



Grupo de Estudo de Análise e Técnicas de Sistemas de Potência-GAT

Utilização de Ferramenta para Cálculo Automático de Margem de Transmissão em Estudos para Leilões de Energia

RENAN PINTO FERNANDES(1); PAULA OLIVEIRA LA GATTA(1); FLAVIO RODRIGO DE MIRANDA ALVES(1); LEONARDO PINTO DE ALMEIDA(1); ROSEANE DE SOUZA NUNES(2); ANDRE BIANCO(2); ELIBIA TERESA MOREIRA COLAÇO(2); ELDER GERALDO SALES DE SANTANNA(2); ALEXANDRE DANTAS FONSECA DOS ANJOS(2); ADRIANO DE SOUZA(2); CLEBER JACUNIAK MAZON(2); CEPEL(1); ONS(2);

RESUMO

A Margem de Transmissão (MT) é utilizada, desde 2013, pelo Ministério de Minas e Energia como um dos critérios de classificação de lances em Leilões de Energia. Em 2018, o CEPEL entregou ao Operador Nacional do Sistema a primeira versão de uma ferramenta de cálculo automático de MT, integrada ao programa Anarede. Este artigo apresenta os desenvolvimentos de uma etapa de pré-processamento dos dados de entrada e a utilização de contingências múltiplas de circuitos, recentemente incorporados à ferramenta e validados utilizando-se um caso real do sistema brasileiro referente ao Leilão A-4 2018 na região do estado de São Paulo.

PALAVRAS-CHAVE

Margem de Transmissão, Leilão de Energia, Planejamento da Expansão, Anarede

1.0 - INTRODUÇÃO

Desde 2013, o Ministério de Minas e Energia (MME) realiza Leilões de Energia que consideram, dentre outros aspectos, o conceito de Margem de Transmissão (MT), que consiste no cálculo da máxima injeção de potência ativa em um ponto do sistema sem que ocorram violações dos critérios de segurança, de modo que não sejam necessárias ampliações e reforços na rede de transmissão do Sistema Interligado Nacional (SIN). Esta modalidade de leilão procura respeitar a capacidade remanescente de transmissão do SIN para escoamento de geração na Rede Básica, Demais Instalações de Transmissão (DIT) e Instalações de interesse exclusivo de Centrais de Geração para conexão compartilhada (ICG). Para que esses leilões sejam possíveis, o Operador Nacional do Sistema (ONS) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) definem critérios e premissas que compõem a metodologia de cálculo, enquanto que os agentes interessados no leilão de energia definem os pontos a que desejam conectar os seus empreendimentos de geração. A partir dessas informações, o ONS efetua o cálculo das margens de transmissão, tomando como base um caso modificado do Plano de Ampliações e Reforços (PAR). Dentre as modificações consideradas, estão a inclusão dos empreendimentos de geração e transmissão já autorizados, previstos para estarem em operação dentro de uma janela temporal em torno da data definida para a entrega de energia dos empreendimentos vencedores no leilão. Desse modo, o caso base utilizado para os cálculos de MT garante que os novos empreendimentos não impactarão na operação daqueles já autorizados. Esses estudos resultam em uma nota técnica que lista os valores máximos de MT, admitidos por ponto de conexão cadastrado no leilão, assim como informações de equipamentos limitantes e contingências mais severas (1).

O cálculo da MT é dividido em três níveis: Barramento Candidato, que representa o ponto de conexão dos empreendimentos candidatos; Subárea, que representa um conjunto de Barramentos Candidatos que competem

por um mesmo meio de transmissão; e Área, que representa um conjunto de Subáreas que concorrem por um mesmo meio de escoamento de geração. A MT é então calculada por meio de um processo de incrementos sucessivos de geração, avaliando se, a cada passo de incremento de potência, ocorrem violações de tensão em barra ou violações de fluxo em linhas e transformadores na região observada, tanto para o critério de operação normal, quanto para o critério de operação em emergência. Além disso, nos níveis de Subárea e Área, são analisadas diferentes combinações de elevação de geração, buscando aquela mais restritiva, ou seja, a menor combinação de gerações que não cause violações. Essa busca de combinações resulta em um extenso processo combinatorial que, quando associado a diferentes patamares de carga, ao número de barramentos candidatos e ao número de contingências, exige um tempo excessivo dos analistas, dificultando o cálculo de forma manual. Nesse contexto, em 2016, o ONS consultou o CEPEL sobre o desenvolvimento de uma ferramenta de cálculo automática, resultando na incorporação ao Anarede, o programa de análise de redes desenvolvido pelo Centro, de um módulo para cálculo automático de MT, cuja primeira versão foi disponibilizada no final de 2018.

Desde então, o Anarede dispõe de um conjunto de códigos de execução que controlam a entrada de dados e a execução do cálculo da MT, além de permitir a execução de uma lista de contingências definidas pelo analista. Ao agregar o módulo de MT ao Anarede, o Cepel disponibilizou uma ferramenta capaz de utilizar todo o potencial de solução do fluxo de potência e ferramentas de monitoração disponíveis no programa. A ferramenta gera, como resultado, arquivos binários no formato Anarede, que armazenam os pontos de operação que definiram as margens, e dois arquivos em formato CSV ("*comma-separated values*") com os valores calculados para as margens e com as informações dos fatores limitantes de cada caso, ou seja, o equipamento violado e a contingência que causou a violação. Os resultados iniciais da utilização da ferramenta validaram sua coerência e exatidão, garantindo um maior tempo para análise de diferentes casos, visto que o processo automático é mais rápido do que o processo manual anteriormente executado pelo ONS.

O cálculo da MT considera algumas premissas que impactam na execução da ferramenta no Anarede. Entre elas está a premissa de que o caso fornecido pelo usuário, chamado de Caso Base, já deve conter todas as alterações previamente descritas e não deve apresentar violações de tensão e fluxo na região monitorada, tanto em operação normal quanto em operação de emergência. Além disso, o Caso Base deve ser capaz de suportar a chamada "elevação de subestação", que consiste em alterar os valores das gerações dos Barramentos Candidatos e de um conjunto complementar de gerações de subestações para os valores que se deseja partir o cálculo, dependendo da fonte de geração (2). Essa elevação representa um novo ponto de operação em relação ao Caso Base fornecido pelo usuário, chamado de Cenário Base, e serve como ponto de partida para as etapas de cálculo de margem de transmissão de Barramento Candidato e de Subárea. Esse Cenário Base pode apresentar problemas de convergência ou mesmo violações, de modo que, para garantir que a elevação das subestações não gere problemas de convergência ou de violação, tanto em operação normal quanto em emergência, foi incorporada ao Anarede uma etapa de pré-processamento que avalia a viabilidade da elevação das subestações antes do cálculo da margem propriamente dito. Caso seja detectado algum problema, o cálculo não é efetuado e um relatório informa para o usuário quais os problemas detectados no Caso Base ou no Cenário Base. No caso da elevação de subestação, um arquivo binário em formato Anarede é gerado contendo os Cenários Base que apresentaram problemas de elevação de subestações.

Outra melhoria realizada na ferramenta de cálculo de MT reside na seleção das contingências a serem analisadas. Originalmente, a ferramenta permitia a execução apenas de contingências simples de circuito, caracterizando o critério N-1 de análise de emergências. No entanto, algumas situações de contingência exigem a manobra de mais de um circuito de forma simultânea. Para permitir a representação dessas manobras, foi implementada uma alteração que permite a inclusão de contingências múltiplas de circuito, via código de execução DCTG (**D**ados de **ConT**in**G**ências).

O artigo detalha o desenvolvimento dessas duas melhorias e utiliza a ferramenta para analisar um caso real do SIN utilizado pelo ONS no Leilão A-4 de 2018 para avaliar as Margens de Transmissão no estado de São Paulo.

2.0 - CONCEITOS BÁSICOS

O correto entendimento do cálculo automático das Margens de Transmissão exige o conhecimento prévio de alguns conceitos e nomenclaturas relacionados à metodologia usada pelo ONS e EPE (1):

Barramento Candidato – Barramento da Rede Básica, DIT ou ICG, cadastrado como possível ponto de conexão de um ou mais novos empreendimentos de geração, seja por meio de conexão direta à rede de transmissão do SIN ou por meio de conexão no sistema de distribuição. Este barramento já pode conter uma geração existente no caso base ou ser um barramento sem nenhuma geração em que se estuda a conexão de uma nova unidade geradora.

Subestação – Instalação da Rede Básica, DIT ou ICG que contém um ou mais Barramentos Candidatos, além de barramentos de geração adicionais, se necessário. Nos níveis de cálculo de MT para Barramento Candidato e Subárea, existe a etapa de elevação da subestação, que consiste na alteração da geração de todos os

barramentos, sejam eles candidatos ou não, com geração da subestação em questão, formando o Cenário Base para os cálculos da MT.

Subárea do SIN – Representa um conjunto de Barramentos Candidatos que concorrem pelos mesmos recursos de transmissão, em que a elevação de um ou mais Barramentos Candidatos influencia a geração de outro Barramento Candidato da mesma região. Desse modo, não é possível, por exemplo, alocar o total de MT de todos os Barramentos Candidatos que compõem a Subárea e é necessário, então, avaliar qual a ordem ou combinação de gerações possíveis sem causar problemas de convergência ou violações.

Área do SIN – Representa um conjunto de Subáreas que concorrem pelos mesmos meios de transmissão. De forma análoga ao descrito para a Subárea, uma Área do SIN, no contexto de Margem de Transmissão, representa uma região em que as gerações de diferentes Subáreas influenciam entre si, de modo que não é possível despachar, por exemplo, o total das MT de todas as Subáreas sem causar problemas de violação ou convergência. Assim, no nível de cálculo de MT de Área também é necessário analisar diferentes combinações de gerações de Subáreas.

A Figura 1 ilustra os conceitos descritos anteriormente, onde é possível observar, por exemplo, como os barramentos A e B concorrem pelo mesmo meio de transmissão, formando a Subárea 1. Além disso, a Subárea 1 e a Subárea 2 compõem a Área 1, uma vez que concorrem pelo mesmo meio de escoamento de potência. Também é possível observar a formação da Subestação 1 composta pelo Barramento Candidato G, que não possui geração prévia existente, e pelo barramento de geração H, que não é um Barramento Candidato.

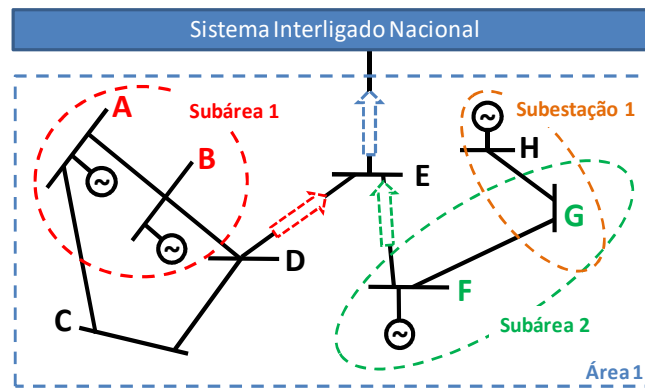


Figura 1. Sistema exemplo dos conceitos básicos da MT.

No programa Anarede, o controle da entrada dos dados necessários para o cálculo da MT e a execução da ferramenta são feitas pelos seguintes códigos de execução (3):

- Código de Execução D~~D~~EMT (**D**ados de **E**studo de **M**argem de **T**ransmissão): controla a entrada de dados de Barramentos Candidatos, Subestação, Subárea, Área, Potência de Curto-Circuito e Potência de Elevação de Subestação. É um código de execução obrigatório para o cálculo da MT.
- Código de Execução D~~D~~GMT (**D**ados de **G**eração para **M**argem de **T**ransmissão): controla a entrada de dados de gerações complementares e que compõem subestação com os Barramentos Candidatos do D~~D~~EMT e Potência de Elevação de Subestação. É um código de execução opcional para o cálculo da MT.
- Código de Execução D~~D~~CTG (**D**ados de **C**on~~C~~**T**in~~C~~**G**ências): controla a entrada de dados de contingência. É um código de execução opcional para o cálculo da MT.
- Código de Execução D~~D~~MTE (**D**ados de **M**onitoração de **T**ensão) e D~~D~~MFL (**D**ados de **M**onitoração de **F**luxo): controlam a entrada de dados de região selecionada para monitoração de tensão e fluxo, respectivamente. É um código de execução opcional para o cálculo da MT. Caso os códigos DMTE e DMFL não sejam utilizados, a ferramenta de cálculo da MT monitorará apenas as tensões dos Barramentos Candidatos e os fluxos das linhas conectadas a eles.
- Código de Execução E~~E~~XMT (**E**Xecuta cálculo da **M**argem de **T**ransmissão): inicia o cálculo da MT. Além disso, permite a entrada de dados de contingências por meio da linguagem de seleção do Anarede e definição do Passo de Geração (*default* de 20 MW) e Passo de Geração Mínimo (*default* de 5 MW) desejados.

Para cada Passo de Geração durante o cálculo automático da MT, é executado o fluxo de potência, as contingências são aplicadas e efetua-se a monitoração de tensão e fluxo dos equipamentos monitorados. O processo é mantido até o caso apresentar algum problema de convergência ou violações, seja em operação normal ou emergência, ou caso a MT calculada atinja o valor de Potência Máxima. Para o nível de Barramento Candidato

essa Potência Máxima é a Potência de Curto-circuito informada no código de execução DEMT. Já nos níveis de Subárea e Área, a Potência Máxima equivale a MT calculada no nível imediatamente anterior. Ao final do cálculo, os resultados são condensados em dois arquivos em formato CSV que contêm os valores das MT e os equipamentos e contingências limitantes (2).

3.0 - NOVAS FUNCIONALIDADES PARA O CÁLCULO DE MARGEM DE TRANSMISSÃO

3.1 Análise de Contingências Múltiplas de Circuitos

A ferramenta para cálculo de MT permite que o analista informe a lista de contingências a serem executadas de duas formas: por meio da linguagem de seleção do Anarede via o código de execução EXMT ou por meio do preenchimento do código de execução DCTG. Em ambos os casos, o Anarede executa o critério N-1 de circuitos, ou seja, efetua apenas a contingência simples de circuitos. Porém, existem casos que exigem manobras mais complexas para representar corretamente uma contingência, tais como o desligamento de mais de um circuito. Com esse objetivo, foi implementada uma modificação na ferramenta de MT do Anarede para que seja possível efetuar a manobra de mais de um circuito na mesma contingência, executando-se, portanto, uma contingência múltipla de circuitos.

No entanto, esta possibilidade está disponível apenas quando da execução da ferramenta de MT utilizando o código de execução DCTG para fornecimento das contingências a serem analisadas, por meio dos comandos *CIRD* (Desliga Circuito) e *CIRL* (Liga Circuito). Contingências de outros tipos, tais como um desligamento de barra (comando BARD) ou de geração (comando GERA), continuam bloqueados e serão removidas da lista de contingências efetivamente executada pela ferramenta de MT.

3.2 Etapa de Pré-Processamento de Caso

Como visto anteriormente, o cálculo automático de MT envolve a análise de diversos cenários de geração, além de conter uma etapa de análise combinatória, fatores estes que podem elevar consideravelmente o seu tempo de execução. Além disso, as entradas de dados de região de monitoração de tensão e fluxo, bem como da lista de contingências, têm impacto significativo nos resultados das margens em seus três níveis. Dessa forma, é possível destacar que a correta identificação de tais elementos agrega agilidade para a elaboração dos *decks* para a solução da MT.

Neste contexto, foi desenvolvido no programa Anarede uma fase de pré-processamento dos dados de entrada que avalia se o Caso Base utilizado como ponto de partida está apto para o início do cálculo de MT. As análises realizadas, de forma automática pelo módulo, baseiam-se no fato de que a região monitorada do Caso Base não poderá conter violação de tensão e fluxo, tanto em condição normal, quanto em emergência. Além disso, as contingências não podem causar ilhamento, tanto com ou sem barra de referência, nem causar problemas de convergência no caso.

Como uma primeira etapa, a fase de pré-processamento avalia a viabilidade do Caso Base com relação a convergência do fluxo de potência e com relação a monitoração de tensão e fluxo na região selecionada. Caso o próprio Caso Base já apresente problemas de convergência ou de violação, a ferramenta interrompe a execução e emite um relatório informando o tipo do problema.

Em seguida, a fase de pré-processamento inicia a avaliação da lista de contingências fornecidas pelo usuário, seja via linguagem de seleção ou via código de execução DCTG, verificando se alguma contingência causa algum problema de ilhamento, de convergência ou de violação. Nesse caso, ao final da avaliação, se houve a identificação de algum problema entre estes anteriormente listados, o processo de execução é interrompido e um relatório é impresso com as informações das contingências inconsistentes. Se o usuário optar por ativar a opção CCMT (**C**ontinua **C**álculo de **M**argem de **T**ransmissão), em conjunto com o código EXMT, o programa continua a solução do cálculo de MT, mesmo identificando problemas em contingências. Neste caso, o programa automaticamente retira as contingências inconsistentes da lista a ser utilizada durante o cálculo, e um relatório é impresso com essas contingências ignoradas.

No caso da execução de contingências múltiplas que causem ilhamento do sistema sem barra de referência, as barras ilhadas pela contingência serão desligadas automaticamente se forem definidas como tipo "Auxiliar", conforme indicado no relatório da Figura 2.

representadas como Modo de Visualização Auxiliar, desenhadas como pontos, como por exemplo as barras 17616, 11943 e 11908, e que serão desligadas automaticamente pela ferramenta, no caso de ilhamento.

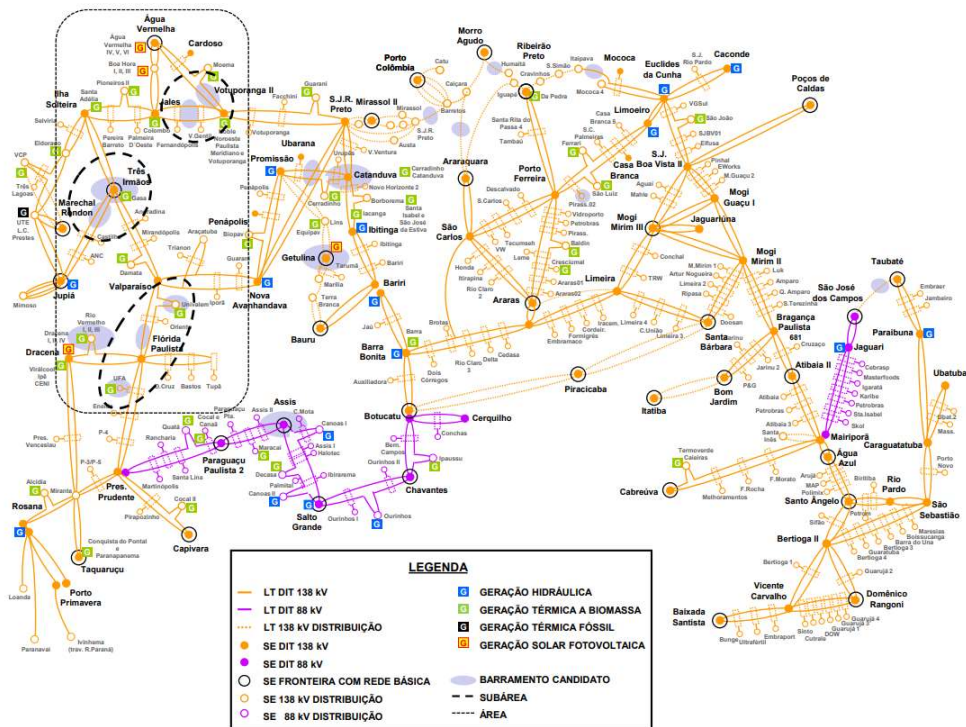


Figura 4. Rede DIT do Estado de São Paulo - Sistema real do SIN.

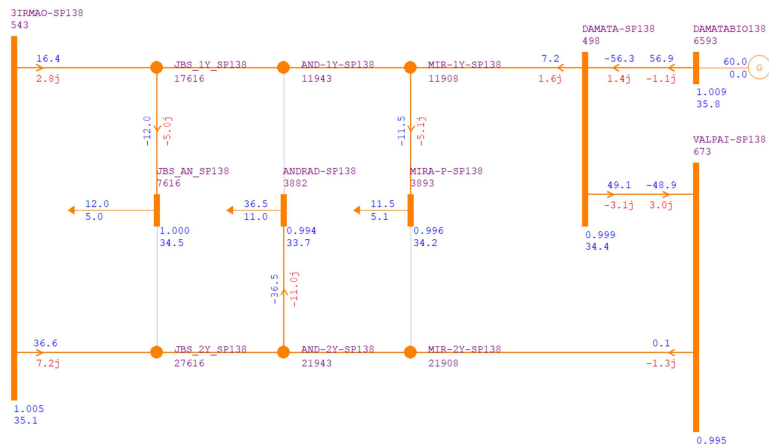


Figura 5. Diagrama unifilar da região de Três Irmãos, em São Paulo, ilustrando a configuração de alimentação de "duplo tap".

Para a análise deste artigo, considerou-se sete Barramentos Candidatos, três Subáreas e uma Área, conforme apresentados na Figura 6. A região de interesse apresentada na Figura 4 foi usada como base para definir as barras e os circuitos a serem monitorados. Foi utilizado um Passo de Geração de 50 MW e um Passo Mínimo de 5 MW, além de 62 contingências de circuito via código de execução DCTG, das quais 31 são contingências múltiplas. Por uma questão de espaço, a lista completa de contingências será omitida.

Barramento Candidato		Subestação	Subárea	Área
Número	Identificação			
99801	PTOI_AVERVOT	1	1	1
99802	PTOII_JALVOT	2		
99803	PTOIII-TIRM	3	2	
99804	PTOIV-JUPIA	4		
99705	PTOV_FLOPP	5	3	
99706	PTOVI_FLOPP	6		
99707	PTOVII_VALFL	7		

Figura 6. Lista de Barramentos Candidatos, Subestações, Subáreas e Área do caso em análise.

As Figuras 7 a 9 apresentam os resultados obtidos pela ferramenta de cálculo automático de MT, os quais são bastante próximos dos obtidos para o mesmo cenário na determinação das margens em (4). Vale ressaltar que os resultados obtidos pela ferramenta apresentaram uma margem de Área bem inferior àquela definida pelo processo manual usado em (4). Essa maior limitação é devida ao resultado da Subárea 1, que por sua vez foi limitada pela margem do Barramento 99802 – Ponto II. Essa maior discrepância pode ser explicada devido ao fato de que o limitante para o Barramento 99802, ou seja, o carregamento na linha entre Água Vermelha 138kV e Boa Hora 138kV, é uma violação com sensibilidade relativamente baixa em relação a incrementos de geração nas Subáreas 2 e 3 e que, quando em análise no âmbito da Área, tende a ser desconsiderada. Porém, essa abordagem não pode ser feita durante o processo automático, de modo que o limitante do Ponto II se propaga para o restante das etapas. Além disso, eventuais ajustes manuais realizados pelo analista, como mudança de barra de referência e análise de pequenas violações, também influenciam no resultado. No entanto, os resultados de limitantes estão de acordo com o esperado.

A Figura 10 apresenta as contingências que foram definidas como limitantes para o cálculo da MT, enquanto a Figura 11 apresenta um resumo do total de casos analisados e tempos de execução para cada etapa do cálculo da MT. Destaca-se que a etapa de validação apresenta um tempo de execução reduzido quando comparado ao tempo das demais etapas, porém agrega muito valor à ferramenta, uma vez que verifica a entrada de dados informada pelo usuário, viabilizando o início do processo de solução e permite uma avaliação preliminar do Caso Base.

Barramento Candidato		Margem de Transmissão (MW)			
Número do Barramento	Identificação do Barramento	Barramento		Margem da Subárea	Margem da Área
		Margem Operação Normal	Margem Operação Emergência		
99801	PTOI_AVERVOT	<= 262.50	<= 105.00	PTOII_JALVOT +	PTOII_JALVOT + PTOI_AVERVOT + + PTOIV-JUPIA + PTOIII-TIRM + + PTOVI_FLOPP + PTOV_FLOPP + PTOVII_VALFL <= 93.75
99802	PTOII_JALVOT	<= 223.75	<= 93.75	PTOI_AVERVOT <= 93.75	
99803	PTOIII-TIRM	<= 875.00	<= 625.00	PTOIV-JUPIA + PTOIII-TIRM <=	
99804	PTOIV-JUPIA	<= 673.75	<= 568.75	568.75	
99705	PTOV_FLOPP	<= 106.25	<= 106.25	PTOVI_FLOPP + PTOV_FLOPP +	
99706	PTOVI_FLOPP	<= 281.25	<= 106.25	PTOVII_VALFL <= 106.25	
99707	PTOVII_VALFL	<= 162.50	<= 137.50		

Figura 7. Valores de Margens de Transmissão calculados para os níveis de Barramento Candidato, Subárea e Área.

Barramento Candidato	Operação Normal					Operação Emergência				
	Equipamento Limitante			Contingência Limitante		Equipamento Limitante			Contingência Limitante	
	Fator Limitante	Nome DE	Nome PARA	Circ.	Num.	Identificação	Fator Limitante	Nome DE	Nome PARA	Circ.
99801	Fluxo	AVERME-SP138	AVERME-SP440	1	35	AVERME-SP138 AVERME-SP440 (1)	Fluxo	VOTUP2-SP138	VOT-2Y-SP138	2
99802	Fluxo	PONTO_IVLEN1	VTG-1Y-SP138	1	14	AVERME-SP138 BHORA-UFV138 (1)	Fluxo	AVERME-SP138	BHORA-UFV138	2
99803	Fluxo	3IRMAO-SP138	3IRMAO-SP440	1	14	AVERME-SP138 BHORA-UFV138 (1)	Fluxo	AVERME-SP138	BHORA-UFV138	1
99804	Fluxo	JUPIA--SP138	JUPIA--SP440	1	61	JUPIA--SP138 PONTO_IVLEN1 (1)	Fluxo	PONTO_IVLEN1	CAS-2Y-SP138	2
99705	Fluxo	ENE-1Y-SP138	FLO-1Y-SP138	1			Margem N foi limitante			
99706	Fluxo	ORI-1Y-SP138	PONTO_VILEN1	1	50	TAQURA-SP138 TAQUAR-SP440 (1)	Tensão	R.VER-BIO138		
99707	Fluxo	VALPAI-SP138	UNIVAL-SP138	2	45	VALPAI-SP138 UNIVAL-SP138 (2)	Fluxo	UNIVAL-SP138	ORI-2Y-SP138	2

Figura 8. Fatores limitantes para a etapa de Barramento Candidato.

Barramento Candidato	Subarea						Area					
	Contingência Limitante			Equipamento Limitante			Contingência Limitante			Equipamento Limitante		
	Num.	Identificação	Fator Limitante	Nome DE	Nome PARA	Circ. Num.	Identificação	Fator Limitante	Nome DE	Nome PARA	Circ.	
99801 99802	14	AVERME-SP138 BHORA-UFV138 (1)	Fluxo	AVERME-SP138	BHORA-UFV138	2						
99803 99804	61	JUPIA--SP138 PONTO_IVLEN1(1)	Fluxo	PONTO_IVLEN1	CAS-2Y-SP138	2	14	AVERME-SP138 BHORA-UFV138 (1)	Fluxo	AVERME-SP138	BHORA-UFV138	2
99705 99706 99707	41	FLORID-SP138 R.VER-BIO138 (1)	Tensão	R.VER-BIO138								

Figura 9. Fatores limitantes para as etapas de Subárea e Área.

Num.	Identificação	Elementos Manobrados			Operação
		Nome DE	Nome PARA	Circ.	
14	AVERME-SP138 BHORA-UFV138 (1)	AVERME-SP138	BHORA-UFV138	2	Desligar
35	AVERME-SP138 AVERME-SP440 (1)	AVERME-SP138	AVERME-SP440	1	Desligar
41	FLORID-SP138 R.VER-BIO138 (1)	FLORID-SP138	R.VER-BIO138	1	Desligar
45	VALPAI-SP138 UNIVAL-SP138 (2)	VALPAI-SP138	UNIVAL-SP138	2	Desligar
50	TAQURA-SP138 TAQUAR-SP440 (1)	TAQURA-SP138	TAQUAR-SP440	1	Desligar
61	JUPIA--SP138 PONTO_IVLEN1 (1)	JPTR1Y-SP138	JUPIA--SP138	1	Desligar
		JPTR1Y-SP138	ANC-1Y-SP138	1	Desligar
		JPTR1Y-SP138	CAS-1Y-SP138	1	Desligar
		PONTO_IVLEN1	CAS-1Y-SP138	1	Desligar

Figura 10. Lista das contingências limitantes para o cálculo da MT.

Etapa	Tempo de Execução [s]	Casos Analisados
Validação	10,0	63
Barramentos	656,6	3985
Subáreas	46,3	254
Área	39,3	229
Total	752,2	4531

Figura 11. Resumo de casos analisados e tempos de execução.

5.0 - CONCLUSÕES

A ferramenta de cálculo automático de MT integrada ao Anarede proporciona maior agilidade, simplicidade e reprodutibilidade para a execução dos cálculos necessários para subsidiar os leilões de energia realizados pelo MME, além de seguir as premissas definidas pelo ONS e pela EPE. Os resultados são coerentes e a ferramenta está sendo amplamente utilizada nos estudos dos leilões realizados pelo ONS. Novas implementações foram realizadas, dotando a ferramenta de novas possibilidades de execução. As contingências múltiplas de circuito garantem a execução de esquemas complexos de contingências, enquanto que a etapa de pré-processamento auxilia o analista na seleção e no ajuste de casos para cálculo da MT, evitando investimento de tempo em casos inadequados. Os resultados obtidos, após a implementação das novas funcionalidades, estão coerentes, quando comparados aos resultados obtidos de forma manual, garantindo a eficácia e robustez da ferramenta. Eventuais discrepâncias se devem ao fato da ferramenta utilizar um processo automático de cálculo, o que inibe ajustes pontuais durante o processo de solução, que podem influenciar no valor da margem. Para trabalhos futuros estuda-se a possibilidade do uso de computação paralela em ambiente Windows, uma vez que a ferramenta apresenta etapas de cálculo independentes entre si e com grande potencial de paralelismo. Adicionalmente, estuda-se novas melhorias na ferramenta que possam permitir uma maior adequação com os estudos normalmente realizados, além de avaliar-se a possibilidade de implementação de novas funcionalidades que auxiliem o analista na identificação da formação de subáreas e áreas.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Nota Técnica ONS NT 0142/2017 / EPE-DEE-RE-091/2017. LEN A-4/2018: Metodologia, Premissas e Critérios para a Definição da Capacidade Remanescente do SIN para Escoamento de Geração pela Rede Básica, DIT E ICG; 21 de dezembro de 2017.

(2) ALVES, F.R.M.; LA GATTA, P.O.; FERNANDES, R.P.; ALMEIDA, L.P.; NUNES, R.; COLAÇO, E.T.M.; SANT'ANNA, E.G.S.; ANJOS, A.D.F.; SOUZA, A.; E MAZON, C.J. Ferramenta Computacional para Automatização do Cálculo da Margem de Transmissão; XIV Symposium of Specialists in Electric Operational and Expansion Planning – XIV SEPOPE – Recife, PE, Brasil – 2018

(3) Manual do Usuário do Programa de Análise de Redes – Anarede – Versão 11.02.01 – Abril de 2019

(4) Nota Técnica ONS NT 0016/2018. LEN A-4/2018: Quantitativos da Capacidade Remanescente do SIN para Escoamento de Geração pela Rede Básica, DIT e ICG; 21 de fevereiro de 2018.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Renan Pinto Fernandes é pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) desde 2014, onde trabalha como parte da equipe de desenvolvimento do programa Anarede. Possui graduação (2012) e mestrado (2014) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Tem experiência nas áreas de análise de sistemas de potência, em regime permanente e dinâmico, e em planejamento da expansão e da operação. Foi Presidente do Capítulo PES do IEEE entre 2016 e 2019.