

ESTUDO PROSPECTIVO DO MERCADO DE ENERGIA EÓLICA DE PEQUENO PORTE NO BRASIL

Marcio Giannini¹, Ricardo Marques Dutra¹ e Vanessa Gonçalves Guedes¹

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), Av. Horácio de Macedo, N. 354- sala C-22 –
Tel. (21) 2598-6137 – Fax: (21) 2598-6483, Cidade Universitária – Ilha do Fundão,
CEP 21941911, Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: giannini@cepel.br, dutra@cepel.br, vanessag@cepel.br

RESUMO

O Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel), por meio da solicitação do Ministério de Minas e Energia (MME), vêm desenvolvendo um estudo para identificação do potencial do mercado brasileiro para energia eólica de pequeno porte. Desta forma, o objetivo deste artigo é apresentar um panorama inicial do mercado de energia eólica de pequeno porte no Brasil, identificando suas principais características, oportunidades e desafios que são retratados no estudo realizado. Conjuntamente, na estrutura do estudo, busca-se elencar e discutir as questões chaves para a promoção do mercado e seus principais instrumentos de políticas públicas. Neste sentido, o artigo é dividido em seções na qual apresenta o estágio atual do estudo encomendado. Na seção II é apresentado o contexto Brasil e Mundo da energia eólica de pequeno porte, além de considerações sobre os principais desdobramentos do Workshop de Geração Eólica Distribuída realizado no Cepel nos dias 27 e 28 de agosto. Na sessão III são destacadas as principais considerações regulatórias do setor. Na Seção IV são pontuadas as principais questões metodológicas sobre a modelagem para do estudo do potencial da energia eólica de pequeno porte no Brasil. Na seção V são elencadas as próximas etapas do trabalho. Por fim, na seção VI são delineadas as conclusões e recomendações preliminares do estudo.

Palavras-chave: *Energia Eólica de Pequeno Porte; Mercado de Energia Renovável; Planejamento Energético.*

INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta uma matriz de geração elétrica de origem majoritariamente renovável, sendo que a geração hidráulica responde por montante superior a 70% da oferta interna de energia elétrica. Somando-se

às importações, que essencialmente também são de origem renovável, onde 2009 foram importadas 42.901 GWh de energia Elétrica, sendo majoritariamente da Itaipu Binacional (Brasil-Paraguai) [01], pode-se afirmar que aproximadamente 80% da eletricidade no Brasil é originada de fontes renováveis, sem ainda considerar que parte da geração térmica brasileira é originada de biomassa. Na média mundial, fontes renováveis correspondem a apenas 15,6% da geração de eletricidade [02].

Apesar da matriz elétrica brasileira possuir um perfil diferenciado quando comparada aos padrões dos países desenvolvidos, havendo majoritariamente a participação das renováveis, é salutar a continuidade dos esforços de fomento às fontes renováveis de energia no país, considerando seu leque de opções presentes, como as hidroelétricas, assim como aquelas que possuem um potencial a ser explorado, em particular na energia eólica de pequeno porte e considerando, ainda, seus desdobramentos positivos na consolidação de uma indústria nacional de baixo carbono, associando inovação e geração de emprego.

CONTEXTO

Segundo dados do Departamento de Energia dos EUA [03], a demanda por energia elétrica no mundo continuará a crescer nos próximos anos, i.e., até o ano de 2035 estima-se um crescimento em torno de 45% desta demanda. Por se tratar da forma mais nobre de energia, a demanda por energia elétrica irá crescer a uma taxa maior que a taxa de crescimento da demanda por energia. Sob a ótica do planejamento, a questão central a ser entendida é como atender esta demanda tendo como pano de fundo o acirramento das questões ambientais, em particular no tocante às emissões associadas aos gases efeito estufa decorrentes da queima dos combustíveis fósseis.

Por razões de segurança energética e de mudanças climáticas os países desenvolvidos estão buscando acelerar a transição da matriz energética, particularmente fomentando a penetração das fontes renováveis de energia. A substituição da geração de energia fóssil por energia renovável possibilita a redução da emissão dos gases efeito estufa.

As fontes renováveis de energia oferecem uma oportunidade para o planeta de se reduzir as emissões e de retomar a trajetória de crescimento econômico alinhada ao equilíbrio ambiental que outrora fazia parte do processo civilizatório da humanidade que se baseava na utilização de conversores energéticos renováveis [02].

O mercado de energia eólica assume uma posição de destaque dentre as fontes renováveis no país, havendo um contínuo crescimento do segmento de grande porte, fruto de ações governamentais de estímulo ao segmento. Nos últimos 12 anos, o setor de energia eólica brasileiro recebeu investimentos de US\$ 14

bilhões, sendo este montante equivalente ao que está sendo empregado para construir a usina hidrelétrica de Belo Monte no estado do Pará (11.233 MW). Silva [04] reforça a tendência de consolidação do segmento de energia eólica, onde o Brasil possui o maior mercado de energia eólica na América Latina, atingindo preços no sistema de leilões entre os mais baixos do mundo.

O segmento de energia eólica de grande porte caminha em direção a consolidação do mercado. No entanto, o segmento de pequeno porte ainda é embrionário no país, com experiências pontuais, ao contrário de países como a China e os EUA onde este segmento já possui unidades instaladas de 450.000 e 144.000, respectivamente. Do total da capacidade instalada de turbinas eólicas de pequeno porte no mundo (443 MW) em 2010, 40% se concentra nos EUA e 37% na China. Soma-se, ainda, o crescimento do segmento nos últimos anos a taxa média de 35% ao ano, conjuntamente tendo uma perspectiva de continuidade de crescimento até 2020, onde a *World Wind Energy Association* [05] estima atingir a capacidade instalada adicionada por ano de 750 MW.

Apesar da geração distribuída não estar vinculada, a rigor, a uma determinada fonte específica de energia, é interessante ressaltar sua perspectiva sob o prisma da geração de energia eólica de pequeno porte. Entendendo que a geração distribuída pode ser definida como uma geração de energia elétrica conectada ao sistema de distribuição ou à rede do consumidor. Constatam-se crescentes incentivos às fontes alternativas de energia, em diversos países europeus, como por exemplo, a injeção de energia elétrica na rede, proveniente de aerogeradores de pequeno porte, sendo uma atividade incentivada pelos próprios órgãos governamentais para que metas de redução de gases poluentes sejam atingidas. Ainda que não se tenha indicações da emissão de carbono das turbinas eólicas de pequeno porte, é interessante ressaltar que segundo dados divulgados pelo fabricante Vestas [06], considerando o ciclo de vida de uma planta *on shore* (turbina V90 de 3 MW) estimou-se que o projeto seria carbono neutro em 6,6 meses de produção de energia. Conjuntamente destaca-se que 80% de cada turbina é reciclável.

Na Europa o consumidor já deixou de ser um elemento passivo da rede e tornou-se, desta forma, um elemento ativo do sistema elétrico, dando início a uma “*revolução silenciosa*”, possibilitando, ainda que incipiente, a reflexão da geração além dos “*grandes blocos de energia*”; a promoção da geração de energia descentralizada; a semi-autonomia energética das residências; a segurança energética; a pulverização dos impactos ambientais; a redução dos gases efeito estufa; a promoção do intercâmbio energético; a ampliação da economia verde (*Green Economy*); entre outros.

O potencial brasileiro para aproveitamento eólico em pequenos aerogeradores ainda não é totalmente conhecido e explorado. Com o foco na geração eólica de grande porte, o Atlas do Potencial Eólico

Brasileiro publicado em 2001 e diversas outras iniciativas estaduais identificaram importantes sítios que viabilizaram o desenvolvimento comercial da tecnologia eólica de grande porte no Brasil. Diversas considerações foram feitas para determinar o potencial eólico brasileiro nos diversos atlas publicados, considerações estas que não se aplicam para a tecnologia de pequeno porte. Desta forma, as informações contidas nos diversos atlas publicados devem ser analisadas com especial cuidado principalmente com relação às diversas alturas de referência apresentadas.

Considerando que a quantificação e a localização de sítios eólicos favoráveis para a geração eólica de pequeno porte é de fundamental importância para delinear políticas eficientes para o desenvolvimento tecnológico e de mercado, este relatório apresentará metodologia que permita utilizar os dados já existentes dos diversos atlas eólicos para que o mesmo possa identificar o perfil do vento em alturas menores. Estudos preliminares realizados na Região Nordeste mostram que o potencial eólico de pequeno porte é significativo e, considerando-se também a possibilidade de utilização nos grandes centros urbanos, regiões inviáveis para o uso de parques eólicos de grande porte podem ser exploradas para geração doméstica, pois a geração de pequeno porte requer velocidades de vento mais baixas.

Diante de um grande potencial para o uso de aerogeradores de pequeno porte ainda desconhecido no Brasil, o Ministério de Minas e Energia encomendou ao Cepel um estudo sobre o panorama de desenvolvimento tecnológico dos aerogeradores de pequeno porte, considerando custos, certificação, nichos de aplicação e parque industrial estabelecido. Também inclui neste estudo um diagnóstico do mercado de pequeno porte, avaliando as falhas na cadeia produtiva, indicando os reflexos positivos na situação de intervenção e destacando possíveis aperfeiçoamentos na busca da promoção do mercado doméstico.

Como desdobramento da solicitação do Ministério de Minas e Energia do estudo, vislumbrou-se a necessidade de interagir diretamente com os agentes setoriais buscando fomentar o diálogo, auxiliando, assim, a delinear os principais desafios referentes ao desenvolvimento da tecnologia de energia eólica de pequeno porte no Brasil e no mundo.

Neste âmbito, a Eletrobras e o Cepel, em conjunto com o Departamento de Energia dos EUA (DOE) e com o Ministério de Minas e Energia (MME), sediaram e patrocinaram o Workshop de Geração Eólica Distribuída realizado nos dias 27 e 28 de agosto de 2012, no Rio de Janeiro. O workshop explorou as principais questões regulatórias, financeiras e institucionais relacionadas ao desenvolvimento do mercado brasileiro para geração eólica distribuída. Neste evento, o DOE e fabricantes norte-americanos compartilharam experiências com autoridades brasileiras e partes interessadas no que diz respeito à aerogeradores de pequeno e médio porte, P&D, desenvolvimento de padrões, testes, certificação e

considerações sobre o desenvolvimento de projetos. Também foram debatidas questões tais como o recursos de energia eólica, a avaliação do local, a infra-estrutura de rede e programas de incentivo.

De todos os pontos debatidos durante o evento, destacaram-se debates sobre a efetividade da Resolução Aneel nº 482/2012 como único meio legal de incentivo para tecnologias renováveis descentralizadas, a experiência norte americana em certificação de aerogeradores de pequeno porte e também as linhas de financiamento tanto para fabricantes como para consumidores.

Sobre a questão da certificação de aerogeradores de pequeno porte, a experiência americana mostra que o processo é lento por sua natureza mas que também é caro. A certificação de aerogeradores nos Estados Unidos surgiu da necessidade dos fabricantes americanos participarem, também, do mercado europeu onde as regras são muito mais rígidas quanto a obrigatoriedade dos ensaios de conformidade. Apesar do número ainda pequeno de máquinas certificadas, existe um número crescente de solicitações para certificação. Durante o evento foi colocado de que a certificação é um diferencial que o Brasil deve buscar principalmente na busca de qualidade e competitividade.

Ainda que pese dúvidas sobre a eficácia no curto e médio prazo do mecanismo de compensação energética para o desenvolvimento de um mercado sólido de aerogeradores de pequeno porte no Brasil, o evento proporcionou um profícuo debate com os fabricantes nacionais sobre as necessidades do setor e suas perspectivas.

QUESTÕES REGULATÓRIAS

A regulamentação brasileira que trata de incentivos específicos para a tecnologia eólica de pequeno porte está concentrada na Resolução Normativa nº 482 publicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel no dia 17 de abril de 2012. Esta resolução trata do estabelecimento das condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, do sistema de compensação de energia elétrica além de dar outras providências.

As fontes participantes desta resolução são classificadas quanto a sua origem (hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da Aneel) e quanto ao tamanho (microgeração distribuída com potência instalada em até 100 kW e minigeração distribuída, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW). Vale ressaltar que a geração (seja ela microgeração ou minigeração) deverá ser conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Esta resolução traz uma quebra de paradigma ao tratar de uma compensação energética e não uma compensação contábil onde o empreendedor receberia um prêmio pela geração renovável tal qual o sistema *feed-in*. O sistema *feed-in*, aplicado em vários países da Europa, promoveu um rápido crescimento de várias fontes de energia renovável a um custo muitas vezes questionado especialmente sobre o valor do prêmio pago. De uma forma geral, o contexto atual do setor elétrico brasileiro baseado principalmente na modicidade tarifária, não possibilitaria a adoção de mecanismos de incentivo tal qual adotado na Europa.

O mecanismo de compensação energética possibilitou a criação de um incentivo indireto para as fontes renováveis sem que o mesmo gerasse impactos na tarifa de energia elétrica. Sendo assim, por não inserir um prêmio contábil para o gerador, a forma de observar a lucratividade de um empreendimento desta natureza torna-se mais abstrata: não se trata do que o empreendedor poderia receber pela energia gerada, mas sim pelo montante que não se pagou para a concessionária.

Ainda não foi possível, mesmo porque é ainda incipiente, ter uma avaliação da efetividade do novo conceito através de projetos efetivamente implementados. Como ponto de partida, a localização dos nichos de mercado para energia eólica de pequeno porte no contexto da compensação energética depende exclusivamente do valor das tarifas residenciais praticadas pelas concessionárias. Um levantamento realizado por Dutra e Guedes [7] mostrou que as tarifas residenciais (incluindo impostos) praticadas pelas concessionárias da Região Nordeste apresentam valores que tornam competitivos os investimentos na geração eólica de pequeno porte utilizando aerogeradores nacionais instalados em locais com fator de capacidade superiores a 20%.

Após uma análise das tarifas praticadas pelas concessionárias em todo o Brasil será possível identificar as áreas de concessões que apresentam melhor atratividade para empreendimentos eólicos de pequeno porte. Esta análise deverá ser realizada conjuntamente com a identificação do recurso eólico na altura típica dos aerogeradores de pequeno porte. A superposição das duas análises propiciará uma avaliação mais acurada dos nichos potenciais para o desenvolvimento do mercado de aerogeradores de pequeno porte.

Ainda não é possível avaliar a efetividade da resolução quanto a projetos implementados. Espera-se que os próximos passos do estudo de potencial de mercado possam indicar não só os nichos mas também ações efetivas para o desenvolvimento tecnológico.

MODELAGEM

Com relação ao potencial eólico brasileiro de pequeno porte, o mesmo ainda não foi adequadamente avaliado. Para grande porte, a 50 m de altura, considerando ventos até 7 m/s, o potencial eólico brasileiro é avaliado pelo Atlas do Potencial Eólico Brasileiro [8] como sendo da ordem de 143,5 GW.

No entanto, para aplicações de pequeno porte, as alturas de interesse ficam entre 10 e 40 m e as velocidades médias encontram-se em torno de 4,5 m/s. Como as aplicações de pequeno porte necessitam de velocidades menores que as de grande porte, podemos observar na Figura 1 (figura adaptada com dados velocidade do vento a 50m do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro [8]) que, na região Nordeste, a área com velocidades de ventos entre 5 m/s e 7 m/s é consideravelmente maior em comparação à área com velocidades de vento acima de 7 m/s considerando a altura de 50m.

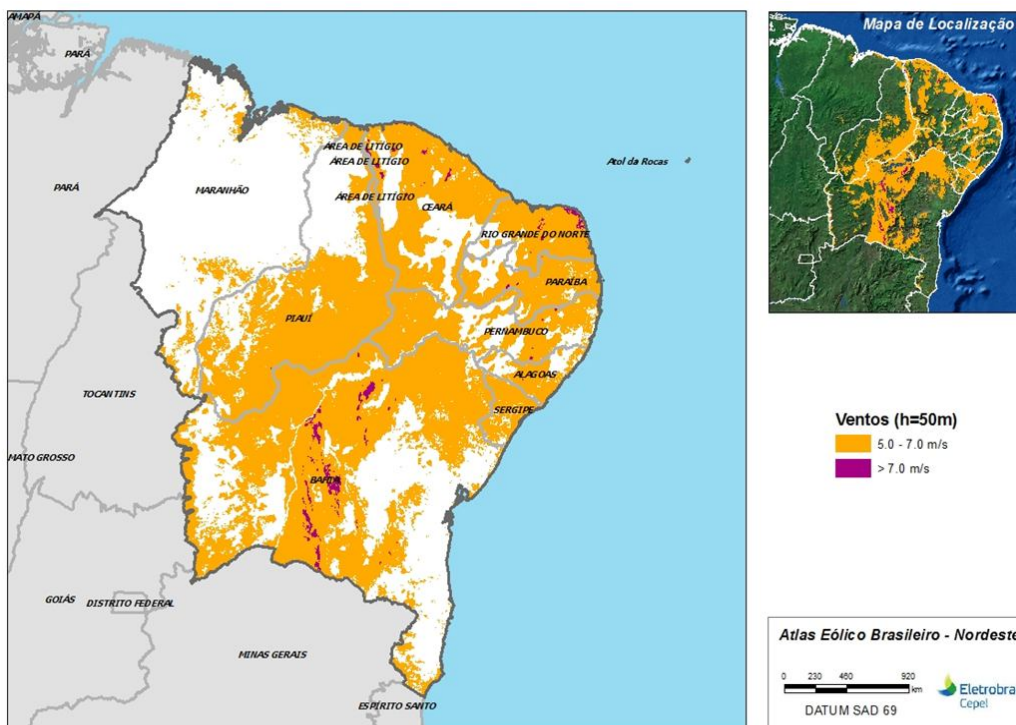


Figura 1 – Potencial eólico a 50m para região Nordeste.

A fim de se facilitar a avaliação de potencial eólico a alturas menores que 50m, uma metodologia levando em consideração a instabilidade média anual da atmosfera está sendo desenvolvida e será testada utilizando *softwares* de estimativa de produção energética comerciais e medições anemométricas pontuais. Com base em um trabalho desenvolvido pela EPA [9], a metodologia se baseia em procedimentos de quantificação do parâmetro de Monin-Obuchov utilizados em avaliação de dispersão de poluentes. Esta metodologia ajudará aos fabricantes de aerogeradores de pequeno porte a dimensionar os seus sistemas de geração para os clientes.

PRÓXIMOS PASSOS

A realização do Workshop de geração eólica distribuída foi uma das etapas iniciais do trabalho, possibilitando um melhor entendimento dos desafios da tecnologia e das perspectivas de crescimento do

mercado, frente aos incentivos regulatórios ainda incipientes, possibilitando um melhor delineamento do planejamento do estudo.

No esforço conjunto entre o Cepel e o Ministério de Minas e Energia, na perspectiva de fomentar tecnologias alinhadas com a economia de baixo carbono, busca-se o desenvolvimento do estudo contendo o panorama do estágio de desenvolvimento tecnológico dos aero geradores de pequeno porte, considerando custos, certificação, nichos de aplicação e parque industrial estabelecido. Complementa, ainda, o estudo o diagnóstico do mercado de energia eólica de pequeno porte, avaliando as falhas presentes na cadeia produtiva, indicando os reflexos positivos na situação de intervenção e destacando possíveis aperfeiçoamentos na busca da promoção do mercado doméstico.

O estudo está na sua fase inicial, já tendo sido realizada uma primeira etapa de interação com os agentes, além do planejamento e estruturação das etapas do estudo (Figura 02), além do entendimento do contexto Brasil e do mundo frente às questões tecnológicas e regulatórias. Em paralelo está sendo desenvolvida a modelagem, ainda em fase preliminar de testes, onde busca-se avaliar o potencial energético ainda não explorado.

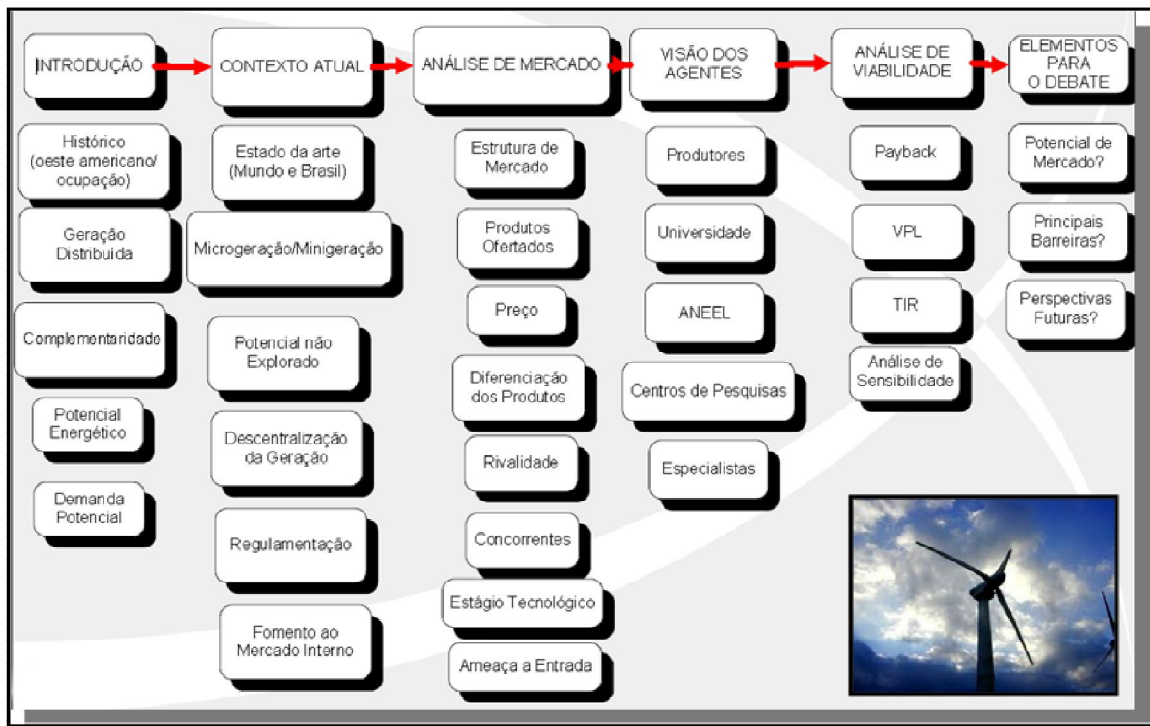


Figura 02 – Diagrama da Estrutura do Estudo em Curso

Uma das questões centrais do estudo, ainda a ser realizada, refere-se à análise de mercado. Nesta análise será descrita a cadeia de valor, considerando: identificação das funções desempenhadas pelos diferentes

atores e analisando as relações entre eles; identificação das instituições que dão suporte ao setor e sua função ou influência dentro do mercado; sistema de comercialização que utiliza o setor; nível de formalidade no processo de comercialização; identificar as normas que influenciam ou afetam o setor; identificar potenciais mudanças ou tendências que possam afetar o setor tecnológico nos próximos 5 anos; avaliar o fluxo de informação no mercado, buscando reduzir as assimetrias de mercado. A análise de mercado buscará indicar quais são as características da demanda; quais lacunas existem entre a demanda e a produção nacional; quais são os mecanismos potenciais ou disponíveis através dos quais se possa acessar a estas lacunas; através de quais canais os produtores vendem seus produtos; quais canais podem ser mais efetivos para ter acesso a um maior mercado; quais são as oportunidades de mercado para os produtores; quais são as práticas atuais dos produtores e que precisariam mudar para ter acesso a novos mercados; quais restrições enfrentam os produtores para terem mudanças em sua produção e práticas para ter acesso aos requerimentos do mercado; quais instituições e quais atores do mercado existem que possam ajudar aos produtores em superar essas restrições.

Soma-se, ainda, a necessidade de uma segunda interação com os agentes setores na busca de uma compreensão mais detalhada sobre a visão dos agentes (Produtores, Universidade, ANEEL, Centros de Pesquisa e Especialistas). Esta etapa será realizada por meio de entrevistas individuais, seguindo uma estrutura de questionário aberto. Conjuntamente, vislumbra-se que serão realizados estudos de viabilidade econômico-financeira no sentido de melhor orientar os agentes, possibilitando, assim, orientar políticas de fomento.

CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PRELIMINARES

Existe potencial (teórico) para exploração no país, particularmente nas regiões urbanas, associando redução de gastos em condomínios e comércios. No entanto, pondera-se que a regulamentação acerca da micro geração de pequeno porte (eólica) ainda é incipiente, assim como os incentivos para a estruturação e promoção do mercado, necessitando, ainda, ajustes no sentido de alavancar o setor. Conjuntamente, destaca-se que o parque industrial ainda não possui escala e necessita de incentivos para manter uma linha industrial para este segmento.

Ainda que pese os desafios inerentes ao ineditismo do estudo no país, face às questões inerentes aos desafios intrínsecos associados, particularmente, ao desenvolvimento da modelagem de estimativa de potencial do recurso eólico de pequeno porte, pondera-se que o estudo possa auxiliar diretamente os tomadores de decisão, na construção de políticas públicas orientadas a promoção da tecnologia e do melhor

aproveitamento energético dos recursos à luz da trajetória bem sucedida do segmento de eólica de grande porte no país.

Por fim, face a este desafio é determinante a continuidade do estudo, possibilitando a identificação do potencial eólico de pequeno porte no Brasil, assim, como na contínua interação com os agentes setoriais para identificação das principais necessidades para desenvolvimento de um mercado efetivo para aerogeradores de pequeno porte no Brasil

REFERÊNCIAS

- [01] EPE, 2009. *Balanço Energético Nacional 2009 – Ano base 2008*. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, 2009.
- [02] Pereira, M.G; Camacho, C.F.; Freitas, M.A.V. & Silva, N.F., 2012. *The renewable energy market in Brazil: Current status and potential*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 16, Issue 6.
- [03] EIA, 2010. *Annual Energy Outlook 2010: With Projections to 2035*. U.S. Energy Information Administration (EIA), U.S. Department of Energy Washington, DC.
- [04] Silva, N.F; Rosa, L.P.;; Freitas, M.A.V. & Pereira, M.G., 2013. *Wind energy in Brazil: From the power sector's expansion crisis model to the favorable environment*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 3, Issue 6.
- [05] WWEA, 2012, *Small Wind World Report Summary 2012*. World Wind Energy Association, Ed. WWEA. ISBN 978-3-940683-04-5
- [06] VESTAS, 2013, Disponível em: <http://www.vestas.com/en/about-vestas/profile/why-wind/clean.aspx?action=3>, acesso em: 25/02/2013.
- [07] Dutra, R. M e Guedes, V.G. *Evaluation of The New Brazilian Regulation Concerning Low Voltage Distribution Network: An Opportunity For Small Wind Turbines*. DEWEK 2012. Bremen – Germany.
- [08] CEPEL, 2001. *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro*. Cresesb/MME. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br>, acesso em: 25/05/2013.
- [09] EPA, 1993. *An Evaluation of a Solar Radiation/Delta-T Method for Estimating Pasquill-Gifford (P-G) Stability Categories*. Disponível em: <http://www.epa.gov/nscep/index.html>, acesso em 15/08/2013.