



Empresa de Pesquisa Energética

Aplicação do modelo no relatório R1

Workshop de apresentação de resultados
31 de agosto de 2023



Empresa de Pesquisa Energética

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Sumário



Contextualização

Metodologia de Medição dos tempos

Resultados Multi-infeed

Desempenho dos principais eventos

Contextualização

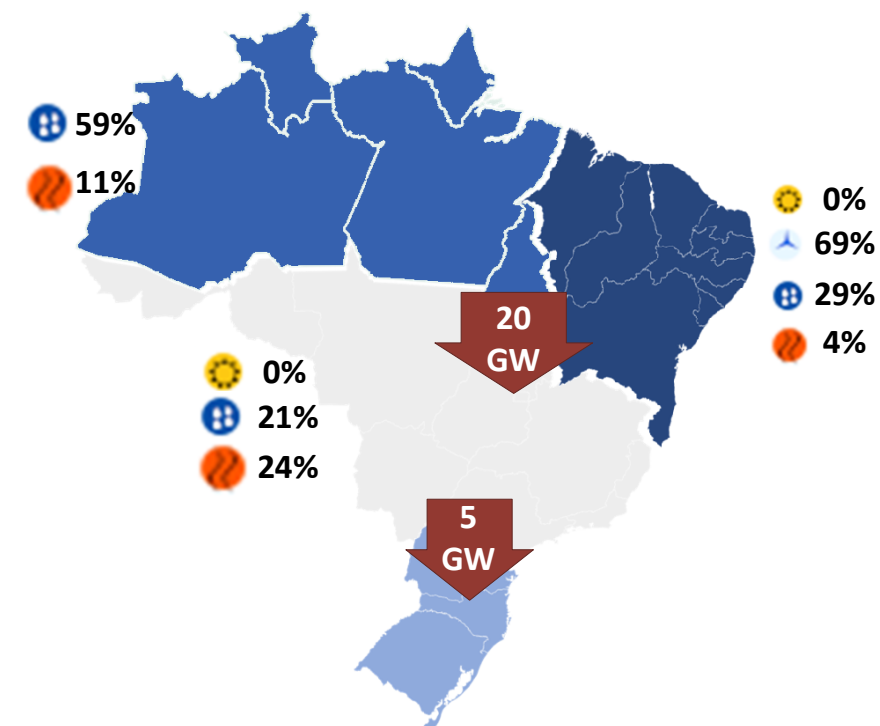


Cenários

☐ Exportação do Norte/Nordeste na carga leve

- ✓ Exportação pelo NNE: 20 GW
- ✓ Inércia no Sudeste: **baixa**
- ✓ bipolo Graça Aranha: 3,6 GW

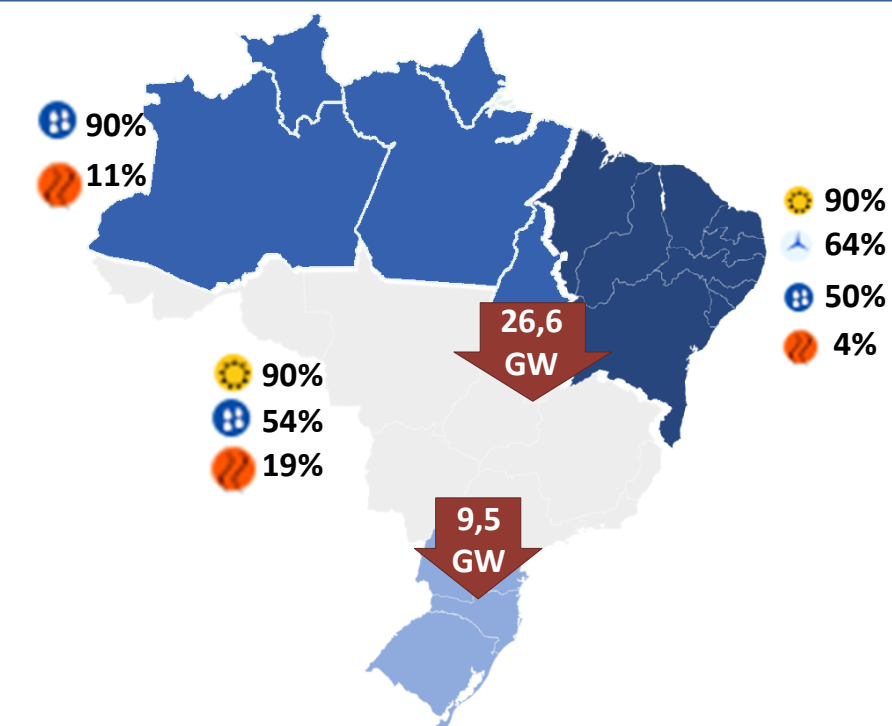
Cen 1 – Carga Leve



☐ Exportação do Norte/Nordeste e recebimento do Sul na carga média

- ✓ Exportação pelo NNE: **26,6 GW**
- ✓ Inércia no Sudeste: mediana
- ✓ Importação do Sul: **elevada**

Cen 1 – Carga Média

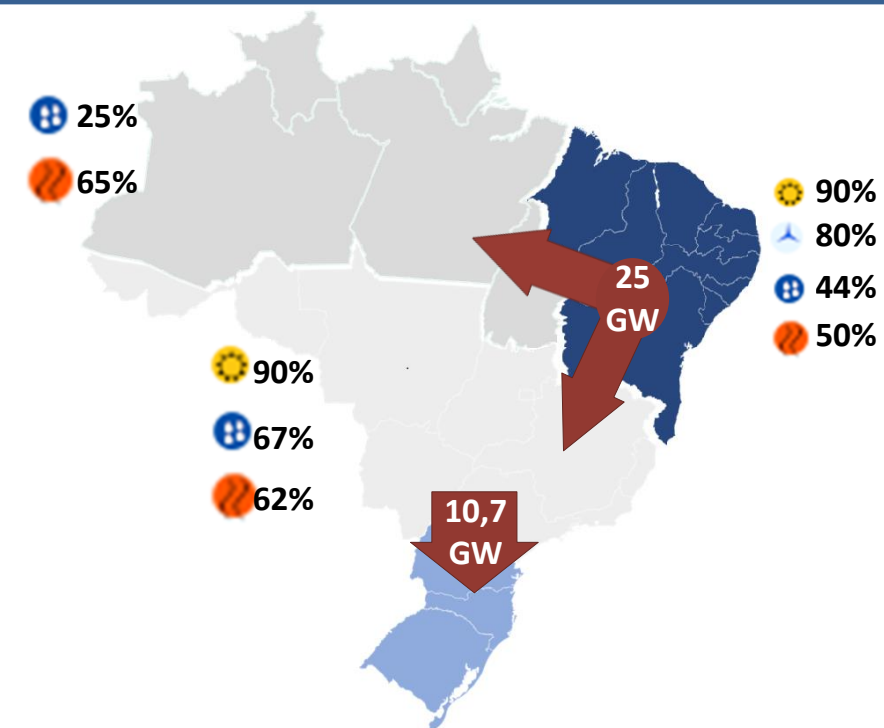


Cenários

☐ Exportação do Nordeste e recebimento do Sul na carga média

- ✓ Exportação pelo NE: **25 GW**
- ✓ Inércia no Sudeste: mediana
- ✓ Importação do Sul: **elevada**

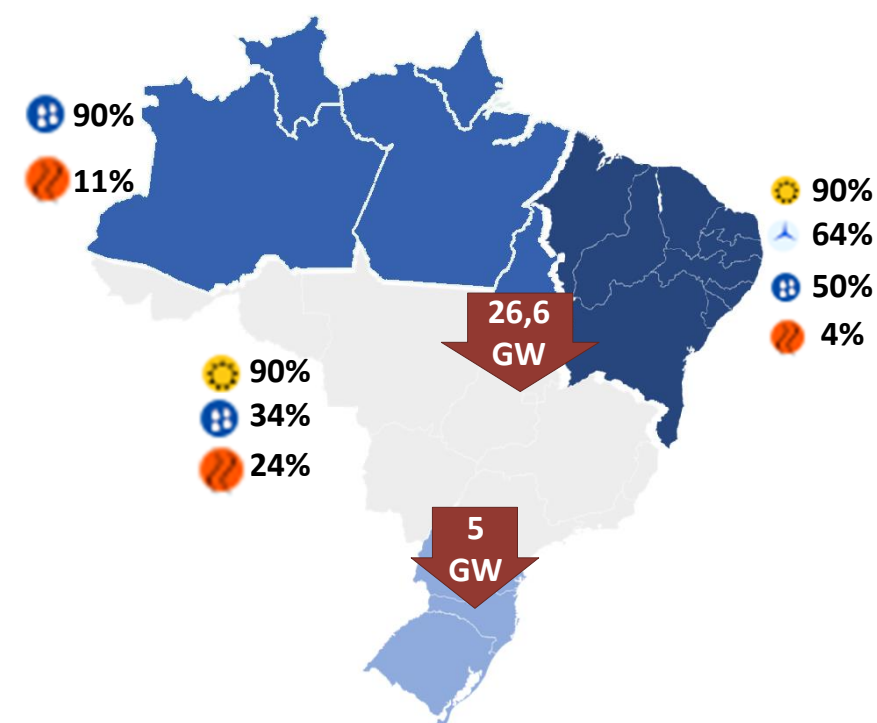
Cen 2 – Carga Média



☐ Exportação do Norte/Nordeste com Inércia Mínima no Sudeste na carga média

- ✓ Exportação pelo NNE: **26,6 GW**
- ✓ Inércia reduzida no Sudeste: **baixa**
- ✓ Importação do Sul: mediana
- ✓ Cenário mais crítico quanto ao desempenho

Cen 3 – Carga Média

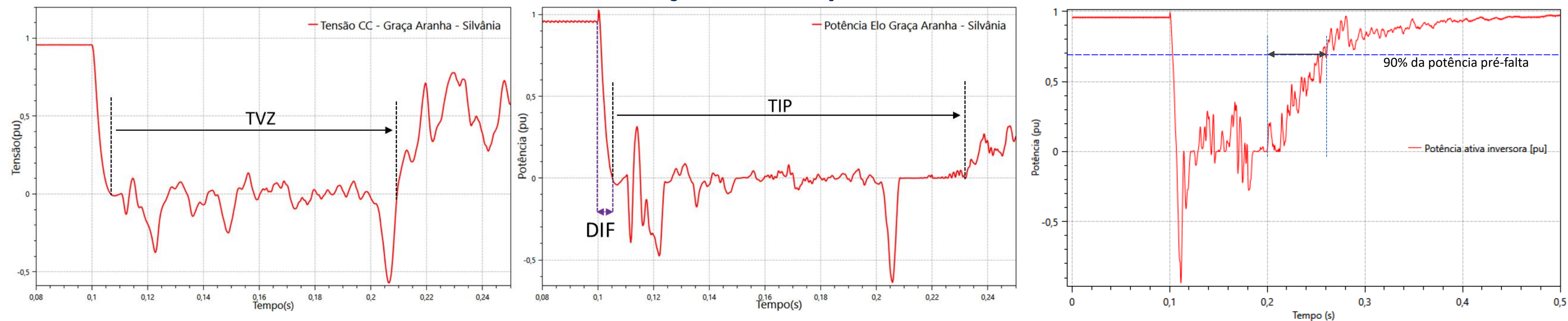


Metodologia de medição tempo



Metodologia de medição de tempo dos eventos

1 - Medição de tempos no PSCAD



Referência: ONS - Identificação do fenômeno de falha de comutação na Operação dos Bipolos do SIN

2 - Sequência de aplicação de eventos no programa ANATEM

Tempo de aplicação	Tipo	Descrição
0.1s	APCC	Aplicação de curto-circuito em barra CA
0.1s + DIF	APFC	Aplicação de falha de comutação forçada em inversora
0.1s + DIF +TVZ	RMFC	Remoção da falha de comutação forçada em inversora
0.2s	RMCB	Remoção do curto-circuito na barra CA

* Tempo de recuperação = t(eliminação de falta) - t(90% da potência pré-falta)

**Simulação em
PSCAD com
modelos
genéricos para
os elos CCAT**



Multi-infeed (PSCAD)

Cen 3- Carga Média

Este cenário foi o que apresentou o maior número de falhas de comutação simultâneas durante a aplicação de curtos-circuitos em subestação situadas no Sudeste, principalmente na SE Araraquara 2.

O tempo de interrupção de potência das conversoras é, na maioria dos eventos, inferior ao tempo de curto-circuito. O Sistema Interligado Nacional é estável perante essas perturbações.

Os tempos de recuperação de potência estão adequados conforme critérios de segurança (menor que 350 ms).

Tempo de interrupção de potência (ms)					
Evento/Elo	Graça Aranha Silvânia	Xingu Estreito	Xingu Terminal Rio	Porto Velho Araraquara 2	Itaipu Ibiúna
CC-3f-G. Aranha	173	44*	35*	44*	0
CC-1f-G. Aranha	0	43*	44*	43*	0
CC-3f-Silvânia	127	44	35	43	0
CC-1f-Silvânia	116	40	4	53	0
CC-1f-Xingu	0	35*	0	37*	0
CC-1f-Terminal Rio	17	51	103	45	0
CC-1f-Estreito	19	120	45	47	0
CC-3f-Araraquara2	38	56	65	145	18
CC-1f-Araraquara2	19	55	32	75	0
CC-1f-Ibiúna	17	38	38	53	37

*Essas interrupções de potência não ocorrem imediatamente após a aplicação do curto-circuito. Mas, sim após os swings de potência.

Tempos de recuperação de potência nas inversoras (ms)					
Evento/Elo	Graça Aranha Silvânia	Xingu Estreito	Xingu Terminal Rio	Porto Velho Araraquara 2	Itaipu Ibiúna
CC-3f-G. Aranha	265	233	196	224	0
CC-1f-G. Aranha	0	241	201	223	0
CC-3f-Silvânia	259	80	106	101	0
CC-1f-Silvânia	197	126	104	101	0
CC-1f-Xingu	0	261	0	244	0
CC-1f-Terminal Rio	154	139	117	101	0
CC-1f-Estreito	128	140	97	112	0
CC-3f-Araraquara2	335	254	255	207	83
CC-1f-Araraquara2	253	170	188	173	0
CC-1f-Ibiúna	222	121	112	102	126

**Simulação com
rede completa
e modelos
oficiais
(Anatem)**



Rede completa e modelos oficiais (Anatem)

A partir dos **tempos obtidos em simulações PSCAD**, foram reproduzidas as mesmas perturbações no **programa ANATEM (rede completa e modelos oficiais)**.

A seguir será apresentado o desempenho no **Cen 3 – Carga Média** para os eventos:

- Curto-circuito monofásico em Silvânia
- Curto-circuito monofásico em Araraquara 2
- Bloqueio de bipolo
- Bloqueio de polo

É apresentado o tempo de recuperação dos bipolos no PSCAD (modelos genéricos) e no Anatem (modelos oficiais)

Observações

- Bloqueio do bipolo Graça Aranha-Silvânia não requisita SEP (desligamento de geradores) no NNE para aliviar fluxo
- A transferência de carga entre os bipolos de Xingu e Graça Aranha **contribui para a melhoria de desempenho do SIN**, porém, este recurso ainda não está modelado nos arquivos PSCAD. Tal requisito está previsto no edital do leilão.
- Os **Compensadores Síncronos** das conversoras são importantes em inúmeras situações:
 - Curto-circuito próximo das conversoras do Bipolo Graça Aranha-Silvânia
 - Falha de comutação dos demais bipolos
 - Bloqueio do bipolo Graça Aranha-Silvânia ou outros
 - Manutenção de perfil de tensão adequado

Curto-Circuito Monofásico em Silvânia

Cen 3 – Carga Média

O tempo de interrupção de potência, extraído do PSCAD é fixado no Anatem.

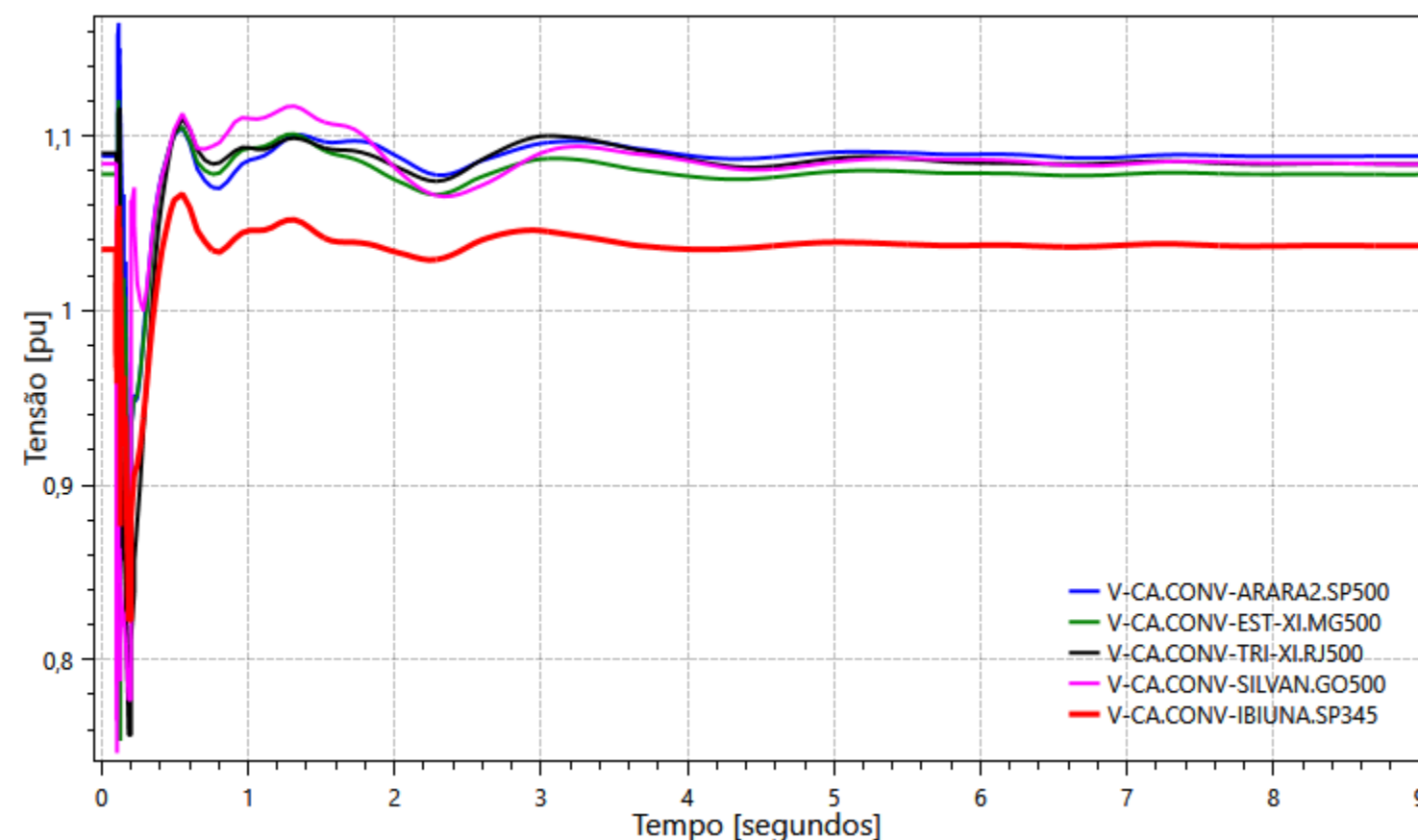
Bipolo Graça Aranha-Silvânia:

- Interrupção de Potência: 116 ms
- Tempo de Recuperação:

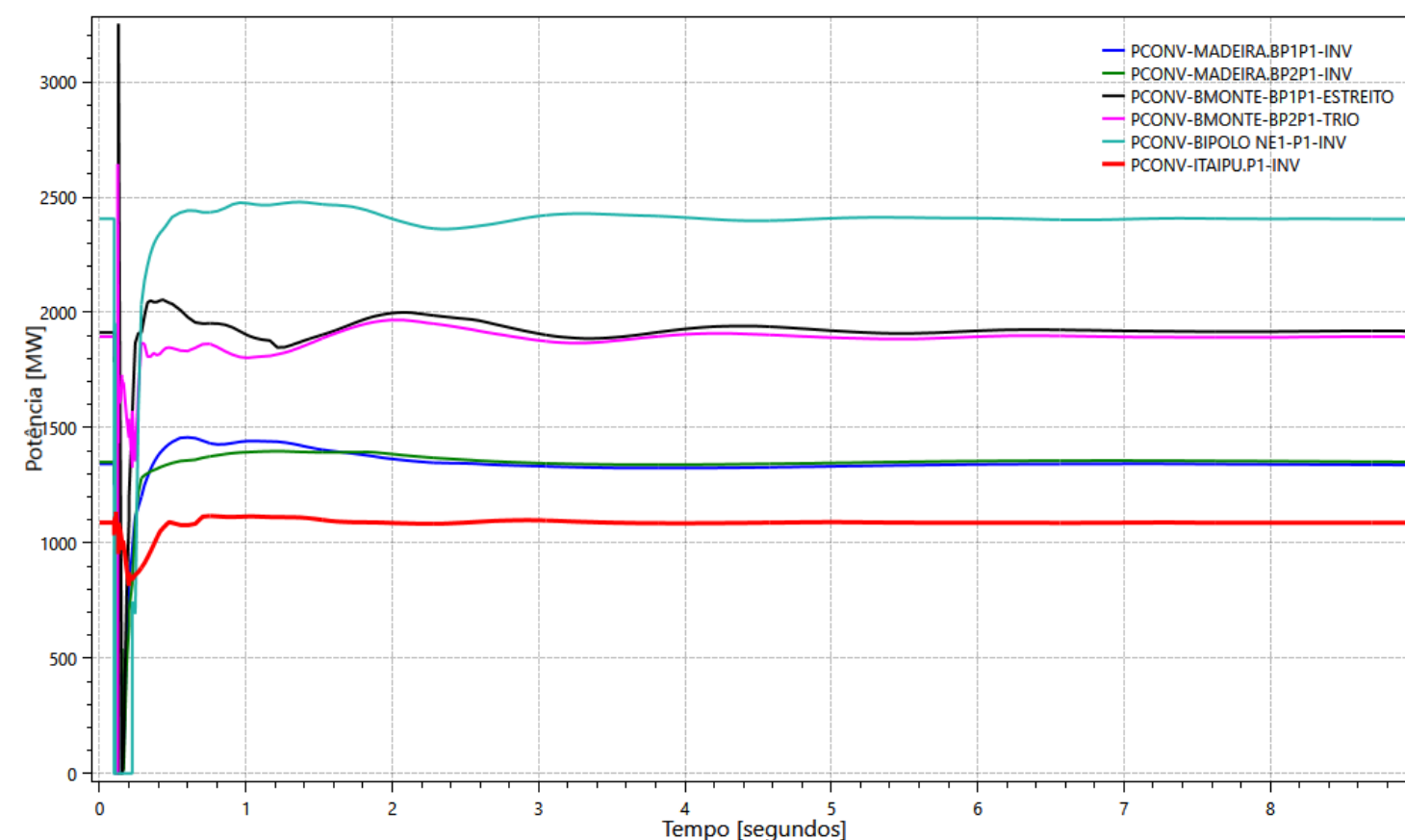
PSCAD: 197 ms

Anatem: 113 ms

Todas conversoras falham, exceto Ibiuna.



Tensão CA das Inversoras



Potência Ativa das Inversoras

Curto-Circuito Monofásico em Araraquara 2

Cen 3 – Carga Média

O tempo de interrupção de potência, extraído do PSCAD é fixado no Anatem.

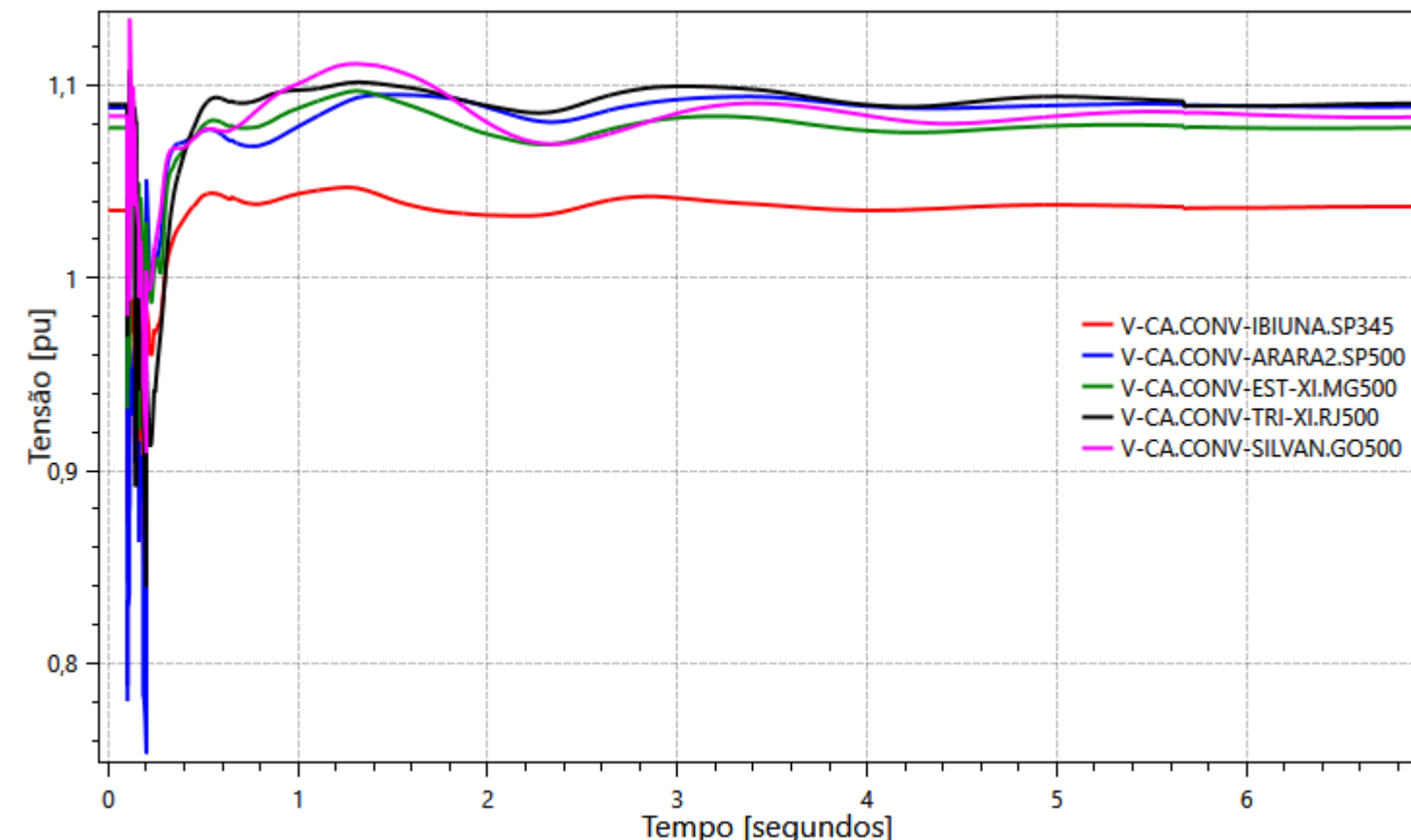
Bipolo Graça Aranha-Silvânia:

- Interrupção de Potência: 19 ms
- Tempo de Recuperação:
PSCAD: 253 ms
Anatem: 0 ms

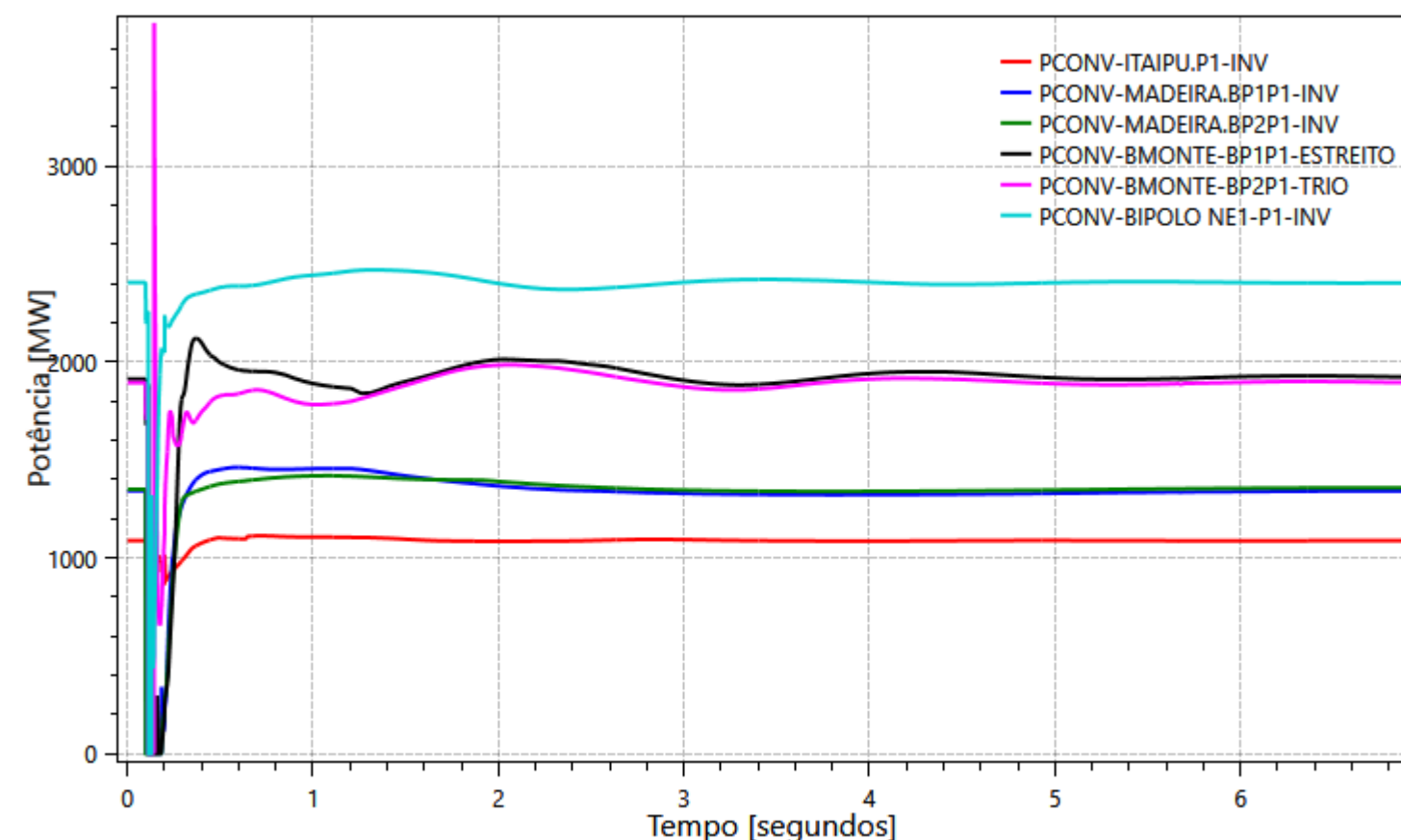
Bipolo Madeira:

- Interrupção de Potência: 75 ms
- Tempo de Recuperação: 75 ms

Todas conversoras falham, exceto Ibiuna.



Tensão CA das Inversoras

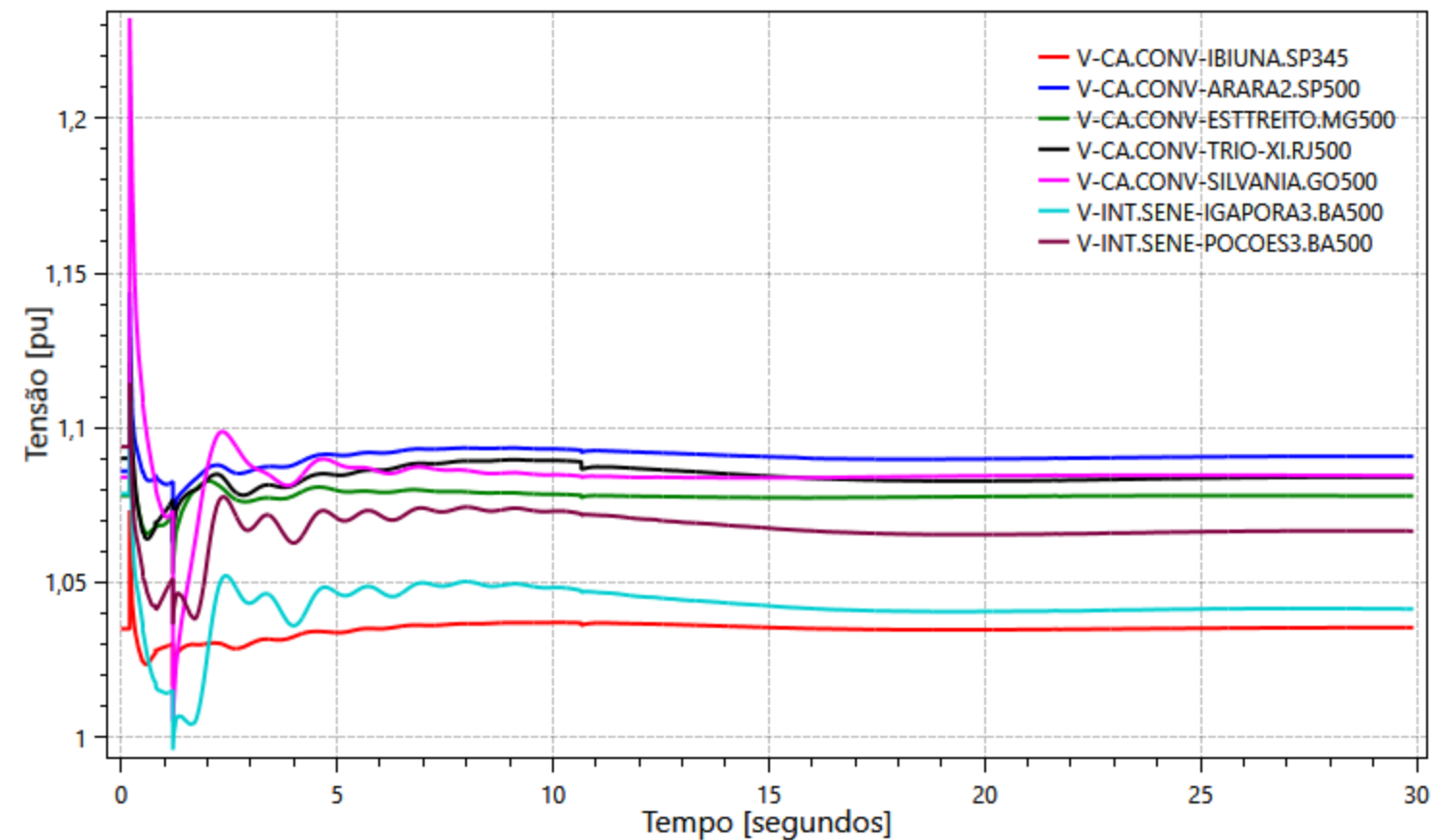


Potência Ativa das Inversoras

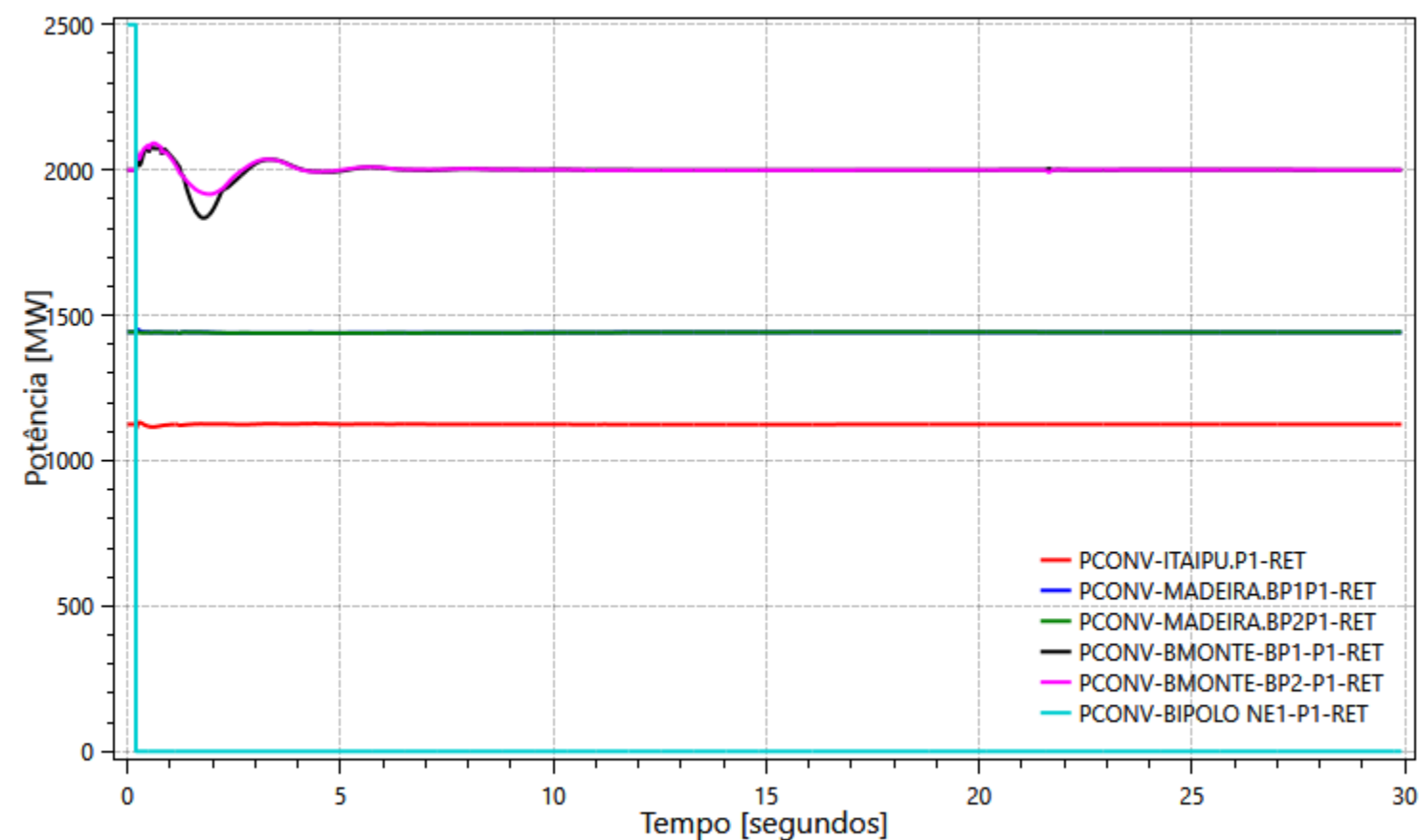
Bloqueio do Bipolo Graça Aranha-Silvânia

Cen 3 – Carga Média

Mesmo na perda do maior tronco de transmissão do SIN (5 GW), nenhum esquema especial de proteção foi requerido para manter estabilidade do SIN.



Tensão CA



Potência Ativa dos bipolos

Bloqueio de Polo do Bipolo Graça Aranha-Silvânia

Cen 3 – Carga Média

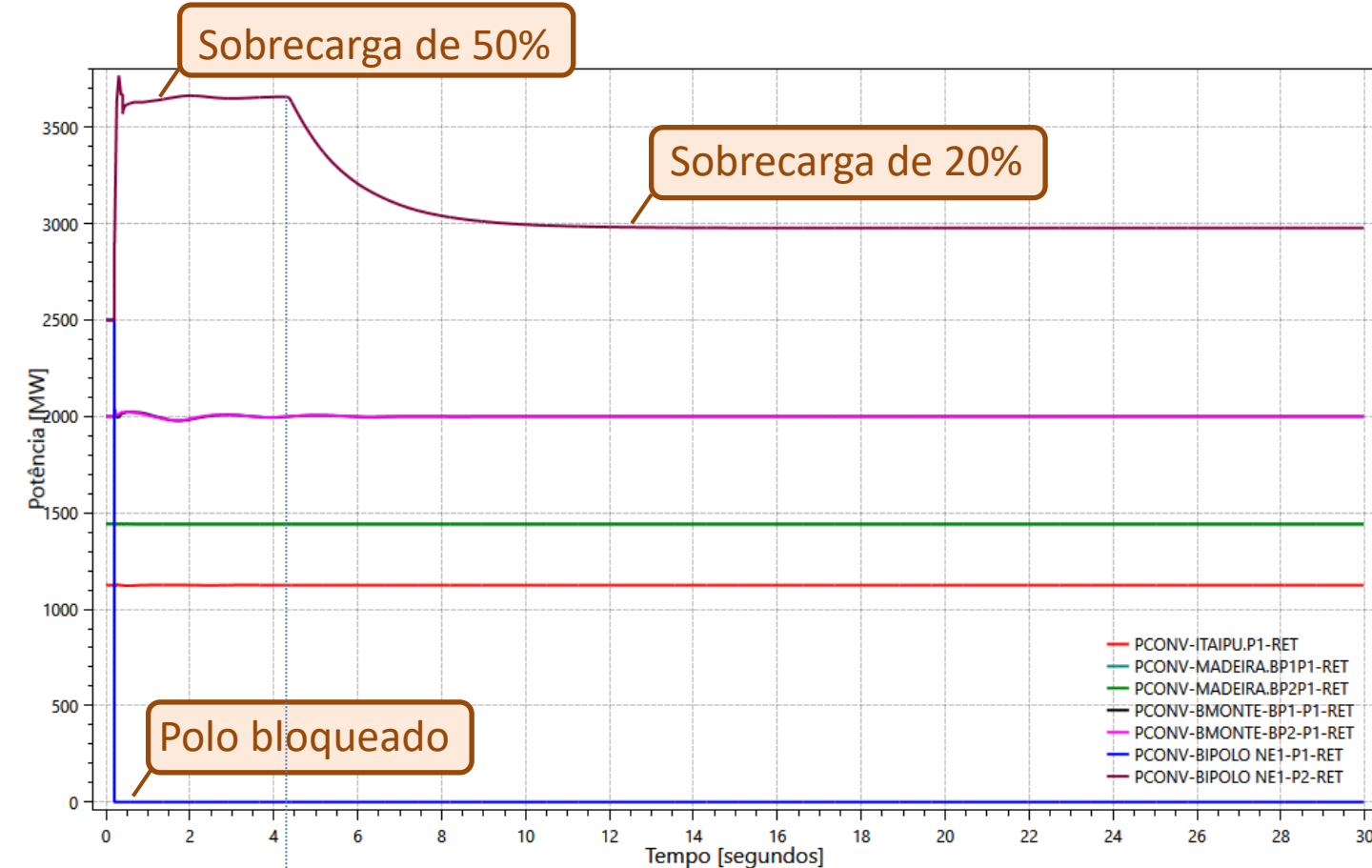
Polo 1 – bloqueado
Polo 2 – em sobrecarga

50 % de sobrecarga de curta duração

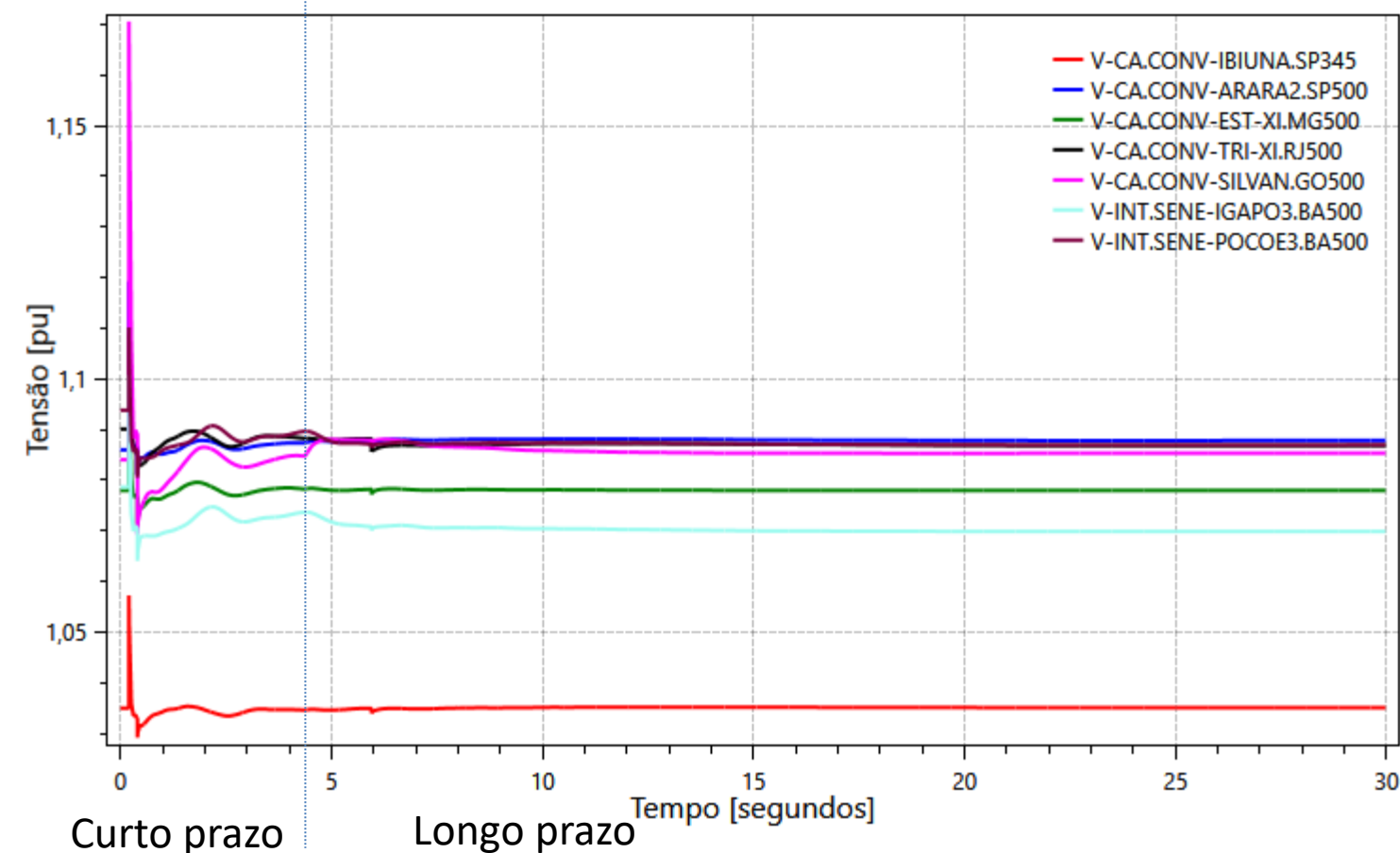
- Auxílio na dinâmica de curto-prazo

20% de sobrecarga de longa duração

- Evita sobrecarga em LT
- Evita necessidade de redespacho



Potência Ativa dos bipolos



Tensão CA

Observações finais

- ✓ Desempenho no Anatem foi melhor, em função dos modelos oficiais serem mais robustos.
- ✓ O modelo do novo bipolo Graça Aranha-Silvânia deverá ser otimizado pelo empreendedor, o que deve implicar em redução do tempo de recuperação em diversos cenários operativos.
- ✓ Os modelos disponibilizados do PSCAD e ANATEM são apenas referenciais.
- ✓ Ainda considerando premissas de estudo conservadoras (intercâmbios regionais elevados e modelagem simplificada para elos CCAT), o desempenho do bipolo é adequado e compatível com requisitos de segurança operativa do SIN.
- ✓ Em nenhuma das simulações realizadas foi identificado colapso ou violação de critério de desempenho elétrico, em função de falhas de comutação simultâneas nos elos CCAT. Portanto, conclui-se que o SIN é estável mesmo com as interações *multi-infeed*.



Empresa de Pesquisa Energética



/epe.brasil



@epe_brasil



@epe_brasil



/EPEBrasil



Empresa de
Pesquisa
Energética



Empresa de Pesquisa Energética

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO