UNICAMP

FEEC

XXIV SNPTEE

Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica

APLICAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA PARA MELHORIA DA OPERAÇÃO DE SEP

GPT / Thiago Pieroni – Marcelo Nanni – Rafael Tavares Motta – Daniel Dotta

INTRODUÇÃO

- **Motivações**

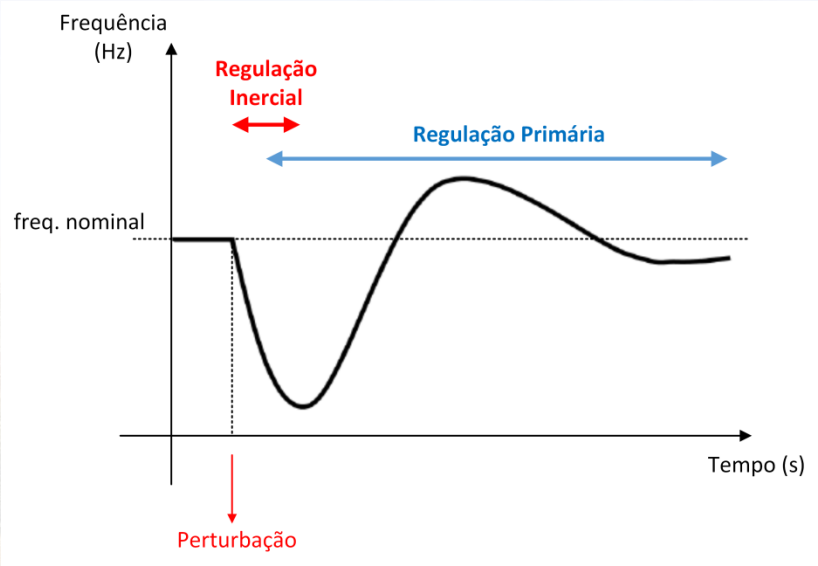
- Necessidade de incorporação de novas fontes de geração nos SEE
- Atender a demanda com baixo custo operacional e mínimo impacto ambiental
- Fontes de energia renováveis intermitentes

Exemplos recentes de metas estabelecidas

	Meta (participação de fontes renováveis)	Ano
União Europeia	20% / 27%	2020 / 2030
Estados Unidos	20%	2030
China	20%	2030
Brasil	23% (além da energia hídrica)	2030

INTRODUÇÃO

- **Desafios da geração intermitente**
  - Controle de frequência
  - Intermitência
  - Baixa inércia
  - Modelagem
  - Custos de intermitência



SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA EM BATERIAS

- Melhoria do desempenho dinâmico dos SEE com alta penetração de geração intermitente

- Dispositivos de armazenamento: apresentam resposta rápida e são aplicáveis para o controle inercial e de frequência

- ***Battery Energy Storage Systems (BESSs)***

- Podem absorver ou fornecer energia à rede
- Capacidade limitada de armazenamento
- Algoritmo de controle para o estado de carga
- Podem auxiliar no controle de frequência primário de SEE
- Podem aumentar a estabilidade do SEE, segurança da rede e flexibilidade de planejamento para um pequeno sistema isolado com baixa inércia

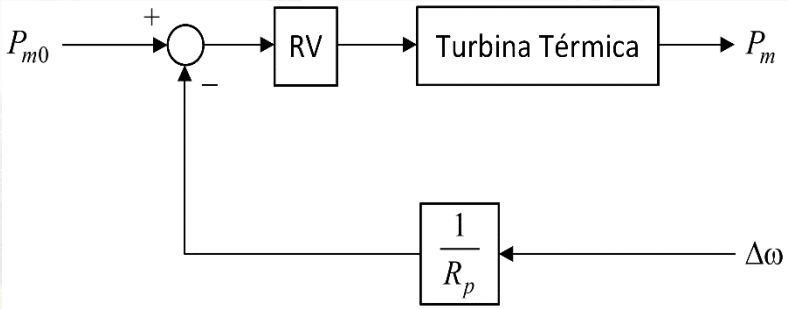
OBJETIVO

- Estudar a aplicabilidade de dispositivos de armazenamento de energia do tipo baterias para a melhoria do desempenho de frequência em sistemas elétricos de potência com alta penetração de geração eólica

CONTROLE DE FREQUÊNCIA EM SEE

- SEE convencional: geradores térmicos e hidráulicos
- Contribuição dos GS para estabilidade de frequência: massas girantes (rotores) armazenam energia cinética
- Acoplamento eletromecânico: GS pode fornecer energia cinética à rede no caso de um desvio de frequência

- **Controle de frequência primário**
- Controle proporcional realizado por meio de RVs das unidades geradoras
- RV fornece controle local a cada um dos GS
- Objetivo: adequar a produção do gerador conforme as variações de frequência da rede



Regulação Primária (*droop*)

CONTROLE DE FREQUÊNCIA EM SEE

- **Controle de frequência primário de geradores eólicos**

- Técnicas que emulem uma resposta inercial através da reserva de potência ativa (*deloaded mode*) vêm sendo solicitadas pelos operadores do SEE

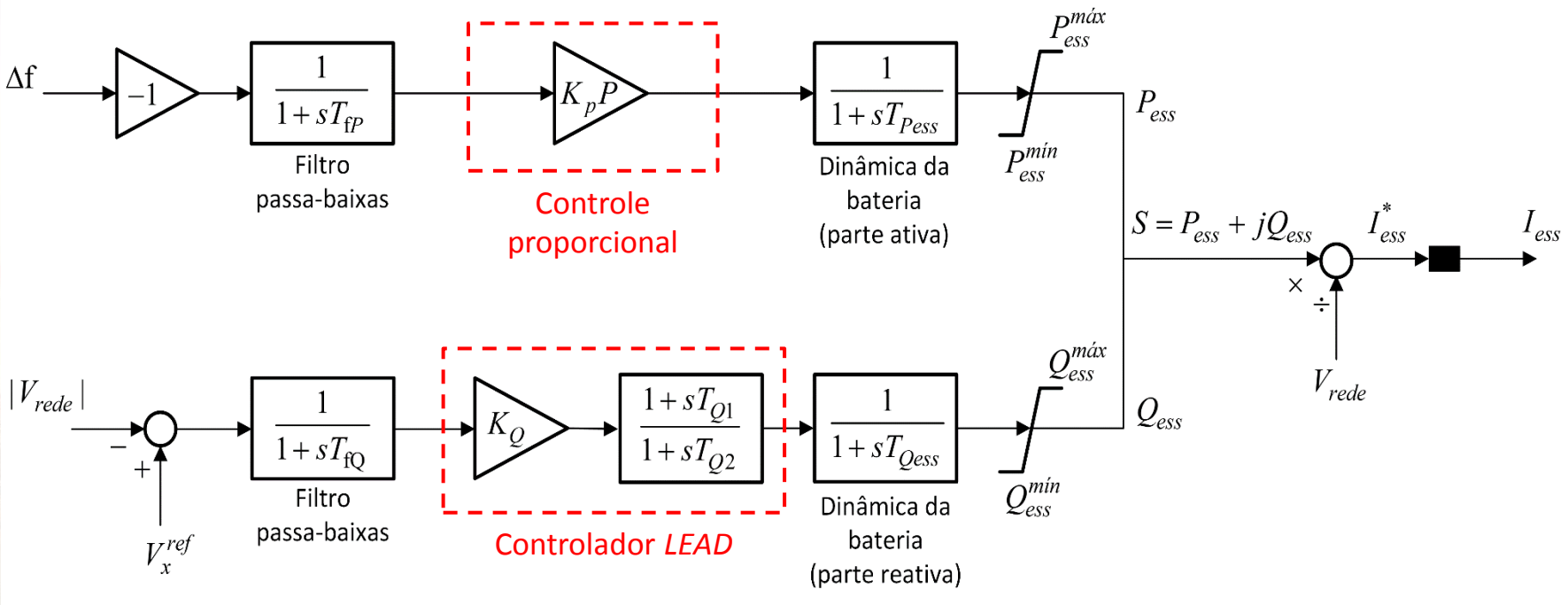
- Contornar problemas relacionados ao aumento da penetração de geração eólica

- <u>Principal desvantagem</u>: redução da capacidade de geração (em torno de 20%)

- O gerador não opera no ponto máximo de extração de energia do vento (*MPPT*)

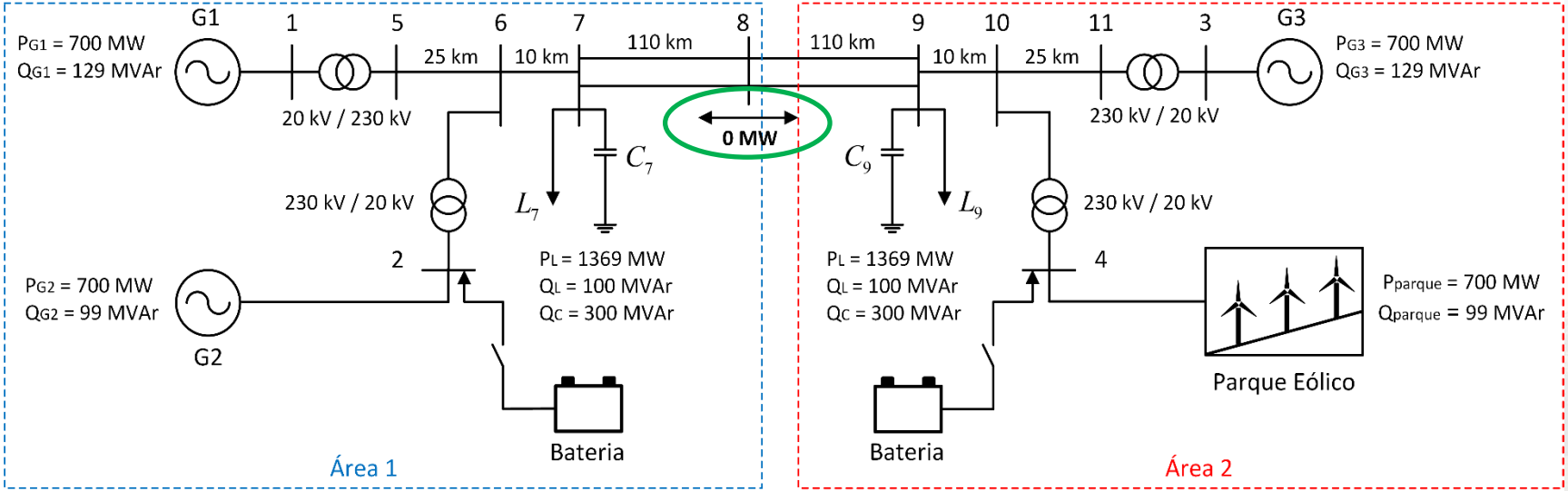
MODELAGEM DA BATERIA

- Modelo simplificado em diagrama de blocos



SISTEMA-TESTE COM GERAÇÃO EÓLICA

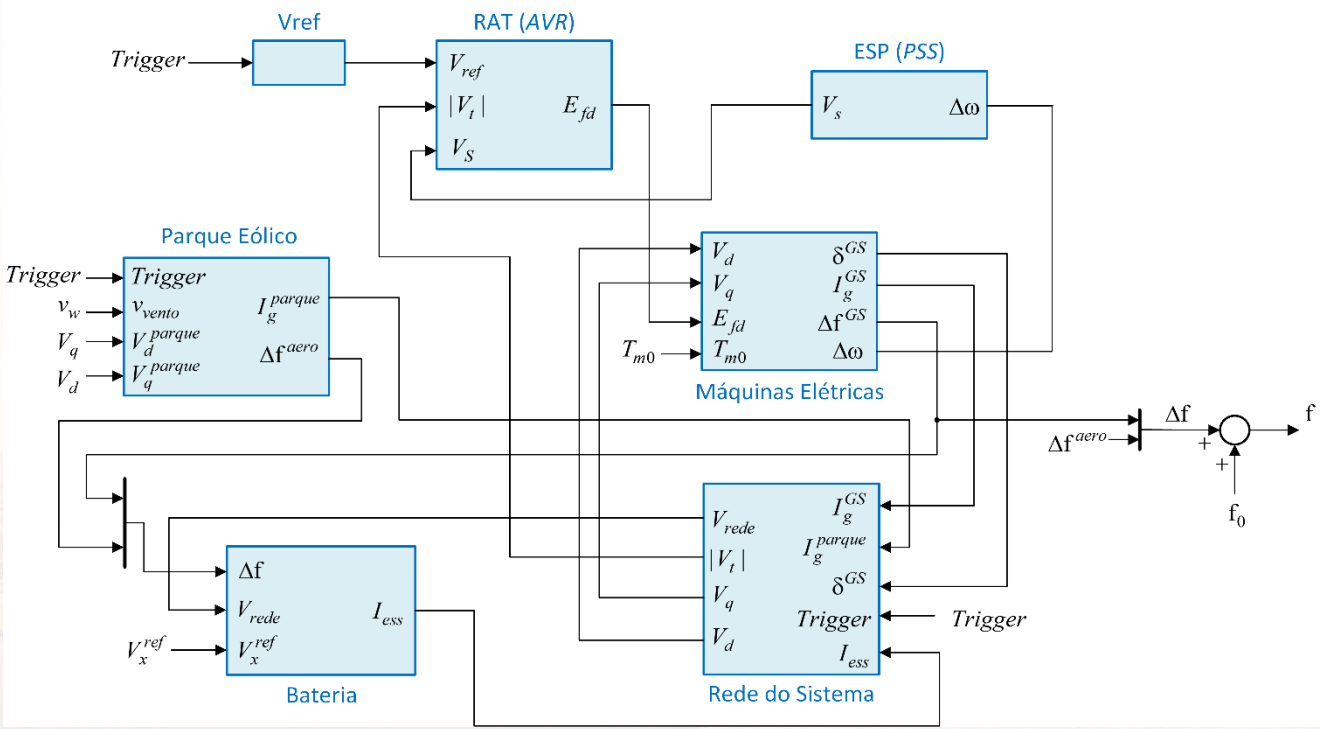
- Representação do SEE em diagrama unifilar



Sbase = 100 MVA

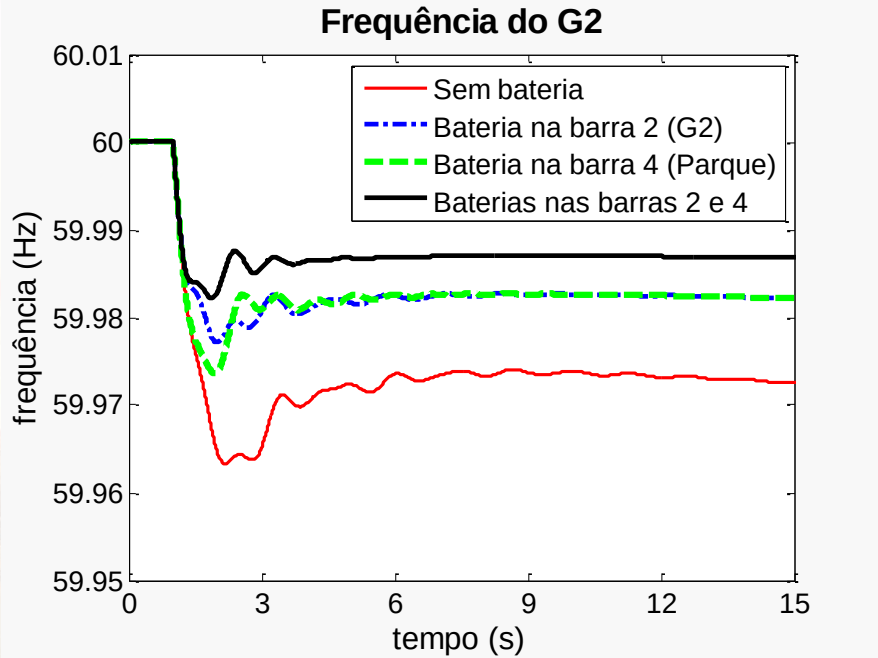
SISTEMA-TESTE COM GERAÇÃO EÓLICA

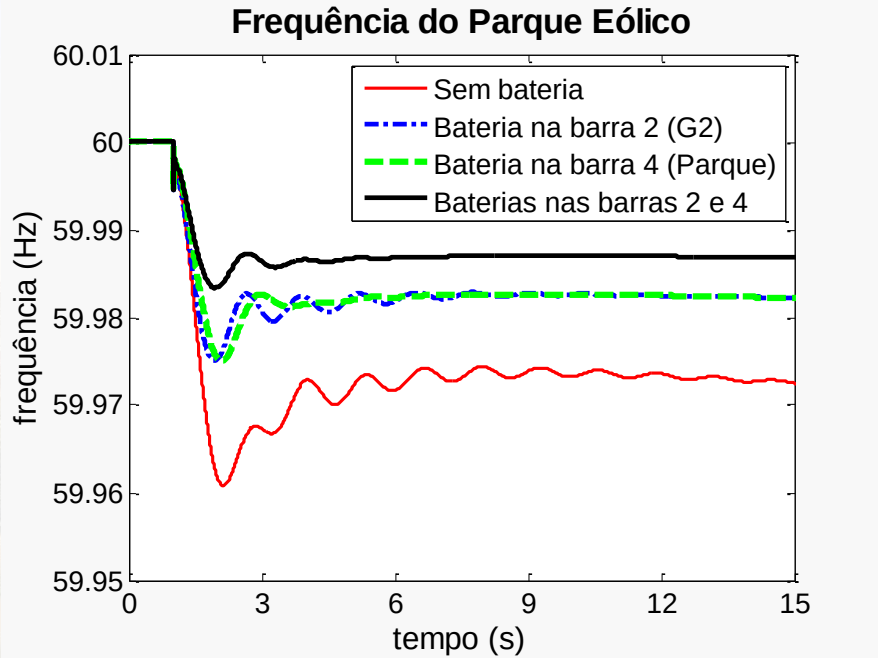
- Modelagem do SEE em diagrama de blocos



SIMULAÇÕES E RESULTADOS

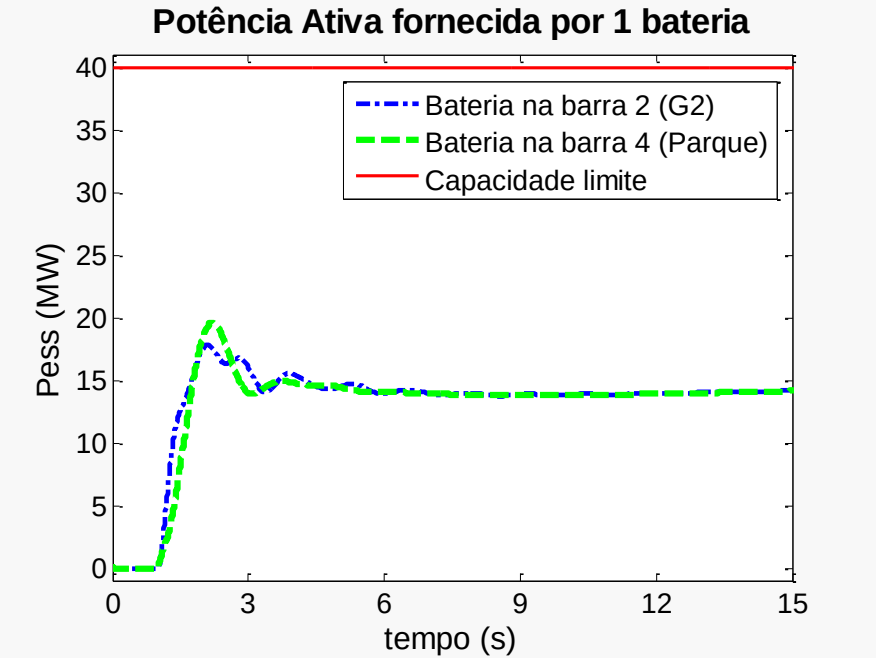
- Distúrbio: Adição de 50 MW na barra 7 no instante de 1 segundo

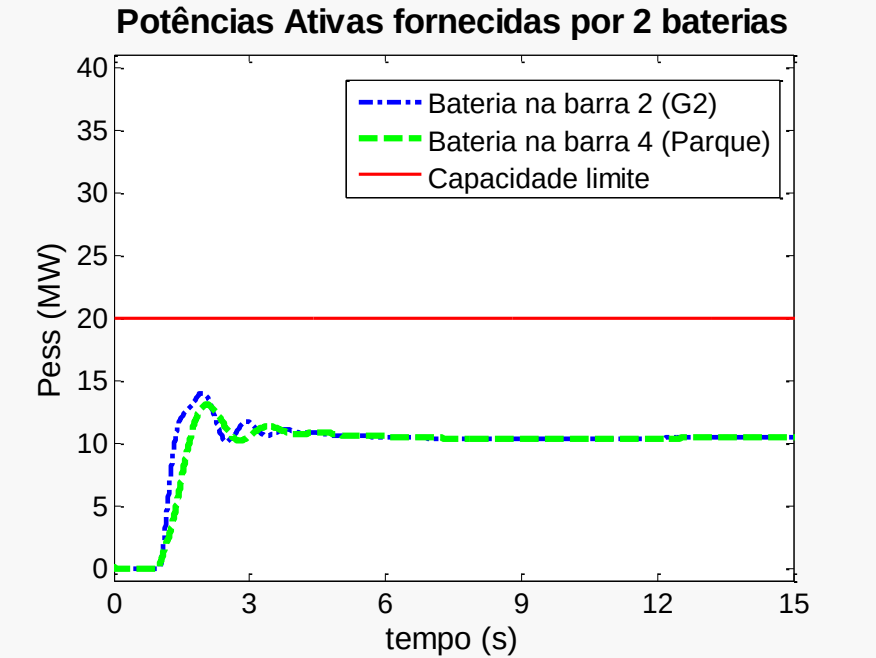




SIMULAÇÕES E RESULTADOS

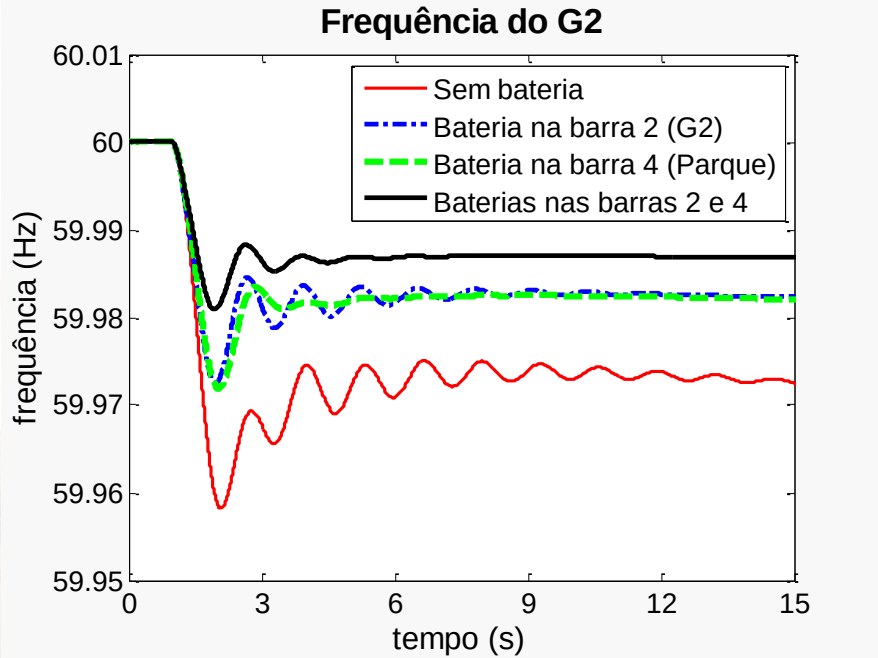
- Distúrbio: Adição de 50 MW na barra 7 no instante de 1 segundo

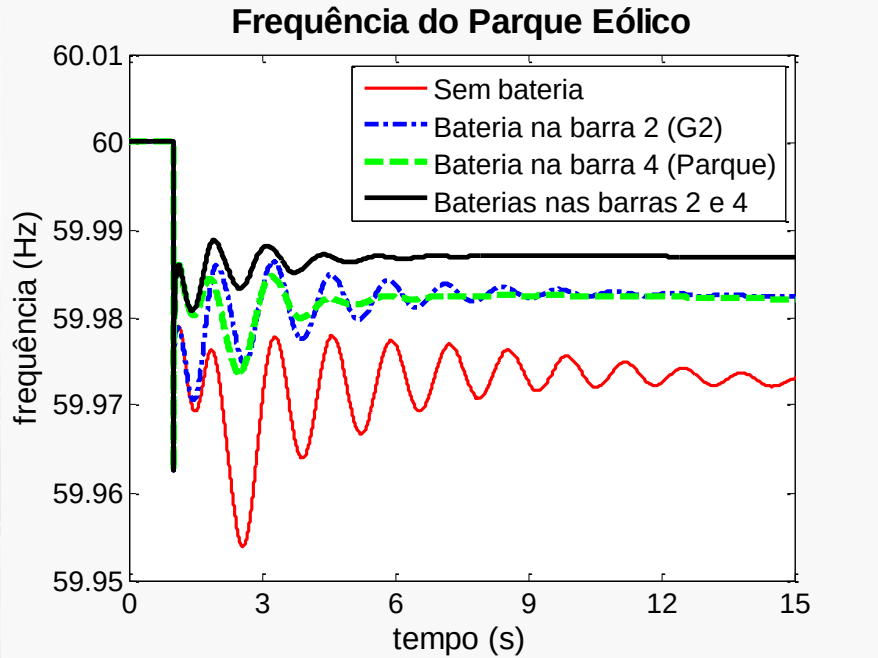




SIMULAÇÕES E RESULTADOS

- Distúrbio: Adição de 50 MW na barra 9 no instante de 1 segundo





CONCLUSÕES

- A conexão de baterias é eficaz no auxílio do controle de frequência primário
- Melhores resultados com a bateria conectada no barramento do parque eólico
- Com a disseminação de baterias no SEE, os dispositivos atuam de forma mais efetiva e reduz a capacidade de potência necessária por cada bateria
- Melhoria do amortecimento das oscilações pode prologar a vida útil dos equipamentos do SEE
- Próximos desafios (em andamento):

- Avaliar o modelo detalhado da bateria, considerando o controle de estado de carga
- Análise de autovalores para diversos pontos de operação
- Avaliar o auxílio das baterias no controle de frequência secundário

XXIV SNPTEE
Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica

Obrigado!

THIAGO PIERONI

(19) 3521-0250

(15) 99735-0466

tpieroni@dsee.fee.unicamp.br
thiagopieroni1@gmail.com

www.linkedin.com/in/tpieroni