



**XXIII SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GCR/04
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – VI

GRUPO DE ESTUDO DE COMERCIALIZAÇÃO, ECONOMIA E REGULAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - GCR

ESTUDO DOS INSTRUMENTOS DE POLÍTICA PARA PROMOÇÃO DAS REDES INTELIGENTES DE ENERGIA

**ADAN LUCIO PEREIRA (*); GISELE DE LORENA DINIZ CHAVES; WANDERLEY CARDOSO CELESTE;
DANIEL J. CUSTÓDIO COURA.**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – UFES

RESUMO

A introdução das redes inteligentes de energia indica uma mudança de paradigma na forma de lidar com os sistemas de geração e distribuição de energia. Como contribuição para esta nova área, o presente Informe Técnico insere-se em um conjunto de pesquisas acerca dos instrumentos de política adotados para a promoção das fontes renováveis de energia e consequentemente as redes inteligentes de energia. A análise dos incentivos às fontes renováveis de energia é fundamentada por meio de um Estudo de Caso de implantação dos instrumentos Feed-in, Sistema de Quotas e do Sistema de Leilão.

PALAVRAS-CHAVE

Instrumentos de Política, Redes Inteligentes, Fontes Renováveis de Energia

1.0 - INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o consumo da energia elétrica no Brasil cresceu de uma forma significativa. O aumento do consumo final de eletricidade no país em 2013, de 3,6%, com destaque para os setores residencial e comercial, foi atendido a partir da expansão da geração térmica, especialmente das usinas movidas a carvão mineral (+75,7%), gás natural (+47,6%), bagaço de cana (+19,2%), cujas participações na matriz elétrica, na comparação de 2013 contra 2012, cresceram de 1,6 para 2,6%, de 7,9 para 11,3%, e de 4,2 para 4,9%, respectivamente [1]. Assim, o Brasil possui 3.636 empreendimentos em operação, gerando 135 GW de potência, e está prevista para os próximos anos uma adição de 36.2 GW, aumentando em 26,81% a capacidade de geração do país, proveniente dos 193 empreendimentos atualmente em construção e mais 589 outorgadas [2].

Com o surgimento de diversos tipos de 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 Microrredes – MR, independente da carga, o mais próximo possível do consumidor final, evitando assim, alguns dos custos e impactos inerentes à geração centralizada. Nas MR, seus diversos geradores, cargas e dispositivos de armazenamento estão agrupados, o que os torna semelhantes a um único e controlável ativo para o Sistema Elétrico de Potência - SEP. Isto simplifica o processo de integração do grande número de dispositivos de energia renovável [3].

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. Assim, redes inteligentes podem ser definidas como uma ou mais microrredes que interagem entre si atreladas ou não a um sistema de energia de maior porte, o

(*) Rodovia BR 101 Norte, Km. 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540, São Mateus – ES – Brasil, Tel.: (+55 27) 3312-1511 – CEUNES/UFES– Email:adanlucio@gmail.com

SEP. As microrredes, por sua vez, são redes de energia elétrica com diversas unidades consumidoras (cargas) e diversos geradores, provenientes de fontes alternativas, com baixa potência e estrategicamente distribuídos (Geração Distribuída) localizados geograficamente próximos às cargas [4, 5].

Portanto, aumentar a participação das fontes renováveis como elemento primário na geração elétrica de energia é uma tendência notável. Contudo, o elevado custo para a implementação dos sistemas baseados em fontes renováveis em comparação aos sistemas tradicionais ainda é um fator que dificulta a participação efetiva dessas fontes na matriz energética. Com o objetivo de reduzir barreiras regulatórias e econômicas, algumas estratégias e mecanismos de incentivo foram desenvolvidos e implantados em diversos países como políticas de incentivos.

Nesse sentido, vários organismos e iniciativas internacionais vêm apoiando sistematicamente uma maior penetração de fontes de energia renovável (FER), que por sua vez, permitem a implantação das redes inteligentes de Energia. Como exemplo, tem-se a conferência internacional *The World Summit on Sustainable Development – WSSD*, realizada em setembro 2002, que enfatizou a necessidade de se estabelecer metas para a participação das fontes de energia alternativas na matriz energética mundial. Apesar da WSSD não ter alcançado um consenso no que diz respeito à definição das metas globais, ela representou um marco e ampliou o debate político sobre este tema. Outro marco, foi a conferência *Renewables 2004*. Neste evento ocorreu a assinatura de uma Declaração Política por 154 países, que se comprometeram a aumentar a participação de Fontes Novas e Renováveis para Geração de Energia Elétrica (E-FER) no consumo final de energia e a criação de um fórum no âmbito da iniciativa *Renawable Energy Network for 21st Century - REN21* com o objetivo de reunir vários agentes na discussão das oportunidades e barreiras para expansão das E-FER.

Acerca dessa discussão, um dos principais embates que essas fontes enfrentam está relacionado ao contexto econômico, uma vez que, a liberação do mercado de energia abriu o mercado à competição e introduziu o conceito de eficiência e produtividade no setor. Nesse contexto, cresce o apelo para o uso dessas fontes fazendo com que governos adotem políticas de incentivos para viabilizar o uso de E-FER. Assim, as indústrias de energia elétrica se veem à frente de dois desafios: a liberação do mercado de energia e a exigência cada vez maior do uso de fontes de energia renovável na geração de eletricidade [6].

Inserindo-se nesse contexto, o presente Informe Técnico busca realizar um estudo sobre os desafios da regulação do setor elétrico brasileiro para a implementação das redes inteligentes de energia no Brasil, por meio da utilização de fontes renováveis de energia. Para isso, foi realizada uma pesquisa sobre as tecnologias empregadas nas redes inteligentes e nas microrredes. Posteriormente, essa pesquisa se estendeu aos instrumentos de políticas adotadas no Brasil e na Europa, como forma de argumentar a necessidade de mudanças que permitam a implementação dessas redes no país, tomando como experiência os instrumentos já utilizados em outros países.

2.0 - MICRORREDES E REDES INTELIGENTES DE ENERGIA

O conceito de microrrede vem da utilização da geração distribuída para suprir cargas localmente, adaptando a geração às necessidades da carga. Assim, uma microrrede é formada pela região geoeletrica com suprimento de diversas fontes podendo ser renováveis, não renováveis, tradicionais ou alternativas. Elas podem ser de natureza elétrica, mecânica, térmica ou, ainda, química. A interconexão dessas fontes com o barramento de baixa tensão da MR, em sua maioria, é possível por meio do uso da eletrônica de potência que garanta a confiabilidade, o controle e a flexibilidade exigida pela MR [7].

Por bastante tempo as redes de energia elétrica se basearam-se em uma topologia radial, onde o gerador é conectado a muitos consumidores em uma estrutura parecida com uma árvore, apresentando geradores com alta capacidade de geração situados em regiões distantes dos centros de consumo e fornecendo um fluxo de potência unidirecional. Contudo, essas redes têm sido gradualmente modificadas pela instalação de diversos geradores de pequena escala próximos aos consumidores. Tais modificações estão sendo realizadas para evitar as chamadas “perdas técnicas” de energia que ocorrem nas linhas da transmissão e distribuição ocasionadas pelo “efeito joule” e que contribui diretamente no custo da energia elétrica convencional. Outro fator que contribui para este custo são os materiais e o trabalho que envolve a construção das grandes linhas de transmissão e distribuição, garantindo maior estabilidade e confiabilidade do sistema. Casos onde uma cidade inteira fica sem energia ao mesmo tempo seriam, no mínimo improváveis.

As redes inteligentes são definidas como uma combinação de tecnologias, *hardware*, *software* ou práticas que, em conjunto, permitam a automação integrada e segura das redes elétricas, dos sistemas de medição, da geração e do armazenamento distribuído de energia, de modo a garantir que a rede elétrica, por meio de análises e diagnósticos em tempo real, se reconfigure automaticamente para atender, de forma otimizada, as necessidades do sistema elétrico. Tais benefícios podem, ainda, ser obtidos através da interação com fontes de geração e armazenamento distribuídos de energia, conectados diretamente na rede ou nas unidades consumidoras. Dessa forma, ganhos sinérgicos são alcançados por meio de interações entre diferentes elementos do sistema elétrico, como, por exemplo, medição, dispositivos de rede, fontes de geração e armazenamento de energia e carga [3, 5].

As unidades geradoras das redes inteligentes são denominadas microfones, normalmente apresentam pequeno porte e baixo custo quando são comparados às unidades geradoras de redes tradicionais e são baseadas em fontes alternativas. As principais microfones são os painéis fotovoltaicos, as microturbinas à gás, as MicroCentrais Hidrelétricas e as microturbinas eólicas [8].

3.0 - INSTRUMENTOS DE POLÍTICA

Para estabelecer condições favoráveis à utilização das redes inteligentes de energia, se faz necessário a utilização de políticas de incentivo para a promoção das fontes renováveis. Cada instrumento político pode reduzir uma ou mais barreiras que impedem o desenvolvimento do uso das fontes renováveis como, barreiras técnicas, econômicas ou regulatórias. Esses instrumentos 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 [9].

Os instrumentos políticos podem ser diretos ou indiretos. Os instrumentos 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 de E-FER. Tais instrumentos podem ser 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 instrumentos 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 a forma como o serviço de energia será adquirido [6].

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.

3.1 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 [9].

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 [6].

Assim, este mecanismo permite que toda energia gerada, através da utilização de E-FER injetada 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.

3.2 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 [10].

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.

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 (*PPAs- Power Purchase Agreements*) com os vencedores que possuem a garantia de pagamento pelo valor que é estipulado no leilão [10]

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, estimularão os participantes a competir através do preço de lance no leilão [6, 10, 11].

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 [9]:

- **QEG < QEC** : O valor a ser faturado corresponde à energia consumida descontada da energia gerada;
- **QEG = QEC** : Não há faturamento na unidade geradora conectada à rede ou, apenas o pagamento de um valor mínimo, estipulado em regulamentação específica;
- **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 .

3.5 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 E-FER (estabelecendo, ou um valor por kW (\$/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 EFER. Por isso, alguns agentes do mercado defendem a utilização do “Subsídio a Produção” exatamente por possuir um maior controle sobre a eficiência de operação [6, 13].

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 E-FER: 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 [9].

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.

4.0 - CONTEXTO EUROPEU PARA PROMOÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS.

Os principais instrumentos de incentivo utilizados na Europa para promoção de fontes renováveis são: Sistema de Leilão, Sistema de Quotas e Sistema Feed-in. Esses instrumentos normalmente coexistem com outros instrumentos tais como, incentivos fiscais e apoio à pesquisa e desenvolvimento [11, 13].

4.1 Incentivos Legais às Fontes Alternativas no Reino Unido

Analisando o contexto histórico como instrumento de política do Reino Unido, de 1990 a 2001 o sistema de leilão (Tender System) foi predominante no setor de energia elétrica por meio do com o Programa Non-Fossil Fuel Obligation (NFFO), que se encerrou em 1998; e, a partir de 2002, com o Renewables Obligation (RO), um sistema de Quotas com certificados verdes, que findará somente em 2027 [15].

O sistema NFFO foi criado em 1988 inicialmente com o objetivo de ser um suporte financeiro para a geração nuclear de energia elétrica, já que ocorriam dificuldades na privatização das usinas. Assim, esse sistema obrigava as empresas distribuidoras a comprar uma certa quantidade de eletricidade gerada por outras fontes que não fossem a base de combustíveis fósseis. Para isso, esse sistema constituía numa política baseada em leilões de energia provenientes de E-FER, pagando um “preço premium”, pré-estabelecido com valor inicial maior do que o valor da energia convencional. O consumidor final arca com um imposto sobre o uso de combustíveis fósseis, chamado “*Fossil Fuel Levy*” – FFL, como forma de financiamento para o sistema. Entretanto, com a inclusão das fontes renováveis o FFL teve a sua destinação redistribuída e, em 1998, quando 42% do orçamento já eram aplicados às fontes renováveis, o subsídio à energia nuclear foi cancelado [6].

Como marco regulatório para os mercados de gás e eletricidade, em 2000 foi instituído o “*The Utilities Act*”. A parte mais importante dessa reforma foi a criação “*Renewables Obligation*” (RO) que começou a operar em abril de 2002. O RO vem sendo operado, desde então, na Inglaterra & Gales e Escócia, e posteriormente, em abril de 2005 na Irlanda. O RO é um mecanismo regulatório baseado no sistema de quotas junto com a expedição de certificados verdes, no qual existe a obrigatoriedade, por parte das empresas distribuidoras, da compra de uma porcentagem pré-estabelecida de energia renovável. Essa quota começou com 3% em 2003, chegou a 9,1% em 2008 e em seguida 10% em 2010. Recentemente, devido a alguns questionamentos dos empreendedores de E-FER quanto à política no longo prazo, o governo aumentou a meta para 15,4% em 2015. Além do RO, também foi implementada uma taxa chamada “*Climate Change Levy – CCL*”, aplicada sobre o uso da energia para os setores privados e públicos com o objetivo de encorajar a eficiência energética e reduzir as emissões de dióxido de carbono [9].

O *Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform (BERR)*, determina o valor máximo a ser aceito como oferta de preço para as diferentes bandas tecnológicas estabelecendo o preço máximo a ser pago em cada leilão. O OFGEM (*Office for the Gas and Electricity*) é o órgão responsável pela implementação e monitoramento desta política. Desta forma, até 2027 o custo para o consumidor final é limitado pelo valor da multa aplicada ao não cumprimento da obrigação [16]. Os geradores de energia renovável membros do RO devem possuir cadastro no OFGEM, que é o órgão responsável em promover a concorrência entre as empresas de gás e de eletricidade, além de exercer o papel de regulador. Com o registro, os geradores podem se candidatar para receber os certificados verdes chamados de *Renewable Obligation Certificate-ROC*. Estes certificados são emitidos por tipo de tecnologia utilizada para a geração de energia e consiste em uma forma de fiscalização da cadeia de custódia da produção, garantindo, assim, a origem energia elétrica gerada.

Por meio da utilização desses certificados também é possível determinar o percentual de energia produzida por cada tecnologia empregada, conseguindo, com isto, observar a evolução de algumas tecnologias e a substituição de outras. As empresas distribuidoras de energia ficam obrigadas a adquirir uma determinada quantidade de energia renovável. Para isto, as empresas podem comprar energia renovável diretamente dos geradores, usando os certificados, ou ainda, adquirir ROCs num mercado paralelo. Todos os certificados devem ser apresentados ao OFGEM para a comprovação, ou não, de que a meta foi alcançada. Caso a empresa não alcance o seu objetivo, então deve pagar uma multa chamada de *Buy-out Price*. Todas as multas são depositadas em um fundo denominado *Buy-Out Fund* e, posteriormente, o dinheiro arrecadado é repassado às distribuidoras na proporção dos certificados (ROCs). Essas multas pagas pelo não cumprimento de suas metas podem ser repassadas aos consumidores finais por meio do aumento da tarifação. Contudo, como as distribuidoras estão inseridas num mercado competitivo, em que os consumidores podem livremente escolher os seus fornecedores, não é razoável que isto ocorra [11, 15].

4.2 Incentivos Legais às Fontes Alternativas na Alemanha

O setor político da Alemanha é descentralizado. No país, a eletricidade é gerada principalmente em centrais elétricas que utilizam carvão, derivados de petróleo, urânio e gás, sendo um dos maiores produtores e consumidores dentro da União Europeia, e com grande participação de importados na matriz. Portanto, é visível que investir em tecnologias de E-FER se tornou um fator com alta prioridade, uma vez que o carvão é uma matéria prima limitada [10]. O grande marco do setor elétrico da Alemanha foi a criação da Lei de Energia Renovável - *Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)* em abril de 2000, tal marco trouxe uma importante modificação na distribuição

dos encargos do reembolso da geração de E-FER – que, antes, ficavam a cargo principalmente das empresas de distribuição localizadas nas regiões marítimas da Alemanha.

Assim, surgiu um novo sistema de equalização em todo o território alemão, como forma de promover a distribuição dos custos dos reembolsos entre todas as empresas distribuidoras de eletricidade e os consumidores. Portanto, as empresas do setor são obrigadas a realizar um cálculo de forma a balancear os custos de reembolso entre os diferentes níveis das empresas distribuidoras que operam a rede. E trouxe especial suporte para as tecnologias de energia renovável que não estavam contempladas anteriormente, como fotovoltaica e geotérmica [17]. Também segundo essa lei foi estabelecido que a cada dois anos o governo deverá avaliar o progresso da tecnologia e as condições de mercado das fontes renováveis e propor ajustes, ou nas tarifas ou nas taxas de decaimento. Assim, o valor maior do “preço premium” é garantido por um período que varia de 5 à 20 anos dependendo da carga de referência da planta.

A política de promoção fontes de energia renovável da Alemanha conta com outros instrumentos tais como suporte ao investimento, redução de taxas e incentivos financeiros, nos programas de âmbito federal e estadual. Como forma de incentivar o uso de fontes renováveis de energia, na Alemanha, são aplicadas taxas sobre o consumo de alguns energéticos, como a energia elétrica e os óleos minerais, a chamada Eco-taxa. Fica evidente, que as empresas que utilizam fontes renováveis de energia não pagam Eco-taxa e, desta forma, acabam sendo beneficiadas.

Entretanto, no primeiro dia do mês de agosto de 2014 entrou em vigor a nova lei de incentivo às fontes de energia renováveis na Alemanha. A chamada EEG 2.0 representa um forte ajuste na política energética alemã de apoio a essas fontes. Essa mudança na política energética implicou em uma reforma substancial da EEG cujos traços marcantes são os seguintes [18]: redução do apoio às novas plantas e manutenção dos incentivos às já existentes; todas as tecnologias deverão ter os incentivos reduzidos ao longo do tempo; os bônus garantidos como apoio às energias renováveis serão revisados e a maioria deles será simplesmente abolida; o privilégio de eletricidade gerada na Alemanha a partir de fontes renováveis, em prejuízo à eletricidade gerada fora do país, será abolido e por fim, o alinhamento às leis europeias.

5.0 - DISCUSSÃO DOS INSTRUMENTOS PARA O CASO BRASILEIRO

No panorama brasileiro, a representação de aspectos de interesse público da indústria de eletricidade está presente inicialmente na Lei N° 8.987/95 [19], que permite a concessão e prestação de serviços públicos previstos no artigo 175 da Constituição Federal. Assim, o artigo 29, inciso X da referida lei estabelece ao Poder Concedente a obrigatoriedade de estimular o “aumento da qualidade, produtividade, preservação do meio-ambiente e conservação”, garantindo o reconhecimento de que essa indústria deve manter características de interesse público mesmo sob gerenciamento privado.

Atrelada a isso a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL estabeleceu por meio da Resolução N° 242/98 [20], a obrigatoriedade da aplicação de 1% da receita operacional líquida das empresas privatizadas em programas de conservação de energia e pesquisa e desenvolvimento. A partir de então, a ANEEL anualmente publica uma Resolução e um Manual com o objetivo de regular os recursos provenientes dos contratos de concessão de energia elétrica.

Assim, de acordo com o artigo 1º da Lei N° 9.991/2000 [21], estabeleceu-se que as concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica ficaram obrigadas a investir uma parcela mínima em eficiência energética, pesquisa e desenvolvimento tecnológica, 0,75% da sua Receita Operacional Líquida - ROL em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico e 0,25% em eficiência energética – EE no uso final. Já as concessionárias de geração, as autorizadas à produção independente de energia elétrica e as concessionárias de transmissão ficaram obrigadas a aplicar, anualmente, no mínimo 1% da ROL em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico.

De maneira geral, o setor energético brasileiro apresentou um novo arranjo institucional, introduzindo modificações importantes no aparelho público de formulação de políticas para o setor energético. Assim, estabeleceu-se a criação do Conselho Nacional de Política Energética – CNPE, como sendo o mais importante órgão do setor, pois, este determina as políticas capazes de formatar o futuro desenvolvimento do setor e posteriormente o seu relacionamento com o mercado.

O grande marco do setor elétrico brasileiro veio em 2002 com a aprovação da Lei N° 10.438 [24] que criou o PROINFA (Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia), fixando metas para a participação das fontes de energia renovável no sistema interligado nacional. Para tal tarefa, o PROINFA foi dividido em duas fases: PROINFA 1 – com o objetivo de adicionar 3.300 MW até final de 2006, divididos igualmente entre energia eólica, PCH e Biomassa; e PROINFA 2 – 10% de energia eólica, biomassa e PCH no consumo de eletricidade estabelecidos em até 20 anos. Ainda conforme a Lei fixou-se a obrigação das concessionárias de energia elétrica na universalização do acesso à energia elétrica [6, 23].

Quando comparados com o sistema brasileiro fica notável que a primeira fase (PROINFA 1) permitiu que o país apresentasse investimentos de energia eólica, PCH e Biomassa, utilizando um sistema de “preço premium” semelhante ao “Feed-in”. Já para a segunda fase (PROINFA 2) é possível verificar a possibilidade do uso de certificados para atestar a origem, o que pode significar um caminho para a implementação de um sistema de quotas com certificados verdes (Quota System) [6, 9, 14].

Dessa forma, em abril de 2012 a Aneel publicou uma Resolução nº 482 [25] que estabelece regras para o net-metering, mecanismo de compensação que permite que consumidores possam gerar energia em suas próprias edificações e injetar o excedente gerado na rede de distribuição. Para isso, a energia injetada na rede gerará créditos de eletricidade que serão deduzidos das faturas dos consumidores, com prazo de validade de 36 meses.

No Brasil existem, ainda, incentivos fiscais para promover a geração de energia elétrica por fontes renováveis, assim o convênio CONFAZ 101/97 concede isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS) nas operações com alguns equipamentos: aerogeradores para conversão de energia dos ventos em energia mecânica para fins de bombeamento de água e/ou moagem de grãos; bomba para líquidos, para uso em sistema de energia solar fotovoltaico em corrente contínua, com potência não superior a 2 HP; aquecedores solares de água; geradores fotovoltaicos; aerogeradores de energia eólica; células solares não montadas; células solares em módulos ou painéis; e torre para suporte de gerador de energia eólica [26]. O convênio ICMS 75 prorrogou até o dia 31 de dezembro de 2015 o período de vigência desses incentivos [27]. Como principal exemplo, o estado do Mato Grosso do Sul, no Brasil, que concedeu incentivos fiscais para a empresa, que investirá R\$ 220 milhões e será responsável por toda a cadeia produtiva de painéis solares [28].

Além do PROINFA e dos incentivos fiscais, existem outros mecanismos para fomentar essas fontes, os leilões de energia nova e os leilões de reserva. O 1º Leilão de Fontes Alternativas, realizado em 2007, teve como objetivo promover a contratação de energia elétrica proveniente de fontes alternativas de geração, que devem ser implantadas no SIN a partir de 1º de janeiro de 2010. Este leilão configurou-se como um mecanismo regulatório mais alinhado ao mercado competitivo, visando promover a concorrência entre os agentes e a diminuição dos custos ao consumidor final da energia proveniente de fontes alternativas de energia [11]. Os leilões de reserva visam garantir a segurança de abastecimento e, por isso, tem como objetivo a contratação de energia elétrica de reserva. No primeiro leilão de reserva, essa energia elétrica foi proveniente de biomassa e entrou em operação após 2009. Os leilões realizados no Brasil têm as características do Sistema de Leilões quanto à metodologia de contratação pelo menor preço, porém apresenta também dispositivos diferenciados. No ordenamento legal brasileiro ainda não há nenhum mecanismo nos moldes do Sistema de Quotas, com certificados que confirmam o atendimento de uma meta de geração a ser alcançada pelas empresas de energia e que podem ser comercializados [9, 14].

6.0 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil assim como nos países europeus discutidos acima, 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, conseqüentemente, o mesmo ocorre com a forma como elas estão sendo implantadas em cada país.

Assim, essa mudança tecnológica reflete diretamente na disseminação das redes inteligentes de energia. 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.

Diante do exposto torna-se evidente, que a promoção das fontes novas e renováveis, as quais estão diretamente ligadas ao sucesso das redes inteligentes de energia, 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 instrumentos de política utilizados no contexto europeu, o Sistema de Leilão, o Sistema de Quotas e o Instrumento Feed-in, entre outros.

Este estudo evidencia que existe uma grande diversidade de instrumentos, que de fato, torna o ambiente político confuso e se este não estiver bem estruturado, todo o restante do país fique prejudicado. O sucesso destes instrumentos de política para fontes de energia renovável pode ser avaliado em termos dos resultados obtidos no aumento da participação de E-FER no consumo final de eletricidade ao longo de um determinado período, variando de acordo com o contexto histórico de cada país, as condições geográficas, econômicas e culturais.

O Sistema de Leilão analisado no contexto europeu apresenta como vantagem reduzir os custos das EFERs, 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 instrumento 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 de E-FER 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.

Por fim, se faz necessário citar que a promoção das redes inteligentes de energia, bem como todos os benefícios provenientes de sua implementação está diretamente ligada com os investimentos legais e incentivos que o governo de cada país adota. Fica evidente que para a promoção das redes inteligentes de energia, o Brasil e demais países pioneiros da utilização dessa tecnologia, carecem de um estudo maior das políticas de incentivo com o objetivo de viabilizar o uso das E-FERs que posteriormente servirão como geradores dessas grandes redes de energia.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BEN. Balanço Energético Nacional. Relatório Final do Balanço Energético Nacional. 2014. Disponível em < <https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal.aspx?anoColeta=2014&anoFimColeta=2013> > Acesso Dezembro de 2014
- [2] ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Banco de informações de geração - Capacidade de geração do Brasil. 2014. Disponível em < <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm> > Acesso em janeiro 2015.
- [3] INEE. Instituto nacional de eficiencia energetica. O que é geração distribuída. 2013. Disponível em < <http://www.inee.org.br/forumgerdistrib.asp> >. Acesso em Agosto de 2014.
- [4] TOLEDO F. Desvendando as redes elétricas inteligentes, Smart Grid Handbook, Brasport, Rio de Janeiro, pp. 336. 2012. ISBN: 978-857452419.
- [5] BENTO, F. R. O. Uma metodologia para reconfiguração de redes inteligentes. Espírito Santo 2013. Mestrado em Energia. Universidade Federal do Espírito Santo - Centro Univesitário Norte Espírito Santo, pp.125.
- [6] COSTA, C. V, tese da COPPE, Políticas de promoção de fontes novas e renováveis para geração de energia elétrica: lições da experiência européia para o caso brasileiro – 2006.
- [7] SIMÕES, M. G. et al. Smart-Grid technologies and progress in Europe and the USA. Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2011. Disponível em: <http://inside.mines.edu/~mSimoes/documents/pap48.pdf> >. Acesso em: jun. 2014.
- [8] DA SILVA, F. L.; Análise do Desempenho de uma Microrrede com Múltiplas Unidades de Geração Distribuída. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. 2011.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] MARTINS, J.; MARINHO, C. Estudo dos principais mecanismos de incentivo às fontes renováveis alternativas de energia no setor elétrico. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, 2010.
- [12] GOETZBERGER, A.; HOFFMANN, V. U. Photovoltaic Solar Energy Generation. Berlin: Springer Link, 2005.
- [13] EMMERIK, E. L.; STEINBERGER, J. M.; AREDES, M. Um Estudo para Resolver a Variabilidade da Geração Eólica Através da Integração em Larga Escala com Geração Hidráulica. Anais do VII Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (CBPE), São Paulo, 2010.
- [14] BANDEIRA, F. P. M. Redes de energia elétrica inteligentes (smart grids). Nota técnica. Consultoria Legislativa, 2012. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/tema16/2012_7872.pdf>. Acesso em: mar. 2014
- [15] HASHIMURA, L. M. M. Aproveitamento do Potencial de Geração de Energia Elétrica por Fontes Renováveis Alternativas no Brasil: Instrumentos de Política e Indicadores de Progresso Dissertação (mestrado) – UFRJ / COPPE / Programa de Planejamento Energético, 2012.
- [16] OFGEM, Office for the gas and Electricity. “The Renewable obligation”, OFGEMs procedures, 2013, <http://www.ofgem.gov.uk>. Acesso em: mar. 2014
- [17] LA ROVERE, E; GOLDEMBERG, J; COELHO, S; SIMÕES, A. Renewable Energy technologies to Improve Energy Access in Brazil. Brazilian report to GNESD – Global Network on Energy for Sustainable Development, 2003

- [18] EUROPEAN COMMISSION. State aid: Commission approves German renewable energy law EEG 2014, julho, 2014.
- [19] BRASIL. Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Lei das Concessões de Serviços Públicos. Brasília, DF, Diário Oficial da União - Seção 1 - 14/2/1995, Página 1917.
- [20] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução nº 242, de 24 de julho de 1998.
- [21] BRASIL. Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências.
- [22] MÜLLER, E. M. Uso Político do setor elétrico brasileiro. FAPESP, 2010
- [23] MME, Ministério de Minas e Energia. Plano Decenal de expansão do Setor Elétrico 2006-2015, Março 2006.
- [24] BRASIL. Lei nº 10.438, de 26 de abril 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE). Diário Oficial da União - Seção 1 - Edição Extra - 29/4/2002, Página 2.
- [25] Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Resolução nº 482 de 17 de abril de 2012.
- [26] CONFAZ - Conselho Nacional de Política Fazendária. Convênio ICMS 101/97 de 12 de dezembro de 1997. Disponível em: <http://www.fazenda.gov.br/confaz/confaz/convenios/ICMS/1997/CV101_97.htm>. Acesso em: Outubro de 2014.
- [27] CONFAZ (Conselho Nacional de Política Fazendária). Convênio ICMS 75, de 14 de julho de 2011. Disponível em: <http://www.fazenda.gov.br/confaz/confaz/convenios/ICMS/2011/CV075_11.htm>. Acesso em: Outubro de 2014.
- [28] PEREIRA, R. Estado concede incentivo fiscal para empresa de painel solar e garante investimento de R\$ 220 milhões para MS. [online] Disponível em <http://www.noticias.ms.gov.br/>. Acesso em Setem. 2014.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Adan Lucio Pereira - Graduado em Engenharia de Computação pela Universidade Federal do Espírito Santo. Atualmente é aluno do Programa de Pós-Graduação em Energia na Universidade Federal do Espírito Santo.



Gisele de Lorena Diniz Chaves - Professora do curso de Engenharia de Produção e do mestrado em Energia na UFES/CEUNES, doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos, com estágio sanduíche (um ano) no CRET-LOG, Grupo de Pesquisa em Logística da Université de la Méditerranée (Aix-Marseille II) na França. Graduada em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa (2003) e mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2005). Atua principalmente nos seguintes temas: logística reversa, logística e gestão da cadeia de suprimentos, marketing, desenvolvimento de novos produtos, indústria de alimentos e agroindústria. Citações em revistas científicas: 115. Extra II, 4 e Extra Científica 10, 2



Wanderley Cardoso Celeste - Engenheiro Eletricista graduado pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) no ano de 2002, e possui os títulos de Mestre em Engenharia Elétrica e Doutor em Engenharia Elétrica outorgados também pela UFES nos anos de 2005 e 2009, respectivamente. É Professor Adjunto II do Departamento de Engenharias e Computação do Centro Norte do Espírito Santo (CEUNES) da UFES. Atuou em linhas de pesquisa de Robótica e Automação Inteligente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFES e desde 2011 atua como membro permanente no Programa de Pós-Graduação em Energia (PPGEN) também da UFES. Tem experiência em robótica móvel, manipuladores, robótica de reabilitação, sistemas digitais, sistemas embarcados, processamento digital de sinais, interfaces homem-máquina e modelagem de sistemas. Membro do Grupo de Trabalho (GT) de Modelagem e Simulação (MMS).



Daniel José Custódio Coura - Possui graduação em Engenharia Elétrica pelo Instituto Nacional de Telecomunicações (1998) e mestrado em Telecomunicações pelo Instituto Nacional de Telecomunicações (2004), e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Espírito Santo (2009). Atualmente é professor Adjunto da Universidade Federal do Espírito Santo. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Telecomunicações, atuando principalmente nos seguintes temas: feixe laser, espaço livre, enlace óptico, espalhamento e cintilação, redes ópticas passivas (PON), redes de acesso ópticas, OFDM aplicada em PON, SCM aplicada em PON, FDMA em redes ópticas, SmartGrids.