

# **CONFIABILIDADE DE REDES DE TRANSMISSÃO E SUBTRANSMISSÃO CONSIDERANDO FALHAS EM EQUIPAMENTOS DE SUBESTAÇÕES: UMA FERRAMENTA PARA O PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS**

GPL 29 - Juliana S. Nunes  
Armando M. Leite da Silva  
João Guilherme de C. Costa  
Victor F. Zwetkoff

---



# AGENDA

- Introdução;
- Metodologia;
- Aplicação;
- Resultados;
- Conclusão.

## INTRODUÇÃO

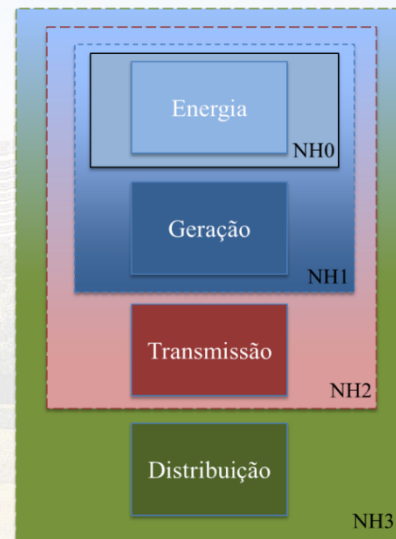
Exigência de um padrão de continuidade e qualidade cada vez mais elevado



Atual cenário econômico com restrição orçamentária para investimentos

### Objetivo:

- Calcular o **impacto** das falhas das redes de transmissão e subtransmissão sobre os índices de desempenho de sistemas de distribuição (NH3);
- **Otimização** do plano de investimentos da distribuidora priorizando as obras com **melhor custo-benefício**.

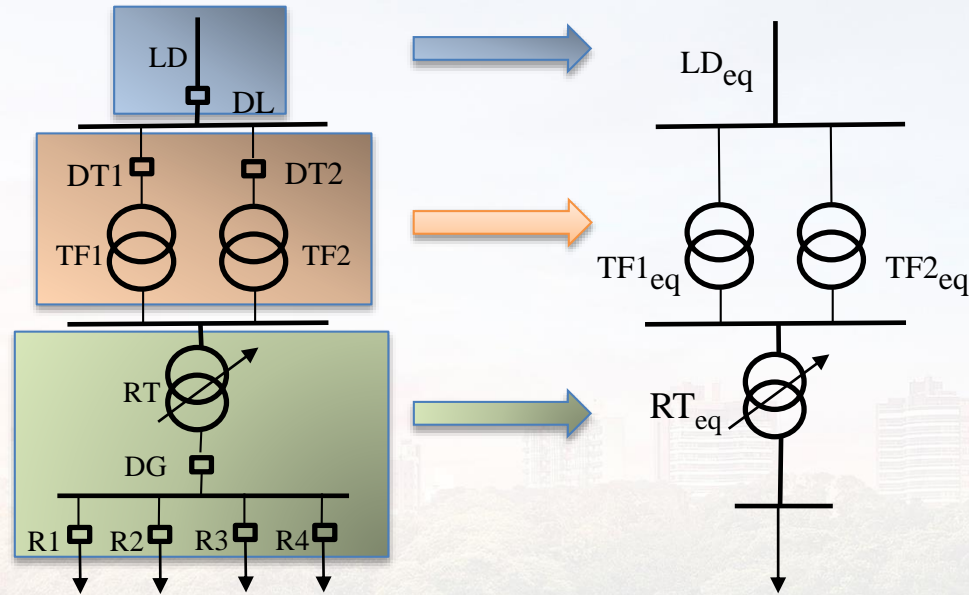




# METODOLOGIA

- Simulação **Monte Carlo** não sequencial utilizando-se a ferramenta NH2 para cálculo dos índices de confiabilidade;
- Modelagem das falhas, de forma a se aproximar da realidade operativa da empresa:
  - Além de transformadores e linhas de transmissão, são modeladas as falhas de outros equipamentos de subestações como **disjuntores, reguladores de tensão e religadores**;
  - Saídas e entradas de elementos do sistema vinculadas às falhas dos circuitos – **flexibilidade operativa**.

# MODELAGEM EQUIVALENTE DE FALHAS DE SUBESTAÇÕES



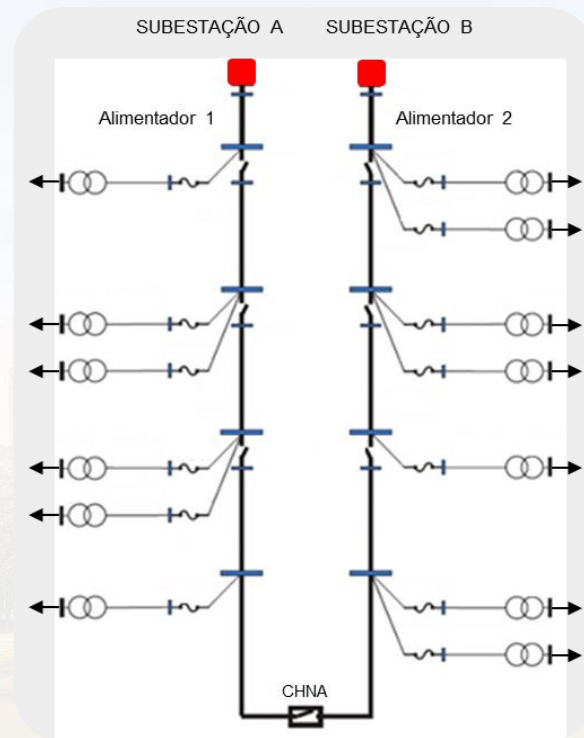
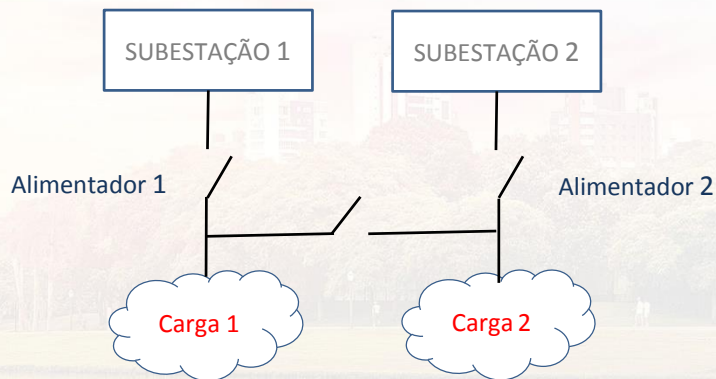
- Taxa de falha e tempo médio para reparo equivalente:

$$\lambda_{eq} = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n \quad TMPR_{eq} = \frac{\lambda_1 TMPR_1 + \lambda_2 TMPR_2 + \dots + \lambda_n TMPR_n}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n}$$

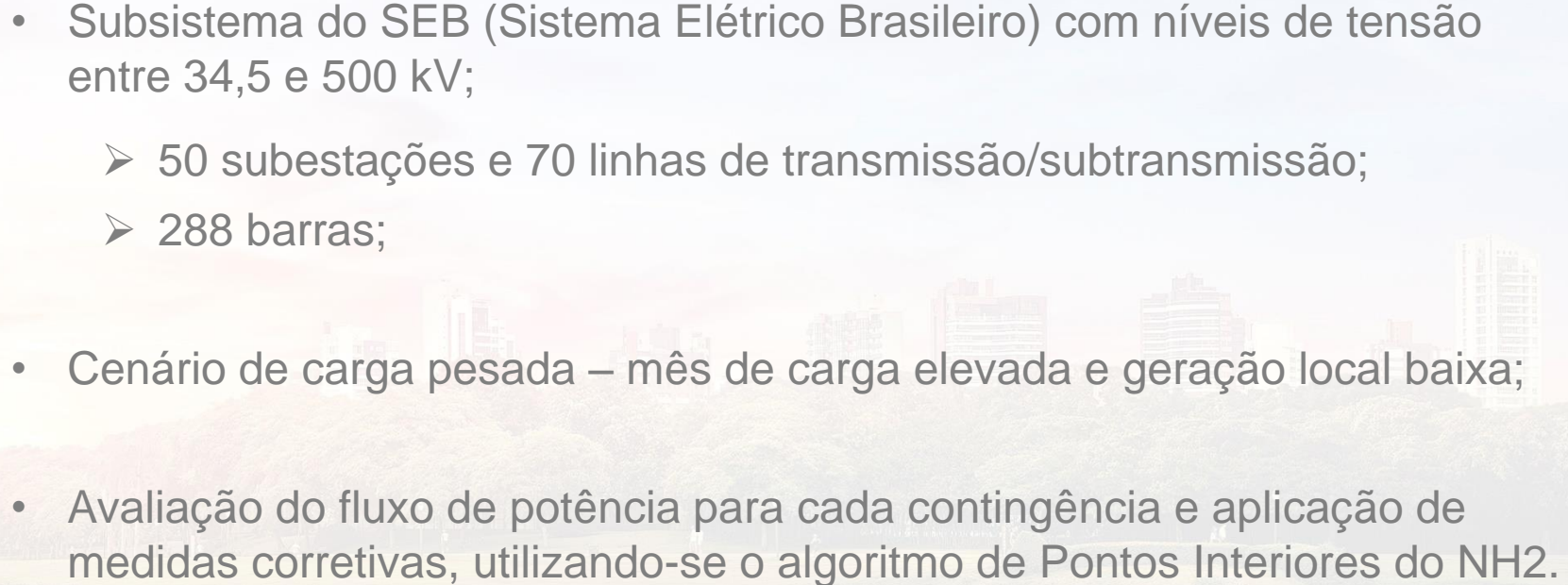


# MODELAGEM DA FLEXIBILIDADE OPERATIVA

- Transferências de carga via MT:
  - Alteração de carga na barra.

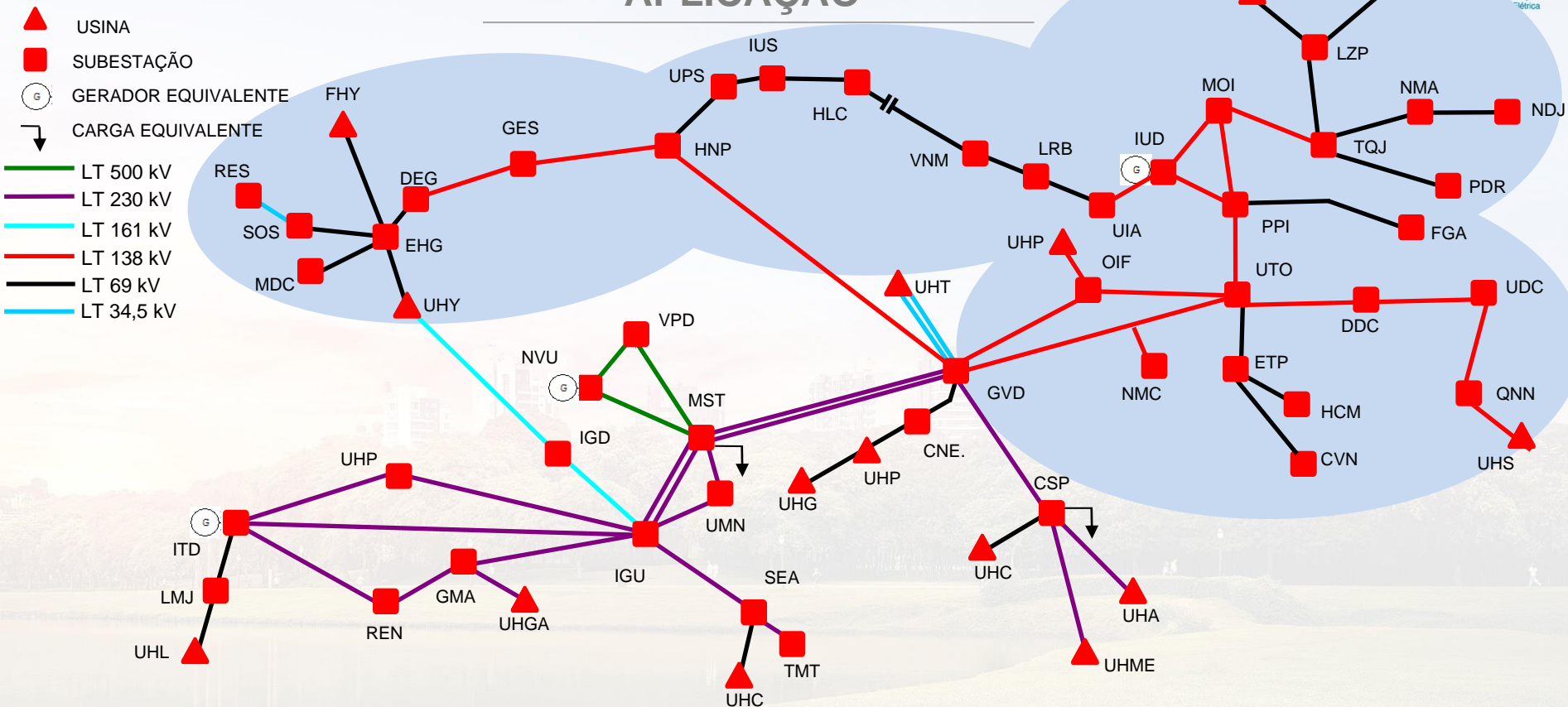


# APLICAÇÃO

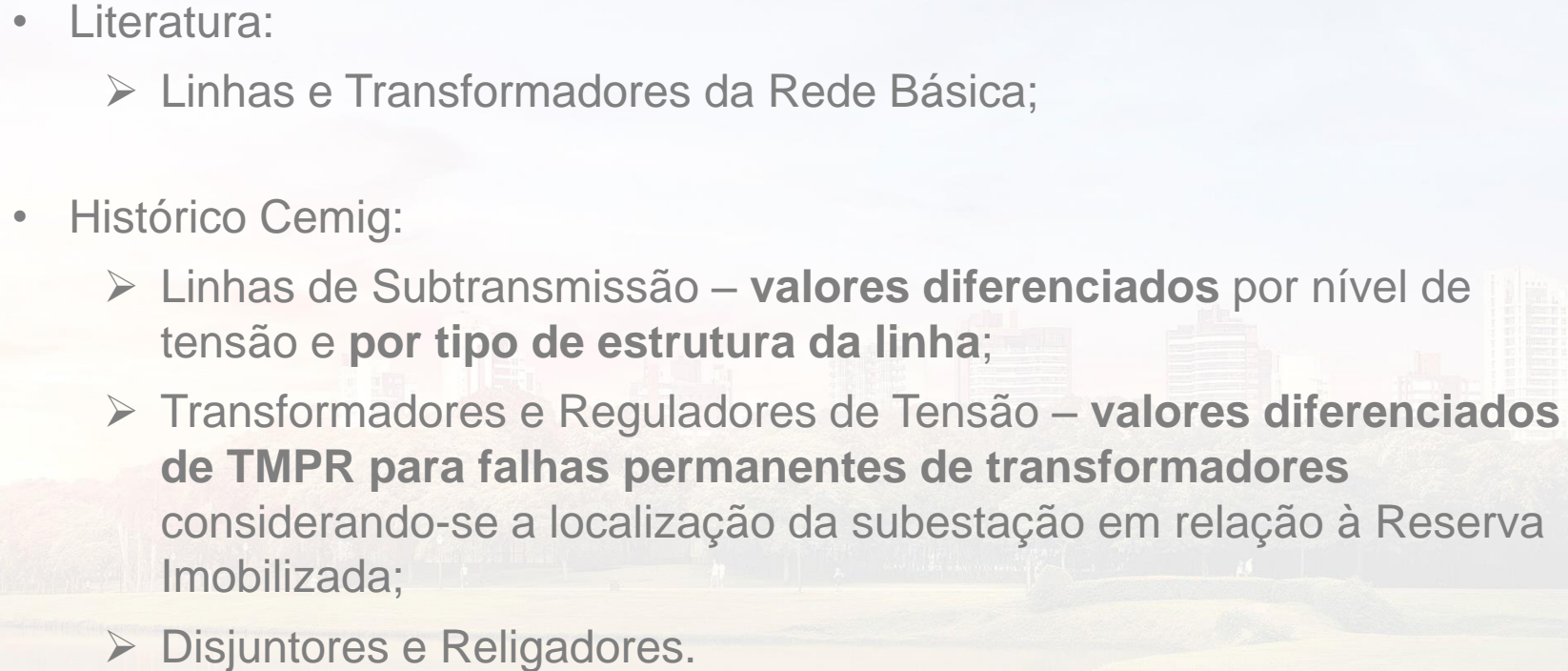
- 
- Subsistema do SEB (Sistema Elétrico Brasileiro) com níveis de tensão entre 34,5 e 500 kV;
    - 50 subestações e 70 linhas de transmissão/subtransmissão;
    - 288 barras;
  - Cenário de carga pesada – mês de carga elevada e geração local baixa;
  - Avaliação do fluxo de potência para cada contingência e aplicação de medidas corretivas, utilizando-se o algoritmo de Pontos Interiores do NH2.



# APLICAÇÃO



## DADOS DE ENTRADA - $\lambda$ e TMPR

- 
- Literatura:
    - Linhas e Transformadores da Rede Básica;
  - Histórico Cemig:
    - Linhas de Subtransmissão – **valores diferenciados** por nível de tensão e **por tipo de estrutura da linha**;
    - Transformadores e Reguladores de Tensão – **valores diferenciados de TMPR para falhas permanentes de transformadores** considerando-se a localização da subestação em relação à Reserva Imobilizada;
    - Disjuntores e Religadores.

$\beta = 1\%$  (LOLP e EENS)

## Subestações radiais ou com maior número de consumidores

# ANÁLISE DE SENSIBILIDADE SUBESTAÇÕES MÓVEIS

$\beta = 1\%$  (LOLP e EENS)

- Redução do TMPR de falhas permanentes de transformadores.

LOLP **6%** ↓

Subestação	Carga (MW)	LOLP	LOLF (oc./ano)	EENS (MWh/ano)	Nº Clientes	Clientes×hora
PPI	6,61	0,0949	0,6201	0,23	20.195	167.864,65
UIA	11,59	0,0991	0,7772	3,49	30.483	264.641,15
MOI	7,55	0,0999	0,6476	1,37	23.930	209.570,20
HNP	3,14	0,1194	2,6684	2,52	6.613	69.195,50
PDR	1,71	0,1275	1,7151	4,92	12.408	138.594,73
EHG	12,9	0,1595	4,0228	32,91	27.851	389.166,58
UTO	27,25	0,2436	5,1939	9,81	56.730	605.208,48
RES	5,08	0,3343	9,3576	62,48	10.684	315.759,21
YAA	4,06	0,3705	7,6105	65,18	6.374	206.871,59
HCM	3,15	0,4179	9,6613	31,01	8.239	301.598,49



## CONCLUSÃO

- O método proposto permite:
  - identificar as regiões com maior necessidade de investimentos em reforços e melhorias;
  - propor melhores estratégias para reconfiguração e expansão do sistema com melhoria da flexibilidade operativa;
  - quantificar a melhoria do nível de confiabilidade de obras.
- As subestações com piores índices de confiabilidade coincidem com as que apresentaram maior indicador DEC AT apurado nos últimos anos pela Cemig D.

## JULIANA SOUZA NUNES

---

 (31) 3307-2949

 (31) 98631-1120

 [juliana.nunes@cemig.com.br](mailto:juliana.nunes@cemig.com.br)

 [www.cemig.com.br](http://www.cemig.com.br)