

Analise dos Principais Mecanismos Técnicos e Regulatórios Frente às Fontes Renováveis de Energia

Adan Lucio Pereira (Universidade Federal do Espírito Santo) adanlucio@gmail.com
Flavio Henrique Alves Agrizzi (Faculdades Integradas Espírito-Santenses) flavioagrizzi@gmail.com
Luan Diego de Lima Pereira (Universidade Federal do Espírito Santo) luamdiego@hotmail.com
Jussara Farias Fardin (Universidade Federal do Espírito Santo) jussara.fardin@ufes.br
Lucas Frizera Encarnação (Universidade Federal do Espírito Santo) lucas@ele.ufes.br

Resumo:

A utilização de novas fontes de energia elétrica indica uma mudança de paradigma na forma de lidar com os sistemas de geração e distribuição de energia. Dessa forma, os sistemas atuais de geração, distribuição e transmissão de energia elétrica estão enfrentando dificuldades ao se deparar com essa nova tendência notável de migração do setor elétrico para sistemas com novas fontes de energia. Como contribuição para esta nova área de pesquisa, o presente trabalho insere-se em um conjunto de pesquisas acerca dos mecanismos técnicos e regulatórios adotados para a promoção das fontes renováveis de energia. O foco deste trabalho consiste no estudo desses instrumentos aplicados a promoção de fontes alternativas de energia. A análise dos incentivos às fontes renováveis de energia é fundamentada por meio da apresentação dos instrumentos *Feed-in*, Sistema de Quotas e do Sistema de Leilão dos países europeus que apresentaram utilização distinta dos instrumentos adotados. Essa avaliação dos mecanismos adotados, no trabalho, é finalizada com uma discussão sobre as perspectivas futuras para o caso brasileiro. Os resultados do estudo indicam que, no Brasil, o sistema *Feed-in Tariff* atrelado ao atual sistema brasileiro *Netmetring* poderia servir como uma base para o país responder a essa tendência do setor elétrico mundial.

Palavras chave: Fontes Renováveis de Energia, Planejamento Técnico, Planejamento Regulatório.

Analysis of the Main Mechanisms of Technical and Regulatory of Renewable Energy Sources

Abstract:

The use of new sources of electricity indicates a paradigm shift in the way of dealing with energy generation and distribution systems. In this way, current systems of generation, distribution and transmission of electricity are facing difficulties when faced with this new remarkable trend of migration from the electric sector to systems with new sources of energy. As a contribution to this new area of research, this paper is part of a series of researches about the technical and regulatory mechanisms adopted to promote renewable energy sources. The focus of this work is the study of these instruments applied to the promotion of alternative sources of energy. The analysis of the incentives for renewable energy sources is based on the presentation of the *Feed-in*, Quota System and Auction System instruments of the European countries that presented different use of the instruments adopted. This evaluation of the mechanisms adopted in the work is finalized with a discussion about future perspectives for the Brazilian case. The results of the study indicate that, in Brazil, the *Feed-in Tariff* system linked to the current Brazilian system *Netmetring* could serve as a basis for the country to respond to this trend of the world electric sector.

Key-words: Renewable Energy Sources, Technical Planning, Regulatory Planning.

1. Introdução

A energia elétrica é considerada como um ingrediente fundamental para a economia e inserção social. Tratar a energia como um bem público e determinar a entrega de um serviço de qualidade ao consumidor final são fatores relevantes quando se discute o desenvolvimento do setor energético de qualquer país (GOLDENBERG, 1998; ZIMMERMAN, 2007; CHAVES et al., 2016). Nesse sentido, o planejamento de sua oferta é imprescindível. Siffert Filho et al. (2009) destacam que a escassez e a abundância de energia elétrica são extremos que devem ser evitados no planejamento energético, pois representam respectivamente um gargalo para o crescimento econômico e uma notável ineficiência de alocação de recursos.

Além dessa crescente demanda de energia, o fato de os combustíveis fósseis serem recursos limitados, aliado ao impacto ambiental que proporcionam, fez com que vários países explorassem fontes alternativas de energia, promovendo mudanças significativas na estrutura do sistema elétrico. A eletricidade gerada por meio da ação do vento, dos raios do sol, de fontes geotérmicas e hídricas e da biomassa são exemplos de fontes alternativas, também, por vezes, denominada energia “verde” ou de fontes renováveis (GOLDENBERG, 2004; CARVALHO; SAUER, 2013; PINTO, 2014a; WEITEMEYER et al., 2015; RIBEIRO et al., 2016). Adicionalmente, Berger e Iniewski (2015) indicam que a introdução dos Veículos Elétricos (VE) já é uma realidade e deve ser levada em consideração no planejamento dos sistemas de distribuição de energia.

Para atender a esse aumento de demanda cada vez mais expressivo, as redes de energia elétrica tradicionais têm sido gradualmente modificadas pela instalação de diversos geradores de pequena escala próximos aos consumidores. Com a utilização dessas fontes de energia, renováveis ou não, nasceu o termo Geração Distribuída (GD) que tem sido muito discutido no meio acadêmico e no setor elétrico, uma vez que permite a construção de pequenas fontes de geração de energia, as Microfontes (MF), independente da carga, o mais próximo possível do consumidor final, evitando assim, todos os custos e impactos inerentes à geração centralizada (INEE, 2013; DAL TOÉ; RIDER, 2014).

Com essa crescente integração das instalações de geração distribuída, fortemente representada pela energia renovável, a energia pode fluir, não somente, das estações centrais em direção aos consumidores, mas também, do cliente para a rede elétrica. Esse fluxo bidirecional leva a uma estrutura mais complexa de rede, pois, muitos recursos renováveis demonstram uma natureza intermitente e imprevisível no fornecimento de energia (CHAVES; LEÃO, 2014; VANDERLINDE et al, 2014).

Arelados a esse novo paradigma de geração e consumo de energia a introdução das redes elétricas inteligentes apresenta uma mudança na forma de lidar com os sistemas de distribuição. A utilização de medidores inteligentes de energia elétrica, de sistemas de automação de redes de distribuição capazes de informatizar seus dados e atuar automaticamente de forma coordenada, de medição e controle de cargas e níveis de baixa tensão, entre outras funcionalidades, fornece novas informações à distribuidora, o que possibilita grandes avanços em termos de monitoramento, planejamento, operação e manutenção das redes (TOLEDO, 2012).

Inserindo-se nesse contexto, o presente artigo busca realizar um estudo sobre os desafios técnicos e regulatórios do setor elétrico brasileiro frente à utilização de fontes renováveis de energia. Para isso, foi realizada uma pesquisa sobre as tecnologias empregadas atualmente, e, posteriormente, essa pesquisa se estendeu aos instrumentos regulatórios aplicados no Brasil e na Europa, como forma de argumentar a necessidade de mudanças que permitam a implementação dessas novas redes de energia no país, tomando como experiência os

mecanismos já utilizados em outros países.

2. Metodologia

Os primeiros passos para o levantamento da situação atual dos mecanismos técnicos e regulatórios foram desenvolvidos por meio da elaboração de uma revisão integrativa da literatura, a qual tem como finalidade reunir e resumir o conhecimento científico já produzido sobre o tema investigado, ou seja, permite buscar, avaliar e sintetizar as evidências disponíveis para contribuir com o desenvolvimento do conhecimento na temática. Dessa forma, a síntese do conhecimento, dos estudos separados durante a etapa de revisão, minimiza as incertezas sobre recomendações práticas e teóricas, permite generalizações mais precisas sobre um determinado fenômeno a partir das informações disponíveis e facilita a tomada de decisões com relação às intervenções que poderiam resultar no cuidado mais efetivo e de melhor custo/benefício dos sistemas envolvidos na pesquisa (MENDES et al., 2008).

De acordo com Botelho et al. (2011), a revisão integrativa pode ser dividida em seis etapas. A primeira etapa consiste na identificação do tema a ser estudado para a elaboração da revisão integrativa. Em seguida são estabelecidos os critérios para inclusão e exclusão de estudos e artigos envolvidos. Esses estudos são categorizados de acordo com a definição das informações a serem extraídas. O processo de avaliação dos estudos incluídos na revisão integrativa determina o sucesso das informações extraídas. Por fim, são realizadas as interpretações dos resultados, a apresentação da revisão e a síntese do conhecimento.

Para a realização de tais procedimentos, a revisão foi conduzida com pesquisas nas bases de dados pré-selecionadas, utilizando palavras-chave (em inglês e português) “recursos de geração distribuída”; “mecanismos de incentivos”; “planejamento técnico”; “desafios em sistemas de geração”; “fontes renováveis”; “gestão dos sistemas de energia”; “gerenciamento pelo lado da demanda”; “fontes alternativas” e “regulação dos sistemas de energia”, além dos operadores booleanos do tipo “e” e “ou”. Adicionalmente, foram pesquisadas as bases de dados eletrônicas *Google Scholar*, *Scielo*, *ResearchGate*, *Springer*, *Science Direct* e o Portal de Periódicos CAPES, a fim de identificar artigos originais publicados nos idiomas inglês ou português. Foram também pesquisados anais de congressos, resumos, livros, normas, resoluções, manuais técnicos e leis referentes à inclusão da geração distribuída no setor energético. Em seguida, esses estudos foram submetidos a dois filtros: o primeiro filtro correspondeu a leitura do título, palavras-chave e resumo, enquanto o segundo compreendeu a leitura do artigo completo.

Os procedimentos para a inclusão dos artigos indicaram que os textos deveriam preencher pelo menos uma das seguintes condições: apresentar as condições técnicas, políticas e/ou regulatórias e/ou econômicas da inclusão de uma ou mais fontes alternativas de energia; identificar barreiras, desafios e/ou normas regulamentadoras e/ou incentivos impostos à implementação da geração distribuída; definir diretamente os conceitos referentes as condições para acesso à geração distribuída; indicar benefícios provenientes da utilização de uma ou mais fontes; determinar as fontes de geração de energia elétrica atuais e como são implementadas nos sistemas atuais; e apresentar informações relevantes ao escopo deste trabalho.

3. Mecanismos de Planejamento Técnicos e Regulatórios

Uma vez que um sistema elétrico sempre estará sujeito a ocorrências indesejáveis, é importante que esses sejam projetados, implementados e operados de forma a prover a confiabilidade desejada pelos clientes. Consequentemente, o sistema dimensionado adequadamente deverá atender à carga prevista e possuir uma margem de manobra suficiente para lidar com grande parte dessas ocorrências de forma a evitar perturbações, excessivas ou desnecessárias, no fornecimento de energia elétrica (CHAVES et al., 2016).

3.1 Regulação da Qualidade de Energia

Além de garantir a continuidade do serviço, há também a questão da conformidade da corrente elétrica, ou seja, as restrições técnicas do serviço. Variações do fornecimento de energia elétrica podem prejudicar a operação de aparelhos elétricos ou até mesmo danificá-los. Assim, a energia elétrica em corrente alternada apresenta uma série de propriedades físicas que devem respeitar certos padrões para que não ocorram problemas para a utilização do consumidor final (IAB, 2014).

Tradicionalmente, três conceitos muito utilizados que determinam o resultado final da qualidade do fornecimento de energia elétrica são (KAGAN et al, 2009; IAB, 2014; ANEEL, 2015a):

- a) A qualidade de serviço, que diz respeito basicamente à continuidade do fornecimento de energia, é classicamente estabelecida através de um conjunto de indicadores estabelecidos pelas entidades reguladoras, com a finalidade de estabelecer os parâmetros de confiabilidade do sistema;
- b) A qualidade do produto, em que trata da regulação da conformidade da forma de onda dos componentes de um sistema de energia, variações de frequência e desequilíbrios de tensão e corrente;
- c) A qualidade do atendimento, que trata a relação comercial entre a empresa e o cliente, assim como, a garantia do serviço prestado pela concessionária.

A Figura 1 indica essas três variáveis conectadas por meio de setas circulares que indicam a influência contínua que uma característica possui sobre a outra.

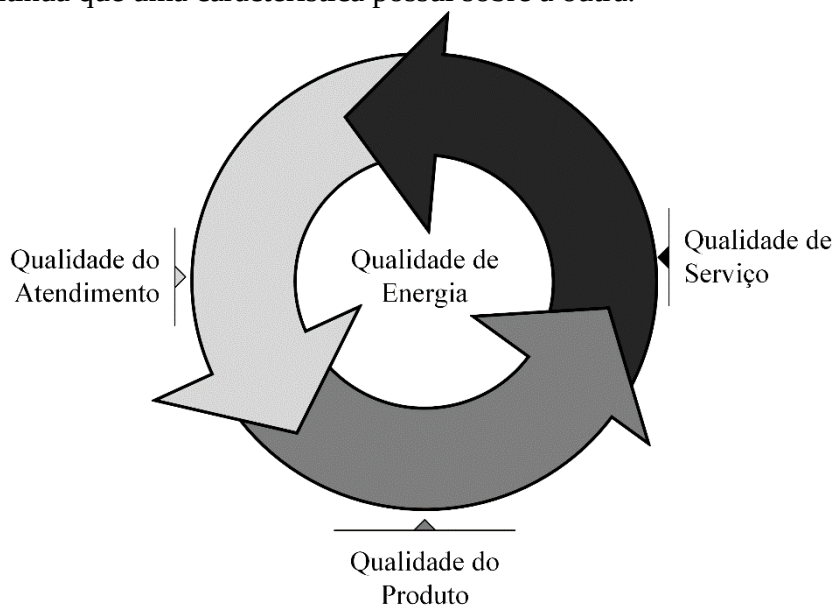


Figura 1 – Qualidade no fornecimento de energia

No Brasil, a Resolução Normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) nº 345, de 16 de dezembro de 2008, aprovou os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST (ANEEL, 2008) com a finalidade definir os padrões e normas de qualidade dos sistemas de energia; em 2015 os procedimentos foram revisados, conforme a Resolução Normativa nº 664, de 16 de junho de 2015 (ANEEL, 2015a). O PRODIST tem como objetivo principal reunir as normas de funcionamento da distribuição de energia, abrangendo assuntos relativos às redes, em módulos de estudo. A regulamentação da qualidade do serviço de fornecimento de energia elétrica estabelecido pela ANEEL está contida

no Módulo 8 do PRODIST.

Com relação à qualidade do produto de energia elétrica, a ANEEL adotou o nível de tensão como o indicador principal para punição monetária das distribuidoras por eventuais não conformidades com os padrões adotados. Como forma de avaliação do nível de tensão, o PRODIST, prevê campanhas de leitura trimestrais, realizadas por amostragem, sendo que para cada ponto de medição são realizadas 1008 leituras válidas, de 10 minutos contíguos, somando o total de 168 horas de leitura consecutivas (IAB, 2014).

As tensões apuradas e avaliadas segundo o PRODIST são classificadas em três categorias adequada, precária e crítica. Cada categoria representa um grau de discrepância crescente da tensão contratada. Com o objetivo de pontuar anormalidades relacionadas aos níveis de tensão, foram criados os Indicadores de Conformidade. O Índice de Duração Relativa da Transgressão para Tensão Precária – DRP representa o percentual das leituras em que o nível de tensão estava na faixa de tensão classificada como precária e o Índice de Duração Relativa da Transgressão para Tensão Crítica – DRC indica o percentual de leituras na faixa de tensão crítica. O limite permitido para o DRP é de 3% e para o DRC é de 0,5% (ANEEL, 2015).

O desempenho das concessionárias quanto à continuidade do serviço prestado de energia elétrica também é aferido pela ANEEL com base em indicadores específicos considerando padrões coletivos, denominados de Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) e Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC). O DEC indica o número de horas em média que um consumidor fica sem energia elétrica durante um período, geralmente mensal. Já o FEC indica quantas vezes, em média, houve interrupção na unidade consumidora (ANEEL, 2008).

A ANEEL regula a continuidade do fornecimento de serviço considerando também padrões individuais. Além dos indicadores agregados (FEC e DEC) utilizam-se quatro indicadores individuais. Os indicadores de Duração de Interrupção por Unidade Consumidora (DIC) e Frequência de Interrupção por Unidade Consumidora (FIC) indicam por quanto tempo e o número de vezes respectivamente que uma unidade consumidora ficou sem energia elétrica durante um período considerado. Já o indicador de Duração Máxima de Interrupção por Unidade Consumidora (DMIC) é um indicador que limita o tempo máximo de cada interrupção, impedindo que a concessionária deixe o consumidor sem energia elétrica durante um período muito longo. Adicionalmente, foi determinado um indicador especial de Duração de Interrupção Individual ocorrida em Dia Crítico (DICRI) (ANEEL, 2015).

3.2 Recursos de Geração Distribuída

O Instituto Nacional de Eficiência Energética - INEE (2013) indica que o princípio básico da Geração Distribuída (GD) consiste em acrescentar geração de pequeno ou médio porte, baseada em diferentes tecnologias, em sistemas de distribuição. Toledo et al. (2012), destacam que o uso de GD oferece inúmeras vantagens, uma vez que, a disposição da unidade de geração próxima à carga permite a redução das perdas associadas ao transporte de energia elétrica.

Kagan et al. (2013), acrescentam, ainda, que a presença da geração distribuída nas redes de distribuição de energia elétrica requer recursos e procedimentos operativos adicionais em relação às redes convencionais, bem como padrões de conexão e medidas específicas de planejamento da expansão. Destacam-se, por exemplo, os sistemas de despacho, controle e supervisão apoiados em robusta infraestrutura de telecomunicação e de Tecnologia de Informação (TI).

A partir desse novo paradigma de geração de energia, a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL estabeleceu por meio da Resolução Normativa nº 482 (RN482), de 17 de abril de

2012 (ANEEL, 2012), as condições gerais para o acesso da geração distribuída aos sistemas de energia elétrica, além de inserir o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, permitindo que o consumidor instale pequenos geradores (tais como painéis solares fotovoltaicos e microturbinas eólicas, entre outros) em sua unidade consumidora com objetivo de reduzir o valor da sua fatura de energia elétrica.

A alteração realizada, em outubro de 2015, na RN482 reclassifica a geração distribuída atribuindo nova faixa de valores para a microgeração e minigeração. A microgeração é caracterizada por uma potência instalada menor ou igual a 75 kW. Já a minigeração é caracterizada por uma potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW (ANEEL, 2015). As duas formas de geração distribuída incluem como formas de geração a Biomassa, as Centrais Geradoras Eólicas, os Sistemas Fotovoltaicos e as Pequenas Centrais hidrelétricas, além da cogeração qualificada.

As Centrais Geradoras Eólicas (CGE) utilizam aerogeradores que são equipamentos destinados a gerar energia elétrica a partir da energia fornecida pelo vento. A energia cinética do vento movimenta a turbina, que produz energia mecânica, transmitindo-a ao gerador, que em seguida faz a conversão da energia mecânica em elétrica. A capacidade destas turbinas começou com apenas 10 kW, atualmente já existem turbinas de 5 MW e projetos em desenvolvimento para turbinas de 10 MW e 15 MW (BERGER; INIEWSKI, 2015).

Tanto a energia eólica quanto a geração de energia por meio de sistemas geração solar dependem diretamente da radiação solar. O total de radiação que chega à terra é de aproximadamente 1,58 bilhão de TWh/ano. Desse valor, apenas cerca de 3% a 5% é convertido em energia cinética que possa provocar o movimento atmosférico por meio de diferenças de temperatura. Cerca de 30% é refletida de volta ao espaço, 19% são absorvidos pelas nuvens e moléculas de oxigênio e ozônio e 51% são absorvidos pela superfície, ou seja, aproximadamente 806 milhões de TWh/ano é o valor de radiação que se pode aproveitar para a geração de energia que possui como fonte primária o Sol (TOLEDO, 2012; PINTO, 2014b).

A grande representatividade da geração distribuída está na utilização dos painéis fotovoltaicos para a geração de energia. Os sistemas fotovoltaicos utilizam a energia solar para produzir diretamente a eletricidade. A energia elétrica, proveniente das centrais geradoras solares, é utilizada em diversas áreas com o objetivo de gerar energia elétrica aliada às seguintes vantagens: simplicidade de instalação, facilidade de expansão, redução das perdas por transmissão de energia devido à proximidade entre geração e consumo e pouca necessidade de manutenção das placas de geração. Adicionalmente, os sistemas fotovoltaicos são microfuentes silenciosas e não poluentes de geração de energia elétrica.

As Pequenas Centrais Hidrelétricas também estão entre as GDs e realizam a geração de eletricidade por meio da conversão da energia cinética da água em energia potencial mecânica, que acionará um conjunto turbina-gerador e, conseqüentemente, produzirá energia elétrica. A ANEEL classifica como uma Usina Hidrelétrica de Energia (UHE) as instalações com capacidade acima de 30 MW; define ainda, uma Central Geradora Hidrelétrica (CGH) como instalações com potencial de até 3 MW; e por fim, as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), as quais correspondem a geração superior a 3 MW e inferior a 30 MW (ANEEL, 2015).

Outra fonte renovável também classificada como geração distribuída é a biomassa que utiliza fontes orgânicas de origem animal e vegetal como matéria prima em um processo de geração de energia. Essa fonte de geração pode contribuir para o desenvolvimento e diversificação da matriz energética do país. De acordo com sua origem, a biomassa pode ser: florestal (madeira), agrícola (soja, arroz e cana-de-açúcar) e rejeitos urbanos e industriais (sólidos ou líquidos). Os produtos primários provenientes do processamento da biomassa são os combustíveis líquidos

(etanol, metanol, biodiesel, óleo vegetal e óleo de pirólise) e os combustíveis gasosos (biogás, gás de produtor e gás de síntese). As principais tecnologias de aproveitamento energético da biomassa são a combustão direta (com ou sem processos físicos de secagem, classificação, compressão e corte/quebra), processos termoquímicos (gaseificação, pirólise, liquefação e transesterificação) e processos biológicos (digestão anaeróbia e fermentação) (GOLDEMBERG, 2004; HODGE, 2011; KAGAN et al., 2013).

Existem vários métodos para se obter a eletricidade a partir da biomassa, em geral, todos realizam a conversão da matéria-prima em um produto intermediário que será utilizado em uma máquina motriz. Em seguida, essa máquina produzirá a energia mecânica que acionará o gerador de energia elétrica. De uma maneira geral, esses métodos, também, são aplicados em processos de cogeração, onde a biomassa pode ser queimada diretamente em caldeiras e a energia térmica resultante é utilizada na produção do vapor. Este vapor pode acionar as turbinas usadas para a geração de energia elétrica (ANEEL, 2008; SANTOS, 2012).

3.3 Mecanismos de Incentivos às fontes alternativas

Para estabelecer condições favoráveis à utilização das fontes renováveis de energia, se faz necessário a utilização de mecanismos de incentivo para a promoção das mesmas. Dessa forma, cada mecanismo pode reduzir uma ou mais barreiras que impedem o desenvolvimento do uso das fontes renováveis como, barreiras técnicas, econômicas ou regulatórias. Esses podem ser classificados de acordo com diferentes critérios, por exemplo, se eles interferem na demanda ou na produção ou se subsidiam aumento na capacidade ou geração (CHAVES et al., 2016).

Os mecanismos de incentivos podem ser classificados em diretos ou indiretos. Os diretos possuem como objetivo promover as fontes de energia renovável, enquanto que os indiretos são voltados para promover políticas indiretas ao setor de energia renovável, que influenciam positivamente na promoção das fontes alternativas de energia. Tais mecanismos podem ser exemplificados pelas taxas sobre o uso de combustíveis fósseis, taxas sobre emissões das indústrias, para incentivar o uso eficiente da energia ou para reduzir as emissões de gases poluentes e de efeito estufa. Em paralelo, os mecanismos diretos podem ser classificados pelo estímulo ao preço ou à quantidade: um grupo de instrumentos tem um impacto no preço da energia renovável ou tenta facilitar o mercado por meio do estabelecimento de um “preço premium”. Outro grupo, de natureza regulatória, define a quantidade mínima de energia renovável a ser produzida ou consumida. Tal procedimento reflete de forma direta na quantidade e na forma como o serviço de energia será adquirido (COSTA, 2006).

Existem ainda, os acordos voluntários que funcionam como um instrumento indireto, o qual é realizado entre o governo e a indústria e, então, influenciam a promoção de fontes de energia renovável, tais como acordos para redução de emissões de gases de efeito estufa, podendo vir em forma de redução fiscal ou isenção de taxas ambientais aplicadas sobre o uso de combustível fóssil.

3.3.1 Sistema *Feed-In*

O Sistema *Feed-In* tem sido reconhecido por ser o mais capacitado para promover as fontes renováveis, baseado nos resultados obtidos na Alemanha, Espanha e Dinamarca. Nesse sistema, é pago um Preço Premium (*Premium Price*) para a eletricidade gerada a partir de fontes renováveis e colocada na rede de energia elétrica. O governo estabelece o preço da eletricidade gerada a partir de fontes renováveis. O Cálculo do valor dessa tarifa considera o retorno sobre o patrimônio, os juros sobre o capital de empréstimos e capital de giro, a depreciação do equipamento e as despesas de manutenção e operação, a fim de assegurar ao investidor a mesma rentabilidade da utilização das fontes convencionais na matriz energética (BERTOI, 2012).

Dessa forma, as empresas de energia são obrigadas a comprar eletricidade de E-FER pelo preço estabelecido. A duração do subsídio é um parâmetro importante para garantir a efetividade desse instrumento. Além disso, elas são revisadas ao longo de um período estipulado, sendo previsto ainda, em alguns casos, uma redução gradual do seu valor, com o objetivo de incentivar a busca pela eficiência e pelo desenvolvimento tecnológico (COSTA, 2006).

Este mecanismo permite que toda energia gerada, através da utilização de fontes alternativas injetadas na rede de distribuição, seja remunerada por um valor fixo durante um período de tempo suficiente para tornar o investimento atrativo. As empresas de energia são obrigadas a comprar, totalmente ou parcialmente, a energia elétrica gerada remunerando o produtor pelo valor, usualmente, superior ao valor da tarifa praticada ao consumidor. O diferencial deste sistema é que normalmente não se estipula uma meta de geração a ser atingida, ou seja, não está regulamentada a quantidade de energia que será gerada a partir de fontes renováveis.

3.3.2 Quota System

Esse instrumento, apesar de ser relativamente novo, tem se tornado cada vez mais comum. Esse sistema tem como objetivo promover a geração de energia renovável aumentando a demanda por eletricidade renovável. Isso é feito estabelecendo-se (pelo governo) a quantidade ou porcentagem de eletricidade que deve ser produzida a partir de fontes de energia renováveis (LIMA, 2007)

A obrigação é imposta normalmente sobre o consumo (frequentemente por meio das empresas distribuidoras de energia), mas existe um caso (na Itália) em que a obrigação é aplicada sobre a produção. Os governos podem optar por tipos de tecnologias e também aplica-se normalmente uma multa para quem não cumpre a obrigação (meta a ser atendida).

Uma vez definida a quantidade, a empresa pode produzir fisicamente a energia; comprar a energia de um gerador, que fornecerá juntamente os certificados verdes; ou adquirir apenas os certificados em um mercado paralelo. Assim, quando a decisão está em produzir a energia haverá um investimento em tecnologia para que os custos de produção sejam reduzidos. Entretanto, quando a escolha fica por comprar certificados verdes pressupõe-se que outra empresa produza um excedente de certificados, os quais comprovam a origem renovável da energia elétrica gerada e os coloque a venda no mercado (CHAVES et al., 2016).

3.3.3 Sistema Leilão (Tender System)

Esse sistema envolve um processo de leilão, administrado pelo governo, da quantia de energia que deverá ser leiloada e produzida a partir de fontes renováveis alternativas. Este é um sistema competitivo, já que os interessados competirão entre si para produzir o montante de energia. O certame se inicia com a publicação das regras e, posteriormente, o órgão responsável promove as chamadas públicas para o recebimento das propostas contendo o valor dos lances de tarifa dados pelos interessados. Vencem o procedimento as propostas que tiverem os menores lances em ordem crescente até que seja completada a quantia de energia que foi pré-fixada no início. Neste tipo de sistema são celebrados contratos de longo prazo (PPA - *Power Purchase Agreements*) com os vencedores que possuem a garantia de pagamento pelo valor que é estipulado no leilão (LIMA, 2007).

Para isso, os leilões são separados por tipos de tecnologias, conhecidos como bandas-tecnológicas. Empresas de energia normalmente são obrigadas a comprar a eletricidade pelo preço proposto pelo ganhador do contrato (às vezes apoiado por um fundo governamental). No Sistema Leilão obrigação de contratação de toda a energia gerada por fontes renováveis. Contudo, existe uma sinalização da quantidade de energia demandada e da fonte de energia proveniente, ficando a cargo dos empreendedores a decisão em participar ou não do leilão em

questão. Para garantir essa participação devem ser definidos preços-teto atrativos diante das condições de mercado em que estão inseridos, estimulando os participantes a competir através do preço de lance no leilão (COSTA, 2006; LIMA, 2007; BERTOI, 2012)

3.3.4 Netmetering

O *Netmetering* consiste numa política energética de incentivo à geração descentralizada, que utiliza um sistema de compensação de energia cujo faturamento da unidade geradora conectada ao sistema elétrico principal resulta da diferença entre a quantidade de energia consumida e a quantidade produzida. No modelo mais simples e mais adotado não há armazenamento da energia gerada e a medição líquida da energia aponta para três situações, considerando a Quantidade de Energia Gerada – QEG e a Quantidade de Energia Consumida - QEC (CHAVES et al., 2016):

- a) $QEG < QEC$: O valor a ser faturado corresponde à energia consumida descontada da energia gerada;
- b) $QEG = QEC$: Não há faturamento na unidade geradora conectada à rede ou, apenas o pagamento de um valor mínimo, estipulado em regulamentação específica;
- c) $QEG > QEC$: A diferença é injetada na rede da distribuidora e gera créditos para compensação na fatura de energia elétrica em meses subsequentes.

Esse sistema de compensação é mais efetivo onde a tarifa da energia elétrica paga pelo consumidor é alta. Deve haver uma paridade tarifária para tornar o *netmetering* um instrumento de incentivo viável, isto é, o custo da geração de energia pelo microgerador deve ser competitivo frente à tarifa da energia convencional que está sendo paga no ponto de consumo. Em termos de aplicabilidade, o *netmetering* é visto como um mecanismo mais vantajoso para pequenas instalações, nomeadamente residências e pequenos negócios, do que para sistemas de larga escala.

3.3.5 Subsídios Financeiros

Como as fontes de energia renovável são frequentemente intensivas em capital (apesar de possuírem baixos custos de operação), os governos podem oferecer subsídios financeiros para tecnologias de novas fontes de energia (estabelecendo, ou um valor por kW, ou uma porcentagem (%) sobre o investimento total). O tipo mais conhecido e utilizado é o “Subsídio ao Investimento”, possivelmente pela facilidade e viabilidade administrativa e política. No entanto, esse instrumento é criticado por não ter um mecanismo que incentive a eficiência de um projeto de geração de fontes alternativas. Por isso, alguns agentes do mercado defendem a utilização do “Subsídio a Produção” exatamente por possuir um maior controle sobre a eficiência de operação (COSTA, 2006).

3.3.6 Incentivos Fiscais

Incentivo fiscal é um conceito da Ciência das Finanças que implica redução da receita pública de natureza compulsória ou a supressão de sua exigibilidade, esse instrumento pode ser aplicado de várias formas para promover novas fontes de energia: isenção das taxas aplicadas ao uso da energia para fontes de energia renovável; reembolso de taxas para eletricidade verde; redução de impostos; benefícios fiscais para aqueles que investirem em fontes de energia renovável (BERTOI, 2012; CHAVES et al., 2016).

Portanto, políticas de incentivos fiscais podem ser eficazes para diminuir custos e aumentar a competitividade dessas fontes energéticas. Para isso, não é necessário criar novos encargos, basta apenas redirecionar e fortalecer os mecanismos existentes. Assim, os incentivos fiscais muitas vezes são necessários para permitir a construção de projetos com altos custos iniciais.

4. Considerações Finais

A energia elétrica tornou-se um bem público de caráter essencial para a sociedade moderna. Assim como qualquer bem público, garantir a continuidade do serviço deve ser uma garantia de fornecimento. Neste sentido, na trajetória do setor elétrico brasileiro, várias reformas, revisões e reestruturações foram sendo tomadas para a garantia da continuidade desse serviço e para o bem-estar da população.

No Brasil, assim como nos países europeus, o setor energético experimenta grandes transformações com relação à sua estrutura de gerenciamento e decisões de grandes investimentos. Este é um fenômeno relacionado com novas condições financeiras, tecnológicas e de custos para a geração de eletricidade. Existe uma diversidade com relação aos objetivos das mudanças e, consequentemente, o mesmo ocorre com a forma como elas estão sendo implantadas em cada país.

Assim, essa mudança tecnológica reflete diretamente na disseminação das novas fontes de geração de energia elétrica. Este sistema pode mudar a maneira como o cliente se relaciona com a energia elétrica e com a concessionária de energia, atuando como impulso para uma mudança em âmbito sociocultural em direção ao consumo de energia elétrica de maneira mais consciente, visando a proteção ambiental, e assegurando investimentos que promovam maior sustentabilidade do sistema energético para o futuro.

O Sistema de Leilão, se analisado no contexto europeu apresenta como vantagem reduzir os custos das fontes renováveis, estabelecendo e estimulando um preço competitivo, que acompanha a evolução tecnológica e de mercado dessas fontes. Contudo, não se mostrou um instrumento muito efetivo no Reino Unido.

Já Sistema de Quotas com certificados verdes, ainda é um mecanismo recente que possui uma natureza mais complexa do que outros instrumentos – os geradores de energia precisam lidar com dois mercados inter-relacionados: o primeiro mercado para negociar os certificados verdes e o segundo para a venda da eletricidade. Ao analisar o panorama europeu pode-se perceber que “*Feed-in*” é o instrumento eficaz que possui a vantagem de garantir a segurança do investimento no setor permitindo o ajuste do valor do “preço premium” ao longo do tempo, fato que propicia o desenvolvimento de tecnologias no médio e no longo prazo. Ele ainda garante a expansão das fontes renováveis a custos razoáveis para o consumidor, o que posteriormente pode significar um grande avanço para as redes inteligentes de energia.

Em paralelo, o *netmetering* não se trata de um mecanismo de compensação a curto-prazo, pois o contrato realizado nesse sistema é válido por um período indeterminado. Assim, uma ligação entre os benefícios apresentados pelo sistema *Feed-in* e os contratos firmados no sistema *netmetering* podem proporcionar vantagens, como a integração significativa dos painéis fotovoltaicos e das microturbinas eólicas, ao sistema brasileiro de geração de energia.

Diante do exposto torna-se evidente, que a promoção das fontes novas e renováveis, no Brasil, ainda carece de um enfoque no planejamento e de marcos regulatórios que permitam sua expansão sem comprometer a confiança na continuidade da política, assim como resolva o problema dos custos mais elevados e de financiamento. Inserindo-se neste contexto, o presente trabalho apresentou um estudo dos principais mecanismos relacionados ao planejamento técnico e regulatório utilizados como referência para os sistemas energéticos. Este estudo evidencia que existe uma grande diversidade desses mecanismos, que de fato, torna o ambiente técnico e regulatório confuso e se este não estiver bem estruturado, todo o restante do país pode ficar prejudicado.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução ANEEL nº 345, de 16 de dezembro de 2008. *Aprova os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, e dá outras providências.* Brasília (DF), 2008. Disponível em: < http://www.abricem2.com.br/web3/index.php?option=com_content&view=article&id=79%3Aeh...>. Acesso em Setembro de 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 482, De 17 de Abril de 2012. *Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída e dá outras providências.* Disponível em < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> > Acesso em setembro 2015, 2012

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 664, de 16 de junho de 2015a. *Aprova alteração dos Módulos 1, 6 e 8 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST.* Disponível em < http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2014/052/resultado/ren_2015_664.pdf>. Acesso em Dez, 2015a.

BERGER, L. T. e INIEWSKI, K. *Smart Grid: aplicações, comunicação e segurança.* 1 ed - Rio de Janeiro: LTC, 2015.

BERTO, E. F. *Analysis of distributed micro-generation incentives from an economic feasibility perspective of Grid-Connected Photovoltaic Systems.* 2012. 68 p. Specialization monograph. (Pós-Graduação em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

BOTELHO, L. R. L.; CUNHA, C. C. A; MACEDO, M. *O método da revisão integrativa nos estudos Organizacionais.* Gestão e Sociedade, v.5, n. 11, p. 121-136 · maio-ago. 2011 · ISSN 1980-5756, 2011.

CARVALHO, J. F.; SAUER, I. L. *Um sistema interligado hidroelétrico para o Brasil.* Rev. Estudos Avançados, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 117-124, 2013. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142013000100009&lng=pt&nrm=iso >. Acesso em maio de 2017. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142013000100009> .

CHAVES, G. L. D.; TOSTA, M. de C. R. (Org.) *Gestão de Sistemas de Energia.* 1. ed. Curitiba: Editora CRV, v. 1. 350p., 2016.

CHAVES, R. C. P. e LEÃO, F. B. *Sistema de Proteção Adaptativo para Redes de Distribuição com Inserção de Geradores Distribuídos.* In: XX Congresso Brasileiro de Automática, 2014, Belo Horizonte.

COSTA, C. V. *Políticas de promoção de fontes novas e renováveis para geração de energia elétrica: lições da experiência europeia para o caso brasileiro.* Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), 2006.

DAL TOÉ, M. C.; RIDER, M. J. *Modelo Binível de Preço de Contrato Ótimo Multiestágio da Geração Distribuída em Sistemas de Distribuição Radiais de Energia Elétrica.* Anais do V Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos - SBSE 2014, Foz do Iguaçu - PR, Brasil, 22-25/04/2014.

GOLDEMBERG, J. - *The case for renewable energies.* Relatório Temático, Secretaria da Conferência Internacional para Energias Renováveis, janeiro de 2004.

GOLDEMBERG, J. *Energia e desenvolvimento.* Rev. Estudos Avançados, v. 12, n. 33, p. 7-15, 1998. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340141998000200002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em Agosto 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40141998000200002>.

HODGE, B. K. *Sistemas e aplicações de energia alternativa.* Rio de Janeiro: LTC, 2011

INSTITUTO ACENDE BRASIL. *Qualidade Do Fornecimento De Energia Elétrica: Confiabilidade, Conformidade E Presteza.* 14 white paper - o observatório do setor elétrico brasileiro. Edição de Julho de 2014. Disponível em< http://www.acendebrasil.com.br/media/estudos/2014_WhitePaperAcendeBrasil_14_Qualidade_Fornecimento_Energia_Rev_0.pdf> Acesso em Janeiro de 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGETICA. *O que é geração distribuída.* 2013. Disponível em< <http://www.inee.org.br/forumgerdistrib.asp> >. Acesso em Agosto de 2015

- KAGAN, N.; GOLVEA, M.; MAIA, F. C.; DUARTE, D.; LABRONICI, J.; GUIMARÃES, S. D.** *Redes elétricas inteligentes no Brasil: análise de custos e benefícios de um plano nacional de implantação*. Rio de Janeiro: Sinergia: Abradee; Brasília: Aneel, 2013.
- KAGAN, N.; ROBBA, E. J.; SCHMIDT, H. P.** *Estimação de indicadores de qualidade da energia elétrica*. Ed. Blucher - São Paulo - SP. ISBN 978-85-212-0487-9, 2009.
- LIMA, C.R.R.** *Políticas públicas para fontes alternativas e renováveis para geração de energia Elétrica*. Consultoria Legislativa Área XII – Recursos Minerais, Hídricos e Energéticos, Jul. 2007
- MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVAO, C. M.** *Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde*. Texto contexto - enferm., Florianópolis, v. 17, n. 4, Dec. 2008. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-07072008000400018> >. Acesso em 25 Nov. 2011
- PINTO, M. O.** *Energia Elétrica: Geração, Transmissão e Sistemas Interligados*. 1 Edição - Rio de Janeiro: LTC, pg. 22, 2014a.
- PINTO, M. O.** *Fundamentos de energia eólica*. 1 Edição - Rio de Janeiro: LTC, pg. 72, 2014b.
- RIBEIRO, A. E. D.; AROUCA, M. C.; COELHO, D. M.** *Electric energy generation from small-scale solar and wind power in Brazil: The influence of location, area and shape*. Renewable Energy, v. 85, p. 554-563, 2016, doi: <http://doi:10.1016/j.renene.2015.06.071>.
- SANTOS, A. P. P.** *Thermodynamic analysis of gas turbine cycle using inlet air cooling methods*. 2012. 104f. Dissertação (Mestrado em Aerodinâmica, Propulsão e Energia) Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São Jose dos Campos, 2012.
- SIFFERT FILHO, N. F.; ALONSO, L. A.; CHAGAS, E. B.; SZUSTER, F. R.; SUSSEKIND, C. S.** *O Papel do BNDES na Expansão do Setor Elétrico Nacional e o Mecanismo de Project Finance*. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 29, p. 3-36, mar. 2009. Disponível em < http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/Set2901.pdf >. Acesso em junho de 2017.
- TOLEDO, F. et al.**, *Desvendando as Redes Elétricas Inteligentes: Smart Grid Handbook*, Rio de Janeiro, 2012.
- VANDERLINDE, J. B.; GONÇALVES, R. R.; RIDER, M. J.** *Planejamento em Curto Prazo da Expansão de Sistemas de Distribuição Usando uma Formulação Cônica*. In: XX Congresso Brasileiro de Automática 2014 (CBA 2014), Belo Horizonte - MG, Brasil, 2014.
- WEITEMEYER, S.; KLEINHANS, D.; VOGT, T.; AGERT, C.** *Integration of Renewable Energy Sources in future power systems: The role of storage*. Renewable Energy, 75, 14-20. 2015, doi: <http://doi:10.1016/j.renene.2014.09.028>.
- ZIMMERMAN, M. P.** *Aspectos técnicos e legais associados ao planejamento da expansão de energia elétrica no novo contexto regulatório brasileiro*. 2007. 315f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Pontifícia Universidade Católica: Rio de Janeiro, 2007.