



Critérios de Segurança e sua Aplicação na Operação do SIN (Sistema Elétrico Brasileiro)



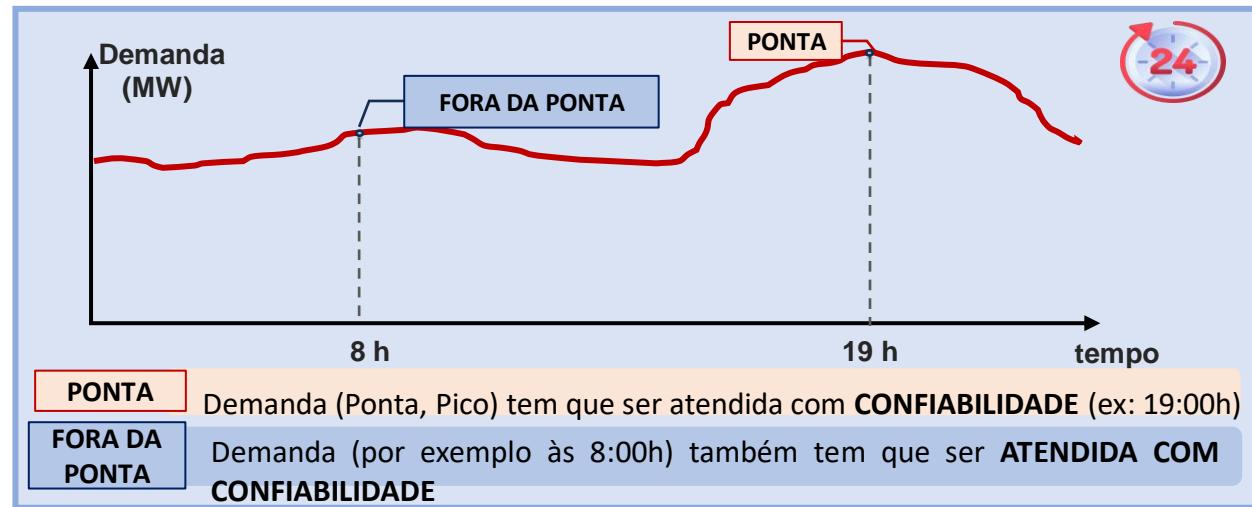
1. O problema a ser endereçado



CONFIABILIDADE = ADEQUACIDADE + SEGURANÇA

Atualmente o SIN opera com critérios no que diz respeito à **ADEQUACIDADE** (critério CNPE 29/2019)

Probabilidade de Perda de Carga \leq 5%
Profundidade de Corte de Carga \leq 5%



Porém para que o SIN opere com confiabilidade, deve-se também buscar atender critérios de **SEGURANÇA**, ou seja, o Sistema deve suportar emergências, mantendo a estabilidade de frequência/angular e de tensão

2. Objetivos Principais deste Trabalho

1

Propor critérios mínimos de estabilidade de f, Θ e V no contexto de alta inserção de fontes assíncronas (baseadas em inversores)

2

Propor indicadores de risco de instabilidade no SIN que facilitem o planejamento da operação, bem como a operação em Tempo Real do SIN

3

Mostrar que o acionamento de máquinas síncronas (térmicas) nos momentos que operador identificar violação (ou tendência de) dos indicadores, pode ser a medida mais eficaz para garantir a retomada da operação em condições de segurança do Sistema.

Com o aumento da oferta de Térmicas Flexíveis o Operador poderá explorar melhor os recursos do SIN lançando mão do redespacho inteligente dessas máquinas síncronas para garantir a operação segura do Sistema

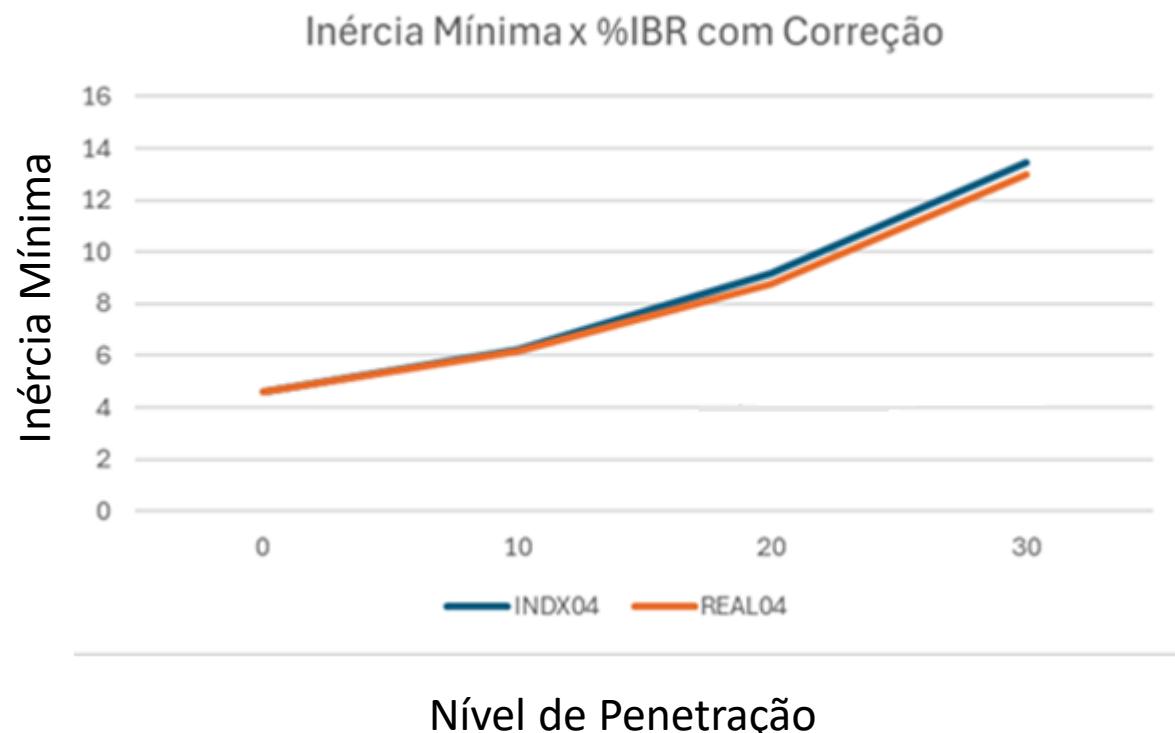
3. Metodologia Utilizada

- Simulações com o Programa *Organon*, desenvolvido pela HPPA, e utilizado pelo ONS
- Simulações em sistemas de pequeno porte (emulando o SIN)
- Aplicação dos resultados no SIN



4.1 Resultados preliminares – Estabilidade de frequência

Inércia Mínima



Nível de Penetração [%]	Hmin / submercado [s]
0	4,5
10	6
20	9
30	13,5
> 30	Possibilidade de instabilidade

Quanto maior o nível de penetração das renováveis, mais inércia é necessária para manter a estabilidade do sistema. O índice INDX04 é adequado para indicar o volume de inércia necessária para cada nível de penetração de máquinas não síncronas

4.2 Resultados preliminares – Estabilidade de tensão



- ❖ Foi pesquisado um índice próprio para subsistemas (regiões), que demonstrou ser efetivo para o nosso Subsistema Nordeste

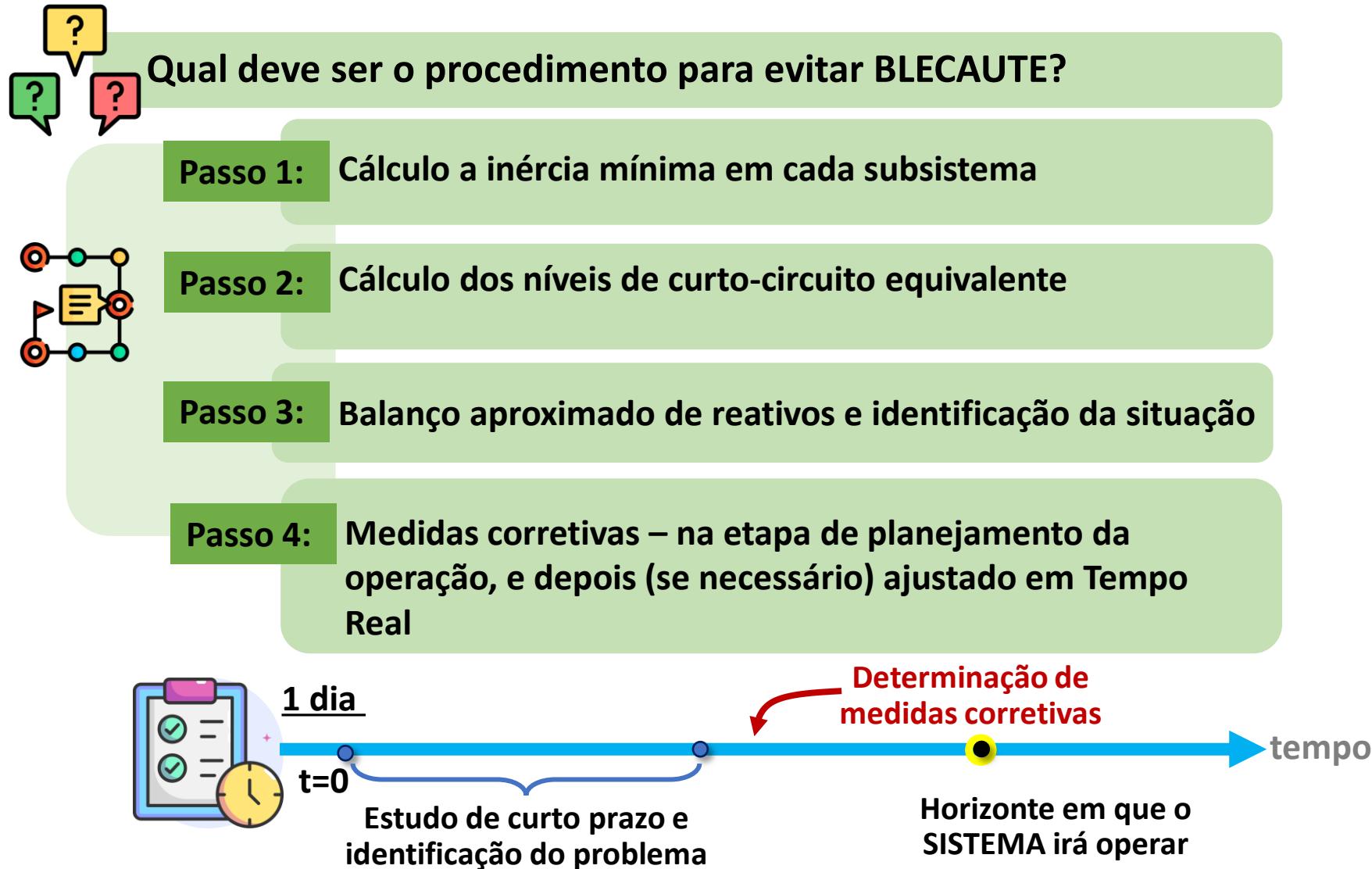


Princípios Básicos Levados em Consideração:

- 1) Em uma região com muitas Renováveis e consequentemente Inversores, deve-se selecionar as áreas adequadas para a formação de um índice
- 2) O índice deve ser avaliado pelo Planejamento, no sentido de fornecer mais um fator que ajudará o ONS a garantir a segurança do SIN de forma mais otimizada.
- 3) De extrema importância a definição das “áreas de influência”, relacionadas às fontes de geração que podem ser redespachadas

4.2 Segurança Elétrica de Tensão

Conceito proposto



4.2 Segurança Elétrica de Tensão

Conceito proposto



Etapas para utilização do REDESPACHO INTELIGENTE

	Aplicação	Horizonte	Discretização	PMO	
médio curto curtíssimo	Mensal	10 anos	Mensal, patamares de carga	 Planejamento da Operação	Estudos energéticos - Mensal
	Semanal	2 meses (pode ir até 1 ano)	Sem/Mensal, patamares de carga	 Planejamento de Curto Prazo	Estudos energéticos - Semanal
	Diária	2 semanas	meia-hora	 Programação Horária	Estudos energéticos (Diário) com <u>subsídio de</u> <u>estudos elétricos</u>

4.2 Segurança Elétrica de Tensão

Conceito proposto



Redespacho de UTEs existentes e contratadas



Estudo de Planejamento da Operação de Curtíssimo Prazo

t_0



Sala de Controle do Operador

Índices

Estudo ABRAGET
índices para
monitoramento online de
requisitos mínimos de
controle de tensão
(SYSTEM STRENGTH)

$ISCR_1 = 8$
$ISCR_2 = 9$

1 dia

t

Sistema Auxiliar de Informações

- Distância Elétrica das UTEs
- Tempos de partida
- CVU

Índices Elevados → despacha UTEs

considerando os respectivos parâmetros de flexibilidade
Proximidades elétricas das UTEs aos pontos críticos

CVU

Índices normais → ok!

Requisitos de Robustez de V, precisamos aumentar o MVA_{cc} na área.

5. Medidas Corretivas – Comparação de alternativas (Redespacho, CS ou Baterias)



Caso original:

PAR PEL 2024: Ciclo 2025-2029 (Sem obras indicadas pelo operador)

Alt 1:

- » 2 CS na SE 500kV Açu III, de -180/300 Mvar cada
- » 1 CS na SE 500kV João Câmara II, de -180/300 Mvar

Alt 2: Utilização Redespacho Inteligente

Alt 3: Utilização Redespacho Inteligente

Alt 4: Utilização de BESS-GFM

- » 2 BESS GFM na SE 500kV Açu III, com P = 300 MW
- » 1 BESS GFM na SE 500kV João Câmara II, com P = 300 MW

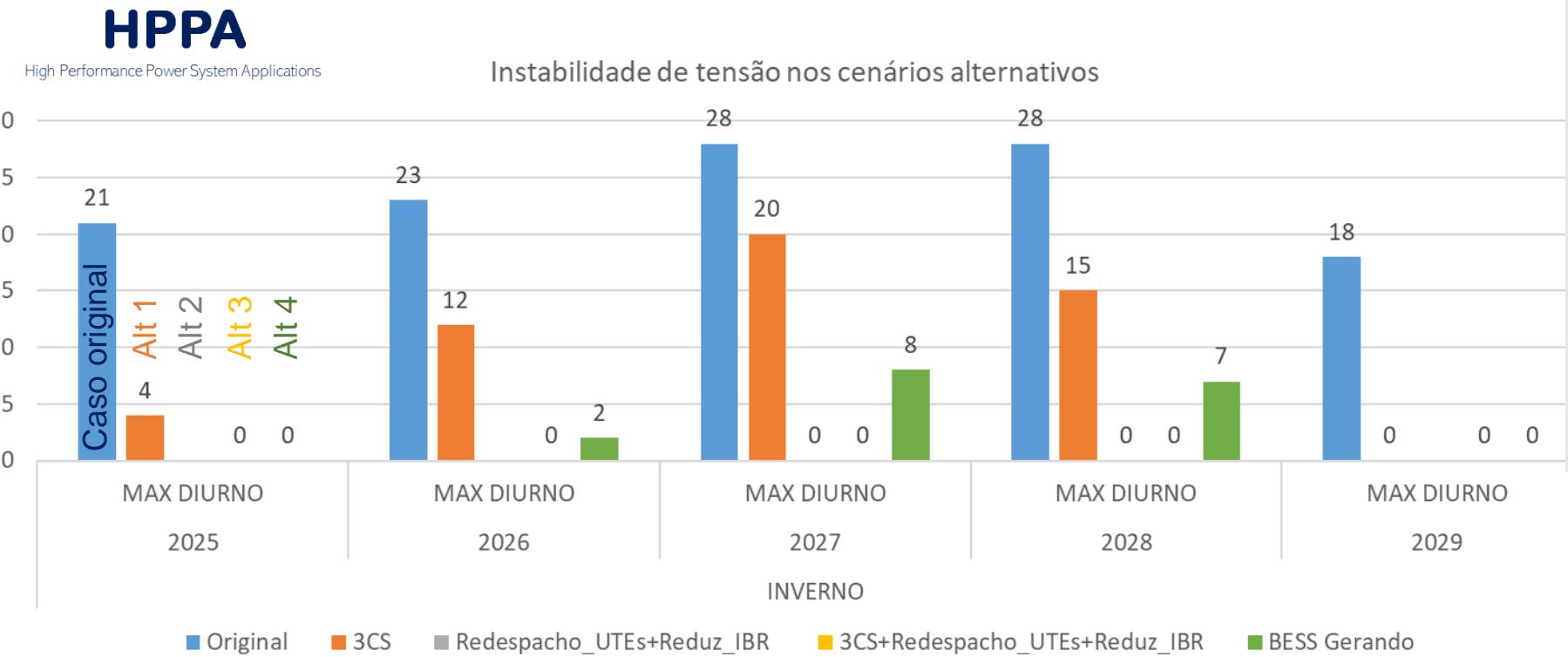


Foram simuladas as piores emergências: 28 contingências dinâmicas em linhas de transmissão em 500 kV da região Nordeste, com aplicação de curto-círcuito monofásico, seguida pela extinção do curto e abertura de linha, após 100 ms.

5. Medidas Corretivas – Comparação de Alternativas (Redespacho, CS ou Baterias)



Nas simulações se observa que o redespacho inteligente das UTEs, é a medida mais eficaz para garantir a Robustez do Sistema, com



(considerando o caso até 51% de IBRs na matriz)

- (a) As UTEs são a grande opção de segurança, no curto e longo prazo. Isso reitera a importância e relevância do próximo LRCAP
- (b) A instalação de 3 CS's é uma medida que não resolve os problemas de Robustez antes da entrada de reforços na transmissão na região
- (c) As BESS-GFM, se mostram mais eficazes que os CS's para a Segurança do SIN



6. Conclusões

- **Fontes eólicas e solares não contribuem com inércia, regulação primária de frequência e corrente de curto-circuito (system strength), e o controle dinâmico de tensão é precário, insuficiente ou inexistente.**
- **Dependendo do nível de inserção dessas fontes, o efeito na segurança do Sistema (estabilidade de tensão, angular e frequência) pode ser relevante.**
- **Devido alto grau de incertezas e variabilidades dessas fontes, os riscos para segurança devem ser monitorados desde a etapa de planejamento, até a etapa de operação em tempo real.**

6. Conclusões



- Neste trabalho são propostos índices para monitoramento de requisitos mínimos de inércia e controle de tensão (system strength) que possa ser utilizado pelo operador. Tais índices, associados a uma maior disponibilidade de termelétricas flexíveis, irão permitir que o Operador garanta uma operação mais otimizada e ao mesmo tempo segura do SIN.
- Os índices mostraram efetividade, simplicidade de implantação e podem ser calculados, por exemplo, muito rapidamente pela operação de curto prazo como na operação de tempo real (Organon), servindo de parâmetros básicos tanto para operação quanto para o planejamento.
- De acordo com o estudo, o redespacho inteligente das máquinas síncronas (UTEs) é a medida mais eficaz para garantir a segurança do SIN



ABRAGET - Associação Brasileira de Geradoras Termelétricas

CNPJ 05.045.195/0001- 00

Praia de Botafogo 228/ sala 609 - Rio de Janeiro – RJ – CEP 22250-040

Tel/Fax: (21) 2516-1229/ 2253-0926/ 2296-9739/ 98225-7206 - www.abraget.com.br

