



## **Grupo de Estudo de Operação de Sistemas Elétricos-GOP**

### **Utilização do Sistema de Pré-Avaliação de Segurança no ONS**

**JOAO TITO ALMEIDA VIANNA(1); JORGE LUIZ JARDIM(2); YASMIN MONTEIRO CYRILLO(3); NATÁLIA RIBEIRO DE MENEZES(4); DIOGO PEREIRA MARQUES CRUZ(5); ISAIAS DOS SANTOS SILVÉRIO LINO(6); ALEXIS CABANAS ESTEVES(7); ONS(1);HPPA(2);ONS(3);ONS(4);ONS(5);ONS(6);ONS(7);**

## **RESUMO**

O Sistema de Pré-Avaliação de Segurança (SPAS) é um sistema que reúne dados operativos para um horário futuro e, a partir de uma rede de referência, gera um cenário de operação previsto. Por meio de análises de natureza estática e dinâmica, seu objetivo é prever condições de risco operativo com antecedência razoável, que permita a tomada de decisões que levem às condições para mitigar os efeitos dos riscos vislumbrados. O presente trabalho apresenta o estudo de ocorrência no SIN, no dia 08/04/2019, quando a região metropolitana do Rio de Janeiro foi acometida por grandes volumes de chuva.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Análise de Segurança, Tempo Real, Análise Preditiva, Organon, DSA

### **1.0 - INTRODUÇÃO**

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) tem como missão a garantia do suprimento de energia elétrica no Brasil, visando equilíbrio entre segurança e custo global de operação [1]. Este objetivo é foco do trabalho em toda a cadeia do Operador, desde o horizonte de cinco anos à frente até a operação em tempo real. Especialmente nos períodos que antecedem a operação em tempo real, as análises possuem enfoque na preparação do sistema, visando economicidade e minimização do número de ações necessárias em tempo real.

Para tal, equipes de Planejamento e Programação da Operação realizam análises em pontos de operação típicos, de forma a mapear pontos de risco à segurança do sistema e definir medidas mitigatórias que servem de base para atuação da equipe de sala de controle.

Tradicionalmente, a segurança operativa é monitorada com base em limites operativos (carregamento de equipamentos e faixas de tensão) e em inequações definidas pelas equipes de planejamento. Basicamente, as inequações são frutos de estudos de contingências que podem afetar o sistema elétrico e que podem vir a causar desde sobrecargas e pequenos cortes de carga até um blecaute. Elas sinalizam que o sistema pode estar em risco, caso alguma contingência previamente estudada aconteça.

Sendo assim, não basta que o sistema esteja operando sem violar nenhum dos limites de equipamentos ou faixas de tensão. É preciso que ele esteja preparado para a ocorrência de qualquer contingência, sem que o suprimento de carga seja afetado. O critério de segurança da operação é definido em [2], onde coloca-se que o sistema deve operar segundo o critério N-1, ou seja, o sistema deve suportar, a qualquer tempo, a perda de qualquer um dos seus equipamentos. Em condições excepcionais, descritas em [2], critérios mais restritivos podem ser adotados.

Com o aumento da complexidade operativa e das incertezas no âmbito da operação de tempo real, existe a

necessidade constante das ferramentas de monitoramento do sistema. Já em 2007, um grupo de trabalho do Cigré apontava a análise de segurança dinâmica (DSA) como elemento essencial para garantia de segurança operativa. Em [3], apresentam-se os aspectos relevantes para uma análise DSA, incluindo a visão dos sistemas de tempo real utilizados pelos Operadores Independentes de Sistema (OIS) à época.

Como ferramenta DSA, o ONS utiliza o Organon, que é utilizado tanto na etapa de planejamento quanto em análises de tempo real [4]. O Organon permite a definição de regiões de segurança, que possuem uma visualização em formato semelhante a um radar, mostrando a segurança do ponto operativo atual e a proximidade do mesmo em relação a uma eventual condição insegura.

Uma região de segurança é definida por um grupo de contingências, três grupos de usinas e um conjunto de circuitos sob monitoração. O Organon analisa as contingências no ponto operativo atual (caso de fluxo de potência) e varia a geração nos grupos de usinas definidos. Assim, analisa-se tanto a segurança do ponto operativo quanto a sua vizinhança (sendo a vizinhança dada por alterações nas gerações dos grupos definidos). A simulação pode ser estática ou dinâmica.

Um exemplo de resultado de região de segurança é mostrado na Figura 1. Nela, nota-se que o ponto operativo (cruz amarela) se encontra em uma região de operação segura (fundo verde). Na mesma figura, o fundo amarelo indica uma região em que alguma contingência causaria sobrecarga em equipamentos do SIN e o fundo vermelho, uma região de insegurança operativa ou o alcance dos limites de geração das usinas do grupo de geração. Mais detalhes a respeito de uma região de segurança podem ser obtidos em [4].

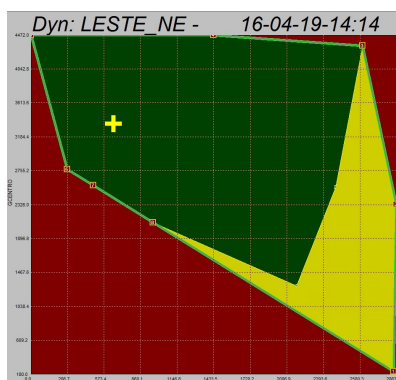


Figura 1. Exemplo de região de segurança calculada pelo Organon

O uso desta ferramenta em tempo real é especialmente importante nos momentos em que se está operando com a rede alterada. Isso porque uma rede alterada significa uma situação operativa não prevista no momento do planejamento e, portanto, é possível que as inequações não estejam bem ajustadas à situação vivida em tempo real. Assim, uma ferramenta de tempo real que realize cálculos desta natureza, como complemento às ferramentas tradicionais de acompanhamento da segurança operativa, significa uma boa melhoria para a operação de tempo real e um bom respaldo quanto à segurança operativa do sistema.

Ainda que dispondo de uma boa ferramenta de análise de segurança de tempo real, o ONS, visando aprimorar as ferramentas de monitoração do sistema, contratou o desenvolvimento do Sistema de Pré-Avaliação de Segurança (SPAS) [5]. Este sistema é uma evolução dentro do programa Organon e tem por objetivo gerar regiões de segurança para cenários operativos futuros, possibilitando, à operação de tempo real, agir preventivamente frente a uma possibilidade de risco futuro.

Além da aplicabilidade em tempo real, da mesma forma que a ferramenta Organon, as funcionalidades do Sistema de Pré-Avaliação de Segurança também podem ser aplicadas em outras etapas do trabalho do ONS. Entretanto, o presente trabalho possui enfoque no seu uso em sala de controle, deixando as outras aplicações para trabalhos futuros. O próximo item apresenta as funcionalidades do SPAS; o item 3.0 - , o estágio atual de utilização do mesmo no ONS e um exemplo de aplicação da ferramenta e, no item 4.0 - , as conclusões do presente trabalho.

## 2.0 - O SISTEMA DE PRÉ-AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA

A funcionalidade básica do Sistema de Pré-Avaliação de Segurança é a geração de cenários. A geração de cenários necessita dos parâmetros e estados de uma rede elétrica (caso de referência), dados de previsão de carga, de programação de geração por usina, de programação para elementos de fluxo controlado (elos CC e transformadores defasadores) e do programa de intervenções.

De posse de tais dados, o Organon modifica o caso de referência, inserindo os dados futuros e executa um fluxo de potência ótimo (FPO) para ajuste do caso. Após convergência do FPO, tem-se um novo caso de fluxo de potência que representa um ponto operativo futuro. A Figura 1 apresenta um esquema da geração de cenários do SPAS.

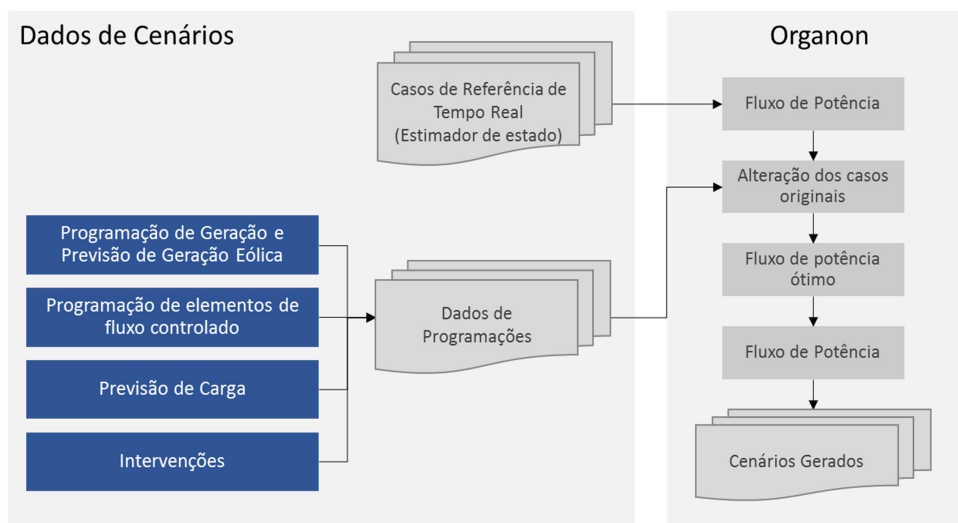


Figura 2. Geração de cenários do Sistema de Pré-Avaliação de Segurança

A partir da geração de cenários, foram desenvolvidas então, três funcionalidades, de forma a se explorar esta nova capacidade do Organon e gerar valor para os processos do ONS. Cada uma delas é explicada nas seções a seguir.

### 2.1 Análise de Segurança Preditiva Online

Uma funcionalidade do Sistema de Pré-Avaliação de Segurança é a análise de segurança preditiva *online*, ou seja, em tempo real, na sala de controle. Até o desenvolvimento deste sistema, as salas de controle do ONS contavam apenas com a região de segurança de tempo real, calculada para o último caso base de tempo real, gerado pelo estimador de estado.

Dado que o ambiente de tempo real conta com previsão de carga e, também, com um previsor de geração eólica atualizados a cada hora, foi desenvolvido um automatismo para que as equipes de tempo real possam observar até três nomogramas previstos no horizonte de até duas horas e meia à frente do momento atual.

Desta forma, além de contar com o nomograma do ponto operativo atual, a sala de controle passa a vislumbrar o futuro operativo próximo, de maneira a detectar riscos operativos com maior disponibilidade de tempo para atuações preventivas.

A análise preditiva online tem como caso de referência sempre o último caso gerado pelo estimador de estado, que reflete a condição operativa atual. As opções para previsão de carga, programação de geração e perfil de tensão do caso futuro são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Opções da análise de segurança preditiva online

<b>Caso de Referência</b>	– Último caso de tempo real
<b>Previsão de Carga</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Carga do caso de referência</li> <li>– Carga do Previsor de Carga de Curto Prazo (PCCP), atualizado de hora em hora;</li> <li>– Carga do Programa Diário de Produção (PDP), atualizada no dia anterior à operação (D-1);</li> <li>– PCCP ajustado (ajuste baseado na carga atual)</li> <li>– PDP ajustado (ajuste baseado na carga atual)</li> </ul>
<b>Geração</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Geração do caso de referência</li> <li>– Geração programada pelo PDP (contempla geração eólica atualizada de hora em hora)</li> </ul>
<b>Perfil de tensão</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Caso de referência</li> <li>– <i>Flat</i> (1pu para todas as barras)</li> <li>– Mista (mantém tensão do caso de referência para barras PV e 1pu para o restante)</li> </ul>

As regiões de segurança calculadas são exibidas ciclicamente, em intervalos de tempo configurados pelo usuário. Visando a facilidade de interpretação dos resultados, a cor de fundo do nomograma gerado é a tradicional grená para o caso de tempo real (Figura 1), branca para a primeira previsão realizada e preta para a segunda previsão (Figura 7).

## 2.2 Análise de Segurança Preditiva Offline

Da mesma maneira que a visualização de regiões de segurança futuras pode ser útil à operação de tempo real, foi desenvolvida a análise de segurança preditiva offline. A funcionalidade é basicamente a mesma, entretanto não se limita o número de previsões a serem realizadas, como foi feito para o caso de uso do tempo real.

As opções de execução são basicamente as mesmas de tempo real. Entretanto, dado que o horizonte da análise se estende para um período de um ou dois dias (no lugar de poucas horas), não é recomendado que se use o último caso de tempo real como referência.

Tipicamente, recomenda-se que as análises de segurança offline sejam realizadas utilizando-se casos de tempo real de um dia típico. Por exemplo, se for desejado observar pontos operativos previstos para uma terça-feira, recomenda-se o uso de casos de referência de uma terça-feira anterior, com situação operativa similar à esperada no dia da análise.

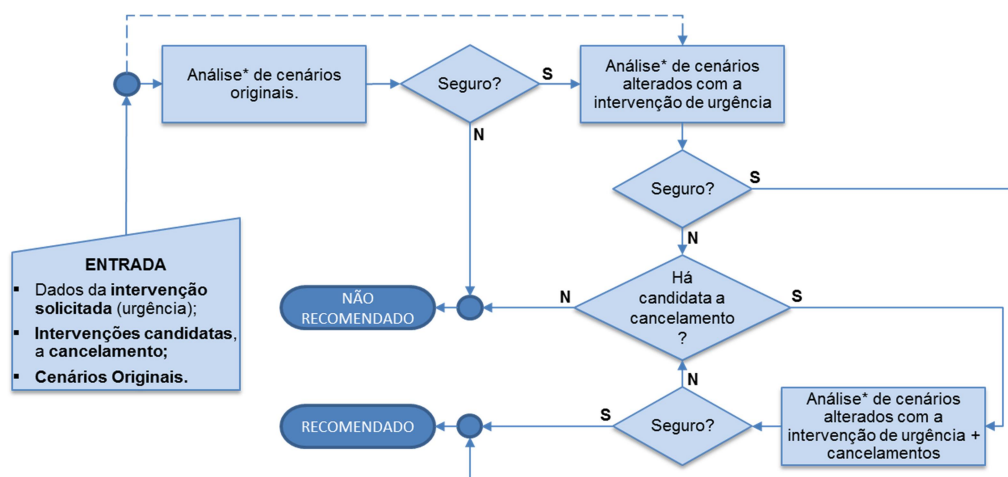
Da mesma forma que na online, a análise de segurança offline exibe ciclicamente os nomogramas calculados.

### 2.3 Pré-Avaliação de Intervenções (PAVI)

Uma funcionalidade mais avançada do Sistema de Pré-Avaliação de Segurança é o módulo de pré-avaliação de intervenções. O PAVI tem por objetivo analisar uma intervenção de urgência e dar um parecer ao profissional analista a respeito desta intervenção não prevista.

Uma intervenção de urgência é basicamente uma intervenção que ocorreu depois do fechamento do Programa Diário de Operação, ou seja, sua análise e liberação é responsabilidade da equipe de tempo real. Muitas vezes, uma intervenção desta natureza decorre de um risco a algum equipamento detectado no campo, portanto, é comum haver a possibilidade de tal intervenção ocorrer.

Dependendo do impacto desta nova intervenção, pode ser necessário que outras já previstas sejam canceladas, sempre buscando manter a segurança operativa do sistema. Sendo assim, o PAVI foi desenvolvido da seguinte maneira: o usuário informa a intervenção de urgência, o período previsto da intervenção e aponta para o Organon a lista de contingências estáticas ou eventos dinâmicos a se avaliar, bem como as intervenções candidatas a cancelamento, caso algum cancelamento se faça necessário.



\*Verificação de violações no caso, seguida de análise estática ou dinâmica

Figura 3. Fluxograma do módulo PAVI do Sistema de Pré-Avaliação de Segurança

De posse destes dados, o Organon gera cenários com essa nova intervenção e analisa a segurança operativa dos mesmos, com base nas contingências definidas pelo usuário. Sendo detectado algum risco operativo, o Organon passa a analisar os cancelamentos apontados pelo analista, em busca de pontos operativos seguros. Ao final do processo, o PAVI indica ao analista se a intervenção deve ser aprovada ou não e, em caso positivo, se algum cancelamento deverá ser realizado. A Figura 3 apresenta um fluxograma que representa o algoritmo do PAVI.

### 3.0 - ESTÁGIO ATUAL E APLICAÇÃO DO SPAS

Dada a importância e impacto das decisões de tempo real tomadas pelo ONS, a decisão baseada em uma ferramenta nova e complexa como o Sistema de Pré-Avaliação de Segurança só deve ser realizada após estudos exaustivos que comprovem a confiabilidade dos resultados do sistema frente aos mais diversos cenários operativos.

Conforme já mostrado na Tabela 1, o sistema conta com os dados de programação de geração (feita em D-1), a previsão de carga utilizada na etapa de programação, previsão de carga e previsão de geração eólica atualizadas a cada hora, além de novas intervenções cadastradas.

Dado que a programação diária, realizada em D-1, observa os requisitos de segurança do sistema, o principal uso do SPAS se dá justamente quando ocorrem eventos imprevistos, após o fechamento da programação. Da mesma forma, é necessário avaliar com a profundidade devida, os erros que o sistema apresenta frente aos vários desvios possíveis.

É neste estágio que o ONS se encontra com relação ao uso do SPAS: é preciso garantir que o resultado seja confiável, de forma que ele se torne uma ferramenta efetiva e eficaz no apoio à tomada de decisão em tempo real.

#### 3.1 Aplicação do SPAS: chuva no Rio de Janeiro em 08/04/2019

A seguir, será apresentada uma análise dos resultados fornecidos pelo SPAS, dados os eventos do dia 08/04/2019, quando uma forte chuva atingiu a região metropolitana do Rio de Janeiro. Neste dia, foram observados, na rede elétrica do estado do Rio de Janeiro, dois eventos de interesse para a análise a seguir. Tais eventos ocorreram em linhas de transmissão que afetam o suprimento de energia do estado do Rio para o Espírito Santo, como pode ser visto na Figura 4. Os eventos ocorridos na data estão representados com seus respectivos horários, na Figura 5.

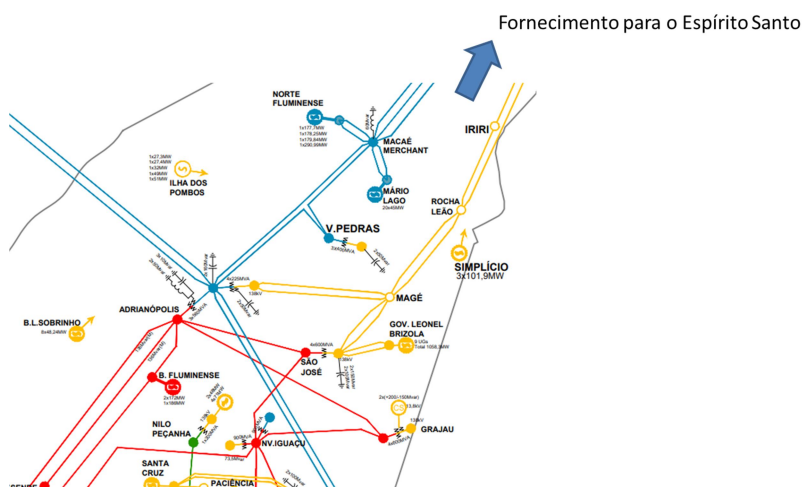


Figura 4. Recorte da rede do Rio de Janeiro – linhas que sofreram contingência em 08/04/2019



Figura 5. Eventos na rede elétrica do Rio de Janeiro no dia 08/04/2019

### 3.1.1 Nomogramas de tempo real (sem SPAS)

A Figura 6 apresenta nomogramas obtidos a partir dos casos de tempo real verificados no dia 08/04. Na figura, o nomograma da esquerda, na primeira linha, mostra como estava a região de segurança que analisa a rede Rio-Espírito Santo, às 13:39, poucos minutos antes da ocorrência. Vê-se o ponto operativo dentro da região verde, o que indica uma operação segura.

O nomograma do meio, na primeira linha, calculado com o caso de referência das 13:45 – logo após a ocorrência do evento – mostra o ponto operativo sobre a área amarela. Isso indica que, para pelo menos uma das contingências analisadas no cálculo da região de segurança, ou mesmo no próprio ponto de operação futuro, algum dos circuitos remanescentes apresentará sobrecarga. Uma análise posterior mostra que a perda de um transformador de Adrianópolis deixaria o outro com um carregamento de 111,12% do seu valor nominal, caracterizando a sobrecarga assinalada. Além disso, a perda dupla dos circuitos Adrianópolis – Macaé e Adrianópolis – V. das Pedras também implicaria em leve sobrecarga de um transformador de Adrianópolis, resultando em um carregamento de 100,22%.

Os nomogramas da direita, na primeira linha, e da esquerda, em baixo, mostram que as violações identificadas permanecem nos horários de 14:04 e 14:30. Por fim, o nomograma à direita, na linha de baixo, já às 15:35, mostra a volta do ponto de operação à região segura.

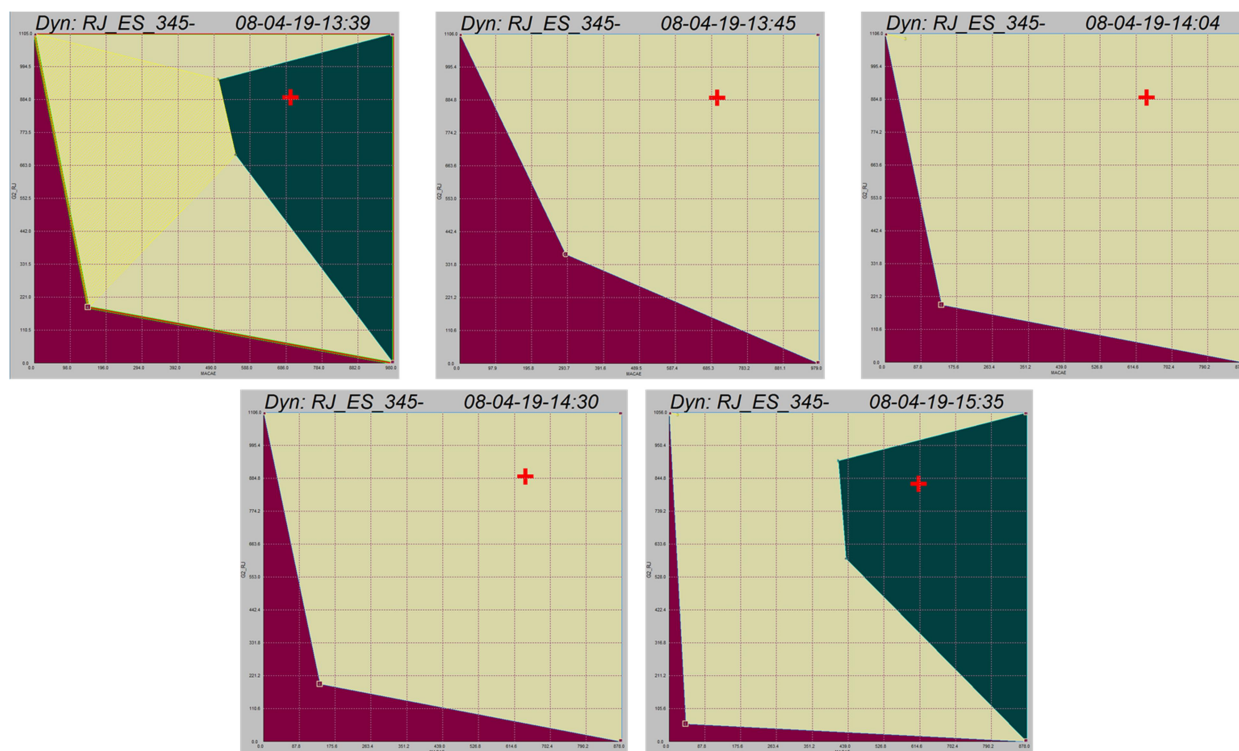


Figura 6. Nomogramas dos casos de Tempo Real para a área Rio-Espírito Santo em 08/04/2019

### 3.1.2 Simulações com o SPAS

Caso o SPAS já estivesse em pleno uso nas salas de controle do ONS, na data de ocorrência do evento analisado, teríamos os resultados apresentados na Figura 7 e na Figura 8. Nota-se que, antes da ocorrência do evento, as previsões para 14:00 e 14:30 (Figura 7) indicavam previsões de pontos operativos seguros, que não se verificaram, como apresenta a Figura 6.

Isso ocorreu porque o SPAS não foi programado para prever a ocorrência de um evento. Os cenários previstos são baseados em dados probabilísticos (previsão de carga realizada na etapa de programação e previsão de geração eólica) e em dados determinísticos (dados de geração e intervenções programada na etapa de programação). As contingências aplicadas no estudo também são determinísticas, definidas pelo usuário.

A partir das 13:45, após o desligamento do circuito Adrianópolis – Venda das Pedras, os cenários previstos passam a ter como referência um caso que já contém tal desligamento. Assim, as previsões passam a contemplar este desligamento e a sobrecarga é sinalizada também para 14:30 e 15:00. Dessa forma, o operador em sala de controle, logo após o evento, além de saber que o mesmo trouxe risco operativo ao sistema, recebe a informação de que esta violação permanecerá no sistema, caso nenhuma providência seja tomada. Na própria Figura 8, vê-se o nível de sobrecarga do caso de tempo real e das previsões, que foram calculados em análise à parte.



Dados os cenários previstos, seus resultados foram confrontados com os dados verificados. Um resumo é apresentado na Tabela 2. Um ponto de atenção é que, às 14:30, o segundo desligamento havia ocorrido (observar Figura 5). Como o SPAS não tinha conhecimento de tal evento, os resultados foram afetados. Já para o caso das 15:00, a violação prevista apresentou erro aproximado de 2%.

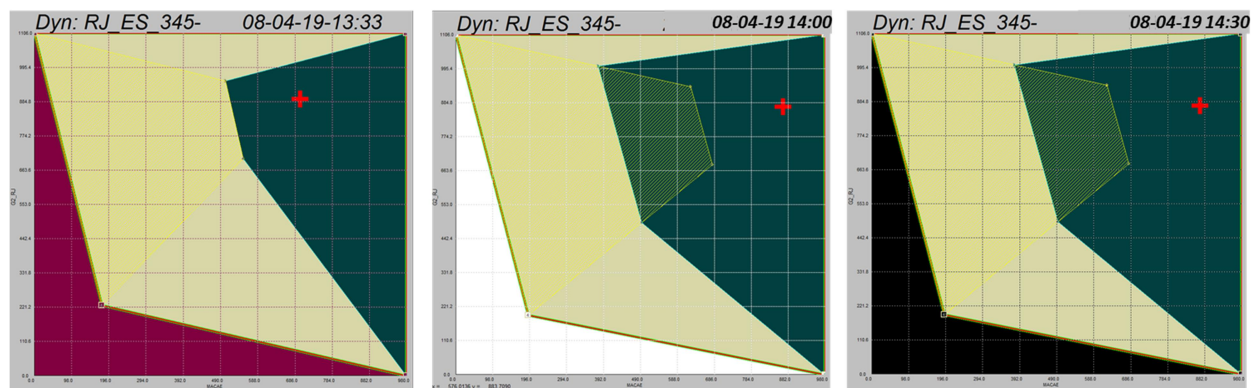


Figura 7. Simulação do SPAS às 13:30, com previsões para 14:00 e 14:30

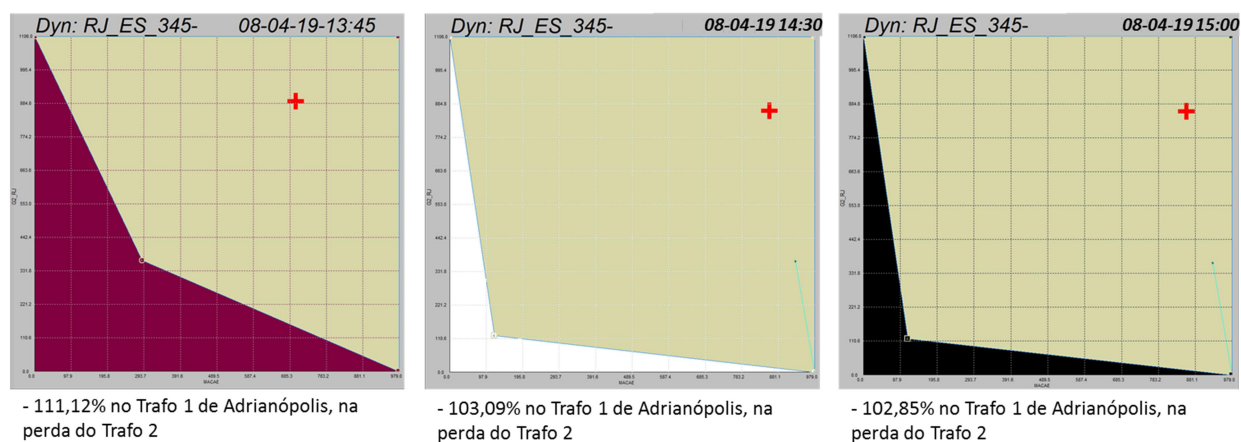


Figura 8. Simulação do SPAS às 13:45, com previsões para 14:30 e 15:00

Tabela 2. Comparação dos cenários previstos do SPAS com valores verificados

Hora alvo	Cenário previsto (executado às 13:45)		Verificado		Erro
	Contingência problemática	Violação	Contingência problemática	Violação	
<b>14:30<sup>1</sup></b>	Perda do Trafo 2 de Adrianópolis	Trafo 1 de Adrianópolis 103,09%	Perda do Trafo 2 de Adrianópolis	Trafo 1 de Adrianópolis 126,94% +12 violações.	~20%
<b>15:00</b>	Perda do Trafo 2 de Adrianópolis	Trafo 1 de Adrianópolis 102,85%	Perda do Trafo 2 de Adrianópolis	Trafo 1 de Adrianópolis 100,66%	~2%

### 3.1.3 Simulações com SPAS – Supondo eventos conhecidos

Sabe-se que os dados de programação não contemplavam a ocorrência dos eventos analisados, afinal eles foram imprevistos. Como última análise, supôs-se que o agente responsável pelas linhas que sofreram desligamentos pôde informar à sala de controle do ONS sobre a iminente ocorrência dos desligamentos, com aproximadamente uma hora de antecedência. O objetivo desta suposição é analisar como o SPAS poderia servir de auxílio para a tomada de decisão em tempo real e emular a ocorrência, por exemplo, de uma intervenção de urgência notificada em tempo real pelo agente.

<sup>1</sup> Ocorrência do segundo evento, não previsto, afeta os resultados do SPAS

Observa-se, na Figura 9 que, se de alguma forma o desligamento da linha Adrianópolis – Venda das Pedras fosse conhecido às 13h, o SPAS já teria condições de indicar violações às 14h. A Tabela 3 mostra o comparativo da violação prevista com o valor verificado e nota-se um erro da ordem de 5%.

Este caso ilustra bem o ganho que o SPAS pode trazer para as salas de controle: a indicação, em avanço, de um problema futuro já vislumbrado. Isso fornece tempo à equipe de tempo real para atuar preventivamente, em busca da segurança operativa do sistema.

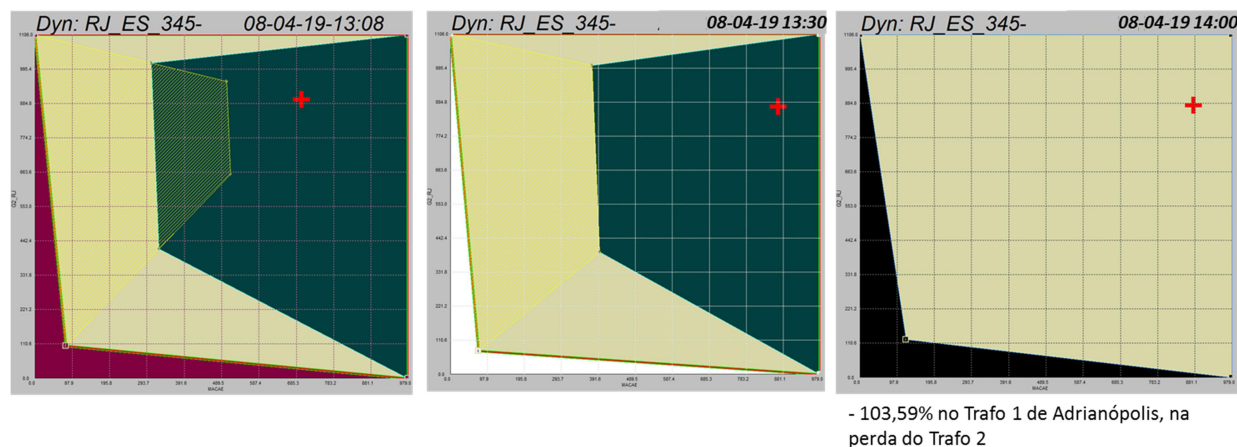


Figura 9. Simulação do SPAS às 13:08, com previsões para 13:30 e 14:00, supondo-se o desligamento da linha Adrianópolis – Venda das Pedras conhecido

Tabela 3. Comparação das previsões do SPAS com valores verificados, supondo-se o desligamento da linha Adrianópolis – Venda das Pedras conhecido

Hora alvo	Previsão (executada às 13:08)		Verificado		Erro
	Contingência problemática	Violação	Contingência problemática	Violação	
14:00	Perda do Trafo 2 de Adrianópolis	Trafo 1 de Adrianópolis 103,59%	Perda do Trafo 2 de Adrianópolis	Trafo 1 de Adrianópolis 108,81%	~5%

#### 4.0 - CONCLUSÕES

O Sistema de Pré-Avaliação de Segurança compõe uma evolução da ferramenta Organon, cuja principal funcionalidade consiste na capacidade de gerar cenários futuros, baseados em previsões e programações disponíveis e em um caso de referência. Um dos potenciais usos do SPAS em sala de controle é gerar regiões de segurança para cenários operativos futuros, possibilitando, ações preventivas do usuário, seja ele parte da equipe de operação de tempo real, seja ele parte das etapas prévias à operação.

O presente trabalho apresentou os resultados fornecidos pelo SPAS para análise dos desligamentos ocorridos na rede Rio de Janeiro – Espírito Santo, no dia 08/04/2019, quando a região metropolitana do Rio de Janeiro foi acometida por fortes chuvas.

É possível notar o ganho que o sistema deverá trazer à operação de tempo real do Operador Nacional do Sistema Elétrico: ao sinalizar impactos futuros de eventos que impactam a segurança operativa, as equipes de tempo real passam a ter tempo hábil para atuação preventiva. Com a tecnologia atual, o impacto dos eventos só pode ser analisado após a sua ocorrência, pois o cálculo é feito com o último ponto operativo calculado pelo estimador de estado.

Nota-se também que o Sistema de Pré-Avaliação de Segurança não possui a capacidade de prever a ocorrência de um evento no sistema. Ele apenas analisa os dados fornecidos a ele: carga prevista, programação de geração e intervenções ou eventos futuros mapeados de alguma forma exterior ao sistema. A ordem de grandeza dos erros apresentados pode advir de qualquer uma dessas fontes de dados. Assim, a análise dos valores percentuais ora apresentados deve ser feita com profundidade para que tais valores sejam totalmente esclarecidos.



Apesar do ganho oferecido pelo novo sistema, o impacto das decisões de tempo real do ONS faz com que uma ferramenta como esta tenha que ser exaustivamente testada, antes de submetida à realidade da sala de controle, o que vem sendo feito por meio de análises como as apresentadas neste trabalho. Espera-se nos próximos meses, com a realização de mais análises e o mapeamento do comportamento do SPAS frente aos diversos desvios possíveis, o sistema seja colocado em produção e a operação do sistema interligado nacional possa se beneficiar de seus resultados.

## 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ONS, "ONS: ORIENTAÇÕES ESTRATÉGICAS," 2019. [Online]. Available: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/orientacoes-estrategicas>.
- [2] ONS, "Submódulo 23.3: Diretrizes e critérios para estudos elétricos," 2010.
- [3] CIGRE, *Review of on-line dynamic security assessment tools and techniques*, no. June. 2007.
- [4] C. A. P. L. D. *et al.*, "UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA ORGANON NOS PROCESSOS DO ONS," *XXI Semin. Nac. PRODUÇÃO E Transm. Energ. ELÉTRICA*, 2011.
- [5] J. L. A. Jardim, J. T. A. Vianna, D. P. M. Cruz, A. C. Esteves, Y. M. Cyrillo, and I. S. S. Lino, "SISTEMA DE PRÉ-AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA," *XV Encontro para Debates Assuntos Operação*, 2018.

## DADOS BIOGRÁFICOS



**JOÃO TITO DE ALMEIDA VIANNA** é Engenheiro Eletricista, graduado pela Universidade Federal de Juiz de Fora (2014) e mestre em Engenharia Elétrica pela mesma universidade (2017). Trabalha no ONS desde 2016, atuando na área de tecnologia dos sistemas de operação.

**JORGE LUIZ DE ARAÚJO JARDIM** é graduado em Sistemas de Potência pela Universidade Federal Fluminense (1982), mestre em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1987) e doutor em Power Systems - Imperial College of Science, Technology and Medicine (1994). Atualmente é diretor geral – HPPA Consultoria.

**YASMIN MONTEIRO CYRILLO** é Engenheira Eletricista, graduada pela Universidade Federal de Juiz de Fora (2015) e mestre em Engenharia Elétrica pela PUC-Rio (2018). Trabalha no ONS desde 2017, atuando na área de tecnologia dos sistemas de operação.

**NATALIA RIBEIRO DE MENEZES** é Engenheira Eletricista, graduada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2017). Trabalha no ONS desde 2018, atuando na área de tecnologia dos sistemas de operação.

**DIOGO PEREIRA MARQUES CRUZ** é Engenheiro Eletricista, graduado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2007). Trabalha no ONS desde 2014, atuando na área de tecnologia dos sistemas de operação.

**ISAIAS DOS SANTOS SILVERIO LINO** é Engenheiro Eletricista, graduado pela Universidade Federal de Itajubá (2012). Trabalha no ONS desde 2013, atuando na área de tecnologia dos sistemas de operação.

**ALEXIS CABANAS ESTEVES** é Engenheiro Eletricista, graduado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2001). Trabalha no ONS desde 2001, atuando na área de tecnologia dos sistemas de operação.