

## INTEGRAÇÃO DE GERAÇÃO EÓLICA NA REDE ELÉTRICA: DESAFIOS DO BRASIL\*

Kleber Costa Corrêa<sup>1</sup>

**Resumo:** Neste trabalho busca-se fazer uma abordagem sobre os impactos da integração da geração eólica na rede elétrica, e os desafios do Brasil sob aspectos técnicos e também sobre o ponto de vista regulatório. Primeiramente, é apresentada a estrutura do Setor Elétrico Brasileiro, os conceitos básicos da Energia Eólica e seus componentes. Em seguida, são apresentados os desafios, técnicos e regulatórios, da integração da geração eólica no sistema elétrico brasileiro.

**Palavras-chave:** Energia Eólica. Sistema Elétrico Brasileiro. Política Energética do Brasil. Integração de Parques Eólicos.

### A EXPANSÃO DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

O Setor Elétrico Brasileiro (SEB) passou por significativas transformações nas últimas décadas, passando de um modelo puramente estatal para um modelo misto. Após os “traumas” dos efeitos da crise do apagão de 2001, o governo federal entre 2003 e 2004 lançou as bases de um novo modelo, onde em termos institucionais foram criadas uma série de novas entidades no setor, e entre seus objetivos principais estão: a garantia da segurança do suprimento de energia elétrica e a promoção da modicidade tarifária através da convivência de agentes privados e públicos no setor (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA, 2013).

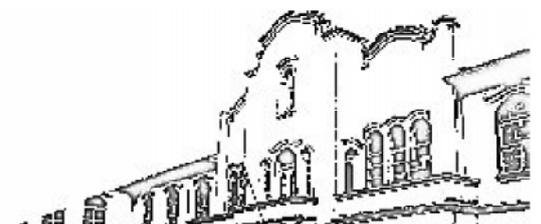
---

<sup>1</sup> Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL - egresso do curso de Engenharia Elétrica

\* Trabalho de conclusão de curso Orientado pelo professor Dr. João Luiz Alkaim - joao.alkaim@unisul.br

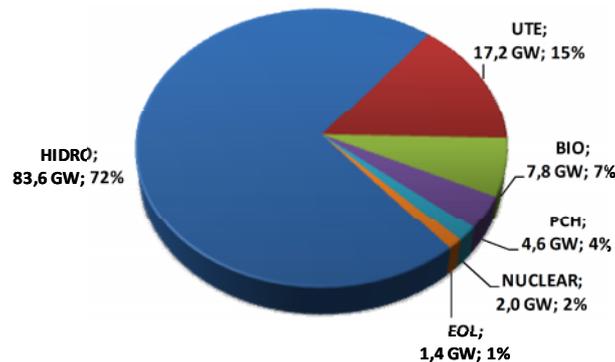
.....

*Cadernos Acadêmicos, Palhoça, SC, v.5, n. 2, ago-dez 2013*



De acordo com dados do Operador Nacional do Sistema (ONS), a capacidade instalada total do sistema elétrico brasileiro em 31/12/2011 era de cerca de 117 mil MW. A participação por fonte é apresentada no gráfico 1.

Gráfico 1 – Valores de capacidade instalada em dezembro de 2011, incluindo as usinas já em operação comercial nos sistemas isolados



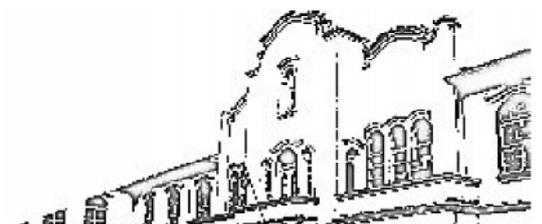
Fonte: OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA, 2011.

A capacidade instalada das energias renováveis na matriz brasileira totaliza aproximadamente 84%, sendo que a capacidade instalada hidráulica representou 72% do total, onde a geração hidráulica foi de 91% do total. Porém, devido à dificuldade por restrições ambientais/sociais na concepção de novas Usinas Hidrelétricas com reservatórios, e também aos incentivos do governo brasileiro como o Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), é cada vez maior a participação de novas fontes renováveis na matriz brasileira, ainda que como fontes complementares e não estruturantes. Nestes bons ventos do mercado, uma fonte tem se destacado: a Energia Eólica.

Dados do Plano Decenal de Energia (PDE) 2021 informam que a capacidade instalada no Sistema Interligado Nacional entre 2012 e 2021 deverá crescer no período

.....

*Cadernos Acadêmicos, Palhoça, SC, v.5, n. 2, ago-dez 2013*

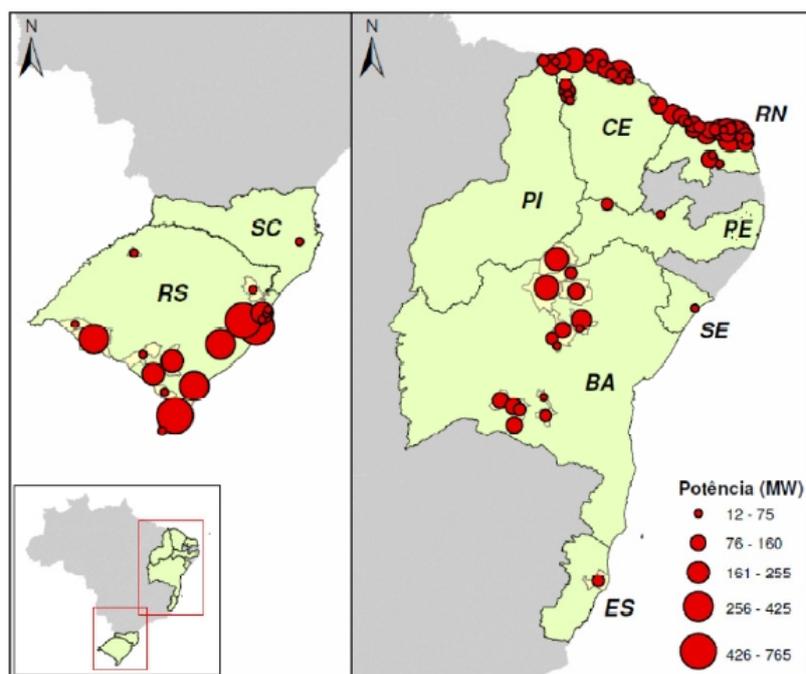


56%, saltando de 117 mil MW para 182 mil MW. Um dos destaques do novo ciclo de planejamento é o forte crescimento da fonte eólica, cuja capacidade instalada chegará, pelas projeções, a 16 mil MW ao final do horizonte, o que representaria cerca de 8,5% da matriz brasileira, frente aos 1,4 mil MW (1,2%) do ano de 2011. (EMPRESA DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 2012).

A instituição e estruturação dos Leilões de Energia tem contribuído significativamente para este crescimento, as tarifas em R\$/MWh de venda das fontes de energia eólica tem apresentado valores surpreendentemente baixos, atingindo a tarifa de R\$ 88/MWh no último Leilão de Energia A-3 realizado em dezembro de 2012.

A perspectiva de expansão de Geração Eólica no Brasil possui uma particularidade em função de sua distribuição espacial, a Figura 1 apresenta a localização dos empreendimentos eólicos habilitados na EPE desde 2009.

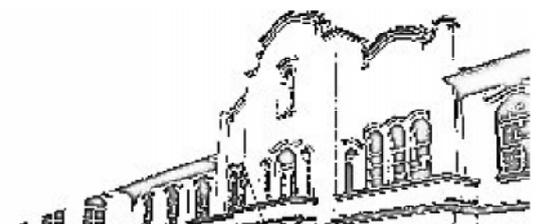
Figura 1 – Empreendimentos eólicos habilitados pela EPE desde 2009, agregados por município



Fonte: EMPRESA DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 2013.

.....

*Cadernos Acadêmicos, Palhoça, SC, v.5, n. 2, ago-dez 2013*



Dados atualizados do Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), apresentados na Tabela 1, representam a distribuição e a situação da implantação dos empreendimentos eólicos no país por região (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013b).

Tabela 1 – Empreendimentos Eólicos do Brasil

Região	EOL em Operação		EOL em Construção		EOL Outorgadas 1998 - 2013 (*)		TOTAL	
	Q	PI (MW)	tde	PI (MW)	Q	PI (MW)	tde	PI (MW)
	tde				tde			
N/CO	0	0		0	0	0		0
NE	60	1.317	72	1.797	170	4.662	302	7.776
S	30	699	14	334	29	632	73	1.665
SE	2	28	0	0	0	0	2	28
<b>TOTAL</b>	<b>92</b>	<b>2.044</b>	<b>86</b>	<b>2.131</b>	<b>199</b>	<b>5.294</b>	<b>377</b>	<b>9.469</b>

Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013a).

(\*) Não iniciaram sua construção

Porém acontecimentos recentes no mercado brasileiro acenderam um sinal vermelho na expansão da energia eólica no Brasil: atrasos no sistema de transmissão impediram 622 MW eólicos de gerar energia para o sistema elétrico brasileiro. Na avaliação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), estes atrasos são "a dor do sucesso" da fonte. Não bastassem estes atrasos, em 2013 outros 1,4 mil MW de geração eólica devem ficar prontos e impedidos de gerar energia ao sistema, agravando ainda mais essa situação. Isso porque os sistemas de transmissão responsáveis por escoar a energia de 50 usinas apresentam atraso na construção, que podem chegar a 17 meses. Esses projetos eólicos foram viabilizados em dois leilões realizados em 2010, o de energia reserva e o de fontes alternativas. Portanto, dos 2,1 GW de potência licitados, cerca de 70% correm o risco de não injetar energia no sistema ainda em 2013. Os parques estão localizados nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia (FREIRE, 2013).

.....

*Cadernos Acadêmicos, Palhoça, SC, v.5, n. 2, ago-dez 2013*



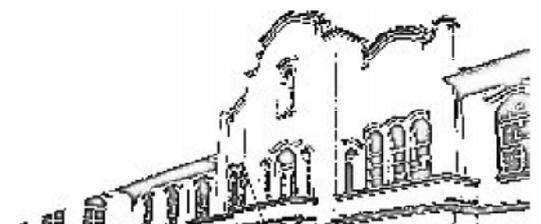
Este problema reflete a fragilidade regulatória do setor, as Centrais de Conexão Compartilhada (ICGs), que funcionam como estações coletoras, conectando os parques ao Sistema Interligado Nacional (SIN), foram criadas com o objetivo de agilizar e possibilitar o acesso à Rede Básica do SIN de centrais de geração a partir de fonte eólica, biomassa ou pequenas centrais hidrelétricas, visando assegurar as condições para expansão racional das instalações de transmissão, segundo Resolução Normativa N° 320/2008 da ANEEL. Dados aos entraves, porém, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) já fala em descartar o uso de ICGs para novas usinas, ou optar por privilegiar os empreendimentos que já possuem estrutura de transmissão (FREIRE, 2013). Desta forma é latente a necessidade de revisão nos aspectos regulatórios pelas entidades do setor.

Além disso, a integração à rede elétrica destas novas tecnologias, como é o caso da geração eólica, representa um grande desafio, visto que o requisito de operar os sistemas de transmissão de forma confiável e segura é cada vez mais exigido. Investigações mostram que para uma participação de até 20% de fonte eólica em um sistema, não deve haver dificuldade na integração e operação, desde que esta geração esteja uniformemente distribuída (HOLTTINEN, 2007).

Porém, a localização dos parques eólicos no Brasil, conforme apresentado anteriormente, concentrados em sua maioria nas extremidades do sistema em pontos considerados eletricamente fracos (com baixos valores de potência de curto circuito), implicam na necessidade de reforços na rede, para mitigar os indesejados efeitos da fonte eólica, entre eles: aspectos relacionados à qualidade de energia (Flicker, afundamento de tensão, componentes harmônicas), estabilidade de tensão e estabilidade transitória.

Ao mesmo tempo, a avaliação dos impactos da inserção de geração eólica no sistema elétrico sob os aspectos de regime permanente, dinâmico e qualidade de energia envolve aspectos específicos em função de cada tipo de aerogerador e das características de cada ponto de conexão. Desta forma, com a inserção de quantitativos expressivos de geração eólica no sistema, como os que começam a acontecer no país, estima-se que esta

.....



influência passe a produzir impactos no desempenho dinâmico global do SIN no que se refere às suas interligações (RAMOS, 2012). Estas questões, regulatórias e técnicas, representam grandes desafios para a integração da Geração Eólica produzida no Brasil.

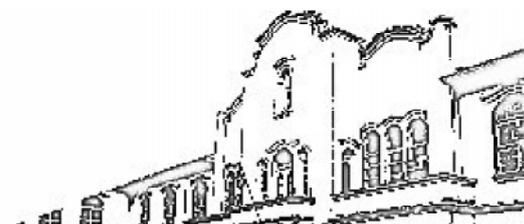
## ENERGIA EÓLICA

Os aerogeradores são os principais componentes de um sistema eólico. O aerogerador é um conversor de energia, sendo o equipamento responsável pela produção de energia elétrica a partir da energia cinética do vento. Os seus principais componentes são a turbina eólica e o gerador elétrico.

As principais concepções de aerogeradores em operação ou em instalação no sistema brasileiro são apresentados no quadro 1.

.....

*Cadernos Acadêmicos, Palhoça, SC, v.5, n. 2, ago-dez 2013*



Quadro 1 – Comparativo das configurações de conexão à rede dos geradores geralmente aplicados aos aerogeradores

Item	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
Gerador	Indução, rotor a gaiola	Indução, rotor bobinado com controle de resistência externa de rotor	Indução, duplamente alimentado (DFIG)	Síncrono com conversor pleno
Conversor Eletrônico	Soft-starter	Componentes passivos	Conversor de Frequência	Retificador e conversor de frequência
Transmissão Mecânica	Multiplicador de velocidades	Multiplicador de velocidades	Multiplicador de velocidades	Direta caso gerador multipolar
Controle de Potência Mecânica	Estol	Passo	Passo	Passo
Velocidade de Rotação	Constante	Variável com limitações	Variável	Variável
Principais grandezas elétricas controladas	Nenhuma	Nenhuma	Potência ativa e reativa	Potência ativa e reativa
Desvantagens	Consumo de reativos; Maior Flutuação na potência (Flicker)	Consumo de reativos; Maior Flutuação na potência (Flicker)	Harmônicos	Harmônicos

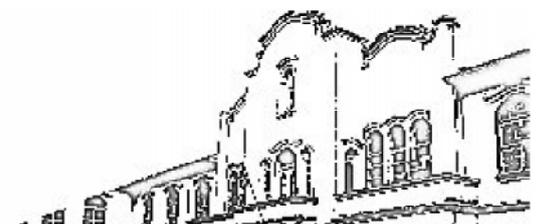
Fonte: HANSEN, 2012

Nos aerogeradores do tipo A e B, como em qualquer gerador de indução, o processo transitório de remagnetização deste tipo de aerogerador, após a eliminação de curtos-circuitos no sistema, demanda elevados montantes de potência reativa. Em sistemas fracos, com baixa potência de curto-circuito, esta solicitação de reativos pode comprometer o restabelecimento das tensões podendo até mesmo levar o sistema ao colapso (RAMOS, 2011).

Devido aos baixos valores de escorregamento, geradores assíncronos conectados diretamente à rede elétrica, operando com velocidade quase constante, geram flutuações mais significativas do que geradores síncronos em velocidade variável,

.....

*Cadernos Acadêmicos, Palhoça, SC, v.5, n. 2, ago-dez 2013*



conectados à rede via conversores de frequência. (CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA, 2013).

Os aerogeradores tipo C (DFIG) são capazes de controlar a potência ativa e reativa através do controle da excitação de campo realizado pelo conversor conectado ao rotor, assim não consomem potência reativa. Desta forma, estes aerogeradores apresentam recursos de controle capazes de garantir um desempenho satisfatório durante e pós-defeitos e atender com facilidade aos requisitos de suportabilidade a afundamentos momentâneos de tensão (RAMOS, 2011), denominado pelo ONS como “fault ride-through”.

Nos aerogeradores tipo D, a máquina síncrona física é isolada da rede através do conversor/inversor, reduzindo a influência do seu desempenho sobre o aerogerador conectado à rede. Os aerogeradores tipo D também são capazes de gerar/absorver potência reativa, além de dispor de grandes recursos de controle o que garante um desempenho adequado nas condições de defeitos da rede atendendo facilmente os requisitos “fault ride-through” (RAMOS, 2011). Porém os aerogeradores tipo C e D, por utilizarem de eletrônica de potência geram harmônicos na rede, implicando na possível utilização de filtros no sistema.

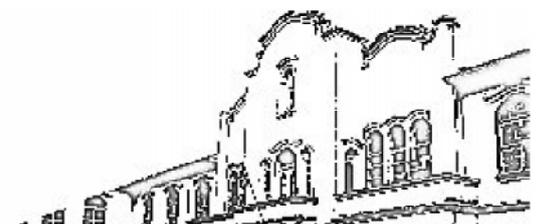
## CONEXÃO DA USINA EÓLICA

A conexão da usina eólica é um dos principais parâmetros em um projeto de um parque eólico. A depender da forma e do ponto de conexão ao sistema de transmissão, o projeto pode ser inviabilizado, já que a construção de subestações, grandes extensões de linha de transmissão ou ainda a eventual necessidade de grandes reforços na rede podem encarecer o projeto demasiadamente (CUSTÓDIO, 2009).

O diagrama apresentado na Figura mostra um sistema coletor típico de conexão de um parque eólico. Os aerogeradores (E) geram energia em tensões inferiores a 1 kV (LV), e através de um transformador elevador localizado na saída do aerogerador

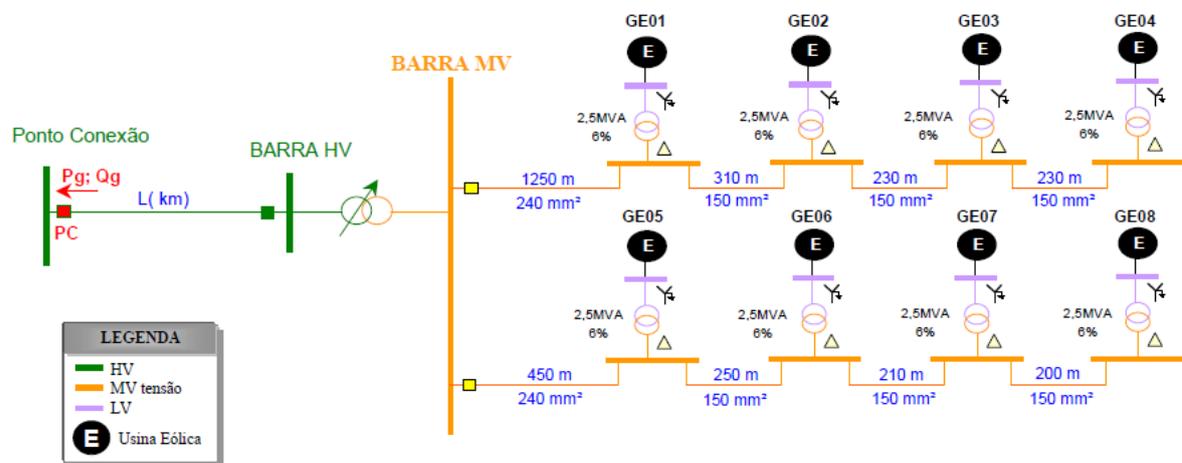
.....

*Cadernos Acadêmicos, Palhoça, SC, v.5, n. 2, ago-dez 2013*



elevam a tensão para média tensão (MV), em geral 34,5 kV, se conectando ao sistema coletor composto por um circuito subterrâneo ou aéreo interligando diversos aerogeradores. Posteriormente estes circuitos em MT são conectados a um barramento dedicado localizado numa subestação coletora, que através de um transformador eleva a tensão para a tensão de transmissão (alta tensão) e conexão ao sistema elétrico, usualmente 138 kV ou 230 kV (HV) quando este ponto for a fronteira com a Rede Básica.

Figura 2 – Sistemas coletores e de conexão típicos



Fonte: RAMOS, 2011

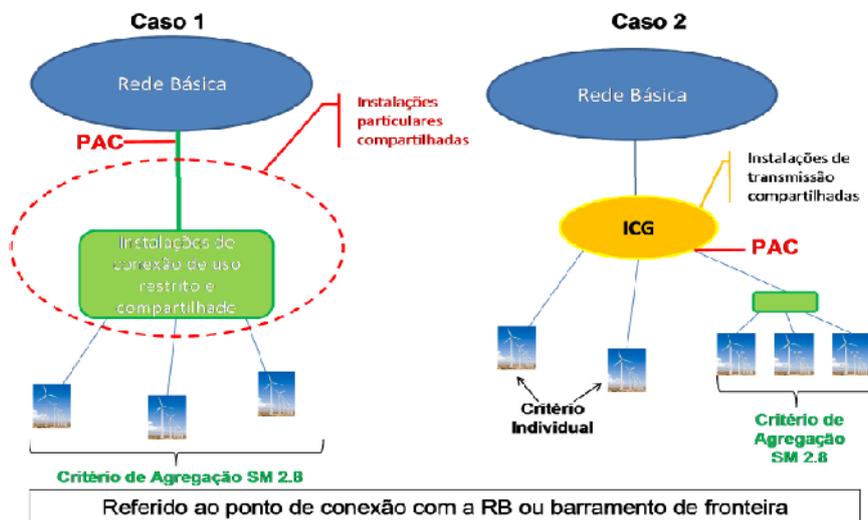
Desta forma existem basicamente duas configurações possíveis de conexão a Rede Básica no Brasil, ilustrados na Figura . No Caso 1 um conjunto de parques compartilha instalações particulares (subestação coletora) ou se conectam diretamente a rede básica, e no Caso 2 os parques eólicos se conectam a uma instalação de transmissão de Interesse Exclusivo de Centrais de Conexão Compartilhada (ICGs) que são instalações não integrantes da Rede Básica, destinadas ao acesso de centrais de geração em caráter compartilhado à Rede Básica.

.....



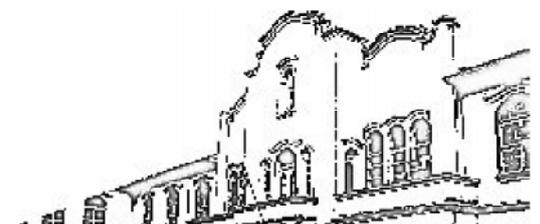
No caso em que centrais de geração eólica, tenham obtido junto a ANEEL autorização para compartilhamento de suas instalações de interesse restrito com outras centrais geradoras eólicas, estas centrais serão caracterizadas como uma única instalação individual no que diz respeito à avaliação do seu desempenho quanto à qualidade de energia, e deverão atender ao Critério de Agregação contido no Submódulo 2.8 dos procedimentos de rede.

Figura 3 – Tipos de conexão na rede básica frente ao critério de avaliação do seu desempenho quanto à qualidade de energia



Fonte: MEDEIROS, 2012.

O Ponto de Conexão e o Ponto de Acoplamento Comum (PAC) são instalações dedicadas ao atendimento de um ou mais usuários, com a finalidade de interligar seu sistema ao sistema da transmissora ou à Rede Básica. Sendo assim, são caracterizados pelos pontos de conexão do sistema de transmissão com os agentes geradores, distribuidores e consumidores livres.



## INTEGRAÇÃO DA GERAÇÃO EÓLICA: DESAFIOS DO BRASIL SOB ASPECTOS TÉCNICOS

Na teoria, nos sistemas elétricos de potência, a forma de onda da tensão e da corrente são uma senoide com magnitude constante e com frequência de 60 Hz (Brasil). Porém, na prática, em qualquer sistema elétrico, produção, transporte e o consumo de energia elétrica apresentam desvios no nível de tensão e na forma de onda. O tamanho destes desvios que determinam a qualidade da energia produzida, estando no Brasil os limites normatizados pelo ONS (CUSTÓDIO, 2009).

Para uma bem sucedida integração da energia eólica, agentes de geração, fabricantes de aerogeradores, agentes de regulação e operadores do sistema enfrentam desafios para mitigar os impactos na rede (LEÃO, 2009). Na conexão de aerogeradores ao sistema elétrico devem-se observar os efeitos da injeção dessa potência, alguns importantes fenômenos são o colapso de tensão e problemas na qualidade de tensão, perdas elétricas na rede, regulação de tensão e despacho de potência (CUSTÓDIO, 2009).

Estes problemas somente são preocupantes se o sistema elétrico da região de conexão da usina apresentar baixa potência de curto circuito, se comparado ao acréscimo de potência dos aerogeradores.

Para solucionar o problema de estabilidade de tensão podem ser adotadas algumas medidas como:

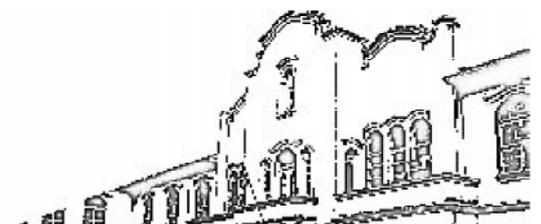
Reforço no sistema com instalação de linhas de transmissão e cabos;

Instalação de compensação reativa: compensadores síncronos, capacitores, e compensadores estáticos;

Conexão ao sistema usando corrente contínua.

A regulação de tensão depende da capacidade do sistema e a compensação reativa pode ser uma solução neste caso. A escolha da solução leva em consideração os

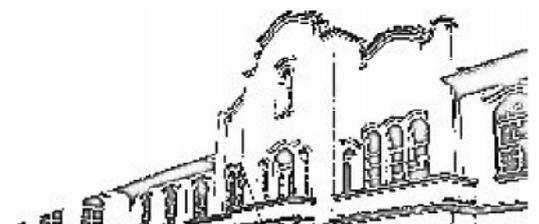
.....



custos da alternativa. A construção de novas linhas de transmissão, por exemplo, além de aumentarem o nível de curto circuito diminuem as perdas elétricas.

Já o despacho de potência é dificultado pela característica aleatória do vento, porém este problema só é crítico em níveis de penetração acima de 20% da capacidade de geração do sistema elétrico, apesar da expansão da fonte eólica no Brasil ela é considerada uma fonte complementar, o controle de frequência e a regulação de frequência são feitas pelas usinas convencionais, despachadas pelo ONS (CUSTÓDIO, 2009).

Em função dos efeitos da integração da energia eólica ao sistema elétrico, dos requisitos do ONS e das diferentes topologias de aerogeradores, o quadro 2 resume as principais consequências que devem nortear as ações do agente de geração (proprietário do parque eólico), e dos demais agentes do sistema como a ANEEL, ONS e EPE.



Quadro 2 – Consequências dos efeitos da integração de uma usina eólica ao sistema elétrico

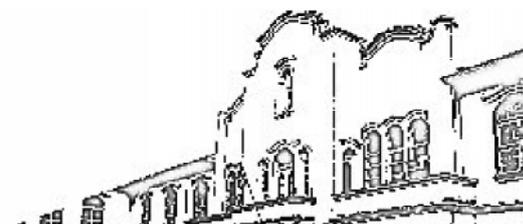
Efeito	Aerogerador				Consequência
	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	
Flutuações de Potência gerada	Pior	Pior	Melhor	Melhor	Carregamento do sistema. Conexão da usina em ponto forte
Harmônicos	Não	Não	Sim	Sim	Instalação de Filtros, se necessário.
Flicker	Maior incidência	Maior incidência	Menor incidência	Menor Incidência	Cintilação luminosa. Conexão da usina em ponto forte
Consumo de Energia Reativa	Sim	Sim	Não	Não	Podem levar ao colapso da rede. Eventual necessidade de compensação. Conexão da usina em ponto forte
Fator de potência no ponto de conexão 0,95 capacitivo e 0,95 indutivo	Pior	Pior	Melhor	Melhor	Se necessário instalação de compensação, através de Banco de Capacitores, Reatores, etc.
Suportabilidade a subtensões durante faltas	Pior	Pior	Melhor	Melhor	Desconexão dos aerogeradores

Fonte:Elaboração do autor

Analisando as particularidades do Brasil, a participação eólica na matriz energética prevista para 2015 é de cerca de 6,6% (EMPRESA DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 2013b), o que é relativamente pequeno. Por se tratarem de parques novos, a tecnologia empregada nos aerogeradores é moderna. Os ventos no Brasil são mais constantes, com poucas ocorrências de rajadas e existe uma complementaridade com a energia hidrelétrica.

.....

*Cadernos Acadêmicos, Palhoça, SC, v.5, n. 2, ago-dez 2013*



Desta forma, referente ao efeito flicker, ele não representa atualmente problema nas conexões de parques eólicos. Em geral o efeito é local, ou seja, não há propagação para outros barramentos do SIN (MEDEIROS, 2012).

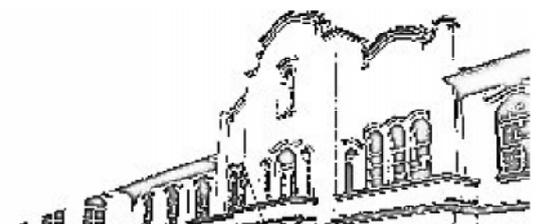
É de responsabilidade dos acessantes a mitigação de problemas relacionados com a penetração de harmônicos e com o fator de potência, que devem atender aos requisitos dos procedimentos de rede e prever equipamentos adicionais no seu projeto quando identificado nos estudos elétricos de conexão do parque eólico.

Alusivo ao comportamento dinâmico das unidades geradoras em situações de perturbações no sistema elétrico reflete a importância do dispositivo “Ride Through the Fault”, para evitar que os aerogeradores se desconectem do sistema na ocorrência de uma falta. Este é um requisito do procedimento de rede, e é uma concepção que depende basicamente do tipo de aerogerador utilizado no parque eólico e dos seus mecanismos de controle.

Portanto, avaliando os aspectos levantados, o grande desafio sob ponto de vista técnico para a integração da geração eólica no Brasil é a localização geográfica dos parques eólicos, pois em sua grande maioria eles estão localizados em pontos onde a rede elétrica é fraca, com baixa potência de curto circuito, o que implica na necessidade de implantação de reforços na rede (CHIPP, 2011).

No caso específico do Brasil, os órgãos de planejamento e operação do sistema elétrico (EPE e ONS) adotaram à época do PROINFA, quando não se conhecia muito dos aerogeradores, que a potência da usina eólica não ultrapassasse a 8% da potência de curto circuito à rede, o que equivalia a uma  $r_{cc}$  limite de 12,5 (CUSTÓDIO, 2009). Apesar deste valor ainda não estar oficializado em nenhum documento de critérios de expansão do sistema, a EPE vem adotando atualmente valores bem menos conservadores em seus estudos,  $r_{cc}$  de 2,5, ou seja, 40% da potência de curto circuito.

Atualmente, há um portfólio de projetos eólicos habilitados tecnicamente pela EPE de cerca de 600 empreendimentos, cuja potência total é superior a 16 GW.



Destes 450 projetos são localizados na região nordeste (cerca de 12 GW) e 150 na região sul (cerca de 4,3 GW), isto indica que a expansão no país tem espaço e continuará acontecendo nestas regiões. É possível observar que os projetos eólicos brasileiros estão localizados em locais onde a rede elétrica é fraca, com baixa potência de curto circuito (por ser pouco malhada e estar nas extremidades do sistema), ou em locais onde até mesmo a rede é inexistente.

Por fim, atualmente muitas das usinas eólicas em operação no sistema são de porte tal que seu impacto sobre o sistema se limita à área do sistema em que ele se conecta. Com a instalação de usinas de grande porte e em quantitativos expressivos, como previstos a partir de 2014, estima-se que esta influência passe a produzir impactos no desempenho dinâmico global do SIN no que se refere às suas interligações (RAMOS, 2011).

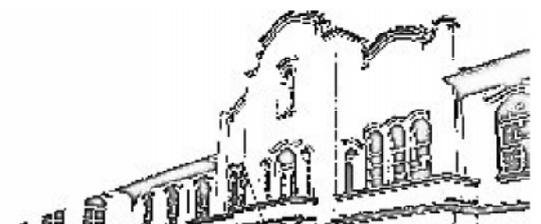
Questões como estas representam certamente grandes desafios técnicos para o futuro próximo do Brasil, que terá de investir no reforço do sistema de transmissão, principalmente na construção de novas linhas ou recapacitação de existentes, além da inclusão de equipamentos para compensação de reativos e/ou aumento da potência de curto-circuito, como compensadores síncronos, estáticos, reatores e capacitores

## **INTEGRAÇÃO DA GERAÇÃO EÓLICA: DESAFIOS DO BRASIL SOB ASPECTOS REGULATÓRIOS**

O debate referente ao problema regulatório para conexão da geração eólica no Brasil se intensificou depois dos atrasos no sistema de transmissão dos parques no nordeste constatados no último ano, segundo a ANEEL o atraso na entrada em operação de linhas de transmissão destinadas a escoar energia de 28 parques eólicos que estão prontos no Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia, com potência instalada de 622 MW, tem gerado prejuízo mensal de R\$ 33 milhões. (JORNAL DA ENERGIA, 2013) O desafio da

.....

*Cadernos Acadêmicos, Palhoça, SC, v.5, n. 2, ago-dez 2013*



integração da energia eólica ao sistema de transmissão Brasileiro, sob o ponto de vista regulatório, é composto hoje basicamente por três temas (CHIPP, 2011), relatados a seguir.

### **Os Leilões de Energia e as Instalações de Transmissão de Interesse Exclusivo de Centros de Geração para Conexão Compartilhada (ICGs);**

Houve um descompasso entre os cronogramas de transmissão e de geração, referente as ICGs que atenderiam os parques eólicos do nordeste, e mais atrasos deverão se confirmar referente ao sistema de transmissão de outros parques eólicos, que não necessariamente foram classificados como ICGs.

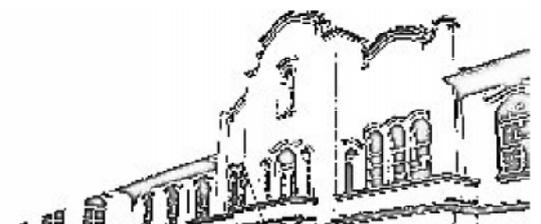
Estes atrasos tiveram ampla repercussão em todos os veículos da imprensa e do setor elétrico, e o problema tende a se agravar, pois ainda existem discrepâncias entre os cronogramas de conclusão de novas usinas e suas respectivas ICGs.

Estes fatos foram resultado de uma visão segmentada no processo de planejamento da expansão e que repercutirão de forma negativa na operação do SIN, seja nos aspectos econômicos, seja naquelas relacionados à segurança, confiabilidade e ao meio ambiente (DESTER, 2013). Desta forma ficou latente para o governo e para o setor elétrico brasileiro o necessário aprimoramento do processo de tratamento das ICGs.

### **Dificuldade de compatibilização entre os cronogramas de transmissão e geração para os leilões A-3 e LER;**

A compreensão deste problema esta relacionada basicamente com o período de tempo entre a data do leilão de geração e data da entrega da energia, que é insuficiente para a adequação do sistema de transmissão. Lembrando que estes leilões A-3 e de energia de reserva tipicamente tem três anos de prazo para que as usinas entrem em

.....



operação comercial, e ultimamente ocorrendo inclusive com prazos inferiores a três anos, o que tem sido um agravante.

Em CHIPP (2011) o ONS apresenta os principais marcos, e seus respectivos prazos médios, associados à implantação de instalações de geração e transmissão, referente aos leilões A-3 e de energia de reserva.

Sendo assim, com base nos prazos teremos apenas 20 e 24 meses, respectivamente, para implantação das ampliações e reforços necessários para que o sistema de transmissão esteja pronto juntamente com o início da operação comercial dos parques (D + 3 anos). Levando em conta os prazos médios atuais de licenciamento ambiental (17 meses para obtenção da Licença de Instalação que autoriza a mobilização para início das obras) dificilmente estes prazos serão atingidos.

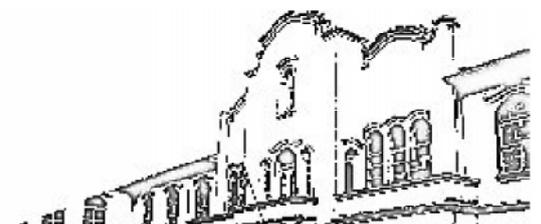
#### **Diferença entre o sistema de transmissão antes e depois do leilão de geração:**

Cabe à EPE, em um primeiro momento, especificar apenas os reforços referenciais de Rede Básica para a viabilização dos montantes cadastrados no leilão de geração, que estarão condicionados aos resultados do referido certame.

Estas informações servem de subsídio à ANEEL para o cálculo das tarifas de transmissão de cada empreendimento habilitado pela EPE para participar do leilão. Estes valores são então publicados concomitantemente com o edital do leilão de compra de energia, e subsidiam o lance dos empreendedores de geração no certame.

Sendo assim os acessantes não têm como prever antecipadamente a sua configuração de conexão, uma vez que a chamada pública é realizada após o leilão. Esta incerteza que influencia no preço da energia a ser ofertada, e acarreta em riscos ao empreendedor, pois a rede de transmissão de uso exclusivo precisa ser dimensionada, e é

.....



normal ocorrerem após a chamada pública a alteração da localização geográfica da ICG, configurações das subestações e até mesmo alteração na tensão de conexão.

## CONCLUSÃO

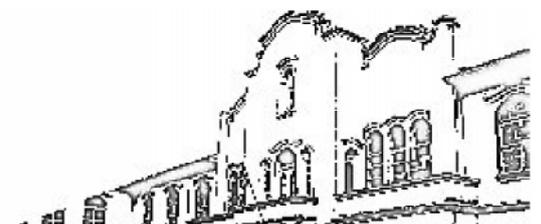
O país busca uma matriz energética cada vez mais limpa, a defesa pelas fontes alternativas não prevê exatamente uma competição com as hidrelétricas, mas um complemento à matriz energética do país. O objetivo é que os períodos de baixa nos reservatórios das hidrelétricas sejam compensados com a safra da cana na região Sudeste e os ventos fortes do Nordeste e do Sul.

Estes fatores necessitam de um setor organizado e bem regulamentado, o novo modelo do setor elétrico, trouxe a segurança necessária para a expansão e desenvolvimento das energias renováveis no Brasil.

O Brasil tem enfrentado diversos desafios na integração da geração eólica, em função, principalmente, da juventude fonte no país, as experiências do setor começam a crescer somente com o PROINFA que é datado de 2004, ou seja, a menos de 10 anos. Podemos caracterizar este período como de maturação e aprendizado, muitos ainda são os desafios que devem ser enfrentados conjuntamente por todos os agentes do Setor Elétrico Brasileiro.

Neste trabalho foram abordados alguns dos principais desafios do Brasil na integração da geração eólica, sejam sobre aspectos técnicos, onde se constatou que os parques eólicos estão sendo instalados em pontos onde a rede elétrica é fraca e desta forma mais sujeita as intermitências do vento, e, sob aspectos regulatórios, onde foram abordados os problemas ocorridos com as ICGs, o descasamento dos cronogramas de transmissão e geração que fazem com que parques eólicos no Nordeste com 622 MW de potência instalada não injetem esta potência na rede, além das diferenças entre os sistemas de transmissão antes e depois dos leilões de geração.

.....



Adicionalmente, entre os novos desafios do país podemos citar a avaliação dos impactos decorrentes das intermitências relacionadas à operação em regime normal de grandes montantes de geração eólica regionalizada, principalmente em função dos parques estarem localizados em pontos onde a rede é fraca. Outro fator são que as novas usinas hidráulicas são a fio d'água, portanto os reservatórios das usinas hidráulicas existentes podem ser preservados com backup das usinas eólicas de característica intermitente. Devido às características sazonais e de intermitência, o governo deveria avaliar oportunidade de leilões por fonte e, em casos especiais, por região.

Em 2013, aparentemente os ventos do governo não sopram na direção da energia eólica, em nome da garantia de abastecimento de eletricidade, o governo federal decidiu, por ora, abrir mão da expansão da matriz energética com base apenas em fontes limpas. A crise dos reservatórios no início do ano evidenciou a necessidade de ampliar a participação das térmicas na matriz. Sem gás natural barato disponível, a solução foi recorrer ao carvão, uma das mais poluentes fontes de geração. Esse movimento diminuirá o espaço para as eólicas, que há quatro anos vêm dominando os leilões do setor.

Recentemente, a EPE excluiu o setor eólico do leilão para contratação de energia A-5, e, em função dos problemas recentes com os atrasos do sistema de transmissão, restringiu a participação nos leilões A-3 e de reserva a apenas projetos com garantia de interligação à malha de transmissão. Este movimento assustou o mercado eólico do país, que expandiu 75% no ano de 2012, além da vinda de diversos fabricantes para instalar fábricas no país.

Por outro lado, a EPE finalizou o processo de cadastramento de novas unidades de geração de energia eólica para o Leilão de Reserva de 2013, que o Governo Federal promoverá no dia 23 de agosto. Foram inscritos 655 projetos de parques eólicos, somando capacidade instalada de 16.040 MW. O presidente da EPE, Mauricio Tolmasquim, considerou o processo um sucesso, pois os números de projetos

.....



interessados em participar do certame e a capacidade instalada somada é recorde no país e no mundo em concorrências envolvendo a fonte eólica.

Adicionalmente a EPE encaminhou recentemente ao MME os estudos de expansão da Rede Básica de transmissão que permitirão a contratação de parques eólicos nos próximos leilões de comercialização de energia elétrica. Os estados que receberão as obras de reforço são o Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia e Rio Grande do Sul.

Elaborados com base no cadastro de projetos eólicos que participaram dos antigos leilões, esses estudos de expansão contemplam cerca de R\$ 2,5 bilhões em novos investimentos. Está prevista, nos quatro estados, a construção de 1.765 quilômetros de linhas de transmissão em 500 kV, além de quatro novas subestações. Essa expansão na malha permitirá viabilizar a contratação de aproximadamente 6.000 MW de parques eólicos.

A expectativa é que estes empreendimentos sejam licitados ainda este ano, com prazo de entrada em operação a partir de 2016. Desta forma o governo esta tentando se antecipar na etapa do leilão de transmissão, para evitar os insucessos recentes.

O setor elétrico vem se adequando constantemente, e o governo promete um pacote de novidades até 2015. Existe uma grande expectativa de que o Brasil cresça e se torne um dos maiores players globais da energia eólica. Em um país com potencial estimado de 300 GW e de dimensões continentais como o Brasil, algo pode ser afirmado: só depende dele.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em 20 jun. 2013a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Banco de Informações de Geração.** Disponível em :

.....

*Cadernos Acadêmicos, Palhoça, SC, v.5, n. 2, ago-dez 2013*



<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 15 Abr. 2013b.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. **Energia eólica - princípios e aplicações**. Disponível em:

<[http://paje.fe.usp.br/~mef-pietro/mef2/app.upload/7/\\_mefmi\\_003-05.pdf](http://paje.fe.usp.br/~mef-pietro/mef2/app.upload/7/_mefmi_003-05.pdf)>. Acesso em: 10 jun.2013.

CHIPP, H. Energia eólica e a operação do sistema elétrico - experiências do Brasil e Portugal no setor elétrico. Rio de Janeiro: ONS, 2011.

CHIPP, H. Perspectivas e oportunidades da energia solar e eólica - 13º Encontro internacional de energia. São Paulo: ONS, 2012.

CUSTÓDIO, R. S. **Energia eólica para produção de energia elétrica**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2007.

DESTER, M. **Uma alternativa para a questão das ICGs**. Disponível em: <[http://www.jornaldaenergia.com.br/artigo\\_ler.php?id\\_artigo=74](http://www.jornaldaenergia.com.br/artigo_ler.php?id_artigo=74)>. Acesso em: 16 jun. 2013,

EMPRESA DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. **Expansão da rede de transmissão permitirá contratar 6.000 MW de eólicas**. Disponível em: < <http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 16 jun. 2013.

EMPRESA DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. Análise de integração das usinas cadastradas no leilão de compra de energia elétrica proveniente de novos empreendimentos de geração - “A-5” 2012. Brasília: EPE-DEE-RE-072-rev0,2012.

EMPRESA DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. Disponível em: < [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)>. Acesso em: 7 jun. 2013a.

EMPRESA DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. **Plano decenal de energia: PDE 2021**. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética / Ministério de Minas e Energia, 2013b.

FREIRE, W. Situação de eólicas sem transmissão deve se agravar em 2013. São Paulo: 2013.

.....

*Cadernos Acadêmicos, Palhoça, SC, v.5, n. 2, ago-dez 2013*



HANSEN, A. D. **Generators and power electronics for wind turbines**. In: T. ACKERMANN, *Wind Power in Power Systems*, Second Edition. John Wiley & Sons, 2012.

HOLTTINEN, H. L. *Design and operation of power systems with large amounts of wind power*. Finlândia: VTT, 2007.

JORNAL DA ENERGIA. **Atraso de ICGs geram prejuízo de R\$ 33 milhões mensais ao consumidor**. Disponível em : <[www.jornaldaenergia.com.br/ler\\_noticia.php?\\_noticia13793&id...](http://www.jornaldaenergia.com.br/ler_noticia.php?_noticia13793&id...)> Acesso em: 23 jun.2013.

LEÃO, R. P. *Comprehensive Overview on Wind Power Integration to the Power Grid*. **Revista IEEE América Latina**, São Paulo, 2009.

MEDEIROS, J. R. **Indicadores de Qualidade do SIN**. Rio de Janeiro: ONS, 2012.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA. Disponível em: < [www.ons.org.br](http://www.ons.org.br)>. Acesso em: 7 jun. 2013.

RAMOS, A. et al. Impacto da geração distribuída eólica nos sistemas de distribuição e transmissão. **Revista O SETOR ELETRICO**, ed 75, pg 50 – 59, abr.2012. Disponível em: <[www.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br)>. Acesso em: 15 abr.2013.

