



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

CB/GPL/26

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO - VII

GRUPO DE ESTUDO DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GPL

**PERSPECTIVAS DE INSERÇÃO DE NOVOS ELOS CCAT NO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL,
CONSIDERANDO UM NOVO CENÁRIO CRÍTICO.**

Tiago C. Rizzotto(*) EPE	Rodrigo R. Cabral EPE	Priscilla C. Guarini EPE	Rafael P. Silvestre EPE	Alexandre M. Silva ONS
Leonardo P. Almeida CEPEL	Arnaldo D. Junior FURNAS	Paulo M. M. Portugal FURNAS	Yuri Rosenblum FURNAS	Adinã M. Pena CEMIG

RESUMO

Este artigo se propõe a analisar as características do Sistema Interligado Nacional que possam influenciar o desempenho de novos elos CCAT convencionais, apresentando um novo cenário crítico. Os cenários tipicamente estudados, elevados intercâmbios regionais com inércia reduzida, na região Sudeste, no patamar de carga leve, podem deixar de apresentar as condições mais severas de operação do sistema, frente ao patamar de carga pesada, com elevada inércia. Assim, o presente estudo visa a permitir que os planejadores e agentes do mercado conheçam as novas características técnicas do Sistema Interligado Nacional e possam trabalhar por melhores soluções envolvendo elos CCAT.

PALAVRAS-CHAVE

Cenários críticos, elos CCAT, estabilidade eletromecânica, planejamento da expansão da transmissão.

1.0 - INTRODUÇÃO

Algumas características do Sistema Interligado Nacional – SIN – já estão solidamente delineadas para os próximos anos, como a maior concentração de carga nas regiões Sul e, principalmente, Sudeste. Por outro lado, a expansão da geração tem ocorrido em maior escala nas regiões Norte e Nordeste, considerando gerações do tipo hidráulica e eólica, respectivamente.

Em decorrência da valorização da questão ambiental, nos últimos anos, tem havido uma predominância de construção de usinas hidrelétricas, na região Norte, com pequenos reservatórios ou a fio d'água. Concomitantemente, observa-se o crescimento do número de parques eólicos na região Nordeste. A dificuldade de armazenamento, característica destas fontes, exige uma nova forma de operação e planejamento do sistema, na qual toda, ou quase toda, energia gerada possa ser despachada.

Referida característica, somada às dimensões continentais do Brasil, estabelecem distâncias, entre as novas fontes de energia e os principais centros de carga, que podem variar de 2000 a 3000 km. Tal consequência, associada ao montante de energia a ser transportado, torna os sistemas de transmissão em corrente contínua em alta tensão (CCAT) mais atrativos comparados aos sistemas de corrente alternada em alta tensão (CAAT).

2.0 - OBJETIVO

Este trabalho se propõe a analisar as características do Sistema Interligado Nacional que possam influenciar o desempenho de novos elos CCAT convencionais, nos estudos de planejamento da transmissão. Verifica-se que os

cenários mais severos, tipicamente estudados no planejamento (inércia reduzida no patamar de carga leve), deixam de apresentar as condições mais críticas de operação do sistema. Encontradas, por sua vez, nos cenários de elevada exportação, no patamar de carga pesada.

Uma característica importante dos estudos elétricos de planejamento da transmissão, que é pertinente ao assunto deste artigo, consiste na seleção das características do sistema, ou cenários, que são mais exigentes, respeitando as premissas previamente acordadas. Na primeira etapa de um determinado estudo, são elaborados diversos casos de fluxo de potência, sendo que somente os casos que apresentam maior severidade justificam avaliações quanto à estabilidade eletromecânica. Já na segunda etapa, estudos detalhados de transitórios eletromagnéticos tendem a ser ainda mais limitados quanto ao número de cenários simulados. Nesse sentido, pode-se citar o estudo para escoar a energia da UHE Belo Monte, no qual constaram uma dezena de casos de fluxo de potência e, apenas, dois cenários no relatório de detalhamento R2.

Desse modo, o presente trabalho se dedica ao estudo dos cenários de maior criticidade que suscitam simulações mais elaboradas, transitórios eletromecânicos e eletromagnéticos. Mediante a combinação de carga e geração, que proporcionam as condições mais adversas para a estabilidade do sistema elétrico e integridade dos equipamentos, definimos esses cenários críticos dos estudos de expansão dos sistemas de transmissão envolvendo os CCAT. Sendo que neles, normalmente, são dimensionados os reforços na rede coletora para a operação desses elos.

3.0 - FATORES LIMITANTES AOS ELOS CCAT

Os sistemas CCAT convencionais baseados em tiristores são, atualmente, uma tecnologia bastante consolidada no meio técnico, com várias instalações de alta potência pelo mundo. Sendo característica deste tipo de transmissão (CCAT convencional a tiristores) estar o seu bom desempenho diretamente relacionado à robustez da rede CA conectada aos seus conversores terminais.

Embora apresente várias vantagens quando comparada à corrente alternada, a transmissão CCAT convencional também possui alguns pontos que podem trazer problemas para a operação do sistema. Os problemas intrínsecos à transmissão CCAT convencional são a possibilidade de falha de comutação no seu inversor, necessidade de nível mínimo de relação de curto-circuito entre a rede CA receptora e a potência da conversora (*Short Circuit Ratio* – SCR > 2.5), inserção de equipamentos para compensação da potência reativa, necessidade de conexão de rede CA ativa em seus terminais, muita sensibilidade a flutuações de tensão na rede CA e problemas de interação elétrica que ocorre entre os elos CCAT, o *multi infeed*.

Referidos problemas podem ocasionar aumento de custo para o sistema de potência, haja vista a possibilidade de serem adicionados equipamentos no intuito de mitigar tais problemas.

O SCR representa a robustez do sistema CA conectado aos conversores do sistema CCAT. Assim, conforme já citado anteriormente, quanto maior essa relação de SCR melhor serão as expectativas de um bom desempenho da operação do elo CCAT. Desse modo, nos cenários que apresentam maior número de geradores conectados próximo à rede CA receptora (maior nível de curto-circuito e inércia), os elos CCAT tendem a ter um desempenho melhor.

Ante o exposto, faz-se necessário ressaltar que, cenários energéticos que implicam em elevados fluxos nas interligações CCAT e CAAT, juntamente com baixa geração na rede CA receptora, podem piorar drasticamente o desempenho operativo dos elos CCAT e se tornarem os casos mais críticos para a operação do sistema elétrico.

4.0 - PLANEJAMENTO DE ELOS CCAT NO BRASIL

A comparação das diferenças verificadas no Sistema Interligado Nacional, entre o momento de planejamento dos elos CCAT, como de Itaipu, Madeira e Belo Monte, facilita a compreensão dos desafios enfrentados pelos futuros elos. Entre as diferentes características investigadas estão: a topologia da rede, inércia da região receptora, suporte de potência reativa e proximidade das estações conversoras. Nesse sentido, pode-se avaliar como as futuras características do Sistema Interligado Nacional impactarão a entrada de novos elos CCAT no Brasil.

A FIGURA 1 mostra o diagrama esquemático dos três primeiros grandes troncos de transmissão em corrente contínua implantados no Brasil e as interligações em corrente alternada entre as regiões Norte, Nordeste e Sudeste. Neste diagrama também estão indicados os elos CCAT que são isolados e aqueles que são integrados ao Sistema Interligado Nacional - SIN.

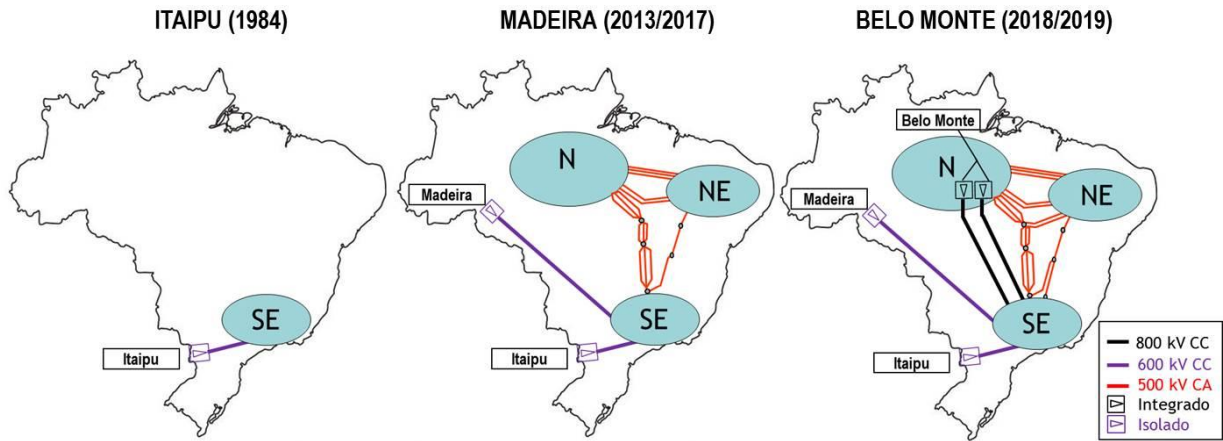


FIGURA 1 – Diagrama esquemático dos três primeiros elos CCAT do Brasil e interligação N-NE-SE.

O primeiro sistema de transmissão a utilizar corrente contínua em alta tensão (CCAT) no Brasil foi implementado para escoar parte da energia gerada pela UHE Itaipu (1), uma usina hidrelétrica binacional entre Brasil e Paraguai, para o sistema sudeste do Brasil. Este sistema de transmissão CCAT é de ± 600 kV e apresenta uma capacidade total de 6.300 MW considerando os seus dois bipolos. Ele entrou em operação em 1984 para transmitir ao Brasil a potência excedente dos dez geradores de 750 MVA pertencentes ao Paraguai. Neste caso foi aplicada uma das vantagens da transmissão em corrente contínua que é a possibilidade de conexão de sistemas com frequências diferentes. A frequência das dez máquinas da UHE Itaipu destinadas ao sistema paraguaio é de 50 Hz, enquanto o sistema elétrico brasileiro é de 60 Hz.

A estação retificadora desse sistema está localizada na SE 500 kV-50 Hz Foz do Iguaçu (Furnas). A estação inversora, por sua vez, está localizada na SE Ibiúna, no Estado de São Paulo, região de maior carga do país. Nos estudos da época, sem os compensadores síncronos, o valor de SCR na SE Ibiúna estava em torno de 1,8. Para aumentar este índice, a valores de 2,3, o que melhoraria o desempenho do elo CCAT, foram dimensionados três compensadores síncronos de 300 MVA e mais uma unidade de reserva.

Os estudos de estabilidade consideraram o ano de 1985, no patamar de carga pesada, como a condição mais crítica para a rede, que, por ser fraca, não suportava, após falhas de comutação, uma recuperação de potência muito rápida. A solução encontrada foi ajustar o controle para a recuperação em 400 ms (2).

Aproximadamente trinta anos depois da primeira experiência com o sistema CCAT de Itaipu, planejou-se o sistema de transmissão das usinas de Santo Antônio e Jirau com, inicialmente, 88 geradores kaplan-bulbo de 69 a 75 MW. O sistema de transmissão do complexo do Madeira também foi concebido em ± 600 kV e capacidade de 6.300 MW de potência (3). Este sistema conta, adicionalmente, com um Back-to-Back de 800 MW que permite alimentar as cargas próximas ao complexo das usinas do Madeira, por um sistema em 230 kV. Este equipamento faz uma conexão assíncrona das usinas hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau com a rede em 230 kV do sistema Acre-Rondônia e impede que a potência rejeitada no elo CCAT durante faltas seja transmitida, transitoriamente, por este tronco, ocasionando instabilidade no sistema.

A subestação inversora do elo CCAT do Madeira está situada na cidade de Araraquara, estado de São Paulo, a 300 km da inversora de Ibiúna. Apesar da robustez indicada pela relação de curto-circuito, 3,8 na SE 500 kV Araraquara 2, os estudos de planejamento indicaram, posteriormente, como reforço para o desempenho dinâmico três compensadores síncronos de 300 MVA nesta subestação (4).

Na primeira etapa dos estudos de planejamento para escoamento da energia do complexo Madeira foram considerados dois cenários como crítico: período úmido, em que há maior excedente de energia para ser exportado para a região Sudeste, e, período seco, quando se observa o menor número de máquinas em operação. No detalhamento deste projeto, na etapa dos estudos de transitórios eletromagnético e eletromecânico, foi escolhido o cenário de carga leve, pois há fluxos elevados e baixa inércia de máquinas hidráulicas.

Esses dois primeiros projetos envolvendo corrente contínua em duas grandes usinas apresentam características sistêmicas similares, apesar de terem geradores muito diferentes. Tanto no elo de Itaipu quanto no elo do Madeira, perturbações no sistema que provoquem a interrupção do fluxo nas conversoras, representam uma perda de injeção de potência no Sistema Interligado Nacional – SIN. Por outro lado, as máquinas em operação do SIN complementarão a potência não suprida pela conversora, o que altera substancialmente o ponto de operação, reduzindo a margem de segurança operativa.

No estágio atual, o Brasil tem seu terceiro projeto de elo CCAT em fase de implantação. Para expandir a capacidade da interligação Norte-Sudeste e escoar parte da energia gerada pela UHE Belo Monte, foram

planejados dois elos CCAT de ± 800 kV, com capacidade de 4.000 MW cada (5). Observa-se na FIGURA 1 que os dois bipolos se conectam na região Norte, na SE 500 kV Xingu. As conversoras instaladas na região Sudeste estão divididas em dois pontos, na SE Estreito, na divisa dos Estados de Minas Gerais e São Paulo e SE Terminal Rio, localizada no estado do Rio de Janeiro. Pelo fato das conversoras estarem integradas à rede elétrica, isto é, fazem uma ligação elétrica em paralelo à rede CA, estes dois elos CCAT apresentam desempenho diferente dos dois projetos citados anteriormente. A consequência mais evidente deste paralelismo com a rede CA é o impacto durante as faltas que bloqueiam as conversoras, pois toda energia que era transmitida pelo elo CCAT passa instantaneamente a fluir por mais de 2.000 km na rede CA.

Neste estudo, foram calculados os valores de 4,96 e 6,29 de SCR para as subestações conversoras de Estreito e Terminal Rio, respectivamente. Quanto ao suporte de potência reativa na rede da região Sudeste foi identificada a necessidade de compensação reativa variável, sendo recomendados 3 compensadores estáticos de potência reativa de 300 Mvar, alocados em pontos distintos do sistema.

Assim como nos projetos anteriores, os estudos de detalhamento dos bipolos associados à UHE Belo Monte tiveram como cenário mais severo o patamar de carga leve e baixa inércia na região Sudeste. Entretanto, cabe ressaltar que, na configuração com os dois elos CCAT de Xingu, o patamar de carga pesada com elevada geração na região Sudeste apresentou-se tão severo quanto o patamar de carga leve, indicando uma nova tendência de cenário crítico.

Posteriormente aos estudos de planejamento que recomendaram os elos CCAT de Xingu, a EPE planejou uma rede de transmissão em 500 kV que permitisse coletar e escoar a potência eólica da região Nordeste (6) (7). Com uma extensão de aproximadamente 7.300 km, este sistema, ora denominado interligação NE-SE, ampliará em aproximadamente 6.000 MW a capacidade de exportação da região Nordeste quando em operação. Estas linhas de transmissão reforçam a rede CA e tornam-se um suporte relevante para futuros sistemas de corrente contínua que possam interligar o Norte ou Nordeste ao Sudeste, pois é uma forte conexão entre as duas regiões.

Após o planejamento de todos os reforços das interligações citados acima, havia três importantes desafios para o planejamento da expansão da transmissão: a previsão da construção da usina hidrelétrica de São Luiz do Tapajós, com 8.040 MW na região Norte; a rápida ascensão da geração eólica na região Nordeste, que em 8 anos contratou 14.700 MW; e o tempo cada vez maior de implantação de obras de transmissão. Isto significava um contexto de rápida implantação de usinas eólicas e a previsão de que parte da energia proveniente do complexo de Tapajós seria injetada na rede CA da região Norte, o que implicava na necessidade de expandir o sistema de transmissão para que não houvesse restrições de intercâmbio entre as regiões.

Pelos motivos explicitados anteriormente, iniciou-se, então, em 2014, um estudo que visa ao aumento da capacidade da interligação entre as regiões Norte/Nordeste e Sudeste/Centro-Oeste para escoamento de excedentes de energia das regiões Norte e Nordeste. A conclusão deste estudo foi que a melhor alternativa para o escoamento dessa energia excedente seriam dois novos elos CCAT de ± 800 kV de 4.000 MW, sendo denominados Bipolos A e B (8). Na FIGURA 2 observa-se a evolução do sistema de transmissão entre as regiões Norte, Nordeste e Sudeste, com a interligação NE-SE, já licitada, e os Bipolos A e B, apenas em fase de estudo de planejamento.

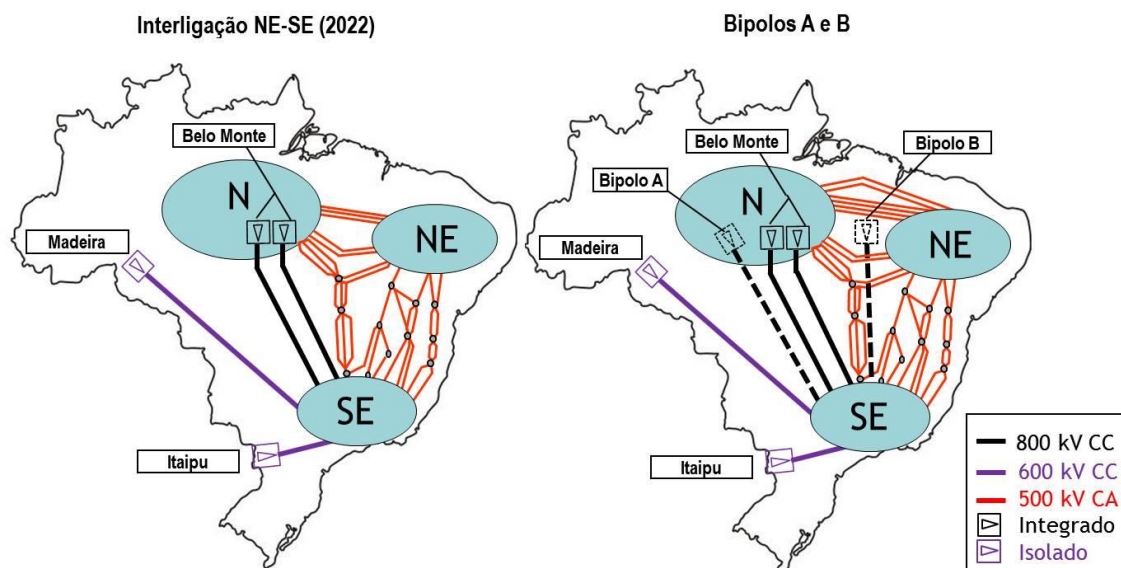


FIGURA 2 – Diagrama esquemático da interligação entre as regiões Norte, Nordeste e Sudeste pós-Belo Monte.

Constata-se na evolução do Sistema Interligado Nacional, acima apresentada, que todos os projetos envolvendo elos CCAT têm estações conversoras na região Sudeste, perto dos grandes centros de carga. Tal fato propicia o surgimento, em caso de necessidade, de futuras instalações também nesta região. Por sua vez, ao observarmos apenas os valores de SCR da região sudeste, concluímos que os diversos reforços regionais nas vizinhanças das estações conversoras aumentaram a robustez da rede, as capacidades de exportações de potência, entre outros fatores. Porém, este mesmo SCR caracteriza uma maior proximidade elétrica entre as conversoras, que culmina em uma maior interação entre os Bipolos e, conseqüente, necessidade de maior atenção aos fenômenos de *multi infeed*.

5.0 - NOVO CENÁRIO CRÍTICO

O diagrama esquemático apresentado na FIGURA 2 demonstra que os possíveis elos CCAT, a saber, Bipolos A e B, podem apresentar características sistêmicas similares aos bipolos de Belo Monte. Ambos conectam as regiões Norte e Sudeste, apresentam a mesma potência e estão paralelos à rede CA. Contudo, nas avaliações de estabilidade eletromecânica, observou-se uma diferença quanto ao cenário em que ocorrem os piores desempenhos do sistema. Se o pior cenário para análise que tínhamos era o patamar de carga leve e baixa inércia, na região Sudeste, nos novos elos estudados (bipolos A e B) o cenário mais severo apresentado foi o patamar de carga pesada, com elevada inércia, conforme Tabela 1.

Entre os fatores que contribuíram para esta mudança, destaca-se a limitação da alocação de carga no patamar de carga leve e o aumento da capacidade da rede CA paralela aos elos CCAT.

O Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 apontou a tendência da continuidade da expansão da oferta nas regiões Norte e Nordeste. Entretanto, considerando os requisitos elétricos de geração mínima nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, devem ocorrer cenários no patamar de carga leve em que, a potência alocável, nestas regiões, seja inferior ao excedente energético das regiões Norte e Nordeste. Fato que não deve ocorrer no patamar de carga pesada, pois esta mesma potência alocável pode ser da ordem de 20 GW ou mais, valor razoavelmente superior ao do patamar de carga leve. Como consequência direta disso, o sistema de transmissão será significativamente mais solicitado no patamar de carga pesada em detrimento do patamar de carga leve.

Nos estudos dos Bipolos A e B, a limitação da alocação de carga no patamar de carga leve provocou diferenças acentuadas de intercâmbio entre os patamares de carga, que até então não eram observadas. Na etapa de planejamento dos bipolos associados à UHE Belo Monte, o intercâmbio de energia no patamar de carga pesada foi, em média, 700 MW maior que no patamar de carga leve. Já nos estudos de planejamento dos Bipolos A e B, identificou-se que, no patamar de carga pesada, a exportação da energia das regiões Norte e Nordeste para a região Sudeste foi 5.765 MW maior que no patamar de carga leve, conforme FIGURA 3.

Cabe ressaltar que, em função do contexto acima referido, a premissa de despacho utilizada nos estudos dos Bipolos A e B foi de elevada geração nas regiões Norte e Nordeste. O julgamento desta premissa não deve se confundir com a análise feita neste artigo, pois, como já exposto, confirmando-se o crescimento do excedente de energia nas regiões Norte e Nordeste e a limitação da alocação de carga no patamar de carga leve, espera-se que o novo cenário crítico seja o patamar de carga pesada.

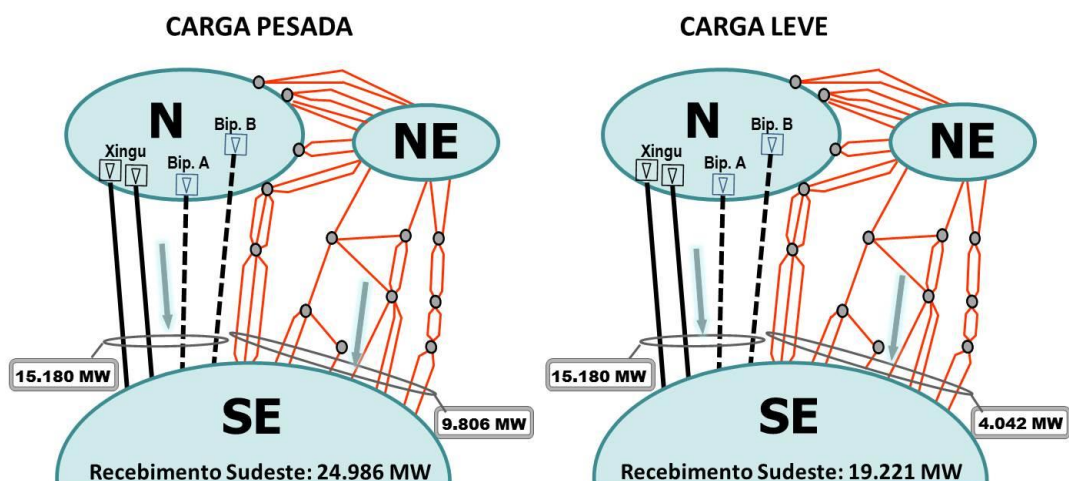


FIGURA 3 – Intercâmbio de energia entre região Norte, Nordeste e Sudeste – Estudo do Bipolo A e B.

Para complementar as informações referentes aos cenários mostrados na FIGURA 3, apresenta-se na Tabela 1 o despacho da região Sudeste e Centro-Oeste. No patamar de carga pesada, mesmo recebendo 5.765 MW a mais

que no patamar de carga leve, a região Sudeste tem mais que o dobro de geração. Esta condição implica em mais máquinas de grande porte conectadas à rede e, por consequência, maior inércia. Demonstra-se, mais à frente, que isto não foi suficiente para garantir melhor desempenho nas avaliações de estabilidade eletromecânica.

Tabela 1 – Despacho na região Sudeste.

Usina	Carga Pesada	Carga Leve
Hidrelétricas	70%	33%
Termelétricas	52%	13%

Outra informação complementar desses casos analisados acima é que a região Sul recebe energia da região Sudeste, ou seja, o fluxo de energia tem o sentido da região Norte para a região Sul do país. No patamar de carga pesada o intercâmbio Sudeste-Sul foi de 12.900 MW e no patamar de carga leve 6.800 MW. Em outro cenário de carga pesada, não apresentado neste artigo, o intercâmbio Sudeste-Sul foi o mesmo que o utilizado em carga leve, aqui apresentado. Mesmo nesta condição de igual intercâmbio com a região Sul, o desempenho dinâmico do caso com carga pesada foi pior que o de carga leve.

O segundo fator apresentado que explica diferenças entre os patamares de carga foi o crescimento da rede de transmissão em 500 kV que interliga as regiões Norte, Nordeste e Sudeste. É possível constatar essa diferença pelos diagramas esquemáticos nas FIGURA 1 e FIGURA 2. A mudança mais significativa pós-Belo Monte foi a licitação da interligação NE-SE, pois acrescentou uma capacidade de transmissão de 6.000 MW. Deste modo, ao aumentar a capacidade de transmissão do SIN, pode permitir que a alocação de carga no patamar de carga pesada seja viabilizada pela utilização plena das interligações, ao passo que no patamar de carga leve, por impossibilidade de alocar essa carga na região Sudeste, a interligação é menos utilizada. Nesse sentido, pode-se dizer que, no patamar de carga leve, a dificuldade de alocar energia do Norte e Nordeste no Sudeste e Sul pode gerar cenários em que os fluxos na interligação sejam significativamente menores que no patamar de carga pesada.

6.0 - DESEMPENHO DINÂMICO DO BIPOLO A E BIPOLO B

Nos dois últimos projetos de transmissão CCAT, verificou-se que os cenários dos estudos elétricos de detalhamento consideraram o patamar de carga leve e baixa inércia na região Sudeste. Entretanto, nas avaliações iniciais dos estudos dos Bipolos A e B constatou-se que o pior desempenho do sistema ocorreu no patamar de carga pesada (9). Neste cenário, observou-se maior tempo de recuperação dos bipolos após faltas próximo às conversoras, necessidade de suporte de potência reativa (Compensador Estático de Potência Reativa – CER na SE 500 kV Padre Paraíso 2 e compensador síncrono – CS na SE 500 kV Janaúba 3) e necessidade de sobrecarga dinâmica nos novos elos.

Uma das contingências avaliada em regime dinâmico foi o bloqueio do Bipolo B. Neste evento, observou-se que, considerando as regiões Norte e Nordeste exportadoras de energia, somente no patamar de carga pesada foi necessário aumentar o suporte de potência reativa na interligação NE-SE, mais precisamente na rede em 500 kV ao norte de Minas Gerais.

A simulação de bloqueio do Bipolo B sem os reforços de potência reativa (CER Padre Paraíso 2 e CS de Janaúba 3), apresentada na FIGURA 4, demonstra que no patamar de carga pesada ocorre um colapso de tensão no segundo seguinte ao bloqueio do Bipolo B, enquanto que para o patamar de carga leve a perturbação não provocou instabilidade. Apresenta-se, nessa figura, o perfil de tensão na subestação em 500 kV Padre Paraíso 2, identificada como um dos pontos fracos da rede.

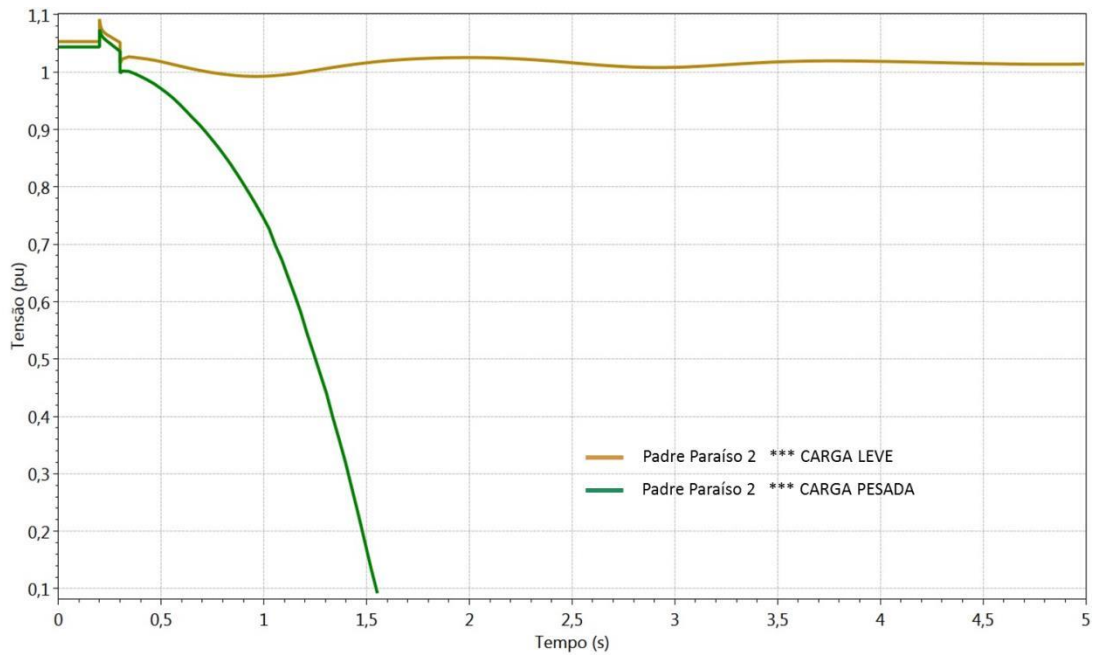


FIGURA 4 – Tensão na SE 500 kV Padre Paraíso 2. Bloqueio do Bipolo B sem o CER de Padre Paraíso 2 e os CS's de Janaúba 3.

Outro indicador de que o desempenho do sistema foi pior no patamar de carga pesada é o tempo de recuperação dos elos CCAT. No gráfico mostrado na FIGURA 5, nota-se que o tempo de recuperação do Bipolo A após curto-circuito monofásico na SE 500 kV Araraquara 2, foi 105 ms mais lento no patamar de carga pesada quando comparado com a carga leve.

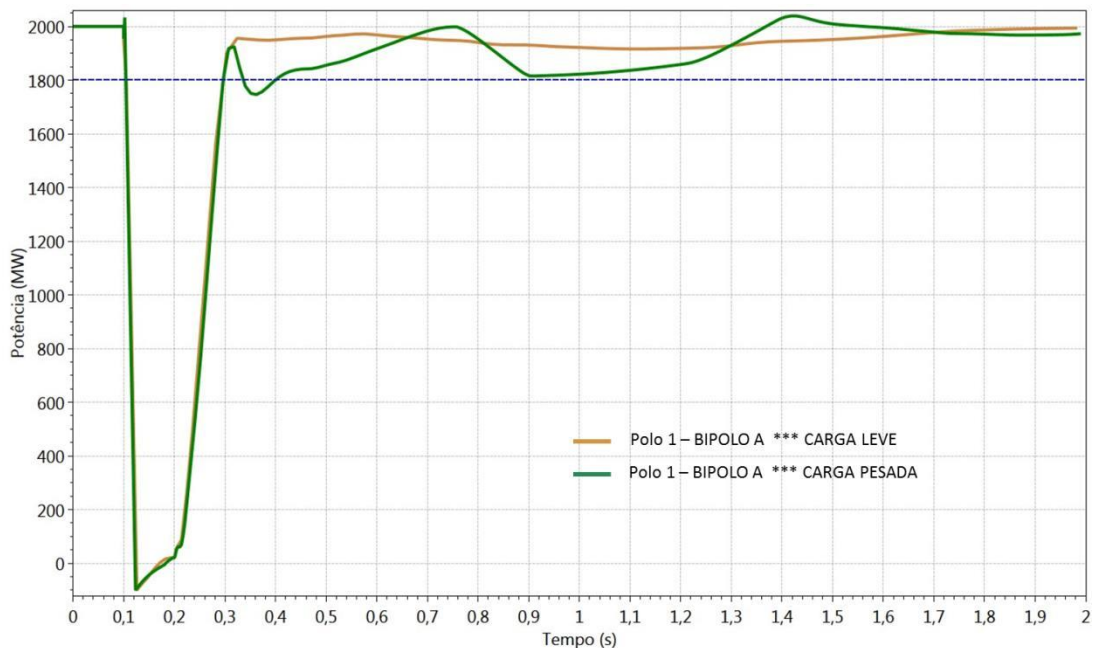


FIGURA 5 – Potência nos Elos CCAT – Curto-circuito Monofásico em Araraquara2 seguido da abertura da LT 500 kV Araraquara2 – Fernão Dias.

7.0 - CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos, após extensa avaliação do desempenho do sistema em regime dinâmico para os diversos cenários de intercâmbio analisados, levando-se em consideração os reforços de compensação reativa propostos nesta análise, conclui-se que os novos empreendimentos em corrente contínua, a saber, bipolos A e B, são tecnicamente viáveis para implantação a partir das análises de estabilidade à frequência fundamental.

As várias análises efetuadas, neste trabalho, mostraram que o cenário mais crítico para a operação dos bipolos A e B, diferentemente dos estudos de planejamento realizados para os elos CCAT anteriores (Madeira e Belo Monte), foi o cenário Norte e Nordeste Exportadores, na condição de carga pesada e com elevada geração na região Sudeste. Tais características mostram que, considerando uma elevada expansão da oferta de energia nas regiões Norte e Nordeste, deve ocorrer uma alteração em relação aos dois últimos estudos de planejamento de elos CCAT, nos quais os cenários de carga leve, com baixa inércia, foram os mais críticos para a operação destes sistemas.

Entre os fatores de destaque para essa mudança, salientamos a limitação da alocação de carga na região Sudeste no patamar de carga leve e o aumento da capacidade da rede CA paralela aos elos CCAT, que, no patamar de carga pesada, permitiu elevados fluxos nas interligações regionais.

Essa característica vista atualmente nos estudos de planejamento dos bipolos A e B, em que o patamar de carga pesada foi o caso dimensionador, em detrimento dos casos de carga leve, pode tornar-se uma nova referência para os futuros estudos de inserção de elos CCAT no SIN. Nesse sentido, concluímos fazendo um alerta aos grupos de planejamento e agentes do mercado para que observem, de forma atenta, o modo de expansão do SIN e possam, sempre, trabalhar por melhores soluções envolvendo elos de CCAT.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Sistema de Transmissão de Itaipu: A Experiência de FURNAS – Rio de Janeiro, Furnas Centrais Elétricas, 1995.
- (2) Engineering studies for Itaipu convertor station design – IEE Proceedings C - Generation, Transmission and Distribution. Volume: 130, Issue: 1, January 1983.
- (3) Análise do Sistema de integração dos aproveitamentos hidrelétricos do rio Madeira e reforços no SIN – Relatório R1, nº EPE-DEE-RE-055-2008-rev1.
- (4) Estudo de Compensação Reativa das Redes de 440 kV e 500 kV do Estado de São Paulo – Relatório R1, nº EPE-DEE-RE-008-2015-rev0.
- (5) Expansão das Interligações Norte-Sudeste e Norte-Nordeste – Relatório R1, nº EPE-DEE-RE-063-2012-rev1.
- (6) Estudo para Escoamento do Potencial Eólico da Área Leste da Região Nordeste – Relatório R1, nº EPE-DEE-RE-147-2014-rev3.
- (7) Aumento da Capacidade de Transmissão da Interligação Nordeste-Sudeste – Relatório R1, nº EPE-DEE-RE-148-2014-rev3.
- (8) Aumento da Capacidade da Interligação entre as regiões Norte/Nordeste e Sudeste/Centro-Oeste para Escoamento de Excedentes de Energia das Regiões Norte e Nordeste: Bipolo A e B – Relatório R1, nº EPE-DEE-RE-020-2016-rev0.
- (9) Análise do Desempenho Dinâmico dos Bipolos A e B – Nota Técnica, nº EPE-DEE-NT-019-2016-rev0.

9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Tiago Campos Rizzotto engenheiro eletricitista formado pela Universidade Federal e Uberlândia em 2007; mestre em engenharia elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2016. É Analista de Pesquisa Energética desde 2008 na Empresa de Pesquisa Energética – EPE onde desempenha atividades relacionadas ao planejamento da expansão de sistemas de transmissão de energia.

Adinã Martins Pena é natural de João Monlevade, MG. Nascido em Outubro de 1969, concluiu o curso de graduação em Engenharia Elétrica pela PUCMINAS, de Belo Horizonte, em 1999, e concluiu a pós-graduação na UFSC, de Florianópolis, em 2007. Engenheiro de Planejamento Elétrico, trabalha na Companhia Energética de

Minas Gerais - CEMIG Geração e Transmissão, desde Julho de 1987 e na Gerência de Planejamento Elétrico, desde Outubro de 2004. Atua na área de planejamento da operação do sistema elétrico da geração e transmissão e interação de equipamentos com o sistema elétrico. Possui artigos redigidos e apresentados em congressos e seminários nacionais, em temas relacionados com modelagem e simulação de sistemas de controle e de equipamentos dos Sistemas Elétricos de Potência.

Alexandre de Melo Silva nasceu em 21/10/1982 em Catalão, Goiás. Gradou-se em Engenharia Elétrica e Física pela UFMG/UNICAMP em 2006. Especialização em Sistemas Elétricos de Potência pela UNIFEI (2011). Trabalhou na Eletronorte em 2007 na área de proteção de subestações. Trabalhou na EPE na Superintendência de Transmissão de Energia Elétrica desde 2007, com atuação em estudos de expansão do Sistema Interligado Nacional envolvendo Análises de Estabilidade do Sistema (Interligações regionais), Análise e Definição de Alternativas de Expansão da rede de transmissão e Coordenação dos Estudos de Expansão das redes de transmissão dos estados Acre, Rondônia, Mato Grosso, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Atualmente é Engenheiro Sênior I no ONS.

Arnaldo Dias Júnior formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Veiga de Almeida em 1996 – Rio de Janeiro – RJ; Especialização em Sistemas Elétricos de Potência – CESE Transmissão - 2004 – Universidade Federal de Itajubá – MG; Trabalha desde 2002 em FURNAS na função de Engenheiro atuando na área de estudos elétricos para a expansão da transmissão.

Leonardo Pinto de Almeida engenheiro eletricitista formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 2000; em 2004 obteve o título de mestre em engenharia elétrica na área de Sistemas de Potência pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ/COPPE). Desde 2002 é pesquisador no Departamento de Redes Elétricas do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, onde desempenha atividades relacionadas ao planejamento e operação de sistemas de transmissão de energia.

Paulo Max Maciel Portugal engenheiro eletricitista formado pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) em 2002; mestre em engenharia elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2007; doutor em engenharia elétrica com ênfase em eletrônica de potência pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2015. Trabalhou como engenheiro na Eletrobras de 2003 a 2015 na área de planejamento da transmissão. Desde 2015 trabalha em Furnas na área de estudos elétricos da operação, onde desempenha atividades relacionadas à operação do sistema de transmissão e geração de Furnas.

Priscilla de Castro Guarini engenheira eletricitista formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2007; mestre em engenharia elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2011. É Analista de Pesquisa Energética desde setembro de 2009 na Empresa de Pesquisa Energética – EPE onde desempenha atividades relacionadas ao planejamento da expansão de sistemas de transmissão de energia.

Rafael Pentagna Silvestre engenheiro eletricitista formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2010. É Analista de Pesquisa Energética desde setembro de 2013 na Empresa de Pesquisa Energética – EPE onde desempenha atividades relacionadas ao planejamento da expansão de sistemas de transmissão de energia.

Rodrigo Rodrigues Cabral engenheiro eletricitista formado pela Universidade Federal Fluminense em 2011; mestre em engenharia elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2015. É Analista de Pesquisa Energética desde 2013 na Empresa de Pesquisa Energética – EPE onde desempenha atividades relacionadas ao planejamento da expansão de sistemas de transmissão de energia.

Yuri Rosenblum de Souza engenheiro eletricitista formado pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro em 2008; mestre em engenharia elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2014. Trabalhou como Engenheiro na Marte Engenharia, ONS e Chemtech. É Engenheiro Eletricitista em FURNAS desde 2012 onde desempenha atividades relacionadas às expansões de transmissão no sistema de FURNAS.