e como o sistema de incentivos funciona.

Em vista dos argumentos apresentados, o feed-in tariff (FIT) é a política regulatória que vem obtendo sucesso na Europa, sendo empregada em aproximadamente 80 países pelo mundo e, devido ao seu sistema de remuneração frente ao sistema de créditos do Net metering e aos benefícios que

propicia ao consumidor autossuficiente, deve ser a política regulatória mais indicada para conduzir o desenvolvimento da geração distribuída no país.

O público-alvo da maior parte dos programas de financiamento pesquisados e listados na Tab. 1 está direcionado a empresas, indústrias e negócios, que se configuram como Pessoa Jurídica. No entanto, o principal objetivo das regulamentações publicadas pela ANEEL é estimular o consumidor comum – Pessoa Física – a gerar sua própria energia. Por isso, é evidente a incoerência que há entre a política regulatória estabelecida pela ANEEL e os financiamentos bancários em vigor, o que se constitui um entrave ao desenvolvimento da geração distribuída de Pessoa Física no país.

Dado o exposto no terceiro tópico deste trabalho, a necessidade de se certificar aerogeradores de pequeno porte de acordo com as normas IEC 61400-2 e ABNT-NBR IEC 61400-21 é evidente, pois a garantia de segurança, duração, funcionalidade e qualidade da energia das turbinas só são asseguradas quando os ensaios contidos nessas normas são aplicados. Por esse motivo, o INMETRO deveria adotá-los na Portaria 168/2015 e informar os resultados no selo emitido (Fig. 3). A certificação de aerogeradores no Brasil é um incentivo à geração distribuída do país.

Finalmente, em virtude dos fatos apresentados e discutidos no quarto tópico deste trabalho, compreende-se que os mercados de energia solar e eólica são distintos e devem operar em regime de complementaridade e não de concorrência. Ainda de acordo com os índices apresentados, a energia eólica não pode ser considerada, em termos de geração, inferior a solar, uma vez que aerogeradores chegam a ter rendimento energético maior do que painéis fotovoltaicos; além do mais, o insumo eólico está sempre disponível, o que não ocorre com a fonte solar, que apresenta limitações durante a noite. Visto que há incentivos de redução de impostos sobre painéis solares e sendo a maioria dos painéis importados da China e países adjacentes, surge o questionamento: ao invés de apenas retirar impostos de placas solares importadas, por que não, também, criar núcleos de produção e desenvolvimento de pequenos aerogeradores no Brasil?

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem os apoios financeiros concedidos pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

### **REFERÊNCIAS**

ABNT NBR IEC 61400-21, 2010, “Medição e avaliação das características da qualidade da energia de aerogeradores conectados à rede”, Rio de Janeiro.



ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, 2015, “Regulamentação Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015”. Brasil.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, 2016, Disponível em:

[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=9086&id\\_area=90](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=9086&id_area=90), Acesso em 10 Abr 2016.

AWEA – American Wind Energy Association, 2009, AWEA 9.1 – 2009, Washington.

Banco do Brasil, 2016, “BB Consórcios – Simulação”, Disponível em: <http://www37.bb.com.br/portalbb/consorcio/simulacaoSaida.bbx?cid=7608>, Acesso em 15 Mar 2016.

Banco do Nordeste, 2015, “Financiamento à micro e minigeração distribuída de energia elétrica”, Disponível em: [http://www.bnb.gov.br/documents/50268/71075/Cartilha\\_microgeracao\\_energia\\_072015/246e1803-9090-4db6957f-a420f5bf6aef](http://www.bnb.gov.br/documents/50268/71075/Cartilha_microgeracao_energia_072015/246e1803-9090-4db6957f-a420f5bf6aef), Acesso em 16 Mar 2016.

Banco Santander, 2016, “Santander Financiamentos”, Disponível em: [https://www.santander.com.br/portal/wps/gcm/package/financiamentos/afi\\_publico\\_18032014\\_87799.zip/sustentabilidade/sustentabilidade.html](https://www.santander.com.br/portal/wps/gcm/package/financiamentos/afi_publico_18032014_87799.zip/sustentabilidade/sustentabilidade.html), Acesso em 17 Mar 2016.

Bertoi, E.F., 2012, “Análise dos incentivos à microgeração distribuída sob a perspectiva da viabilidade econômica dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede”, Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento, 2016, “BNDES Finem – linha Eficiência Energética”, Disponível em: [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Institucional/Apoio\\_Financeiro/Produtos/FI\\_NEM/eficiencia\\_energetica.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Produtos/FI_NEM/eficiencia_energetica.html), Acesso em 15 Mar 2016.

Caixa Econômica Federal, 2016a, “ConstruCard”, Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/voce/cartoes/casa/construcard/Paginas/default.aspx>, Acesso em 16 Mar 2016.

Caixa Econômica Federal, 2016b, “Producard Caixa Empresa”, Disponível em: <http://caixa.gov.br/empresa/creditofinanciamento/financiamentos/producard-empresa/Paginas/default.aspx>, Acesso em 16 Mar 2016.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica, 2015, “Mercado de aerogeradores de pequeno porte no Brasil”, Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/app/>, Acesso em 19 Mai 2016.

Dutra, R.M., Pereira, M.G., Montezano, B.E.M., 2015a, “Aerogeradores de pequeno porte: percepção dos potenciais consumidores”. Cepel, Rio de Janeiro, Brasil, pp. 9.

Dutra, R.M., Pereira, M.G., Montezano, B.E.M., 2015b, “Aerogeradores de pequeno porte: percepção dos potenciais produtores”. Cepel, Rio de Janeiro, Brasil, pp. 8.

Franco, E., 2013, “Qualidade de Energia – Causas, Efeitos e Soluções”, Disponível em: <http://www.macoem.com.br/wp-content/uploads/2014/02/Qualidade-de-Energia-%E2%80%93-Causas-Efeitos-eSolu%C3%A7%C3%B5es..pdf>, Acesso em 20 Mar 2016.

ICMS, 2015a, “Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015”, Disponível em: [https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/cv016\\_15](https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/cv016_15), Acesso em: 5 Mar 2016.

ICMS, 2015b, Convênio ICMS 44, de 3 de junho de 2015, Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/convenios-icms-44-15>, Acesso em: 5 Mar 2016.

ICMS, 2015c, Convênio ICMS 52, de 30 de junho de 2015, Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/convenios-icms-52-15>, Acesso em: 5 Mar 2016.

ICMS, 2015d, Convênio ICMS 130, de 4 de novembro de 2015, Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/convenio-icms-130-15>, Acesso em: 5 Mar 2016.

ICMS, 2015e, Convênio ICMS 157, de 18 de dezembro de 2015, Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/convenio-icms-157-15>, Acesso em: 5 Mar 2016.

IEC 61400-2, 2006, “Design requirements for small wind turbines”, Genebra.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, “Portaria nº 168, de 23 de março de 2015”, 2015, Brasil.

Gutierrez, J.J., Ruiz, J., Saiz, P., Azcarate, I., Leturiondo, L.A., Lazkano, A., 2011, “Power Quality in Grid-Connected Wind Turbines”, University of the Basque Country, Spain. ISBN: 978-953-307-221-0.

Lage, E. S., Processi, L.D., 2013, “Panorama do setor de energia eólica”, Revista do BNDES, Vol. semestral, No. 39, pp. 183-206.

Larsson, A., 2000, “The Power Quality of Wind Turbines”, Thesis for the degree of doctor of philosophy, Chalmers University of Technology, Göteborg.

Lei nº 13.169, de 6 de outubro de 2015, 2015.

MME – Ministério de Minas e Energia, 2015, “Brasil lança Programa de Geração Distribuída com destaque para energia solar”, Disponível em: [http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias//asset\\_publisher/32hLrOzMKwWb/content/programa-de-geracao-distribuida-preve-movimentar-r-100-bi-eminvestimentos-ate-2030](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias//asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/programa-de-geracao-distribuida-preve-movimentar-r-100-bi-eminvestimentos-ate-2030), Acesso em 10 Mar 2016.

NREL – National Renewable Energy Laboratory, 2013, “Small Wind Turbine Independent Testing”, Disponível em: [http://www.nrel.gov/wind/smallwind/independent\\_testing.html](http://www.nrel.gov/wind/smallwind/independent_testing.html), Acesso em 04 Abr 2016.

NREL – National Renewable Energy Laboratory, 2014, “State local government – Basic tariffs”, Disponível em: [http://www.nrel.gov/tech\\_deployment/state\\_local\\_governments/basics\\_tariffs.html](http://www.nrel.gov/tech_deployment/state_local_governments/basics_tariffs.html), Acesso em: 03 Abr 2016. Projeto de Lei do Senado nº 167, de 2013, 2013.

Projeto de Lei do Senado nº 371, de 2015, 2015.

Real, F., 2015, Comunicação Privada, INMETRO, Rio de Janeiro.

REN21, 2015, “Renewables 2015 Global Status Report”, Paris. ISBN 978-3-9815934-6-4.

Rua, M.G. e Romanini, R., 2013, “Para aprender políticas públicas”, Apostila do Instituto de Gestão, Economia e Políticas Públicas, Disponível em: [http://igepp.com.br/uploads/ebook/para\\_aprender\\_politicas\\_publicas\\_\\_unidade\\_05.pdf](http://igepp.com.br/uploads/ebook/para_aprender_politicas_publicas__unidade_05.pdf). Acesso em 16 Mar 2016.

Tiba, C. et al., 2000, “Atlas Solarimétrico do Brasil”, Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

WWEA – World Wind Energy Association, 2016, “Small Wind World Report”, Bonn, Germany, pp. 16.

### **RESPONSABILIDADE AUTORAL**

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.