



# Contribuições para o Processo de Planejamento da Expansão do SIN

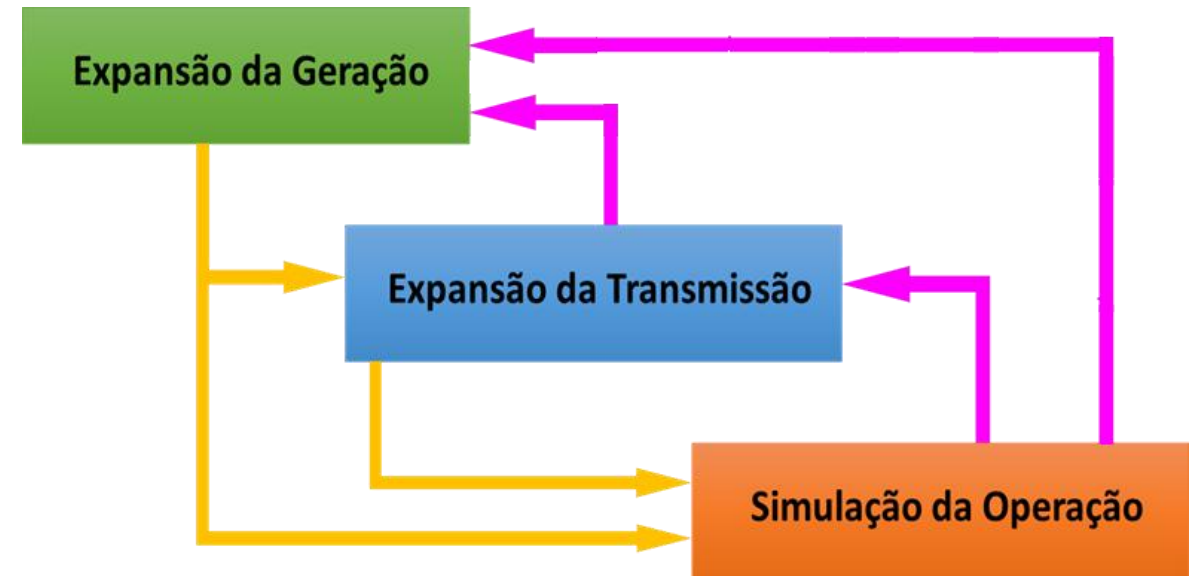
**Djalma M. Falcão**

**PD 10307-0222/2023**

Pesquisa de aplicação de sistemas de armazenamento de energia de baterias (BESS) no sistema de transmissão.

# Planejamento da Expansão

- **Expansão da Geração**
  - Novas **usinas** ou ampliação de usinas existentes para atender o crescimento da demanda
  - Planejamento indicativo
- **Expansão da Transmissão**
  - Novas ou ampliações de **linhas de transmissão, subestações e suporte de reativos** para atender o crescimento da demanda
  - Planejamento determinativo (?)
- **Abordagens**
  - **Integrada**: solução integrada geração + transmissão
  - **Hierárquica**: expansão da transmissão para algumas opções de expansão da geração



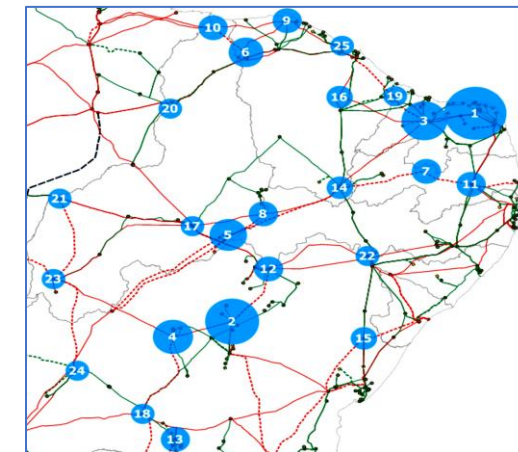
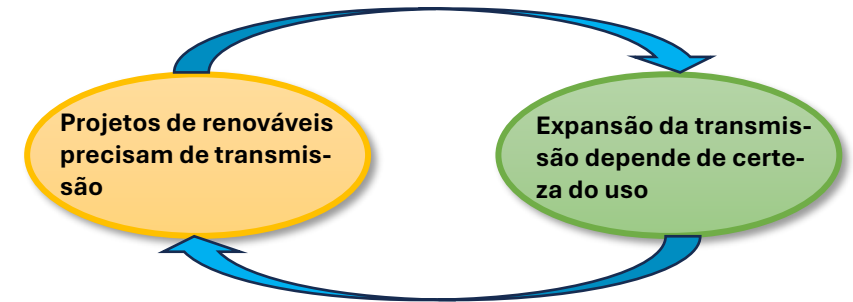
# Dificuldades Atuais do Planejamento

- **Desalinhamento de escala de tempo**
  - Projetos de geração eólica e solar podem ser implementados em tempo muito menor que a expansão da transmissão
  - Rejeição de solicitações de acesso provocam pressões políticas e regulatórias
- **Dilema Circular**
  - Projetos de geração eólica e solar necessitam de disponibilidade de acesso à transmissão
  - Expansão da transmissão só pode ser executado se existe garantia real de sua necessidade
- **Planejamento Proativo da Transmissão**
  - Orientam o desenvolvimento da geração de energia renovável para zonas com recursos de alta qualidade, identificando zonas ou clusters com grande atrativo para instalação de geração eólica e solar



1-3 anos

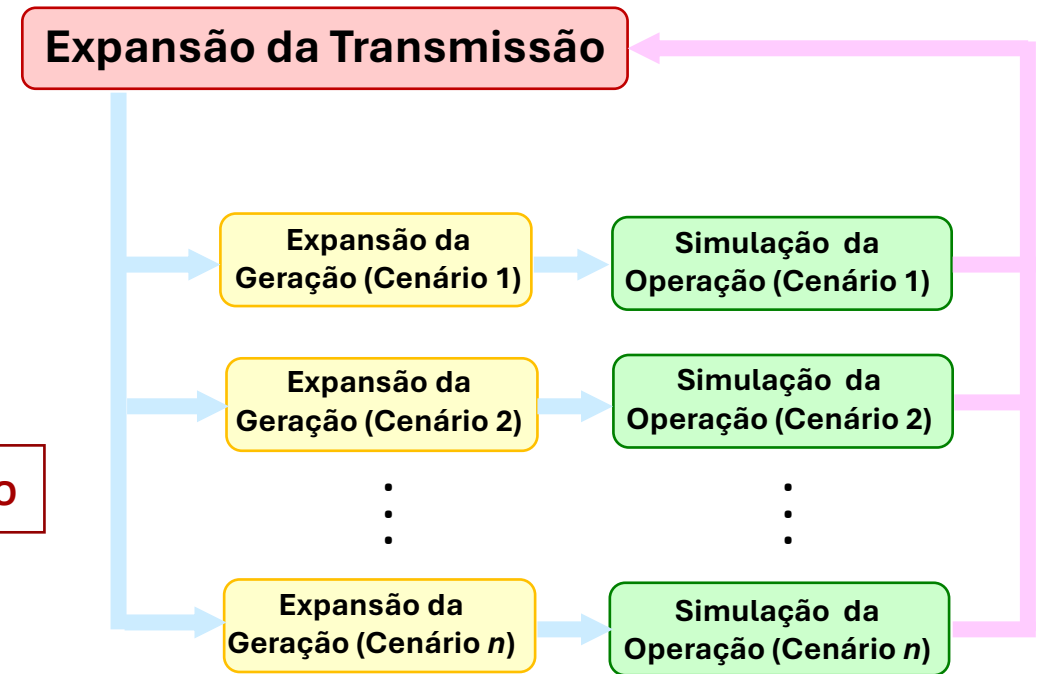
5-10 anos



# Planejamento Proativo da Transmissão

- O planejamento da expansão da transmissão deve ser tal que **acomode múltiplos cenários** de expansão da geração e, se possível, induza positivamente as opções de geração
- Antecipar a expansão da infraestrutura de transmissão promovendo um **ambiente competitivo e imparcial** para a conexão dos geradores à rede de transmissão
- Requisito Básico: **Flexibilidade**
  - Armazenamento (UHR e **BESS**)
  - HVDC
  - FACTS, Compensadores Estáticos e Síncronos
  - Dynamic line rating
  - Controle topológico
  - Etc.
- A seguir algumas sugestões de aplicações

**MULTIFUNÇÃO**



# Reforço no Sistema de Transmissão

## Linha de Transmissão Virtual

- Particularmente adequado para **atendimento de contingências**
- Estudos de regime permanente e dinâmico indicaram efetividade do BESS para garantir desempenho adequado no caso de contingências (N-1) do sistemas de transmissão
- Tempo de descarga das baterias relativamente baixo (minutos a 1h ), enquanto o operador atende a contingência por outros meios
- Substitui construção de novas linhas de transmissão, subestações, etc.
- Utiliza baterias instaladas para outras finalidades (multifunção)

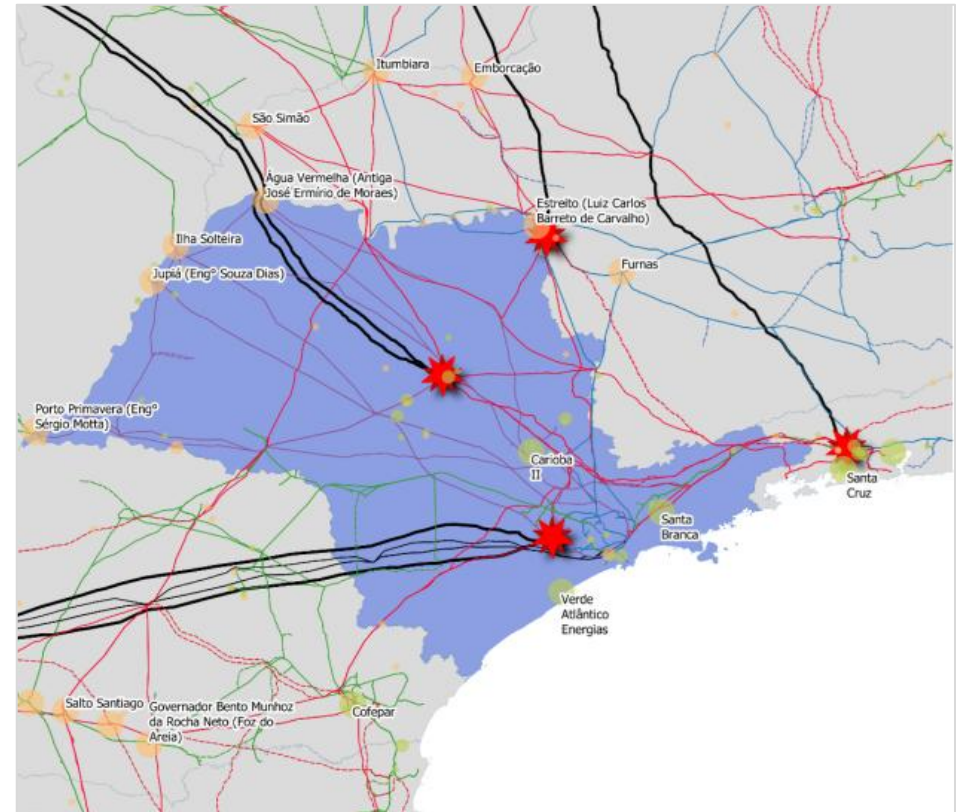
## Netzbooster (Grid Booster)

### TransnetBW GmbH, Alemanha

- 250 MW / 250 MWh, lithium-ion
- Localizado em Kupferzell, Baden-Württemberg,
- Previsão de conclusão em **janeiro de 2025**
- O maior projeto de armazenamento de energia do mundo como ativo de transmissão
- Implantado pela Fluence Energy GmbH (uma empresa Siemens e AES)
- Vantagens
  - Reduz a necessidade de reforço de rede convencional e custos operacionais
  - Aliviar os estrangulamentos decorrentes do transporte de energia eólica do norte da Alemanha para os centros de carga do sul do país
  - Reação em milissegundos para fornecer capacidade de backup para manter a estabilidade do sistema de energia em caso de falha na rede de transmissão (N-1)

# Estabilização do Sistema HVDC Multi-Infeed

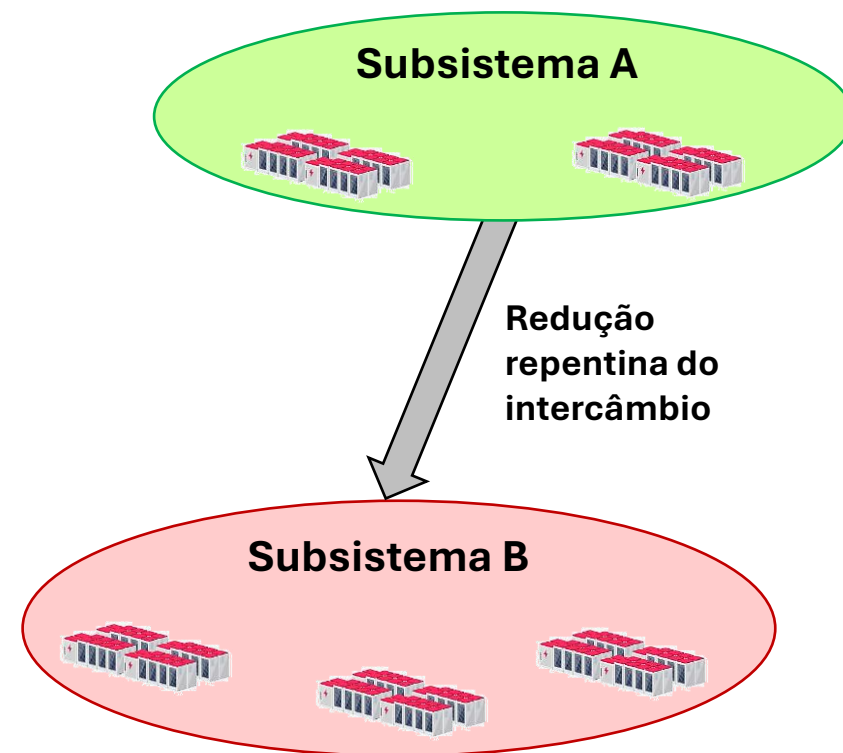
- A rede receptora de sistemas HVDC-LCC exigem um eficiente sistema de suporte dinâmico de reativos para os casos de eventos críticos como curtos-circuitos, desligamento de linhas, etc., para evitar:
  - Afundamentos de tensão
  - Falhas de comutação
- Este suporte pode ser fornecido por
  - Compensadores síncronos
  - Compensadores estáticos
  - **BESS**
- Estudos desenvolvidos neste projeto indicaram que os BESS apresentam desempenho similar e, em alguns casos superior, ao desempenho de compensadores síncronos



Fonte: Estudos para a Expansão da Transmissão, Nº EPE-DEE-NT-005/2021-rev0, Janeiro de 2021.

# Sistema Especial de Proteção para Múltiplas Contingências

- BESS instaladas no SIN para outras funções podem ser utilizadas em um SEP para evitar um blecaute causado por perturbação severa em um dos subsistemas, causando redução repentina de intercâmbio
- Lógica do SEP
  - Após um curto período (200 ms) da identificação da perturbação:
  - Baterias no subsistemas com excesso de geração reduzem injeção de potência
  - Baterias nos demais subsistemas aumentas sua injeção de potência
- A reação do BESS ocorre em milissegundos
- A implementação de BESS, associado ao conceito dos SEPs, demonstra ser uma solução técnica interessante para a mitigação de falhas severas em linhas de transmissão críticas, oferecendo uma estratégia robusta e flexível para dar suporte à operação segura e estável do sistema interligado



# Reserva de Capacidade

## • Aplicações Energéticas dos BESS

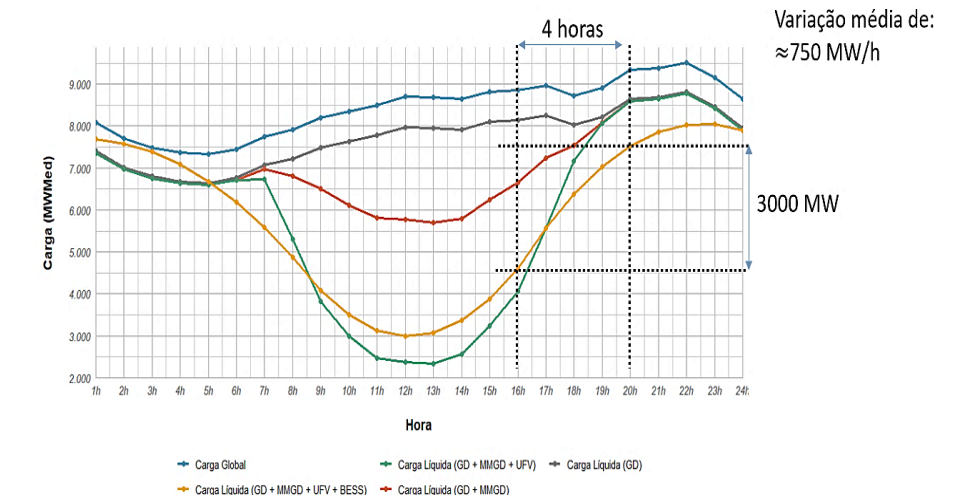
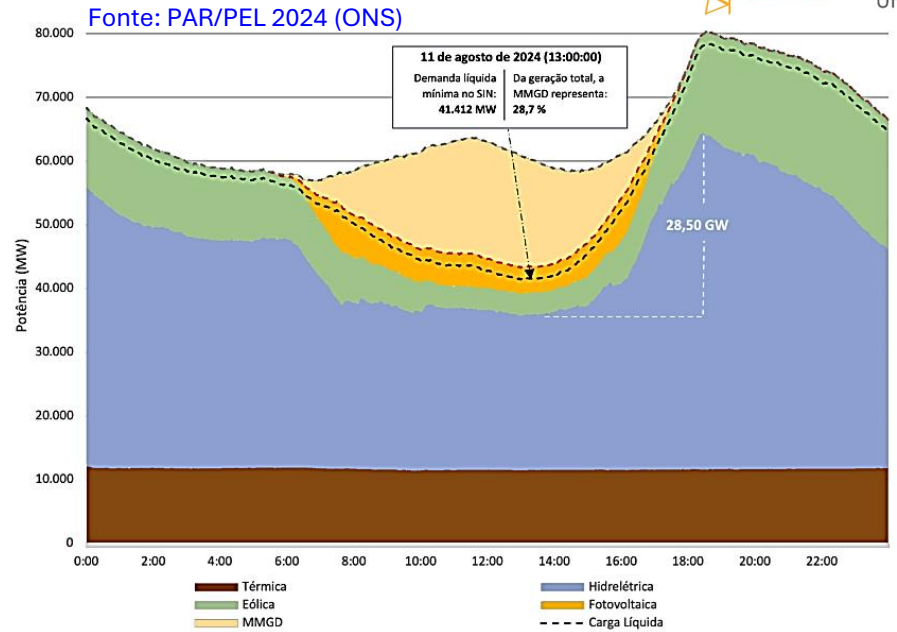
- Mitigação da intermitência da geração eólica/solar
  - Energia
  - Potência
- Arbitragem
- Usinas híbridas: eólica/solar + BESS

## • Atendimento à Rampa de Carga

- Problema presente em sistemas com grande participação de geração fotovoltaica (centralizada ou distribuída)
- LRCAP Baterias

## • Estudos da Rampa de Carga em MG

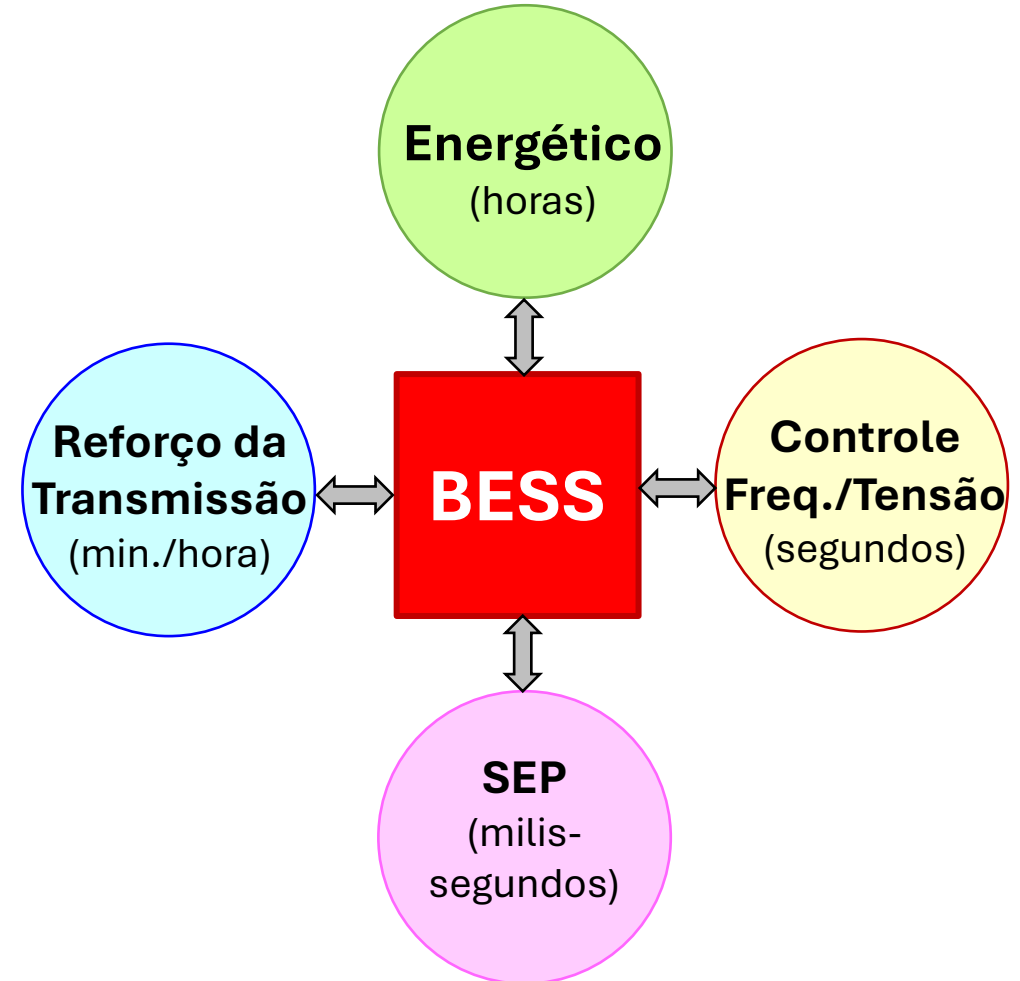
- As análises energéticas e elétricas realizadas confirmam que o uso de BESS é uma solução eficaz para atenuar as variações da curva de carga causadas pela inserção crescente de geração fotovoltaica no estado de Minas Gerais.





# Conclusões

- Os estudos elétricos conduzidos no âmbito deste projeto indicam o **grande potencial** dos BESS como **elemento de reforço e flexibilidade** dos sistemas de transmissão
- A comparação de custo ainda é desfavorável aos BESS em uma análise monofuncional
- Deve-se levar em consideração, porém, que os BESS apresentam características de **multifuncionalidade**, que podem gerar benefícios acumulados que tornem viável economicamente sua aplicação (**empilhamento de receita**)
- **A capacidade, localização e escala de tempo dos BESS é um desafio a ser vencido.**





# Obrigado!

[djalmafalcao@coppe.ufrj.br](mailto:djalmafalcao@coppe.ufrj.br)

COPPE/UFRJ

Programa de Engenharia Elétrica  
Centro de Tecnologia, Bloco H, Sl. 341  
21941-972 Rio de Janeiro RJ

**PD 10307-0222/2023**

Pesquisa de aplicação de sistemas de armazenamento de energia de baterias (BESS) no sistema de transmissão.