



**XXII SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GPL/16
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO – VII

GRUPO DE ESTUDO DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GPL

**INTEGRAÇÃO DO POTENCIAL EÓLICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
UM ESTUDO PROSPECTIVO.**

Marcos Vinicius Farinha(*)
EPE

Thiago Martins
EPE

Thiago Masseran
EPE

Jurema Ludwig
EPE

RESUMO

O estado do Rio Grande do Sul é um dos estados brasileiros que apresenta grande vocação para o aproveitamento de potencial eólico. De acordo com dados da Secretaria do Desenvolvimento e Promoção do Investimento do Estado do Rio Grande do Sul – SDPI (1), o potencial desse estado pode ser estimado em cerca de 15GW, quando considerados ventos maiores ou iguais a 7m/s medidos a uma altura de 50m, e pode ultrapassar os 100GW se for considerada uma altura de 100m para essas mesmas condições de ventos.

O potencial eólico do Rio Grande do Sul encontra-se distribuído em diversas regiões do estado, com destaque para as regiões do Escudo Rio Grandense, da Coxilha de Santana e da região litorânea, que abrange o Litoral Sul e toda a costa ao longo da Lagoa dos Patos.

Cabe destacar que esse potencial tem sido explorado de forma mais acentuada nas regiões da Coxilha de Santana, da Lagoa dos Patos e do Litoral Sul, pois estes pontos apresentam as melhores condições de acesso ao sistema de transmissão. No entanto, devido ao grande potencial existente, o sistema que atende a essas regiões tende a se esgotar rapidamente.

O presente artigo mostra os resultados do estudo prospectivo de expansão do sistema de transmissão do estado do RS para a integração do potencial eólico com visão de longo prazo tendo como base as informações dos cadastramentos para os leilões de energia já realizados.

PALAVRAS-CHAVE

Planejamento do Sistema de Transmissão de Energia Elétrica, Potencial Eólico, Leilões de Energia.

1.0 - INTRODUÇÃO

A energia eólica é uma fonte de energia renovável, ambientalmente limpa e apresenta fatores importantes que justificam a expansão dessa fonte geradora no país:

- o potencial eólico de grandes proporções;
- a distribuição geográfica dessa fonte;
- a complementariedade com a geração hidráulica em determinadas regiões;
- o desenvolvimento tecnológico.

(*) Avenida Rio Branco, n° 001 – sala 1101 – CEP 20090-003 Rio de Janeiro, RJ, – Brasil
Tel: (+55 21) 3512-3341 – Email: marcos.farinha@epe.gov.br

A Empresa de Pesquisa Energética - EPE, por recomendação do Ministério de Minas e Energia – MME, vem diversificando a matriz energética brasileira com a contratação de energia de fonte eólica no curto e médio prazos. A primeira contratação se deu no âmbito do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) e teve sua continuidade nos leilões de energia a partir do ano de 2009.

O potencial eólico brasileiro tem destaque na faixa costeira da região Nordeste, que é favorecida por ventos com velocidades praticamente constantes durante todo o ano, especialmente nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí. Apenas o estado da Bahia, graças às características de relevo favoráveis, apresenta um grande potencial explorável em regiões mais distantes da costa.

A região sul do Brasil também se destaca pelo expressivo potencial eólico concentrado na região litorânea do Rio Grande do Sul e nas regiões Oeste e Sudoeste do Paraná.

A distribuição desses potenciais ao longo do território nacional é apresentada na Figura 1 a seguir onde também está destacado o potencial de cerca de 140GW estimado no Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (2).

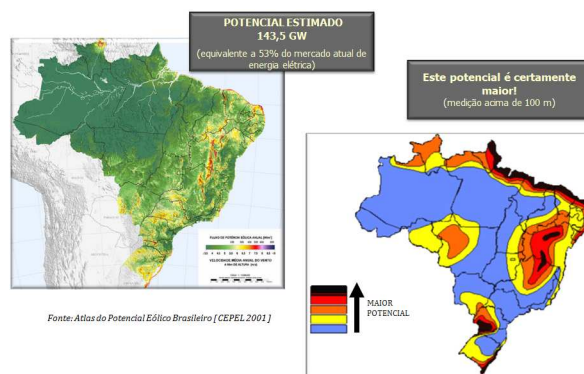


Figura 1 Mapa do potencial eólico brasileiro.

É importante notar que diversos estados, dentre eles o Rio Grande do Sul, têm procurado realizar um novo mapeamento de seus territórios, atualizando as informações existentes sobre o potencial eólico considerando o progresso das tecnologias utilizadas nos aerogeradores que, dentre outras inovações, agora situam as turbinas em estruturas acima de 100m de altura.

De acordo com os dados da Secretaria do Desenvolvimento e Promoção do Investimento do Estado do Rio Grande do Sul, se forem consideradas velocidades de ventos maiores ou iguais a 7m/s e um fator médio de capacidade superior a 41%, é possível obter as seguintes estimativas para o potencial eólico do estado:

- 15,8 GW para aerogeradores situados a 50m de altura;
- 54,4 GW para aerogeradores situados a 75m de altura;
- 115,2 GW para aerogeradores situados a 100m de altura.

Esse potencial está distribuído em diferentes regiões do estado conforme apresentado no mapa da Figura 2. Cumpre notar, no entanto, que apesar de todo o potencial existente no estado, as regiões da Coxilha de Santana, Lagoa dos Patos, Litoral Sul e Escudo Rio-Grandense têm concentrado a grande maioria dos empreendimentos eólicos cadastrados nos leilões de energia promovidos pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE.

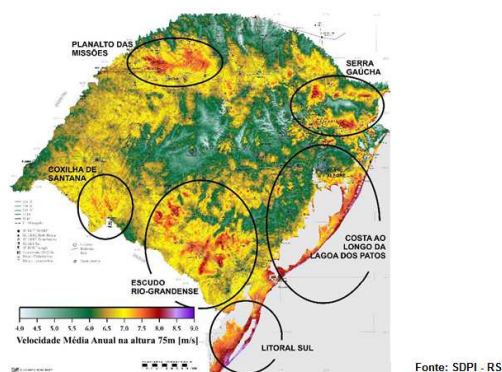


Figura 2 Mapa eólico do estado do Rio Grande do Sul.

Nos leilões de energia realizados desde 2009, foram contratados 49 empreendimentos eólicos, totalizando 1116MW de potência contratada no estado do Rio Grande do Sul (vide Tabela 1). Adicionalmente a esse montante, já haviam sido contratadas na modalidade PROINFA outras cinco usinas em um total de 230MW.

Tabela 1 Usinas Contratadas e Habilitadas no estado do Rio Grande do Sul - Leilões de Energia 2009/2012

UF	Município	Potencial Comercializado	Potencial Habilitado	Nº Parques Habilitados	Total Previsto
RS	Santana do Livramento	180	1327	55	1507
	Quaraí	0	50	2	50
	Palmares do Sul	212	759	29	971
	Rio Grande	146	730	30	877
	Osório	150	465	16	615
	Arambaré	0	487	17	487
	Viamão	26	439	16	464
	Tapes	0	440	16	440
	Xangri-lá	0	28	1	28
	Santa Vitória do Palmar	258	1898	88	2156
	Chuí	144	232	10	376
	Giruá	0	20	1	20
	Pinheiro Machado	0	304	11	304
	Pedras Altas	0	281	11	281
	Bagé	0	74	3	74
	Jaguarão	0	50	1	50
	Sao Jose dos Ausentes	0	180	6	180
	Sao Francisco de Paula	0	120	4	120
Total RS		1116	7882	317	8998

2.0 - OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é identificar, ainda que de forma prospectiva, a expansão do sistema de transmissão do estado do Rio Grande do Sul para a integração do potencial eólico com visão de longo prazo, tendo como base as informações dos cadastramentos já realizados nos leilões de energia.

Além disso, o estudo realizado objetivou identificar reforços, sob a ótica do menor custo, de modo que o sistema possa operar em harmonia e segurança atendendo aos critérios de planejamento.

3.0 - CRITÉRIOS E PREMISSAS

3.1 Critérios Gerais

O presente estudo foi elaborado em conformidade com os critérios usuais de planejamento consolidados nos documentos de referência (3), que definem que as alternativas devem atender ao critério N-1, além de recomendar que a comparação econômica seja realizada com o Método dos Rendimentos Necessários, também conhecido como Método do Valor Presente dos Custos Anuais Equivalentes.

3.2 Base de Dados

Para a elaboração do estudo, foram adotados os casos do Plano Decenal da Transmissão (PD) da EPE, ciclo 2021, com os ajustes e alterações de topologia que caracterizam os planos de obras referentes a cada uma das alternativas analisadas. Os anos analisados foram: 2015, 2018, 2021 e 2023.

3.3 Cenários de Geração

O plano de geração utilizado no estudo corresponde ao disponibilizado pela área de estudos energéticos da EPE para o PD 2021 com a inclusão das usinas eólicas das regiões analisadas.

Foram considerados dois despachos distintos para as usinas térmicas da região:

- Cenário Térmico 1: despacho nulo para as UTEs a gás e despacho mínimo nas UTEs a carvão, com exceção da UTE P. Médici, onde foi considerada apenas uma máquina (P. Médici A) em operação.
- Cenário Térmico 2: despacho máximo nas usinas térmicas.

Tabela 2 Despacho das Usinas Térmicas Existentes e Previstas

USINA	Potência Instalada (MW)	Despacho Máximo (MW)	Despacho Mínimo (MW)	STATUS
Presidente Médici A	100	100	25	operação
Presidente Médici B	320	320	0	operação
Canoas (GÁS)	160	160	0	operação
Charqueadas	72	30	26	operação
Alegrete (Óleo)	66	0	0	operação
Candiota 3	350	315	215	operação
CTSUL	650	585	97	prevista
MPX	300	270	0	prevista
Rio Grande (Gás)	1050	1050	0	prevista

Com o intuito de subsidiar a decisão da escolha dos cenários de geração eólica representados nas avaliações de regime permanente, foram avaliadas as curvas de produção diária das usinas existentes na região da Lagoa dos Patos. A Figura 3 apresenta algumas das curvas de produção diária de três diferentes parques (EOL Lagoa do Quintão – 50MW, EOL Cidreira I – 70MW e EOL Lagoa dos Barros – 150MW), com medições realizadas em intervalos de dez minutos, para três dias consecutivos. Conforme pode ser observado, apesar de apresentar um valor médio de geração da ordem de 30% da capacidade instalada em cada um dos parques, há determinados períodos de tempo que estes parques apresentam geração nula e outros nos quais sua geração está maximizada. Em função dessa variabilidade, foram definidas as seguintes condições de despacho para as usinas eólicas desse estudo:

- Cenário Eólico1: despacho nulo das usinas eólicas.
- Cenário Eólico2: despachos máximos das usinas e fator de potência unitário.

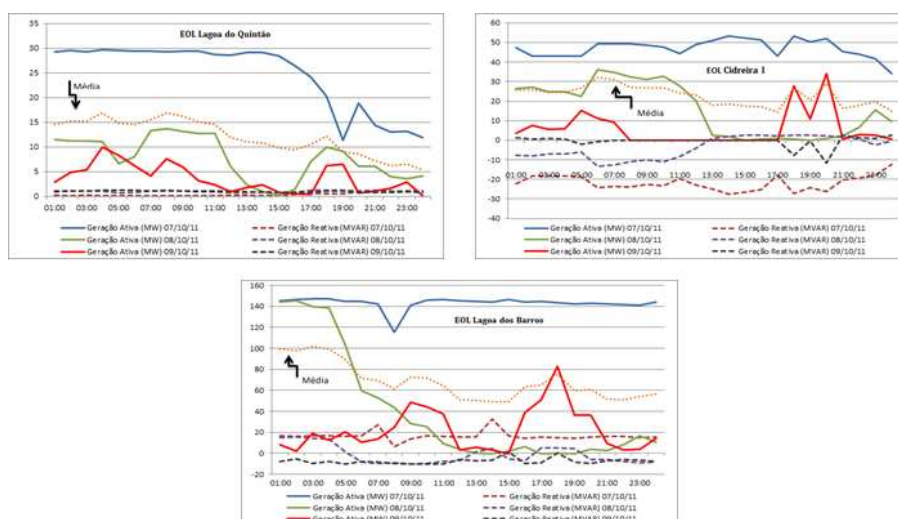


Figura 3 Curvas diárias de produção eólica dos empreendimentos na região da Lagoa dos Patos.

3.4 Intercâmbio

Para o estabelecimento das condições de intercâmbio do estudo, foram consideradas as situações mais críticas para o sistema de transmissão da região sul. Foram avaliadas as seguintes condições de intercâmbio:

- Norte Exportador – Nexpe: considera o período de alta hidraulicidade nas bacias da região Norte, quando a região Sul é importadora da região Sudeste/Centro-Oeste, e esta importadora da região Norte e exportadora para a região Nordeste. Nesse caso, foi considerado o despacho de 45 % da capacidade nas Usinas Hidrelétricas (UHEs) e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) da região Sul, com a complementação realizada pelas Usinas Térmicas (UTES).
- Norte Importador – Nimp: considera o período de baixa hidraulicidade nas usinas da região Norte, quando a região Sul é exportadora para a região Sudeste/Centro-Oeste, e esta exportadora para as regiões Norte e Nordeste. Nesse caso, foi considerado o despacho de 95 % da capacidade nas UHEs e PCHs da região Sul do país, com a complementação realizada pelas UTES.

3.5 Cenários Avaliados

Os cenários avaliados no estudo foram estabelecidos a partir de uma combinação entre os patamares de carga, os despachos das usinas e as condições de intercâmbio. A Tabela 3 a seguir indica os cenários analisados e a nomenclatura adotada.

Tabela 3 Cenários avaliados.

Intercâmbio x Patamar de Carga	Despacho de Geração					
	1º Cenário		2º Cenário		3º Cenário	
	UTE/EOL		UTE/EOL		UTE/EOL	
Nexp-Média	mínimo contratual	0%	mínimo contratual	100%	100%	100%
Nimp-Leve	mínimo contratual	0%	mínimo contratual	100%	100%	100%

3.6 Evolução Prospectiva

Com base no potencial eólico habilitado e nos resultados dos leilões anteriores, foi definida uma previsão dos montantes eólicos a serem integrados nas diversas regiões do estado do RS para cada um dos anos de análise. O escalonamento desse montante é apresentado na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 Evolução Prospectiva.

Região	Potencial Explorado (MW)	Previsão 2015 (MW)	Previsão 2018 (MW)	Previsão 2021 (MW)	Previsão 2023 (MW)
Coxilha de Santana	180	455	823	1190	1557
Lagoa dos Patos	534	1203	2096	2988	3881
Litoral Sul	402	828	1396	1964	2532
Planalto das Missões	0	4	9	15	20
Escudo Rio-Grandense	0	142	330	519	708
Serra Gaúcha	0	60	140	220	300
Total RS	1116	2692	4794	6896	8998

4.0 - DESENVOLVIMENTO DAS ANÁLISES

As análises realizadas para propiciar a integração dos montantes eólicos considerados foram divididas em duas partes, levando-se em consideração a influência do despacho eólico na rede de transmissão do estado do Rio Grande do Sul. Conforme apresentado na Figura 4, as usinas eólicas das regiões do Planalto das Missões e da Coxilha de Santana, que impactam diretamente o sistema elétrico da região oeste do RS, foram responsáveis pela definição de um conjunto específico de alternativas que não têm impacto significativo no desempenho das demais regiões do estado.

No caso das regiões do Litoral Sul, do Escudo Rio-Grandense, da Lagoa dos Patos e da Serra Gaúcha, que concentram cerca de 80% de todo o potencial considerado (aproximadamente 7000MW), é indispensável a indicação de reforços no nível de tensão de 525kV, o que de certo modo restringe o conjunto de opções de reforços no sistema, uma vez que a rede existente é predominantemente no nível de tensão de 230kV e as subestações em 525kV existentes já se encontram próximas às usinas eólicas.

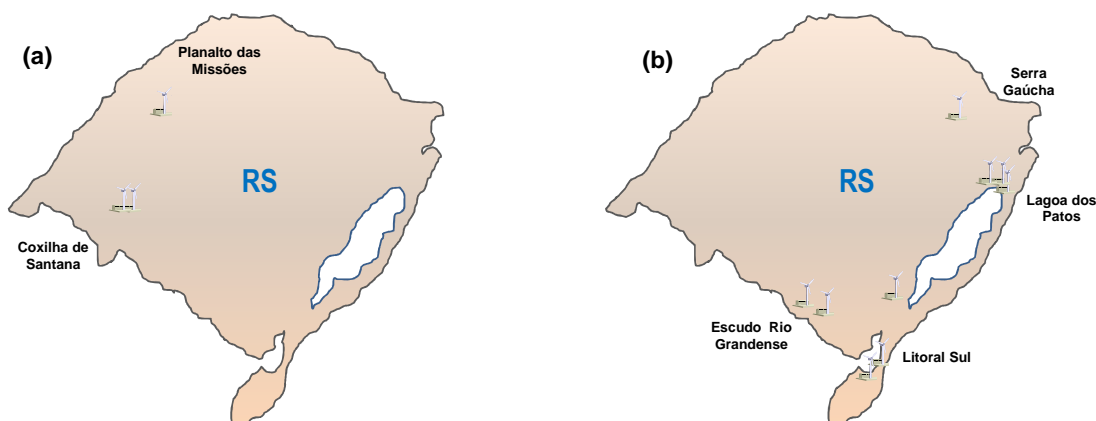


Figura 4 Localização das usinas com influência na definição de alternativas para expansão dos sistemas de transmissão das regiões Oeste (a) e litorânea (b).

4.1 Alternativas de Expansão para a Região Oeste do RS

Para permitir a integração do potencial eólico existente na região oeste do RS, foram propostas três alternativas de expansão da rede, sendo uma exclusivamente no nível de tensão de 230kV (Alternativa 3) e duas considerando a implantação de uma nova subestação de 525kV com reforços em 230kV (Alternativas 1 e 2). A Figura 5 apresenta a configuração final proposta para cada uma das alternativas de expansão do sistema de transmissão da região oeste do RS.

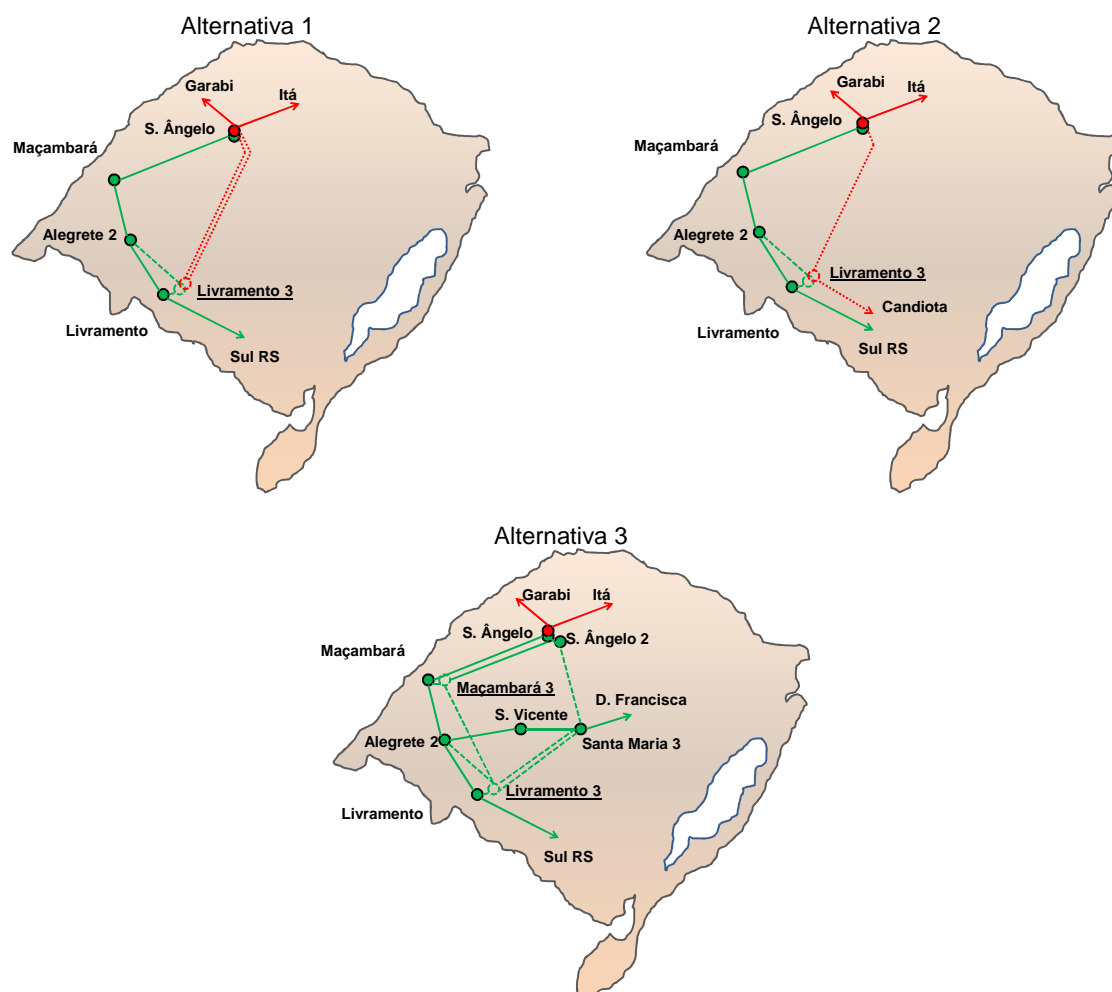


Figura 5 Alternativas de expansão da região Oeste do RS.

A avaliação econômica final dessas alternativas mostrada na Tabela 5, que compara os custos totais das alternativas tendo 2015 como ano de referência das análises, aponta a Alternativa 3 como a configuração de mínimo custo global para a expansão do sistema de transmissão da região oeste do RS. Essa alternativa mostrou-se cerca de 30% mais atrativa do ponto de vista econômico quando comparada com as expansões em 525kV. O conjunto de obras proposto nessa alternativa envolve, além das linhas de transmissão descritas na Tabela 6, a implantação de duas novas subestações de rede básica: a SE Livramento 3 e SE Maçambará 3.

Tabela 5 Resultado da Análise Econômica das Alternativas do Oeste do RS.

Rendimentos Necessários - Custos Totais (Investimentos + Perdas)			
Descrição	Custos (R\$ x 1000)	(%)	Ordem
Alternativa 1	276.959,22	135,4%	2º
Alternativa 2	278.966,14	136,4%	3º
Alternativa 3	204.566,82	100,0%	1º

Tabela 6 Principais linhas de transmissão que compõem a Alternativa 3.

Linha de Transmissão	Extensão (km)
LT 230KV CERRO CHATO - LIVRAMENTO 3	2
LT 230KV LIVRAMENTO 3 - SANTA MARIA 3 C1 E C2	2 x 240
LT 230KV LIVRAMENTO 3 - ALEGRETE 2	117
LT 230KV LIVRAMENTO 3 - MAÇAMBARÁ 3	200
LT 230KV SANTA MARIA 3 - SANTO ÂNGELO 2	165

4.2 Expansão do Sistema Elétrico da Região Litorânea

Para permitir o escoamento dos elevados montantes de geração considerados nas regiões foco dessas análises foram concebidas diversas expansões em nível de 525kV. Grande parte desses reforços teve como ponto de partida o resultado do estudo (4) que analisou a integração das usinas vencedoras do Leilão de Energia 002/2011 (A-3). Este estudo recomendou a implantação das subestações 525/230KV Povo Novo, 525kV Marmeleiro, 525/138kV Santa Vitória do Palmar e as linhas de transmissão que as conectam ao Sistema Interligado Nacional.

A Figura 6 apresenta a configuração final proposta contendo os principais reforços na rede de transmissão da região. Nesta figura, as linhas tracejadas representam as novas linhas de transmissão em 525kV (cor vermelha) e em 230kV (cor verde).

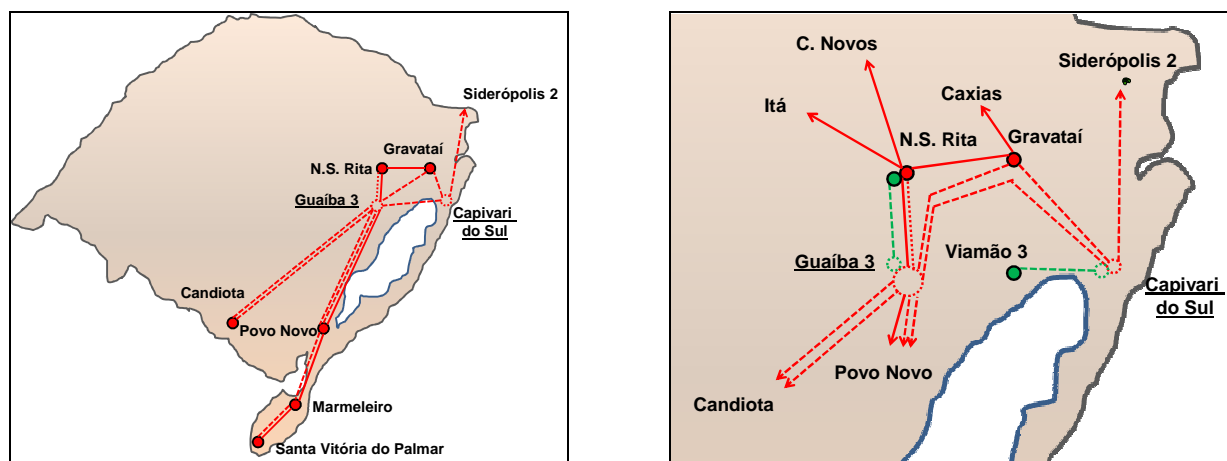


Figura 6 Principais reforços propostos para a conexão do potencial eólico das regiões litorâneas.

É importante destacar que este estudo propõe a implantação de duas novas subestações de 525/230kV nas proximidades da região metropolitana de Porto Alegre. A subestação chamada Guaíba 3 surgiu da necessidade de prover um novo ponto de conexão para as linhas de transmissão oriundas da região sul do RS. Apesar de não serem contempladas conexões de usinas eólicas diretamente nessa subestação, é a partir de suas conexões com as SEs Candiota e Povo Novo que o potencial eólico do Litoral Sul e do Escudo Rio Grandense é transmitido.

A subestação de Capivari do Sul, por sua vez, permite escoar a geração da região da Lagoa dos Patos, que concentra quase a metade de todo o potencial existente no estado. De forma análoga ao ocorrido com a nova SE Guaíba 3, a subestação Capivari do Sul possibilita ampliar a conexão entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina e se configura como um ponto preferencial para futuras expansões em 525kV uma vez que as SEs Gravataí e Nova Santa Rita tendem a esgotar suas capacidades de expansão.

As principais linhas de transmissão consideradas nas análises da integração do potencial eólico da região litorânea são mostradas na Tabela 7 a seguir.

Tabela 7 Principais linhas de transmissão que compõem as alternativas para a região litorânea.

Linha de Transmissão	Extensão (km)
LT 525KV GRAVATAÍ - CAPIVARI DO SUL	70
LT 525KV POVO NOVO - GUAÍBA 3 C2 E C3	2 x 246
LT 525KV SANTA VITÓRIA DO PALMAR - MARMELEIRO C2	52
LT 525KV MARMELEIRO - POVO NOVO C2	152
LT 525KV CANDIOTA - GUAÍBA 3 CD	2 X 272

LT 525KV GUAÍBA3 - NOVA SANTA RITA	40
LT 525KV GUAÍBA 3 - CAPIVARI DO SUL	174
LT 525KV GUAÍBA 3 - GRAVATAÍ	116
LT 525KV CAPIVARI DO SUL - SIDERÓPOLIS 2	249
LT 230KV VIAMÃO 3 - CAPIVARI DO SUL	60
LT 230KV GUAÍBA3 - NOVA SANTA RITA	40

5.0 - CONCLUSÃO

Este artigo apresentou as discussões e os resultados obtidos nas avaliações que objetivaram identificar os reforços necessários para permitir a integração do potencial eólico ao sistema elétrico do estado do Rio Grande do Sul. O potencial prospectivo considerado nas análises desse estudo foi de cerca de 9000MW, para o ano horizonte do estudo, e foi estimado levando-se em consideração os cadastramentos e os resultados dos leilões de energia.

Este estudo identificou, sob a ótica do mínimo custo global, um conjunto de reforços nos níveis de tensão de 230kV e 525kV nas regiões oeste e litorânea do estado. Este conjunto de obras servirá como diretriz para a expansão do sistema da região permitindo atender não só ao crescimento da demanda, mas também incorporar o potencial eólico à medida que este venha a se concretizar.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Programa Setorial de Energia Eólica 2012-2014. Sítio da Secretaria de Desenvolvimento e Promoção do Investimento do Estado do Rio Grande do Sul – SPDI RS. Disponível em: <http://www.sdpi.rs.gov.br/>. Acesso em Março de 2013.
- (2) Atlas do Potencial Eólico Brasileiro – 2001. Sítio do CEPEL – Centro de Pesquisas em Energia Elétrica. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em Março de 2013.
- (3) CCPE. Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão do Sistema Elétrico, “Critérios e Procedimentos para o Planejamento da Expansão dos Sistemas de Transmissão – Volume 2,” Novembro de 2002.
- (4) Análise Técnica da Integração das Usinas Eólicas no Sul do Rio Grande do Sul, EPE-DEE-RE-117/2011-rev0. EPE - Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, 2012.
- (5) Empresa de Pesquisa Energética. Dados para estudos de planejamento da transmissão – PDE 2021 (atualizado em 22/05/2012). **Sítio da EPE – Empresa de Pesquisa Energética**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: Março 2013.