

# O futuro da energia

no Brasil é  
distribuído!



## ■ Palestra sobre resultados das simulações na Média e Baixa Tensão

- Matheus Sabino Viana

Consultor Especialista da MRTS



# Avaliação de cenários de penetração de MMGD

# Resumo de características das Redes Típicas

Característica	AFNU17	PRRU07	RPID1305	IGA01Z2
Município/Estado	Alfenas/MG	Buritizeiro/MG	Pindamonhangaba/SP	Teresina/PI
Complexidade	Média	Alta	Média	Baixa
Localização predominante	Não Urbana	Não Urbana	Urbana	Urbana
Demanda trifásica máxima	2678 kW	2305 kW	9240 kW	4812 kW
<b>Σ demandas máximas anuais</b>	<b>4640,6 kW</b>	<b>7900,5 kW</b>	<b>11493,3 kW</b>	<b>9459,4 kW</b>
U C s <sup>1</sup>	Tensão predominante	BT (em potência/quantidade)		
	Classe predominante	Residencial (em potência/quantidade)	Industrial (em potência/quantidade)	Residencial (em potência/quantidade)
M M G D		8,7%	66,6%	4,6%
	<b>Σ das potências instaladas</b>	<b>405,5 kW</b>	<b>5260,6 kW</b>	<b>533,6 kW</b>
M M G D	Tensão predominante	BT (em potência/quantidade)	MT em potência e BT em quantidade	BT (em potência/quantidade)
	Classe predominante	Urbana MT em potência e Rural BT em quantidade	Rural MT em potência e Residencial BT em quantidade	Industrial BT (em potência/quantidade)
	Modalidade predominante	Autoconsumo Local (em potência/quantidade)	Autoconsumo Remoto em potência e Autoconsumo Local em quantidade	Autoconsumo Local (em potência/quantidade)
	Possui reguladores de MT?	Sim		

<sup>1</sup> Unidades Consumidoras.

# Cenários de penetração de MMGD considerados

Rede Típica de Média e Baixa Tensão		Grau de penetração de MMGD <sup>(*)</sup> do cenário				
		0%	25%	50%	75%	100%
AFNU17	8,7%	✓	✓	✓	✓	✓
PRRU07 <sup>1</sup>	66,6%	✓	□	□	□	□
RPID1305	4,6%	✓	✓	✓	✓	✓
IGA01Z2 <sup>2</sup>	36,2%	✓	□	✓	✓	✓

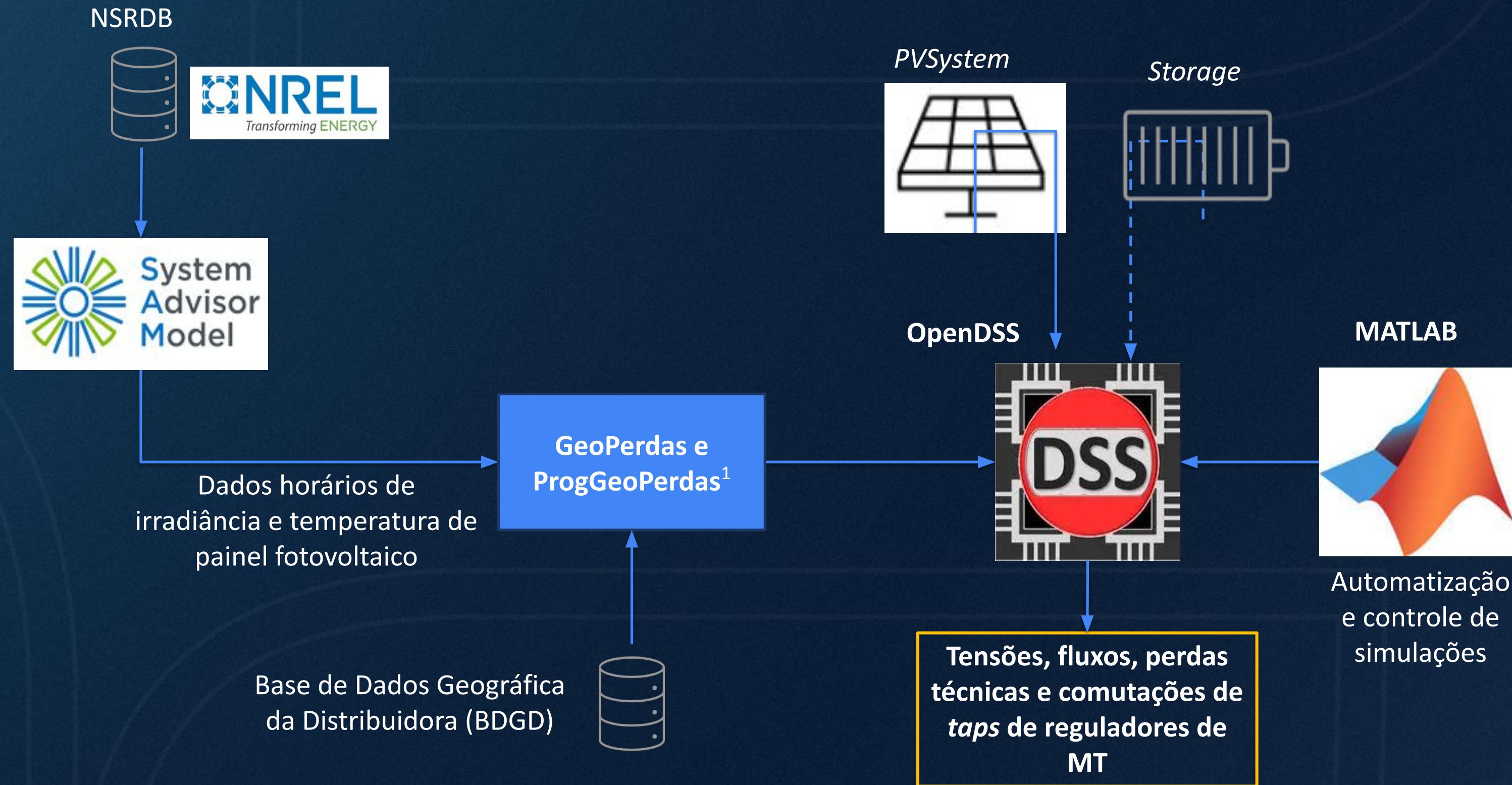
(\*) Adota-se o grau de penetração em potência  $MMGD\_X\%$  como o percentual  $X$  de capacidade instalada total de MMGD em relação ao somatório das demandas máximas anuais das UCs, desconsiderando cargas não técnicas

# Alocação de MMGD em cenários

Nos cenários com MMGD, a MMGD adicional ao *caso\_ref* é alocada a cargas que ainda não possuem MMGD

- A ordem de alocação é da classe de consumo de maior para a de menor proporção de MMGD existente (mantendo esta proporção quando possível) e depois da carga de maior para a de menor demanda máxima anual
- A potência instalada de MMGD alocada é igual à demanda máxima anual da carga que recebeu a MMGD
  - Isso considerando o Art. 31. da REN nº 1.000/2021 da ANEEL: "*A potência instalada da microgeração e da minigeração distribuída fica limitada à potência disponibilizada para a unidade consumidora onde a geração será conectada.*"

# Metodologia de simulação



# Principais resultados

Métrica	AFNU17	PRRU07	RPID1305	IGAO1Z2
Fluxo reverso na entrada do alimentador				
Perdas técnicas anuais (proporção em energia)				
Violões	Sobretensões ou subtensões na entrada	-	-	Subtensões de até $\approx 1\%$ (todos os casos)
	Sobretensões nas Unidades Consumidoras de Média Tensão (UCMT)	Máximo $\approx 1\%$ (todos os casos)	Máximo $\approx 1\%$ , no <i>caso_ref</i>	-
	Subtensões das cargas em geral (proporção em energia anual)		0,2% (todos os casos)	
	Sobrecargas das linhas e transformadores (proporção em energia anual)			
				Não aplicável

# Principais constatações

- Os resultados indicaram **impactos técnicos positivos (em verde)** e **impactos técnicos negativos (em laranja)** do **aumento da penetração de MMGD**, conforme a tabela anterior
- O caso que pode ser considerado **mais crítico** é o do **PRRU07 (Norte de MG)**
  - A proporção de perdas técnicas anuais é 1,2% maior no *caso\_ref* do que com  $MMGD_0\%$
  - Há sobretensões de até  $\approx 1\%$  nas UCMT no *caso\_ref*
  - Adicionalmente, verifica-se que há sobretensões de até 16% nas Unidades Consumidoras de Baixa Tensão (UCBT) no período com fluxo reverso no *caso\_ref*, que não ocorrem no cenário com  $MMGD_0\%$
  - O nº total de comutações de *taps* de reguladores MT por ano é 65% maior no *caso\_ref* do que com  $MMGD_0\%$
- Os resultados de **fluxo reverso** apresentados podem ou não ter **impactos significativos** sobre o sistema elétrico a montante dos alimentadores

# Avaliação de cenários de inserção de BESS no alimentador PRRU07

# Cenários e casos de simulação

## Cenário BESS1

Um único BESS<sup>1</sup> conectado ao alimentador

## Cenário BESS2

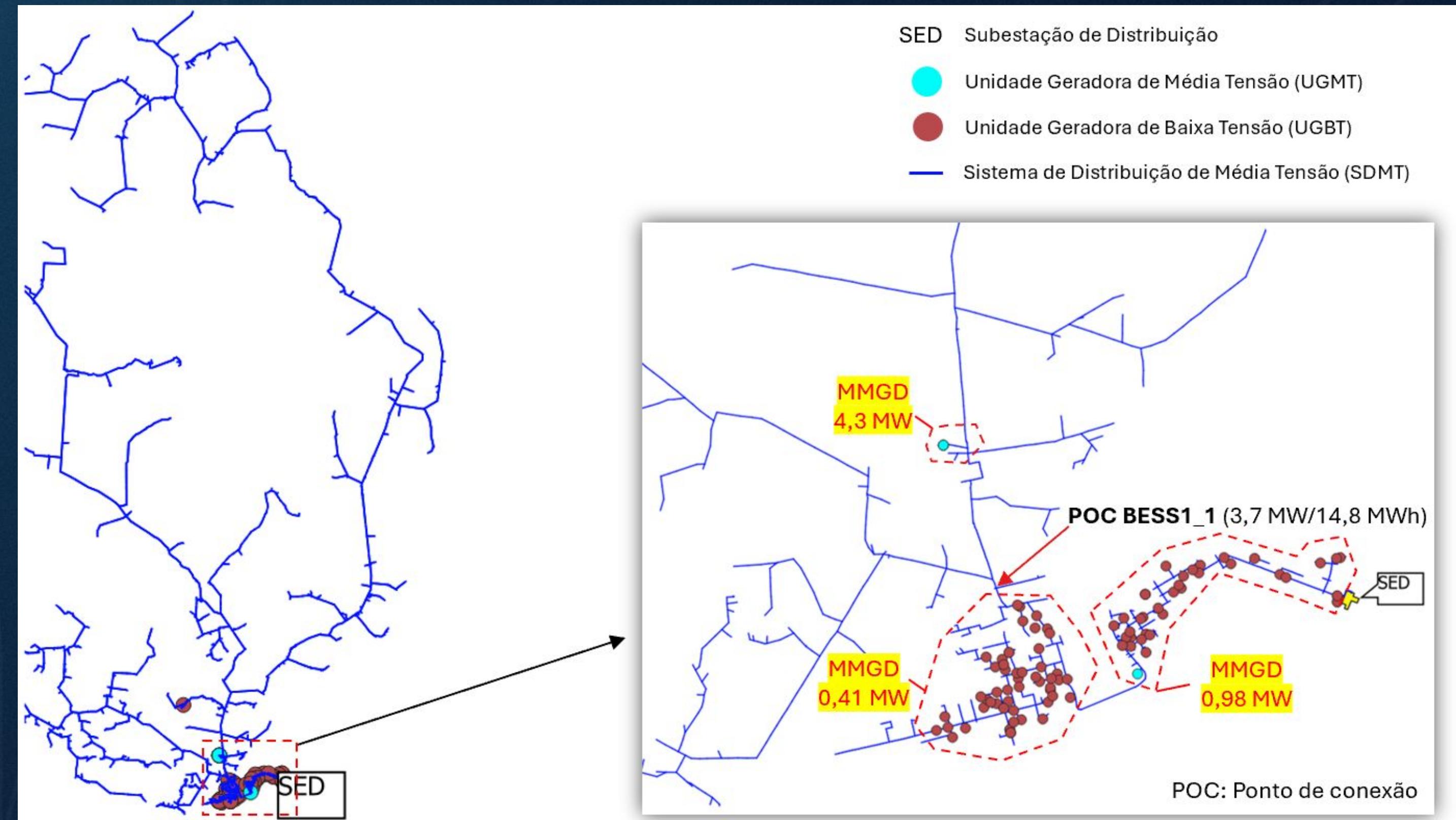
BESS do Cenário **BESS1** dividido em 3 unidades, conectadas a pontos do alimentador distintos entre si

Caso de Simulação	Comparado com	Notas

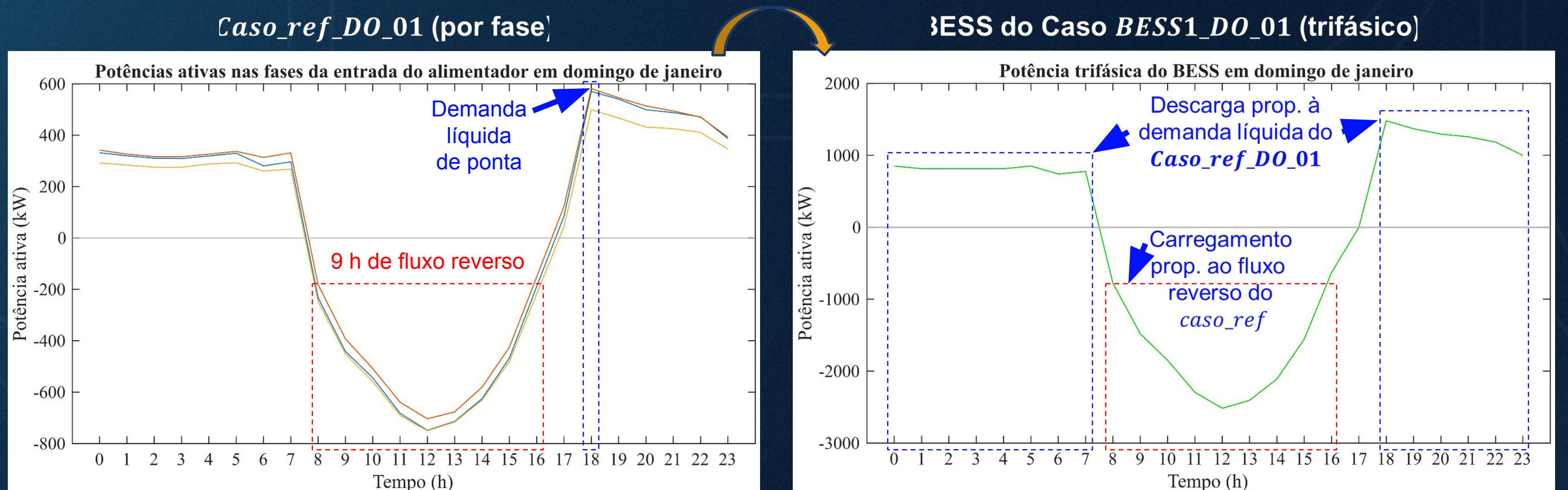
<sup>1</sup> Sistema de Armazenamento de Energia em Bateria (do inglês *Battery Energy Storage System*)

# Modelagem do BESS no Caso BESS1\_DO\_01 (1/2)

## Ponto de conexão do BESS no Caso BESS1\_DO\_01



# Modelagem do BESS no Caso BESS1\_DO\_01 (2/2)

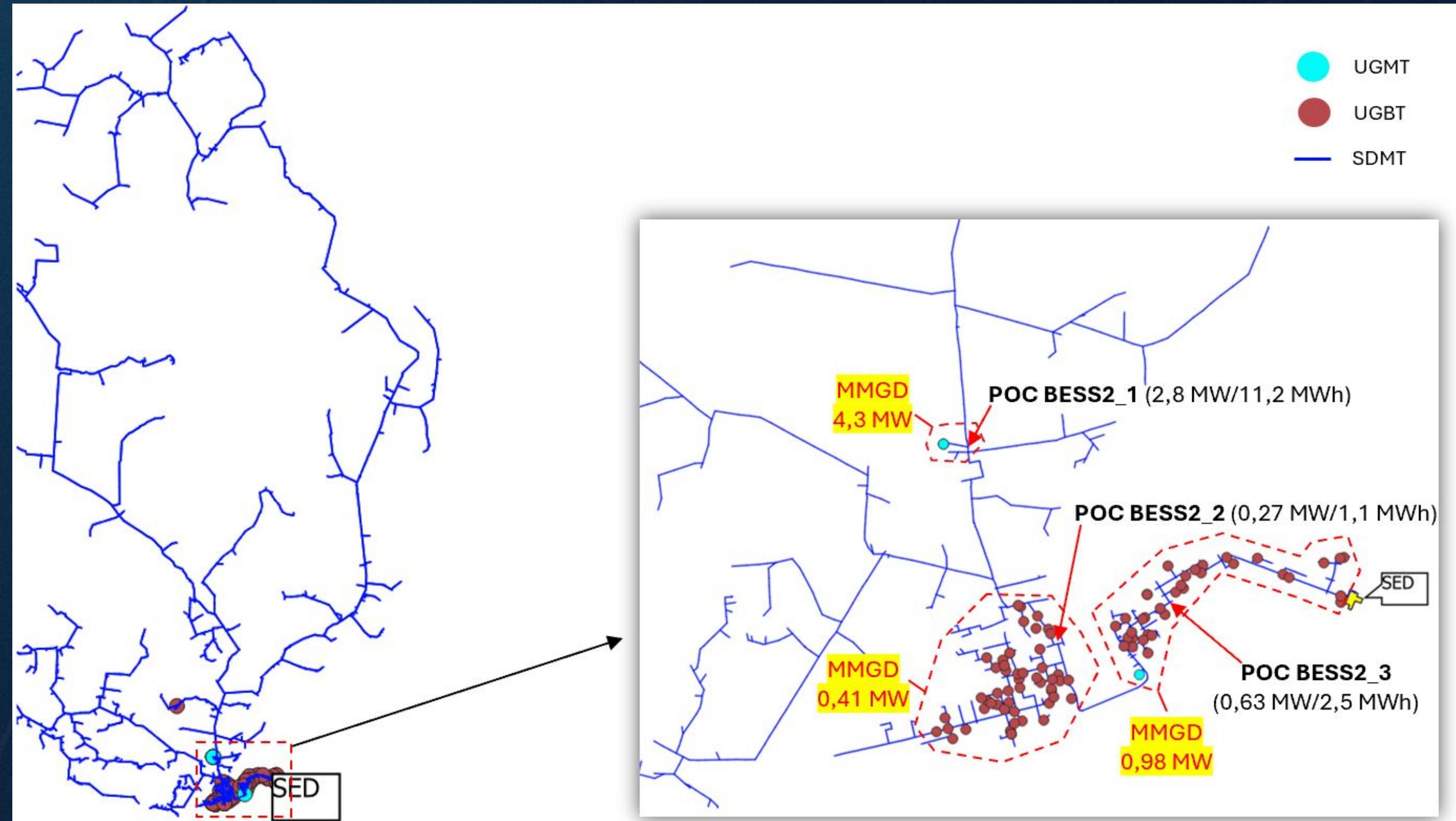


**Configuração do BESS modelado**

Parâmetro	Valor
Potência nominal de saída (MW)	3,7
Capacidade nominal de energia (MWh)	14,8
Eficiência round-trip (RTE)	90%
Estado de carga (SOC) mínimo	5%

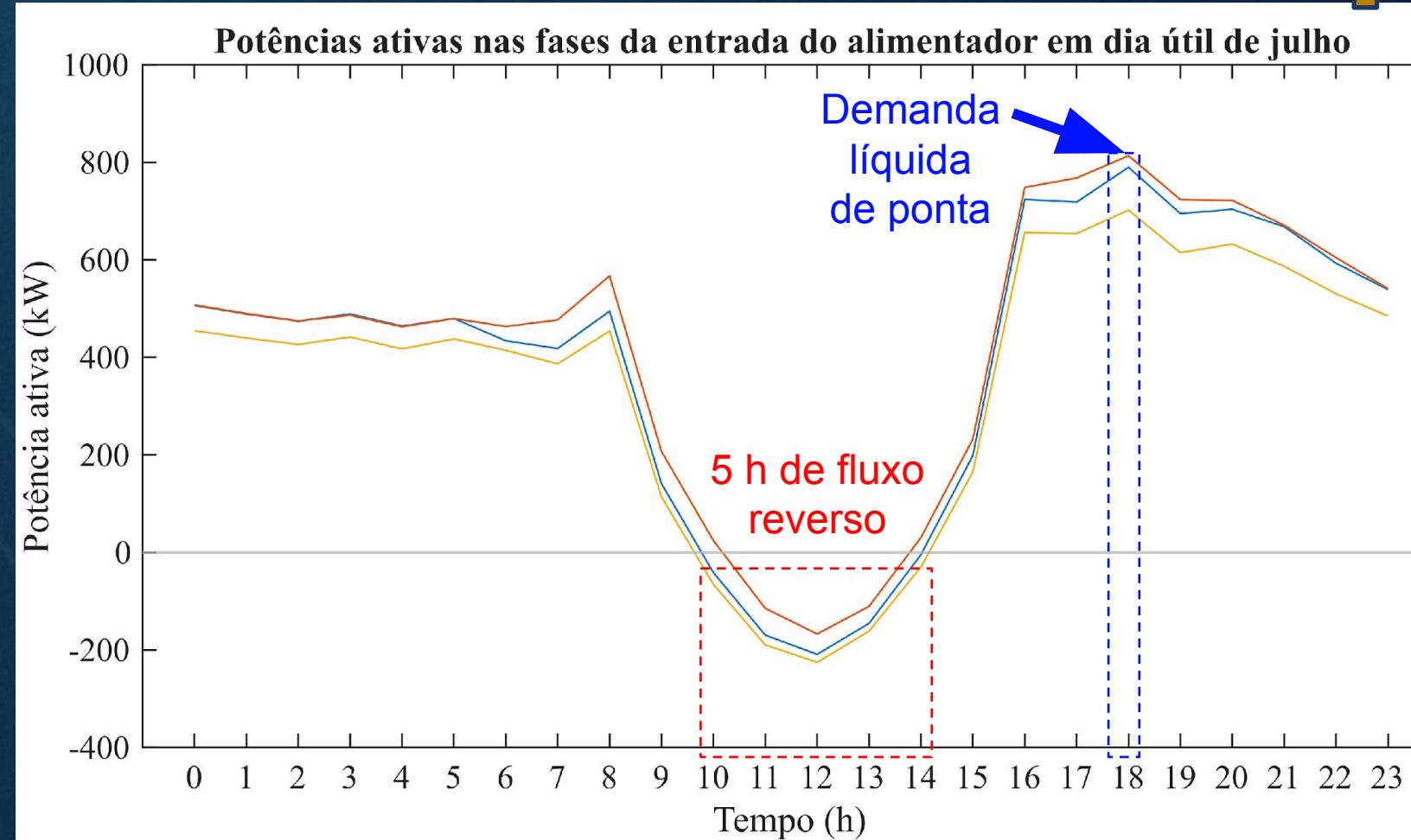
# Modelagem dos BESSs no Caso BESS2\_DO\_01

## Alocação dos BESSs no Caso BESS2\_DO\_01

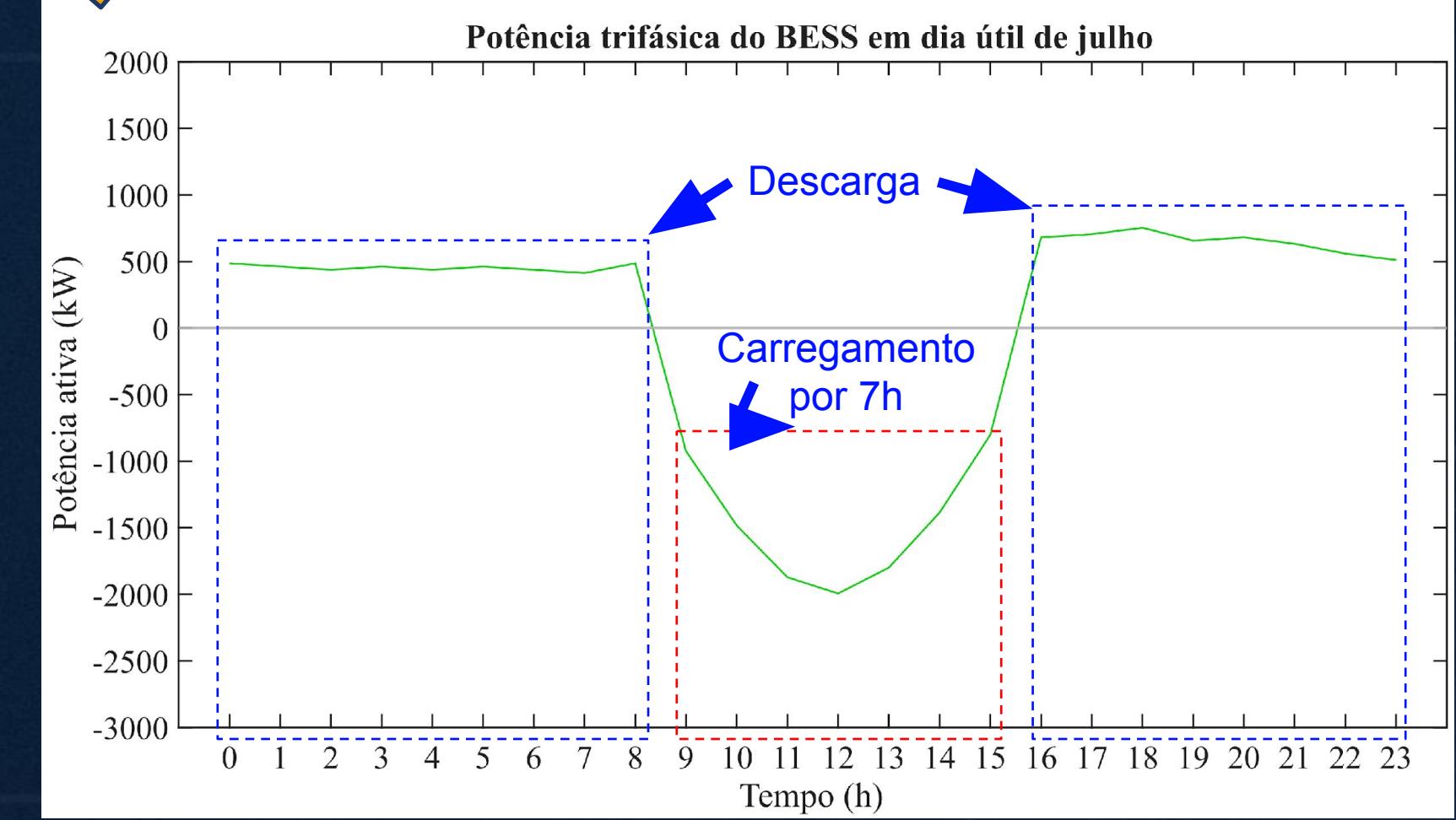


# Modelagem do BESS no Caso BESS1\_DU\_07

Caso\_ref\_DU\_07 (por fase)



BESS do Caso BESS1\_DU\_07 (trifásico)



# Principais resultados

- Os **resultados apresentados** indicam que houve **pouca diferença** entre os **cenários BESS1** e **BESS2**, indicando que a **alocação do BESS** no cenário **BESS1** foi feita de forma **eficiente**
- **Impactos positivos dos casos com BESS em relação ao caso de referência**
  - **Reduções** de **98%** e **100%** no **fluxo reverso máximo** por fase em **DO\_01** e **DU\_07**, respectivamente
  - **Reduções** de **79%** e **31%** na **demanda líquida de ponta** em **DO\_01** e **DU\_07**, respectivamente
  - **Redução** de **100%** em **sobretensão** nas **UCMT** em **DO\_01** e **DU\_07** (embora fosse sobretensão leve)
  - **Redução** de **2%** na **sobretensão máxima** nas **UCBT** em **DO\_01** e **DU\_07**
  - **Redução** de **1%** na **subtensão máxima** nas **UCBT somente** no **Caso BESS1\_DO\_01**
  - **Reduções** no **nº total de comutações de taps** dos **reguladores de MT**: **74%** no **Caso BESS1\_DO\_01**; **72%** no **Caso BESS2\_DO\_01**; e **56%** em **DU\_07**
- **Impacto negativo de casos com BESS em relação ao caso de referência**
  - **Aumento** de **7%** na **subtensão máxima** nas **UCBT** em **DU\_07**
- **Ponto técnico de atenção dos casos com BESS versus respectivos casos de referência**
  - **Aumento** das **perdas técnicas** em **relação à energia consumida pelas cargas** (da rede ou de MMGD): **4,6%** no **Caso BESS1\_DO\_01**; **4,4%** no **Caso BESS2\_DO\_01**; e **2,2%** em **DU\_07**

# Considerações

- A **viabilidade de implantação de BESS na distribuição** dependeria de **evoluções regulatórias** (incluindo modelos de negócios, sinal de preço, alocação de custos etc.) e **análises técnico-econômicas aprofundadas** de projeto
- Conforme apresentado, adotaram-se como **valores típicos** para simulação **eficiência *round-trip* 90%** e **SOC mínimo 5%** para BESS com **baterias de lítio-íon**. Os resultados podem variar de acordo com estes valores, bem como com o(s) POC(s) do(s) BESS(s), as **características da rede** e sua **localização**
- **Outras tecnologias** como **armazenamento de longa duração** (LDES, do inglês *Long-duration Energy Storage*) poderiam, eventualmente, ser consideradas para este tipo de aplicação
- O **armazenamento** pode trazer **benefícios adicionais** para a **qualidade de energia** (fora do escopo deste estudo)

# Obrigado!