



**SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GPL 12
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO IV

GRUPO DE ESTUDO DE ANÁLISE E TÉCNICAS DE SISTEMAS DE POTÊNCIA – GPL

INTERLIGAÇÃO BRASIL-URUGUAI: DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE MÁXIMA DE EXPORTAÇÃO

**Maria de Fátima de C. Gama * ⁽¹⁾
Gabriel Nasser Doyle ⁽²⁾**

**Jurema B. Ludwig ⁽¹⁾
Elizabeth C. Bezerra ⁽³⁾**

**Fernando Hevelton Oliveira ⁽¹⁾
Andréa P. Leite ⁽³⁾**

⁽¹⁾ EPE

⁽²⁾ ELETROSUL/ANEEL

⁽³⁾ ELETROBRÁS

RESUMO

A interligação entre sistemas elétricos de países vizinhos proporciona melhor aproveitamento de suas matrizes energéticas, contribuindo para um melhor desempenho operacional.

O Uruguai, com uma demanda média de aproximadamente 1400 MW e capacidade instalada de 2100 MW, tem seu parque gerador composto principalmente por usinas hidrelétricas, complementado com usinas térmicas de potência instalada na ordem 600 MW, as quais são altamente dependentes da importação de gás natural proveniente da Argentina e Bolívia. Nesse sentido, possibilitar a importação de energia de outro país tornou-se estratégico aos uruguaios.

No dia 5 de julho de 2006 foi assinado, em Montevidéu, um Memorando de Entendimento entre os ministros das áreas energéticas do Brasil e do Uruguai, no qual foi criado o Grupo de Trabalho de Interconexão, cujo objetivo foi dar continuidade à primeira fase do estudo desenvolvida pelos dois países e concluída em 2005 [1], focalizando os pontos de conexão nas cidades de Candiota e San Carlos e a exportação do Brasil para o Uruguai.

Nesse contexto, este trabalho apresenta os resultados das análises efetuadas de forma a determinar a máxima exportação de energia do Brasil para o Uruguai, tendo como premissa a utilização da capacidade do sistema de transmissão previsto no horizonte decenal, isto é, sem a implementação de reforços adicionais provocados por essa exportação.

PALAVRAS-CHAVE

Interligações Internacionais, Exportação de Energia, Planejamento da Transmissão

1.0 - INTRODUÇÃO

De acordo com o Memorando de Entendimento assinado entre os Ministros das áreas energéticas do Brasil e do Uruguai, foi criado o Grupo de Trabalho de Interconexão, cujas tarefas visaram estabelecer os montantes de energia a serem intercambiados entre Brasil e Uruguai, tomando como base estudos anteriormente realizados [1]. Assim, foi definido que a interligação entre Brasil e Uruguai se dará através da conexão entre a subestação (SE) de San Carlos no Uruguai e uma futura SE na região de Candiota, no Brasil. Do lado uruguaio, o sistema proposto é composto por uma linha de transmissão (LT) em 500 kV, 50 Hz, entre San Carlos e a conversora de frequência (50/60 Hz) na fronteira entre os dois países, provavelmente na cidade de Melo (UY), a partir da qual deverá ser construída uma LT em 500 kV, 60 Hz, até uma nova SE 500/230 kV, a ser implantada próxima à usina termelétrica Presidente Médici, em Candiota – RS. Essa SE 500/230kV foi considerada seccionando a linha de

transmissão de 230kV entre as SEs Bagé 2 e Presidente Médici, a aproximadamente 7 km desta última.

Os estudos visaram estabelecer os montantes de energia a serem exportados pelo Brasil, sem a necessidade de implantação de reforços na Rede Básica brasileira e indicando os condicionantes correspondentes a essa interligação. Os resultados aqui apresentados serão subsídios para que a equipe uruguaia defina a capacidade da estação conversora de frequência.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados dos estudos em regime permanente e de estabilidade eletromecânica na região sul do sistema interligado nacional - SIN, indicando os montantes possíveis de exportação para o Uruguai, de acordo com cada patamar de carga, regimes hidrológicos e os respectivos intercâmbios entre os subsistemas sul e sudeste. Observa-se que a energia a ser exportada do Brasil para o Uruguai será proveniente de unidades térmicas não despachadas ou de fontes hidrelétricas que apresentem energia vertida turbinável.

2.0 - DADOS, PREMISSAS E CRITÉRIOS

2.1 Cenários Hidrológicos e de Intercâmbio no Brasil

Os três cenários hidrológicos do Brasil analisados, que têm grande influência nas condições de exportação para o Uruguai, foram escolhidos baseados em estatísticas de longo prazo e são descritos a seguir:

- Hidrologia média ou favorável nos subsistemas sudeste e sul – *intercâmbio zero*;
- Hidrologia favorável no subsistema sul e crítica no subsistema sudeste – *intercâmbio sul-sudeste*;
- Hidrologia favorável no subsistema sudeste e crítica no subsistema sul – *intercâmbio sudeste-sul*.

a. Intercâmbio Zero - permanência esperada de 50% do tempo (Figura 1)

Esse cenário caracteriza condições de hidrologia média ou favorável (alta) nos subsistemas sudeste e sul brasileiros. Assim, a carga de cada subsistema deve ser atendida pela sua própria energia hidráulica. Neste contexto, em ambos os subsistemas a geração térmica deve ser zero, exceção às usinas térmicas a carvão da região sul, que operam com despacho de acordo com o mínimo contratual previsto. Nessa condição, a interligação sudeste-sul apresenta intercâmbios próximos de zero. Poderá haver, portanto, disponibilidade de geração de usinas hidrelétricas do sudeste e/ou do sul e de usinas térmicas a carvão e a gás para exportação de energia para o Uruguai.

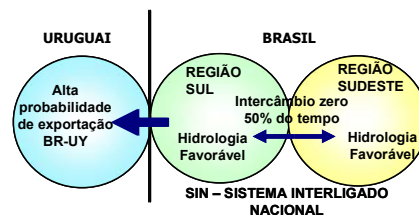


Figura 1- Intercâmbio Zero - permanência esperada de 50% do tempo

b. Intercâmbio Sul – Sudeste - permanência esperada de 20% do tempo (Figura 2)

Nesse cenário, a condição hidrológica na região sudeste é crítica, necessitando do despacho máximo das usinas do sul para complementar o atendimento de sua carga, exceção feita ao período de carga leve. Nesse período, se os reservatórios do sul estiverem cheios, haverá possibilidade de exportação para o Uruguai de energia hidráulica vertente e turbinável e/ou de energia térmica.

Para a interligação entre os subsistemas sul e sudeste, foram considerados os limites praticados pelo planejamento, que correspondem a 4300 MW.

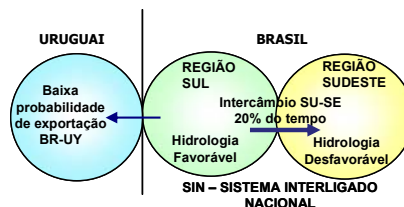


Figura 2- Intercâmbio Sul – Sudeste - permanência esperada de 20% do tempo

c. Intercâmbio Sudeste – Sul - permanência esperada 30% do tempo (Figura 3)

Nesse cenário, a condição hidrológica da região sul é crítica. Assim, é necessária a utilização da máxima capacidade de transmissão da interligação sudeste – sul para atendimento à carga desta região. Como no cenário

anterior, o intercâmbio entre os subsistemas sul e sudeste também foi limitado em 4300 MW, para operação com segurança, embora em condições mais severas de hidrologia e demanda no sul o ONS - Operador Nacional do Sistema - já tenha permitido valores superiores.

Na carga leve, o limite dessa interligação não é atingido. Logo, é possível a exportação para o Uruguai de energia proveniente do sudeste. A possibilidade de exportação de energia de fonte térmica neste cenário só se dará na impossibilidade de utilização dessa energia para redução de despacho hidráulico e conseqüente acúmulo de água nos reservatórios da região sul.

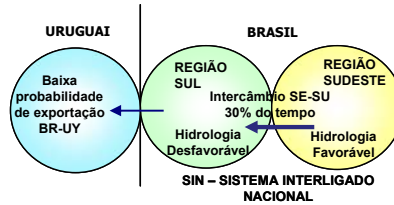


Figura 3- Intercâmbio Sudeste – Sul - permanência esperada 30% do tempo

2.2 Mercado, Geração e Horizonte do Estudo

Foram utilizados como base de dados os casos originados do PDEE – Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2006-2015 [2] e respectivos mercados e representação de usinas. Os anos mais representativos para o estudo e os eventos que os caracterizam são descritos a seguir, em que se incluiu uma análise de sensibilidade com relação à presença das usinas térmicas (UTES) Seival e CTSul, relevantes para a análise do intercâmbio.

- 2009, com a entrada de UTE Jacuí de 350 MW em Charqueadas – RS;
- 2010, com a entrada da UTE Presidente Médici C de 350 MW em Candiota – RS;
- 2012, sem acréscimo de geração térmica desde 2010;
- 2012, com a entrada da UTE Seival de 550 MW em Candiota – RS;
- 2012, com a entrada das UTE Seival e CTSul de 650 MW em Cachoeira do Sul – RS;
- 2015, sem acréscimo de geração térmica desde 2010;
- 2015, com a entrada da UTE Seival em Candiota – RS;
- 2015, com a entrada das UTE Seival e CTSul em Cachoeira do Sul – RS.

Vinculadas às novas usinas, foram consideradas as obras de transmissão necessárias à sua integração e reforços na Rede Básica:

- LT 230 kV Candiota – Santa Cruz, vinculada à UTE Presidente Médici C;
- LT 525 kV Candiota – Nova Santa Rita, vinculada à entrada da UTE Seival ou LT 525 kV Candiota – Cachoeira, caso a UTE CTSul seja instalada antes da UTE Seival;
- LT 525 kV Cachoeira – Nova Santa Rita, vinculada à UTE CTSul ou seccionamento da LT 525 kV Candiota – Nova Santa Rita na SE Cachoeira, caso a UTE Seival seja instalada antes da UTE CTSul.

2.3 Critérios

Foram observados os critérios de planejamento da transmissão vigentes [3].

2.4 Patamares de carga

A permanência de cada patamar de carga utilizada neste trabalho para a determinação dos montantes a serem exportados para o Uruguai é apresentada a seguir:

- Carga Leve: das 21 às 6 horas, totalizando 9 horas;
- Carga Média: das 6 às 18 horas, totalizando 12 horas;
- Carga Pesada: das 18 às 21 horas, totalizando 3 horas.

3.0 - ANÁLISE EM REGIME PERMANENTE

3.1 Condição Normal de Operação

Os montantes de intercâmbios do Brasil para o Uruguai, obtidos com base nos limites elétricos do sistema interligado brasileiro, para os três cenários analisados, durante os patamares de cargas pesada, média e leve, anos 2009, 2010, 2012 e 2015 são apresentados a seguir:

3.1.1 Hidrologia Favorável nos Subistemas Sul e Sudeste (Intercâmbio Zero)

Ano 2009 - Nesse ano está prevista a entrada da UTE Jacuí, no município de Charqueadas, região metropolitana de Porto Alegre. Essa usina, localizada em um grande centro de carga e distante da fronteira, pouco agrega ao intercâmbio do Brasil para o Uruguai. Os valores apresentados na Tabela 1 apontam um intercâmbio médio, ponderado pelos patamares de carga de 9 horas para carga leve, 12 horas para carga média e 3 horas para carga pesada, de aproximadamente 355 MW.

Ano 2010 - Com a entrada da UTE Presidente Médici fase C nesse ano, o intercâmbio para o Uruguai tem um acréscimo de 48%, totalizando uma exportação média já ponderada pelos patamares de carga de 525 MW.

Ano 2012 - Não havendo nenhum acréscimo de geração, o intercâmbio para o Uruguai será da ordem de 500 MW. Caso a UTE Seival (550 MW), que tem previsão de instalação no município de Candiota, próxima às UTEs Presidente Médici A, B e C, entre em operação em 2012, haverá um sensível aumento na média possível de exportação para o Uruguai, passando para 950 MW. Cabe observar que esse aumento na capacidade de exportação será possível devido também à entrada da SE 525/230 kV Candiota e da LT 525 kV Candiota – N. S. Rita, associadas ao empreendimento.

A UTE CTSul, cuja capacidade prevista é de 650 MW, será instalada na cidade de Cachoeira do Sul, eqüidistante de Porto Alegre e Candiota. Caso sua instalação ocorra em 2012, com as duas UTEs operando, a exportação para o Uruguai poderá chegar a 1000 MW, valor limite deste estudo, pois não haverá restrições de transmissão. Nesse ano, o intercâmbio médio será de 997 MW.

Ano 2015 - Nesse ano a exportação cairá para 380 MW médios, caso não se instalem as usinas Seival ou CTSul. Nesta situação, verifica-se que nos períodos de cargas média e pesada não será possível a exportação de energia de fonte hidráulica proveniente das usinas da região sul, pois elas já estão com despacho máximo para atender o mercado do sul.

Caso a UTE Seival já esteja em operação, a média de energia exportável é de 770 MW. Caso se possa contar com as UTEs Seival e CTSul, a média de exportação será de 890 MW. A redução do excedente a ser exportação em relação ao ano 2012 não se deve a restrições de transmissão, mas sim ao esgotamento das fontes hidráulicas do sul.

As máximas exportações possíveis estão resumidas nas Tabelas 1 e 2 a seguir.

Tabela 1 - Máximas Exportações Possíveis no Intercâmbio Zero (MW) – Anos 2009, 2010 e 2012

FONTE	INTERCÂMBIO ZERO (MW)																								
	2009			2010			2012 s/acrécimo de geração			2012 c/ UTE Seival			2012 c/ Seival e CTSul			2015 s/acrécimo de geração			2015 c/ UTE Seival			2015 c/ Seival e CTSul			
	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	
UHE SE	370	220	280	600	350	600	550	350	550	1000	800	1000	1000	1000	1000	600	100	600	1000	500	1000	1000	1000	700	1000
UHE SUL	370	220	280	600	350	450	600	420	550	1000	800	1000	1000	1000	900*	430	0	0	1000	0	0	1000	660*	0*	1000
UTE SUL (carvão)	620	480	540	500	600	570	500	600	550	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	570	170	1000	1000	650	1000	1000	1000	1000
UTE SUL (gás)	340	285	320	650	600	550	550	480	500	1000	1000	1000	1000	1000	1000	530	100	630	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Exportação Média	355			525			500			950			997			380			770			890			

* restrição devida ao esgotamento das UHEs do Sul
L = patamar de carga leve; M = média; P = pesada.

3.1.2 Hidrologia Favorável no Sul e Crítica no Sudeste (Intercâmbio Sul – Sudeste)

Esse cenário representa uma situação extrema, em que a possibilidade de exportação para o Uruguai é bastante restrita, ou seja, somente no período de carga leve e com alguns condicionantes: é necessário que exista energia hidráulica vertente e turbinável no sul ou que, por algum motivo operacional, seja impossível deslizar as hidráulicas do sudeste e despachar as térmicas para acumular água nos reservatórios dessa região. Portanto, embora o estudo aponte alguns montantes possíveis de exportação (Tabela 2), deverão ser considerados os condicionantes específicos de cada caso.

Tabela 2 - Máximas Exportações Possíveis em Carga Leve com Intercâmbio SU-SE (MW).

FONTE	Carga Leve - INTERCÂMBIO SU-SE (MW)											
	2009	2010	2012	2015	2009	2010	2012 ¹	2015 ¹	2009	2010	2012 ²	2015 ²
UHE SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UHE SUL	360	600	500	260	360	600	1000	360	600	1000	1000	1000
UTE SUL (carvão)	625	550	550	1000	625	550	1000	625	550	1000	1000	1000
UTE SUL (gás)	330	500	550	520	330	500	1000	330	500	1000	1000	1000
Exportação Média	397				560				560			

¹ com a UTE Seival.
² com as UTE Seival e CTSul.

Sem as novas usinas térmicas, a média possível para exportação, considerando somente as restrições de transmissão, será 397 MW. Com as novas térmicas (uma ou duas), a média chega a 560 MW.

3.1.3 Hidrologia Favorável no Sudeste e Crítica no Sul (Intercâmbio Sudeste – Sul)

Esse cenário representa outra situação extrema para o sistema elétrico brasileiro, em que cabem as mesmas considerações feitas no item anterior. Nesse cenário, também somente no período de carga leve será possível a exportação para o Uruguai (Tabela 3).

Tabela 3 - Máximas Exportações Possíveis em Carga Leve com Intercâmbio SE-SU (MW).

FONTE	Carga Leve - INTERCÂMBIO SE-SU (MW)											
	2009	2010	2012	2015	2009	2010	2012 ¹	2015 ¹	2009	2010	2012 ²	2015 ²
UHE SE	370	650	600	700	370	650	1000	1000	370	650	1000	1000
UHE SUL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UTE SUL (carvão)	620	510	600	1000	620	510	1000	1000	620	510	1000	1000
UTE SUL (gás)	340	550	550	530	340	550	1000	1000	340	550	1000	1000
Exportação Média	440				565				565			

¹ com a UTE Seival.
² com as UTE Seival e CTSul.

Nesse caso, sem as novas usinas térmicas, a média possível para exportação, considerando somente as restrições de transmissão, será de 440 MW, e, com as novas térmicas (uma ou duas), 565 MW.

3.2 Operação em Emergência

Os montantes de intercâmbios do Brasil para o Uruguai, considerando a perda de um elemento do sistema e os limites elétricos do SIN, foram também avaliados (Tabela 4).

Em todos os casos, a pior contingência é a perda do trecho de 7 km da LT 230 kV Candiota – P. Médici. Assim, esta LT foi considerada duplicada e recapitada, de forma a não ser este o elemento restritivo à exportação.

Foram analisadas no mínimo três contingências no entorno da conexão da conversora. Este trabalho apresentará apenas a contingência mais restritiva ao intercâmbio com o Uruguai.

3.2.1 Hidrologia Favorável nos Subistemas Sul e Sudeste (Intercâmbio Zero)

Ano 2009 - Nesse ano, a contingência mais restritiva é a perda da LT 230 kV Cidade Industrial – Guaíba, que em certos casos limita o intercâmbio praticamente a zero. Isto acontece pois, em 2009, não entram reforços de geração no sul do Rio Grande do Sul e o sistema está dimensionado no seu limite para atender as cargas da região. Assim, qualquer acréscimo de carga significará saturação em algum trecho do sistema de transmissão.

Esses valores apontam um intercâmbio médio, ponderado pelos patamares de carga, de 9 horas para carga leve, 12 horas para carga média e 3 horas para carga pesada, de aproximadamente 195 MW.

Ano 2010 - Com a entrada da UTE Presidente Médici fase C, o intercâmbio para o Uruguai tem um acréscimo significativo, passando para 440 MW médios. A contingência mais severa foi a perda da LT 525 kV Itá – N. S. Rita. Algumas contingências de LT da região de Porto Alegre também se mostraram bastante restritivas para os casos de exportação de energia proveniente de fonte hidráulica.

Ano 2012 - Não havendo nenhum acréscimo de geração, o intercâmbio para o Uruguai será da ordem de 275 MW médios. As contingências mais restritivas são as mesmas de 2010.

Com a entrada da UTE Seival, mesmo em situações de contingências, haverá um sensível aumento na média de exportação para o Uruguai, passando para 825 MW. A contingência mais restritiva foi a perda da LT 525 kV Candiota – N. S. Rita.

Com as duas UTEs operando, a única contingência que apresentou restrição foi a perda da LT 525 kV Candiota - Cachoeira. Nesse ano, o intercâmbio médio será de 925 MW.

Ano 2015 - Nesse ano a exportação será reduzida para 260 MW médios, caso não seja instalada nenhuma nova usina na região. Observa-se que, no patamar de maior duração, carga média, não será possível nenhum valor de exportação. Isso ocorre por causa das contingências na rede de 525 kV da região metropolitana de Porto Alegre, que levam o sistema ao colapso de tensão, mesmo sem exportação para o Uruguai.

Considerando a UTE Seival em operação, da mesma forma que para o ano 2012, a média de exportação aumenta para 570 MW em 2015.

Com as UTEs Seival e CTSul operando, a média de exportação será de 840 MW. Novamente, a contingência mais grave é a perda da LT 525 kV entre as SEs Candiota e Cachoeira.

Tabela 4 - Máximas Exportações Possíveis no Intercâmbio Zero, na Pior Contingência (MW)

FONTE	INTERCÂMBIO ZERO (MW)																							
	2009			2010			2012 s/acrécimo de geração			2012 c/ UTE Seival			2012 c/ Seival e CTSul			2015 s/acrécimo de geração			2015 c/ UTE Seival			2015 c/ Seival e CTSul		
	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P	L	M	P
UHE SE	240	20	90	600	100	550	550	50	140	1000	600	800	1000	700*	1000	550	0	0	1000	200	650	1000	480	950
UHE SUL	240	20	90	600	100	450	600	50	160	900	600	800	1000	800*	600*	430	0	0	950	0	0	1000	660*	0*
UTE SUL (carvão)	500	270	340	500	510	520	500	120	150	1000	800	1000	1000	1000	1000	800	0	170	1000	800	650	1000	1000	1000
UTE SUL (gás)	310	110	160	650	530	550	550	170	170	1000	800	900	1000	1000	1000	530	0	630	800	300	700	950	900	1000
Exportação Média	195			440			275			825			925			260			570			840		

* restrição devida ao esgotamento das UHEs do Sul.

3.2.2 Hidrologia Favorável no Subsystema Sul e Crítica no Sudeste (Intercâmbio Sul – Sudeste)

O intercâmbio no período de carga leve mostrou-se praticamente inalterado, mesmo em contingência, exceto no ano de 2009, cujo sistema de transmissão para o sul do Rio Grande do Sul encontra-se bastante limitado.

Tabela 5 - Máximas Exportações Possíveis em Carga Leve com Intercâmbio SU-SE, na Pior Contingência (MW).

FONTE	Carga Leve - INTERCÂMBIO SU-SE (MW)							
	2009	2010	2012	2012 ¹	2012 ²	2015	2015 ¹	2015 ²
UHE SE	0	0	0	0	0	0	0	0
UHE SUL	240	600	500	700	1000	260	700	1000
UTE SUL (carvão)	500	520	550	1000	1000	750	1000	1000
UTE SUL (gás)	310	500	550	1000	1000	520	1000	1000

¹ com a UTE Seival.² com as UTEs Seival e CTSul.

Sem as novas usinas térmicas, a média possível para exportação, considerando somente as restrições de transmissão, reduziu-se de 542 para 363 MW.

3.2.3 Hidrologia Favorável no Subsystema Sudeste e Crítica no Sul (Intercâmbio Sudeste – Sul)

Cabem aqui as mesmas considerações do item anterior. Neste caso, sem as novas usinas térmicas, a média possível para exportação, considerando somente as restrições de transmissão, reduz-se de 535 para 390 MW.

Tabela 6 - Máximas Exportações Possíveis em Carga Leve com Intercâmbio SE-SU, na Pior Contingência (MW).

FONTE	Carga Leve - INTERCÂMBIO SE-SU (MW)							
	2009	2010	2012	2012 ¹	2012 ²	2015	2015 ¹	2015 ²
UHE SE	100	600	600	900	1000	600	900	1000
UHE SUL	0	0	0	0	0	0	0	0
UTE SUL (carvão)	500	510	600	1000	1000	800	1000	1000
UTE SUL (gás)	300	550	550	1000	1000	530	800	1000

¹ com a UTE Seival.² com as UTE Seival e CTSul.

4.0 - ANÁLISE DE ESTABILIDADE ELETROMECAÂNICA

A análise de estabilidade eletromecânica do sistema objetivou a verificação da segurança operativa da interligação estudada neste trabalho. Dois fatores podem influenciar diretamente neste caso: a entrada em operação das novas usinas térmicas e a nova interligação com o Uruguai, que representaria um acréscimo significativo de carga no sistema. Portanto, a ocorrência de faltas que alterem drasticamente os fluxos de potência poderia provocar a perda de sincronismo de máquinas na região.

Foram analisados o ano inicial, 2009, o ano de 2010, por ter a entrada da UTE Presidente Médici fase C na região de estudo e o ano de 2012, que tem a possibilidade de instalação das UTEs Seival e CTSul. Em 2012, consideraram-se duas possibilidades: a entrada somente da UTE Seival e a entrada simultânea das duas usinas. Para o ano de 2015, não está previsto nenhum acréscimo de geração e, com o aumento progressivo do mercado, espera-se que o sistema possua uma estabilidade ainda maior do que em 2012. Sendo assim, a análise de estabilidade foi feita para os anos de 2009, 2010 e 2012.

As faltas simuladas neste trabalho foram curtos-circuitos monofásicos em barras, seguidos de abertura permanente de linhas, conforme os critérios de planejamento [3]. Foram investigadas as situações que poderiam trazer algum impacto significativo no desempenho do sistema, de acordo com os resultados obtidos na análise de regime permanente. Sendo assim, utilizando os valores máximos de exportação do Brasil para o Uruguai encontrados anteriormente, as seguintes faltas no sistema foram aplicadas:

- Curto-circuito na SE Candiota 230 kV, com rejeição da carga para o Uruguai; (2009; 2010; 2012 com UTE Seival e 2012 com UTEs Seival e CTSul);
- Curto-circuito na SE Candiota 230 kV, com abertura da LT 230 kV Candiota – Bagé (2009; 2010);
- Curto-circuito na SE Candiota 230 kV, com abertura da LT 230 kV Candiota - P. Médici C1 (2009; 2010);
- Curto-circuito na SE P. Médici 230 kV, com abertura da LT 230 kV P. Médici – Camaquã (2009; 2010);
- Curto-circuito na SE Candiota 230 kV, com abertura da LT 230 kV Candiota - S. Cruz (2010; 2012 com UTE Seival e 2012 com UTEs Seival e CTSul);
- Curto-circuito na SE Candiota 525 kV, com a abertura da LT 525 kV Candiota - N. S. Rita (2012 com UTE Seival e 2012 com UTEs Seival e CTSul);

- Curto-circuito na SE Candiota 525 kV, com a abertura da LT 525 kV Candiota – Cachoeira (2012 com UTEs Seival e CTSul);
- Curto-circuito na SE Cachoeira 525 kV, com a abertura da LT 525 kV Cachoeira - N. S. Rita (2012 com UTEs Seival e CTSul).

Nas faltas simuladas, não foram encontradas restrições eletromecânicas para os patamares de exportação indicados no estudo de regime permanente.

5.0 - ANÁLISE DE CURTO-CIRCUITO

Foram levantados os níveis de curtos-circuitos monofásico e trifásico e a relação X/R nas barras da região de conexão da conversora de frequência. Esses dados servirão para estudos posteriores, tais como projetos e análise de superação da capacidade de equipamentos de subestação e dimensionamento da conversora de frequência. Observa-se que não foi verificada superação de equipamentos na região de influência.

6.0 - CONCLUSÕES

- Dentre os cenários hidrológicos analisados, o único em que há uma disponibilidade firme para exportação para o Uruguai é aquele em que a condição hidrológica é favorável nos subsistemas sul e sudeste do Brasil (intercâmbio zero). Com um desses sistemas em situação crítica (intercâmbio sul-sudeste ou sudeste-sul), as possibilidades de intercâmbio ficam bastante restritas, sendo possível somente no período de carga leve, e considerando algumas condições. É necessário que exista energia hidráulica vertente e turbinável no subsistema fora do estado crítico, ou impossibilidade de usar o despacho de térmicas para permitir o enchimento dos reservatórios hidráulicos.
- O ano de 2009 se apresenta como o mais restritivo à exportação. Embora nesse ano esteja prevista a entrada da UTE Jacuí, de 350 MW, em Charqueadas (RS), essa usina não contribui para o intercâmbio com o Uruguai devido às restrições do sistema de transmissão entre Porto Alegre e o extremo sul. Esse sistema está dimensionado, sem folgas, para atender as cargas locais, dado que no ano seguinte, 2010, está prevista a entrada da UTE Presidente Médici (fase C), com 350 MW, junto às unidades existentes dessa usina, no município de Candiota (sul do Rio Grande do Sul), aliviando o sistema de transmissão entre a capital e o sul do estado. O elemento mais restritivo é a LT 230 kV entre as SEs Cidade Industrial e Guaíba 2, porém outros, como a continuação dessa linha de transmissão entre as SEs Guaíba 2 e Pelotas 3 e a LT 230 kV Camaquã – P.Médici, apresentam praticamente as mesmas restrições.
- Com a entrada em operação da UTE Presidente Médici fase C em 2010, a ser instalada no município de Candiota, a possibilidade de exportação tem um significativo aumento. Essa UTE, mesmo com despacho mínimo, atende às cargas locais aliviando o sistema de transmissão, o que permite um maior intercâmbio com o Uruguai, utilizando energia de fonte hidráulica. Considerando a exportação de energia de fonte térmica, pode-se chegar a valores da ordem de 550 MW. Em contingências, as restrições são as perdas da LT 230 kV Candiota – Santa Cruz, para exportação de energia de origem térmica, e da LT 230 kV Guaíba 2 – Pelotas 3, para exportação de energia de origem hidráulica.
- Em 2012 podem ocorrer quatro cenários distintos:
 - a) **Sem novas usinas térmicas:** o sistema de transmissão permanece idêntico ao de 2010, levando à redução na exportação, devido ao aumento de demanda do sistema brasileiro. Em regime normal, esta redução é relativamente pequena, possibilitando uma exportação média da ordem de 500 MW, porém em emergência esse valor diminui para 270 MW. A maior restrição nesse caso são as linhas de transmissão de 525 kV da região de Porto Alegre. A perda de qualquer uma dessas LTs, mesmo sem considerar exportação para o Uruguai, já degrada o nível de tensão na capital do Rio Grande do Sul.
 - b) **Considerando a UTE Seival:** devido à capacidade dessa usina (550 MW), é necessário um sistema de transmissão de 525 kV para escoamento de sua geração até a região de maior carga, que é a área metropolitana de Porto Alegre (SE N. S. Rita). Essa LT de alta capacidade, conectando dois pontos fortes do sistema, permite uma exportação bem maior para o Uruguai, quer seja de fonte hidráulica, possibilitando um fluxo de potência maior, quer seja de fonte térmica, dando também maior suporte de tensão na capital e sul do Rio Grande do Sul. Nesse cenário, não há restrições de transmissão para exportação em regime normal de operação, mas, em condição de emergência, a perda da LT 525 kV Candiota – N. S. Rita limita o intercâmbio a uma média de 825 MW.
 - c) **Considerando as UTEs Seival e CTSul:** a UTE CTSul, com potência instalada de 650 MW, deverá ser construída no município de Cachoeira do Sul, próximo ao ponto médio da LT 525 kV Candiota – N. S. Rita. Caso ela seja construída após a UTE Seival, a sua integração se dará seccionando essa linha de

transmissão. Na hipótese de entrada simultânea das UTEs, serão construídas duas LTs 525 kV, uma de Candiota a Cachoeira e a outra de Cachoeira a N. S. Rita. Sendo assim, o sistema será bastante robusto e só haverá uma restrição para exportação de fonte hidráulica, a perda da LT 525 kV Candiota – Cachoeira, causando sobrecarga nas linhas de transmissão de 230 kV que partem das usinas hidrelétricas do rio Jacuí, no centro do estado do Rio Grande do Sul. Em regime normal, não haverá restrições de transmissão para intercâmbio com o Uruguai.

- d) O cenário com a instalação somente da UTE CTSul não foi analisado detalhadamente, pois essa usina teria a sua integração diretamente no 525 kV na região metropolitana de Porto Alegre, o que equivaleria a outra condição semelhante, a de exportação de energia de fonte hidráulica proveniente do Sudeste. Como não há reforços de transmissão para o sul do estado, as restrições permanecem as mesmas.

- Para o ano de 2015 foram considerados os mesmos cenários de 2012. A diferença básica consiste no aumento da carga. No cenário a) acima, praticamente toda a geração das usinas do sul é utilizada para suprir a demanda. Nos demais cenários, embora praticamente inexistam restrições de transmissão, não há geração disponível para intercâmbio pleno com o Uruguai, dependendo dos cenários hidrológicos dos subsistemas sul e sudeste.
- A média para exportação, considerando apenas os cenários sem as UTEs Seival e CTSul e ponderando os tempos de permanência dos períodos de carga, limitou-se a 440 MW em regime normal e 290 MW em emergência.
- Após a entrada da UTE Seival, houve poucas restrições para exportação em regime normal, as quais foram eliminadas com a entrada da UTE CTSul. Observa-se que existem restrições de geração nos anos 2012 e 2015. As contingências nas LT de 525 kV que integram essas usinas ao sistema restringem a exportação em cerca de 20 a 30%.
- A Tabela 7 apresenta a média das máximas exportações possíveis no horizonte estudado.

Tabela 7 - Média das máximas exportações possíveis no horizonte estudado.

ANO	CAPACIDADE MÉDIA PARA EXPORTAÇÃO (MW)		Ponderada – Zero	
	Leve – SU-SE	Leve – SE-SU	normal	emergência
2009	328,75	332,50	354,38	194,69
2010	412,50	427,50	525,63	440,00
2012	400,00	437,50	504,69	274,38
2015	445,00	557,50	380,00	260,31
2012 ¹	750,00	750,00	950,00	825,00
2015 ¹	750,00	750,00	770,31	576,56
2012 ²	750,00	750,00	996,88	925,00
2015 ²	750,00	750,00	888,75	842,50
Sem UTE novas	396,56	438,75	441,17	292,34
Com UTE novas	750,00	750,00	901,48	792,26

¹ Cenário considerando a entrada da UTE Seival (550 MW)

² Cenário considerando as entradas da UTE Seival (550 MW) e da UTE CTSul (650 MW)

- Para todos os anos estudados, a análise de estabilidade eletromecânica para faltas próximas ao ponto de conexão da conversora não indicou restrições à exportação nos limites estabelecidos nos estudos de regime permanente.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. EB/DET/DETE/09/2005, Interligação Brasil-Uruguai – Estudos Elétricos do Sistema Brasileiro – Análise Técnico-econômica das Alternativas de Interligação – Relatório Final da Fase I.
- [2]. PDEE - Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2006 - 2015.
- [3]. CCPE - Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos - Critérios e Procedimentos para o Planejamento da Expansão dos Sistemas de Transmissão.