

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/349008872>

# Modelagem e Simulação de Fluxo de Potência para Sistemas Elétricos

Presentation · August 2020

CITATIONS  
0

READS  
5,558

1 author:



Luciano De Oliveira Daniel  
Fluminense Federal University

59 PUBLICATIONS 43 CITATIONS

SEE PROFILE



# WTEIA – Webinar Temático como Estratégia Interdisciplinar Acadêmica

## “Modelagem e Simulação de Fluxo de Potência para Sistemas Elétricos”

Palestrante: Prof. Luciano Daniel (UFF)

Sinop - MT  
29 de Agosto de 2020

APOIO:



ORGANIZAÇÃO:



# Sumário

1 – Introdução

2 – Modelagem matemática do FP

3 – Método de solução do FP não-linear

4 – Simulador de FP (ANAREDE / CEPEL)

5 – Exemplos de Simulações e Análises

# Introdução

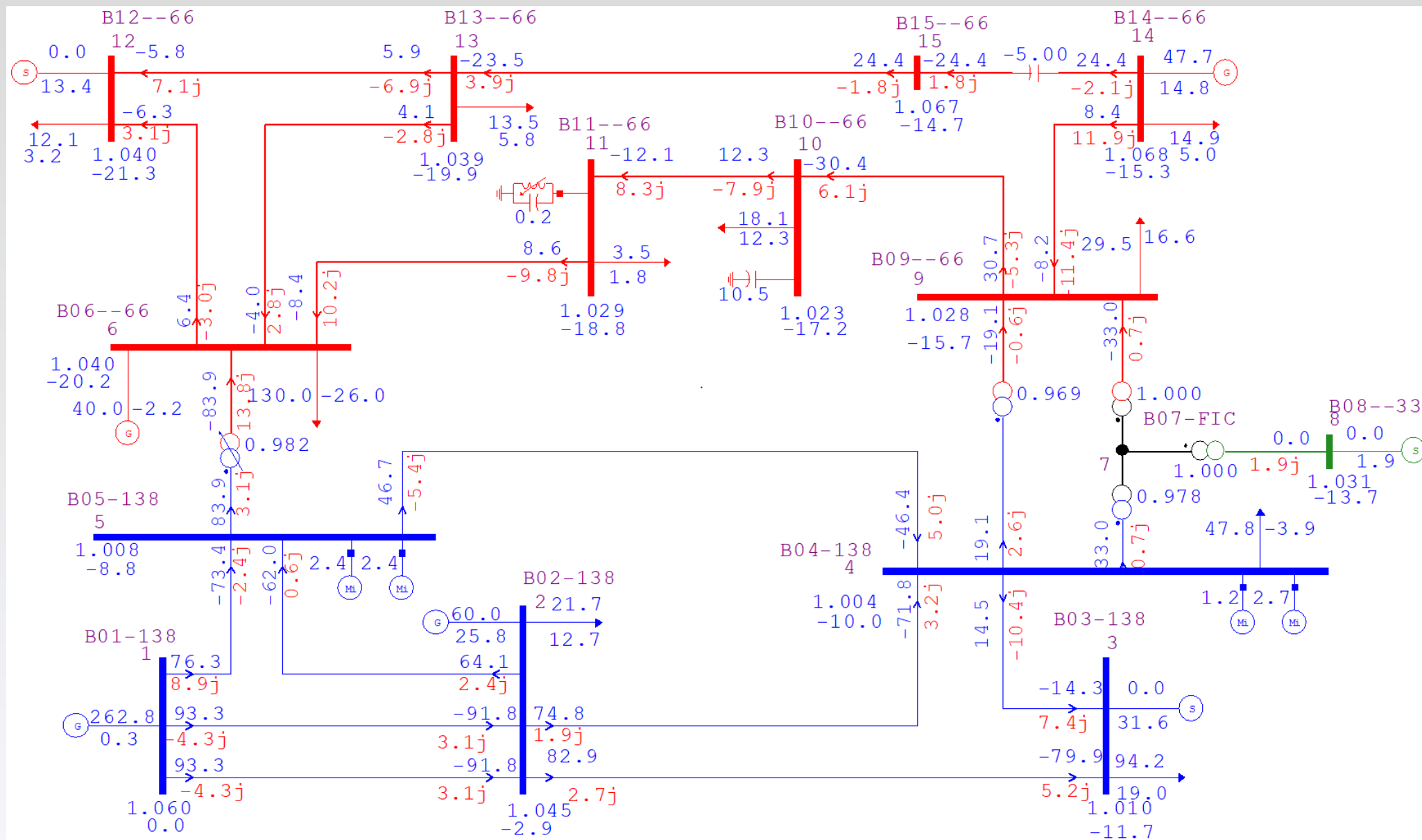
## Cálculo de Fluxo de Potência

- Determinação das **tensões** (módulo e fase )
- Distribuição de **fluxos** de potência (ativa e reativa)
- Cálculo de perdas

## Modelo do Sistema de Potência

- Estático (Eq. Algébricas lineares, não-lineares e inequações)
- Elementos ligados entre um nó e a terra (geradores, cargas, reatores e capacitores )
- Elementos ligados entre dois nós ( LTs e trafos)
- Sequência positiva (sist. trifásico simétrico e balanceado)
- Formas de onda puramente senoidais (sem harmônicos)

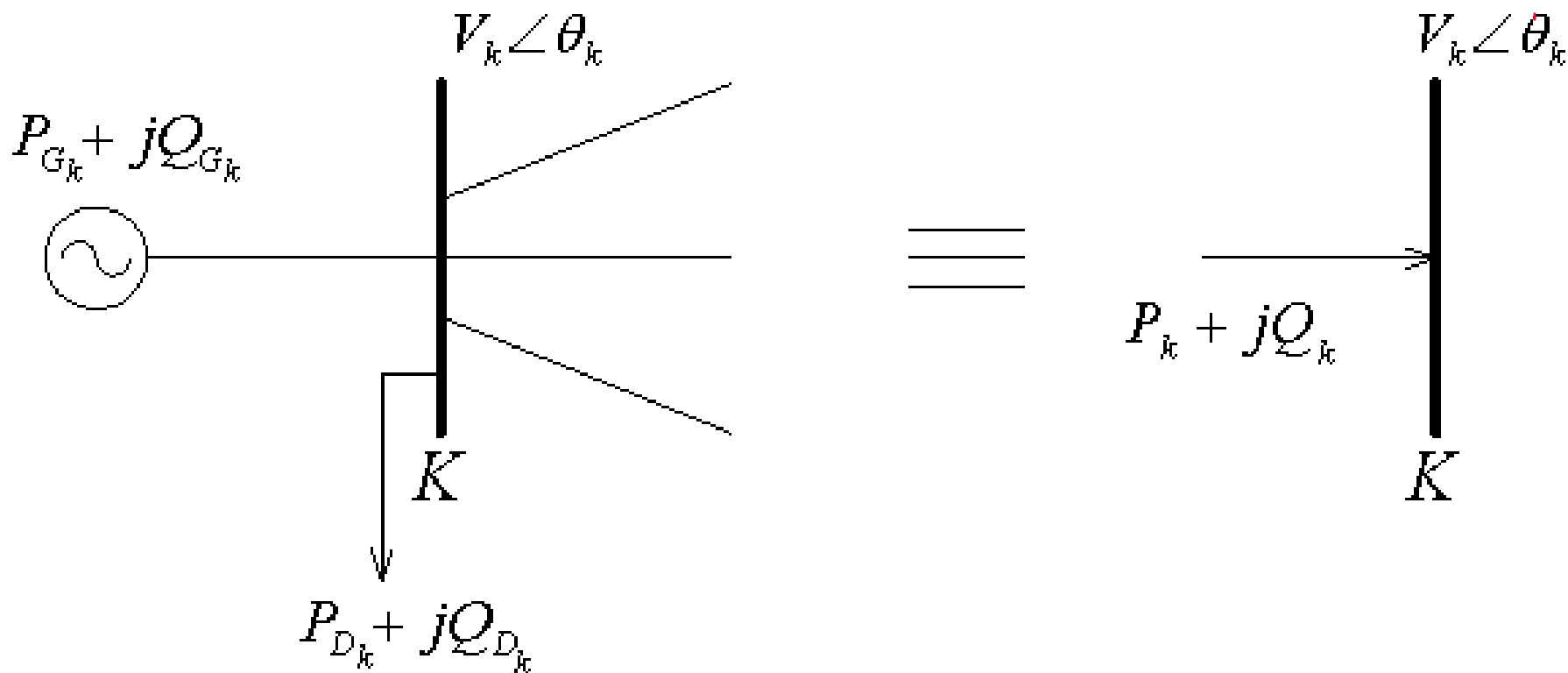
# Introdução



# Modelagem matemática do FP

## Referência:

Monticelli, A.J.,  
"Fluxo de Carga em  
Redes de Energia  
Elétrica", Edgard  
Blucher, 1983.



Variáveis:  $P_k, Q_k$  Potência líquida injetada (ativa e reativa)  
 $V_k$  Módulo de tensão  
 $\theta_k$  Ângulo da tensão

# Modelagem matemática do FP

$$P_k + jQ_k = \dot{V}_k \dot{I}_k^* \quad \text{onde: } \dot{I}_k = \sum_{m \in \alpha_k} Y_{km} \dot{V}_m$$

$$Y_{km} = G_{km} + jB_{km} \Rightarrow \text{matriz admitância de barras}$$

$$\underline{\dot{I}} = Y \underline{\dot{V}} \Rightarrow \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \\ \vdots \\ \dot{I}_k \\ \vdots \\ \dot{I}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \cdots & Y_{1k} & \cdots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \cdots & Y_{2k} & \cdots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Y_{k1} & Y_{k2} & \cdots & Y_{kk} & \cdots & Y_{kn} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \cdots & Y_{nk} & \cdots & Y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_2 \\ \vdots \\ \dot{V}_k \\ \vdots \\ \dot{V}_n \end{bmatrix}$$

# Modelagem matemática do FP

Supondo  $Y_{km} = G_{km} + jB_{km}$  um elemento genérico da matriz  $Y_{barra}$  e

$\dot{V}_k = V_k \angle \theta_k$  tem-se:

$$P_k + jQ_k = \dot{V}_k \dot{I}_k^* = \dot{V}_k \sum_{m \in \alpha_k} (G_{km} + jB_{km})^* \dot{V}_m^*$$

$$P_k + jQ_k = V_k \cdot \varepsilon^{j\theta_k} \sum_{m \in \alpha_k} (G_{km} - jB_{km}) \cdot V_m \varepsilon^{-j\theta_m}$$

Fórmula de Euler:

$$e^{j\phi} = \cos \phi + j \cdot \text{sen} \phi$$

Separando as partes real e imaginária vem:

$$P_k = V_k \sum_{m \in \alpha_k} V_m (G_{km} \cos \theta_{km} + B_{km} \text{sen} \theta_{km})$$

$$\theta_{km} = \theta_k - \theta_m$$

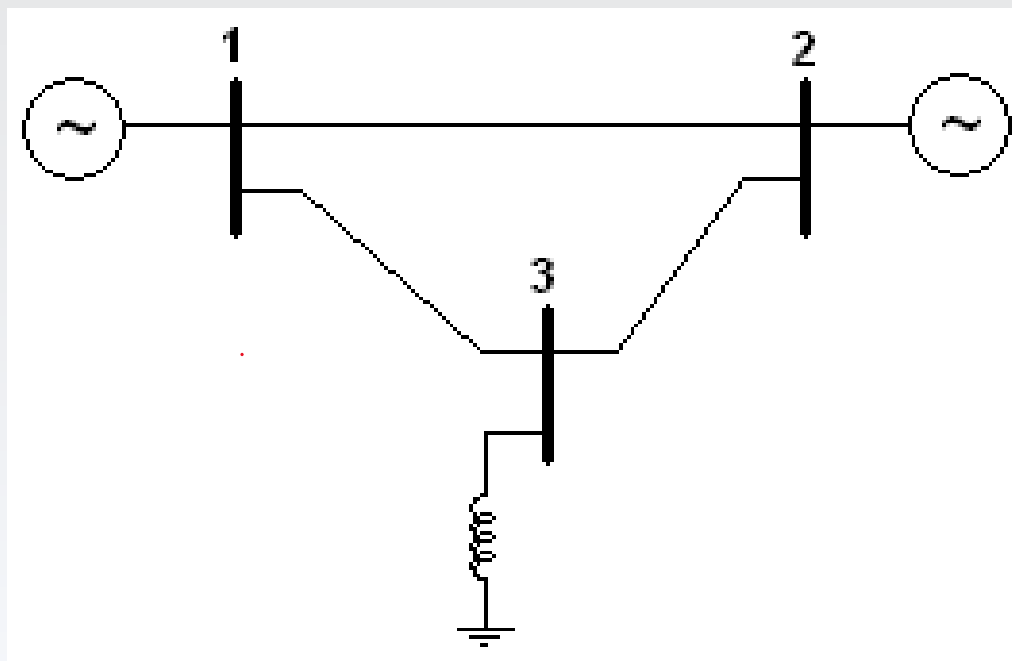
$$Q_k = V_k \sum_{m \in \alpha_k} V_m (G_{km} \text{sen} \theta_{km} - B_{km} \cos \theta_{km})$$



# Modelagem matemática do FP

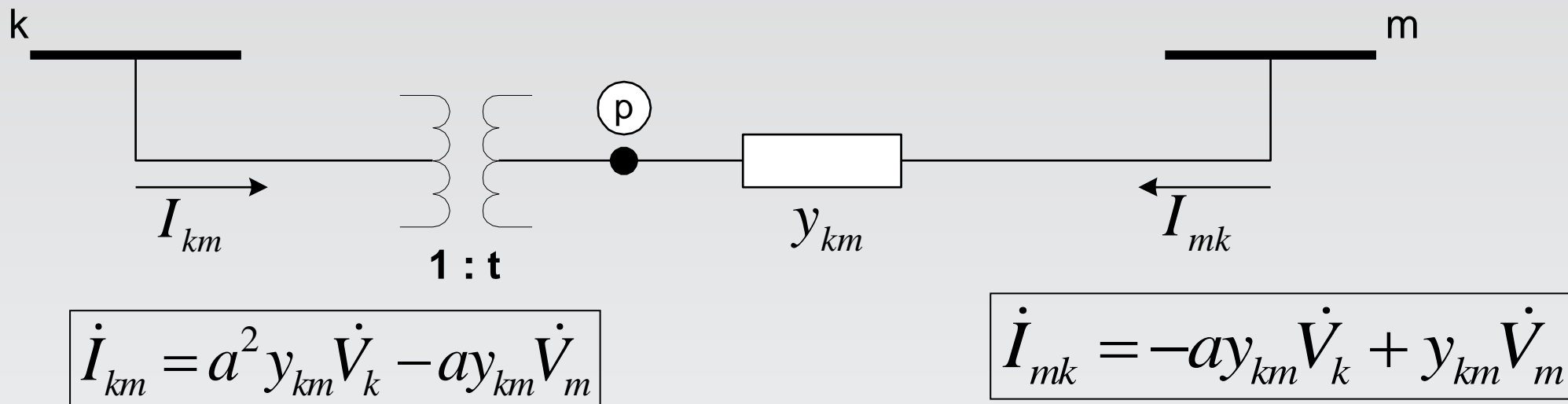
- Para cada barra  $k$  temos  $2$  equações e  $4$  variáveis
- Para o sistema com  $n$  barras mais a barra referência teremos:  
 $2n$  equações e  $4n$  variáveis

CONCLUSÃO: Para que este sistema tenha solução, precisamos **especificar duas** variáveis em cada barra.



# Modelagem matemática do FP

## Transformador em fase:

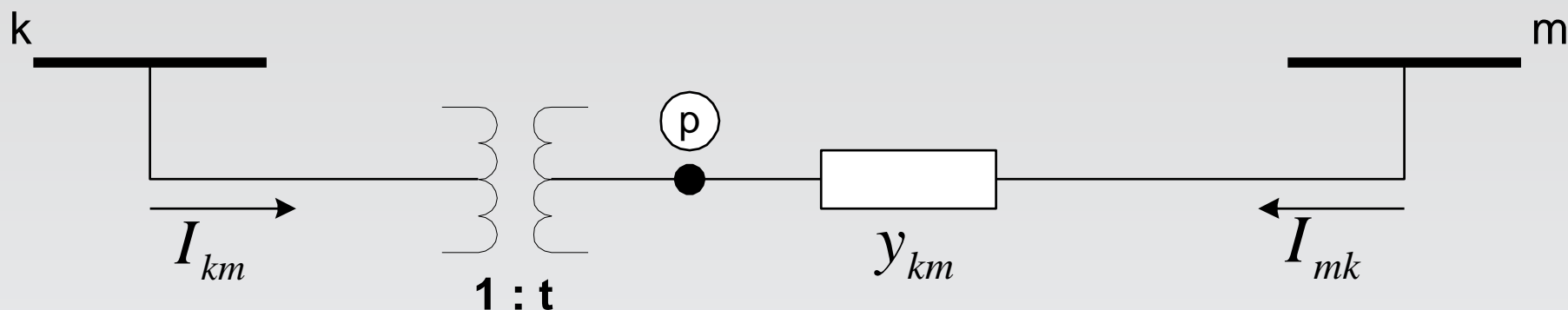


Se a barra é de tensão controlada o outro lado do trafo ligado a esta barra pode ter uma tensão regulada variando-se o tap do trafo.

$$t = a, \quad a \in \mathbb{R}. \quad \frac{\dot{V}_p}{\dot{V}_k} = a$$

# Modelagem matemática do FP

## Transformador defasador:



$$\dot{I}_{km} = a^2 y_{km} \dot{V}_k - a \varepsilon^{-j\varphi} y_{km} \dot{V}_m$$

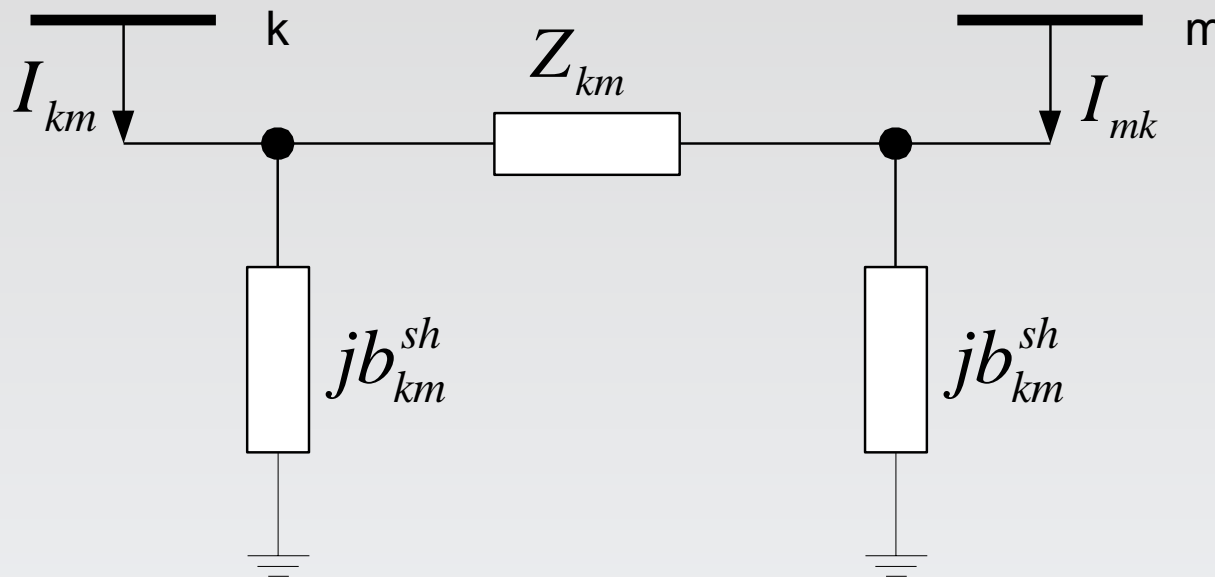
$$\dot{I}_{mk} = -a \varepsilon^{j\varphi} y_{km} \dot{V}_k + y_{km} \dot{V}_m$$

$$\frac{\dot{V}_p}{\dot{V}_k} = t = a \varepsilon^{j\varphi}$$

Obs: A introdução de trafo defasador no sistema provoca assimetria na  $\mathbf{Y}_{\text{BARRA}}$ .

# Modelagem matemática do FP

## Linha de Transmissão (LT):



$$y_{km} = g_{km} + jb_{km} = \frac{1}{Z_{km}}$$

$$\dot{V}_k = V_k \angle \theta_k$$

$$\dot{V}_m = V_m \angle \theta_m$$

$$\dot{I}_{km} = y_{km} (\dot{V}_k - \dot{V}_m) + jb_{km}^{sh} \dot{V}_k$$

$$\dot{I}_{mk} = y_{km} (\dot{V}_m - \dot{V}_k) + jb_{km}^{sh} \dot{V}_m$$

$$\begin{aligned} P_{km} &= g_{km} V_k^2 - V_k V_m (g_{km} \cos \theta_{km} + b_{km} \sin \theta_{km}) \\ Q_{km} &= -(b_{km}^{sh} + b_{km}) V_k^2 + V_k V_m (b_{km} \cos \theta_{km} - g_{km} \sin \theta_{km}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{mk} &= g_{km} V_m^2 - V_k V_m (g_{km} \cos \theta_{km} - b_{km} \sin \theta_{km}) \\ Q_{mk} &= -(b_{km}^{sh} + b_{km}) V_m^2 + V_k V_m (b_{km} \cos \theta_{km} + g_{km} \sin \theta_{km}) \end{aligned}$$

# Modelagem matemática do FP

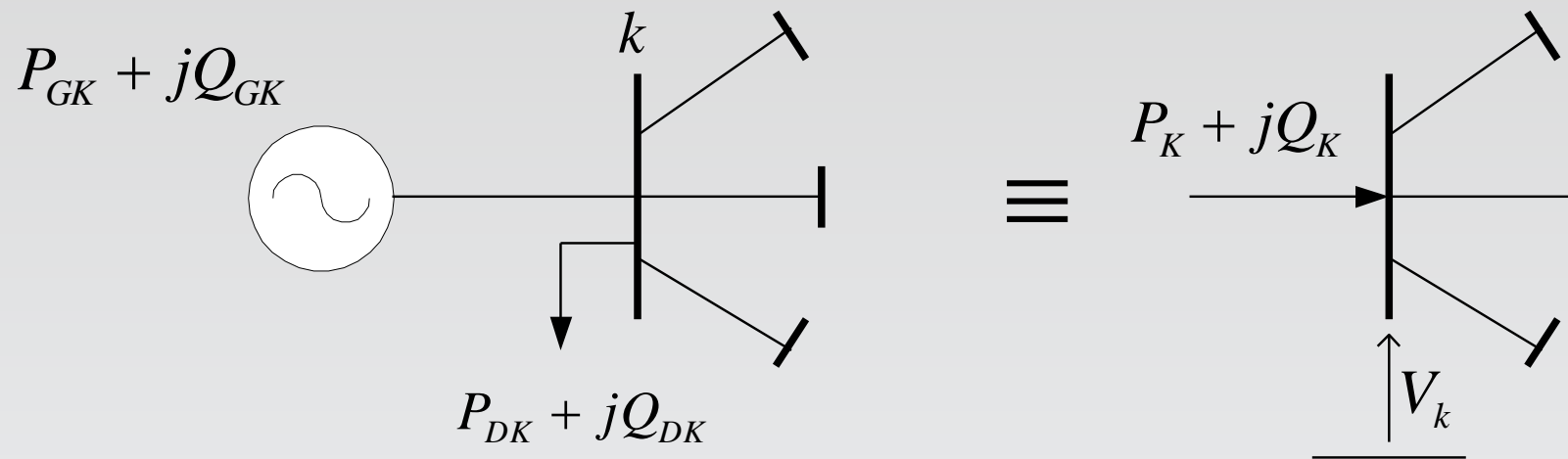
## Cargas (Modelo ZIP):

$$\text{Carga Ativa} = (100 - A - B + A * \frac{V}{V_{def}} + B * \frac{V^2}{V_{def}^2}) * P / 100 \quad A, C - \text{Corrente Constante}$$

$$\text{Carga Reativa} = (100 - C - D + C * \frac{V}{V_{def}} + D * \frac{V^2}{V_{def}^2}) * Q / 100 \quad B, D - \text{Impedância Constante}$$

- $A, C$  e  $B, D$  são parâmetros que definem as parcelas de carga representadas por corrente e impedância constantes respectivamente.
- $P$  e  $Q$  são as cargas ativa e reativa para a tensão  $V_{def}$ .

# Método de solução do FP não-linear



$$P_k + jQ_k = \dot{V}_k \dot{I}_k^*$$

$$\dot{I} = Y\dot{V} \Rightarrow \dot{I}_k = \sum_{l \in \alpha_k} Y_{kl} \dot{V}_l$$

$$Y_{kl} = G_{kl} + jB_{kl}$$

$$V_l = V_l \angle \theta_l$$

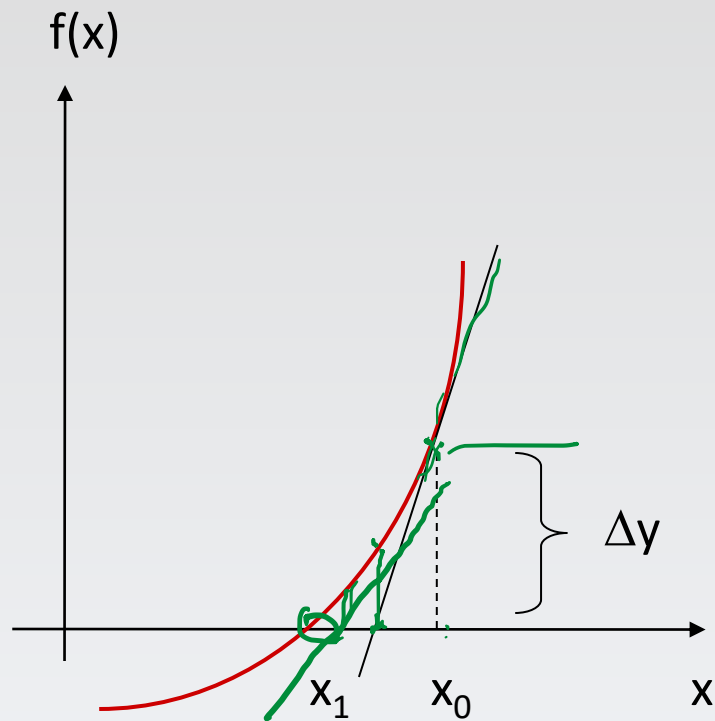
$$P_k + jQ_k = \dot{V}_k \left( \sum_{l \in \alpha_k} Y_{kl}^* \dot{V}_l^* \right) = V_k \angle \theta_k \left( \sum_{l \in \alpha_k} (G_{kl} + jB_{kl}) \cdot V_l \angle \theta_l \right)$$

$$P_k = V_k \sum_{l \in \alpha_k} V_l (G_{kl} \cos \theta_{kl} + B_{kl} \sin \theta_{kl})$$

$$Q_k = V_k \sum_{l \in \alpha_k} V_l (G_{kl} \sin \theta_{kl} - B_{kl} \cos \theta_{kl})$$

# Método de solução do FP não-linear

Método de Newton-Raphson (**conceito**):



$$y = f(x)$$

$$y = f(x_0) + f'(x_0) \Delta x$$

$$y - f(x_0) = f'(x_0) \Delta x$$

$$\Delta y = f'(x_0) \Delta x$$

$$\Delta x = [f'(x_0)]^{-1} \Delta y$$

$$x^{h+1} = x^h + \Delta x$$

# Método de solução do FP não-linear

Método de Newton-Raphson (**sistema de equações não-lineares**):

$$\underline{y} = \underline{f}(\underline{x})$$

$$y_1 = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$y_2 = f_2(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

⋮

$$y_n = f_n(x_1, x_2, \dots, x_n)$$



# Método de solução do FP não-linear

Método de Newton-Raphson (**linearização**):

$$y_1 = f_1(\underline{x}_0) + \frac{\partial f_1(\underline{x}_0)}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial f_1(\underline{x}_0)}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial f_1(\underline{x}_0)}{\partial x_n} \Delta x_n$$

$$y_2 = f_2(\underline{x}_0) + \frac{\partial f_2(\underline{x}_0)}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial f_2(\underline{x}_0)}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial f_2(\underline{x}_0)}{\partial x_n} \Delta x_n$$

⋮

$$y_n = f_n(\underline{x}_0) + \frac{\partial f_n(\underline{x}_0)}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial f_n(\underline{x}_0)}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial f_n(\underline{x}_0)}{\partial x_n} \Delta x_n$$

# Método de solução do FP não-linear

Método de Newton-Raphson (**sistema linearizado**):

Definindo:  $\Delta y_i = y_i - f_i(\underline{x}_0)$

$$\begin{bmatrix} \Delta y_1 \\ \Delta y_2 \\ \vdots \\ \Delta y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1} & \frac{\partial f_n}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial x_n} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \\ \vdots \\ \Delta x_n \end{bmatrix}$$

$$\underline{\underline{\Delta x}} = \mathbf{J}^{-1} \underline{\underline{\Delta y}}$$
$$\underline{\underline{x}}^{h+1} = \underline{\underline{x}}^h + \underline{\underline{\Delta x}}$$

# Método de solução do FP não-linear

## Método de Newton-Raphson (**Algoritmo**):

$h=1$ ; initialize  $\underline{x}^h$

→ Calcule  $\Delta y_i = y_i - f_i(x_h)$  ;  $i=1, \dots, n$

Se (  $\{\max\{|\Delta y_i|\}\} < \text{tolerância}$  ) **PARE**, senão:

Calcule  $J$  e  $J^{-1}$

$$\Delta x = J^{-1} \Delta y$$

$$x_i^h = x_i^h + \Delta x_i^h \quad ; \quad i=1, \dots, n$$

$$h = h + 1$$

FIM

# Método de solução do FP não-linear

Solução do FP por Newton-Raphson (**sist. de eq. de FP**):

$$\underline{P} = \underline{P}(\underline{\theta}, \underline{V})$$

$$\underline{Q} = \underline{Q}(\underline{\theta}, \underline{V})$$

$$P_1 = P_1(\underline{\theta}, \underline{V})$$

$$Q_1 = Q_1(\underline{\theta}, \underline{V})$$

$$P_2 = P_2(\underline{\theta}, \underline{V})$$

$$Q_2 = Q_2(\underline{\theta}, \underline{V})$$

$$\vdots$$
$$\vdots$$

$$P_n = P_n(\underline{\theta}, \underline{V})$$

$$Q_n = Q_n(\underline{\theta}, \underline{V})$$

# Método de solução do FP não-linear

Solução do FP por Newton-Raphson (**Jacobiana**):

$$\begin{bmatrix} \underline{\Delta P} \\ \underline{\Delta Q} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \theta} & \frac{\partial P}{\partial V} \\ \frac{\partial Q}{\partial \theta} & \frac{\partial Q}{\partial V} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{\Delta \theta} \\ \underline{\Delta V} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta V \end{bmatrix}$$

$$\Delta P_i = P_i^{\text{esp}} - P_i^{\text{calc}}(\underline{\theta}, \underline{V})$$

$$\Delta Q_i = Q_i^{\text{esp}} - Q_i^{\text{calc}}(\underline{\theta}, \underline{V})$$

$$\Delta P_i \quad i = 1, \dots, n \quad i \neq V\theta$$

$$\Delta Q_i \quad i = 1, \dots, n \quad i \neq V\theta \quad i \neq PV$$

$$P_i^{\text{esp}} = P_{Gi} - P_{Di}$$

$$Q_i^{\text{esp}} = Q_{Gi} - Q_{Di}$$

# Método de solução do FP não-linear

Solução do FP por Newton-Raphson (**Jacobiana – calc. submatrizes**):

$$P_k = V_k^2 G_{kk} + V_k \sum_{\substack{m \in \alpha_K \\ m \neq k}} V_m (G_{km} \cos \theta_{km} + B_{km} \sin \theta_{km})$$

$$Q_k = -V_k^2 B_{kk} + V_k \sum_{\substack{m \in \alpha_K \\ m \neq k}} V_m (G_{km} \sin \theta_{km} - B_{km} \cos \theta_{km})$$

# Método de solução do FP não-linear

Solução do FP por Newton-Raphson (**Jacobiana – Submatriz H**):

$$H_{kk} = \frac{\partial P_k}{\partial \theta_k} = -V_k \sum_{\substack{m \in \alpha_K \\ m \neq k}} V_m (G_{km} \sin \theta_{km} - B_{km} \cos \theta_{km})$$

$$H_{kk} = -[Q_k^{\text{calc}} + V_k^2 B_{kk}]$$

$$H_{km} = \frac{\partial P_k}{\partial \theta_m} = V_k V_m (G_{km} \sin \theta_{km} - B_{km} \cos \theta_{km})$$

# Método de solução do FP não-linear

Solução do FP por Newton-Raphson (**Jacobiana – Submatriz N**):

$$N_{kk} = \frac{\partial P_k}{\partial V_k} = 2V_k G_{kk} + \sum_{\substack{m \in \alpha_K \\ m \neq k}} V_m (G_{km} \cos \theta_{km} + B_{km} \sin \theta_{km})$$

$$N_{kk} = V_k^{-1} [P_k^{\text{calc}} + V_k^2 G_{kk}]$$

$$N_{km} = \frac{\partial P_k}{\partial V_m} = V_k (G_{km} \cos \theta_{km} + B_{km} \sin \theta_{km})$$



# Método de solução do FP não-linear

Solução do FP por Newton-Raphson (**Jacobiana – Submatriz M**):

$$M_{kk} = \frac{\partial Q_k}{\partial \theta_k} = V_k \sum_{\substack{m \in \alpha_K \\ m \neq k}} V_m (G_{km} \cos \theta_{km} + B_{km} \sin \theta_{km})$$

$$M_{kk} = P_k^{\text{calc}} - V_k^2 G_{kk}$$

$$M_{km} = \frac{\partial Q_k}{\partial \theta_m} = -V_k V_m (G_{km} \cos \theta_{km} + B_{km} \sin \theta_{km})$$

# Método de solução do FP não-linear

Solução do FP por Newton-Raphson (**Jacobiana – Submatriz L**):

$$L_{kk} = \frac{\partial Q_k}{\partial V_k} = -2V_k B_{kk} + \sum_{\substack{m \in \alpha_K \\ m \neq k}} V_m (G_{km} \sin \theta_{km} - B_{km} \cos \theta_{km})$$

$$L_{kk} = V_k^{-1} [Q_k^{\text{calc}} - V_k^2 B_{kk}]$$

$$L_{km} = \frac{\partial Q_k}{\partial V_m} = V_k (G_{km} \sin \theta_{km} - B_{km} \cos \theta_{km})$$

# Método de solução do FP não-linear

## Solução do FP por Newton-Raphson (**Algoritmo**):

- Inicializar as variáveis  $\underline{V}$  e  $\underline{\theta}$
- Calcular  $\underline{\Delta P}$  e  $\underline{\Delta Q}$
- Faça-enquanto  $\|\Delta P\|_{\infty} > \varepsilon_p$  e  $\|\Delta Q\|_{\infty} > \varepsilon_q$ 
  - ✓  $h \rightarrow h + 1$
  - ✓ Calcular  $\underline{\Delta P}$  e  $\underline{\Delta Q}$  (**erro**)
  - ✓ Montar a Matriz Jacobiana
  - ✓ Resolver o Sistema de Equações Lineares, obtendo  $\underline{\Delta \theta}$  e  $\underline{\Delta V}$  (**correção**)
  - ✓ Atualizar as Variáveis de Estado:
    - $\theta^{(h+1)} \leftarrow \theta^{(h)} + \Delta \theta^{(h)}$
    - $V^{(h+1)} \leftarrow V^{(h)} + \Delta V^{(h)}$(**nova estimativa**)
  - ✓ Implemente Ajustes e Controles (se utilizado ajustes alternados)
- Fim Faça-Enquanto

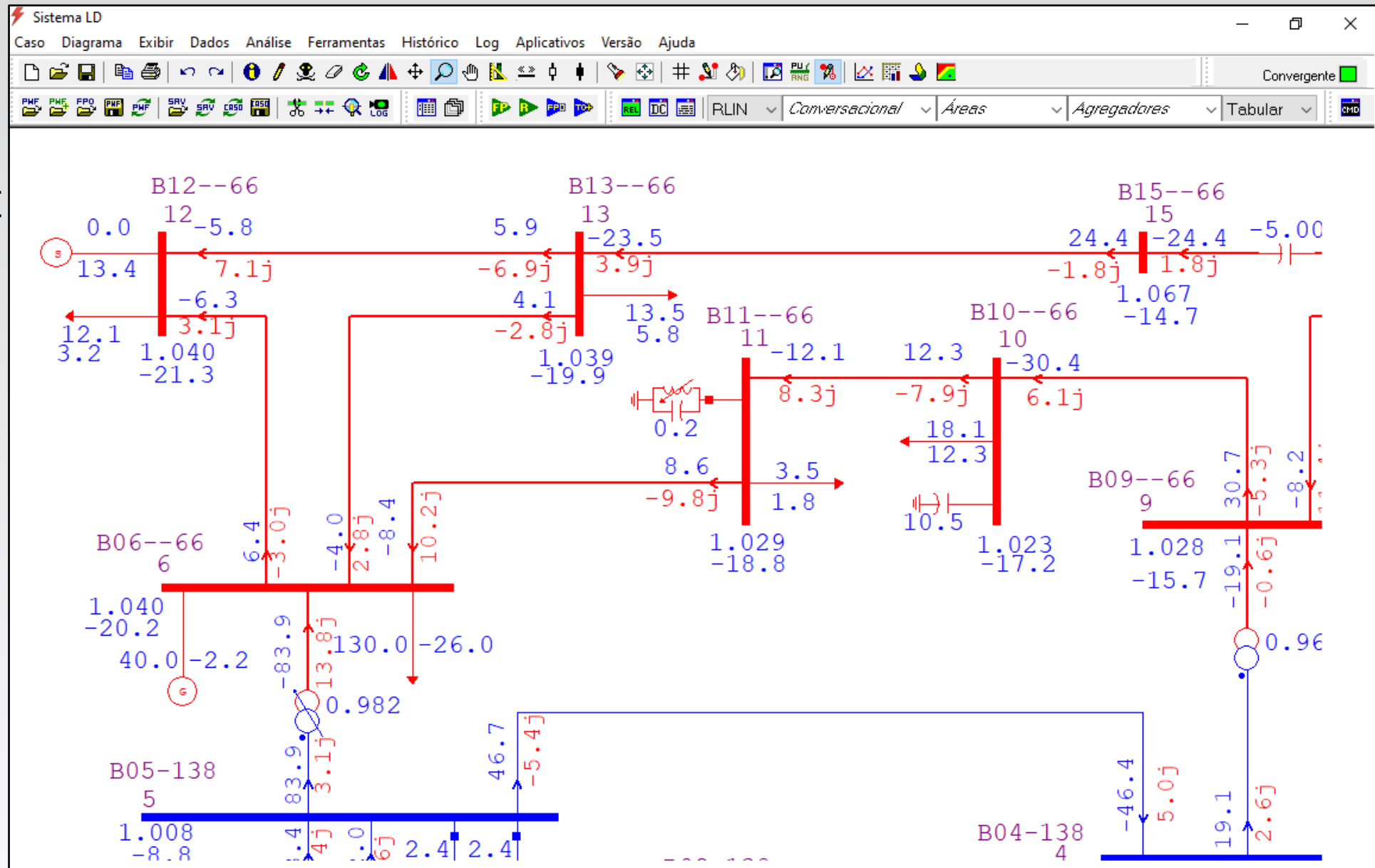
# Simulador de FP (ANAREDE / CEPEL)

```
01 = TITU
02 = Sistema LD
03 = DOPC IMPR
04 | (Op) E (Op) E (Op) E (Op) E (Op) E (Op) E (Op) E (Op) E
05 | IMPR L QLIM L CREM L CTAP L NEWT L RCVG L RMON L 80CO L MFCT L
06 = 99999
07 = DBAR
08 | (Num)OETGb( nome )Gl( V)( A)( Pg)( Qg)( Qn)( Qm)(Bc )( Pl)( Ql)( Sh)Are(Vf)
09 | 1 L2 1B01-138 11060 0.262.8.2591 -30. 20. 101000
10 | 2 L1 1B02-138 21045-2.9 60.25.76 -40. 50. 21.7 12.7 101000
11 | 3 L1 1B03-138 21010-12. 0.31.55 -40. 40. 94.2 19. 101000
12 | 4 L 1B04-138 11004-10. 47.8 -3.9 101000
13 | 5 L 1B05-138 21010-8.8 101000
14 | 6 L1 SB06--66 11040-20. 40.-2.22 -6. 24. 130. -26. 201000
15 | 7 L B07-FIC 31028-14. 301000
16 | 8 L1 TB08--33 2 972-14. 0. 1.92 -20. 20. 9 301000
17 | 9 L SB09--66 21028-16. 29.5 16.6 301000
18 | 10 L SB10--66 21023-17. 18. 12. 10. 301000
19 | 11 L SB11--66 11034-19. 3.5 1.8 301000
20 | 12 L1 SB12--66 21040-21. 0.13.39 -15. 25. 12. 3.2 201000
21 | 13 L SB13--66 11039-20. 13.5 5.8 201000
22 | 14 L1 SB14--66 11068-15.47.6914.79 10. 30. 14.9 5. 301000
23 | 15 L SB15--66 11067-15. 101000
24 = 99999
25 = DLIN
26 | (De )d O d(Pa )NcEP ( R% )( X% )(Mvar)(Tap)(Tmn)(Tmx)(Phs)(Bc )(Cn)(Ce)Ns(Cq)
27 | 1 2 1 1.94 5.92 5.28 100.100. 100.
28 | 1 2 2 1.94 5.92 5.28 100.100. 100.
29 | 1 5 1 5.4 22.3 4.92 100.100. 100.
30 | 2 3 1 4.7 19.8 4.38 100.100. 100.
31 | 2 4 1 5.81 17.63 3.75 100.100. 100.
32 | 2 5 1 5.69 17.39 3.4 100.100. 100.
33 | 3 4 1 6.7 17.1 3.46 100.100. 100.
34 | 4 5 1 1.34 4.21 1.28 100.100. 100.
35 | 4 7 1 20.91 .978 100.100. 100.
36 | 4 9 1 55.62 .969 100.100. 100.
37 | 5 6 1 25.2 .982 .9 1.1 5200.100.33200.
38 | 6 11 1 9.5 19.89 50. 50. 50.
39 | 6 12 1 12.29 25.58 50. 50. 50.
40 | 6 13 1 6.61 13.03 50. 50. 50.
41 | 7 8 1 17.62 1. 30. 30. 30.
42 | 7 9 1 11. 1. 100.100. 100.
43 | 9 10 1 3.18 8.45 50. 50. 50.
44 | 9 14 1 12.71 27.04 50. 50. 50.
45 | 10 11 1 8.2 19.21 50. 50. 50.
46 | 12 13 1 22.09 19.99 50. 50. 50.
47 | 13 15 1 17.09 39.8 50. 50. 50.
48 = 99999
```

```
49 = DCSC
50 | (De ) O (Pa )NcEPB (Xmin)(Xmax)( Xv )C ( Vsp) (Ext)Nst(Cn)(Ce)(Cq)
51 | 15 14 1 -10. -.01 -5.X -5. 15 70. 70. 70.
52 = 99999
53 = DCAR
54 | (tp) (no ) C (tp) (no ) C (tp) (no ) C (tp) (no ) O (A) (B) (C) (D) (Vf1)
55 | barr 10 A 35 0 4 46 70.
56 | barr 12 A 20 0 0 10 70.
57 = 99999
58 = DCER
59 | (No ) O Gr Un (Kb ) (Incl) ( Qg)( Qn)( Qm) C E
60 | 11 10 1 11 3. .2116 -.2 .2 L
61 = 99999
62 = DGLT
63 | (G (Vmn) (Vmx) (Vmne (Vmxe
64 | 1 .9 1.1 .9 1.1
65 | 2 .95 1.05 .95 1.05
66 | 3 .97 1.03 .97 1.03
67 = 99999
68 = DARE
69 | (Ar (Xchg) ( Identificacao da area ) (Xmin) (Xmax)
70 | 10 140. * AREA 138 KV * 139. 141.
71 | 20 -130. * AREA 66 KV * -131. -129.
72 | 30 -10. * AREA 33 KV * -10. -9.
73 = 99999
74 = DMOT
75 | (Num) OE GrS(C) (U) ( Rs) ( Xs) ( Xm) ( Rr) ( Xr) (HPb) (T) (P) (B)
76 | 4 10 40 8 .7 10. 320. 1. 9. 500.
77 | 4 20 50 12 .6 8. 320. 1. 8. 600.
78 | 5 10 40 10 .6 9. 320. 1. 7. 800.
79 | 5 20 40 10 .6 9. 320. 1. 7. 800.
80 = 99999
81 = DGBT
82 | (G ( kV)
83 | 1 138.
84 | S 66.
85 | T 33.
86 | 0 1.
87 = 99999
88 = FIM
```

# Simulador de FP (ANAREDE / CEPEL)

\*Usarei a  
Licença  
Acadêmica  
do ANAREDE



# Exemplos de Simulações e Análises

## Sistema exemplo:

- 15 barras;
- 15 linhas de transmissão (66 kV e 138 kV);
- 02 trafos de 2 enrolamentos (sendo 1 deles OLTC);
- 01 trafos de 3 enrolamentos;
- 07 geradores (sendo 3 deles síncronos);
- 04 motores de indução;
- 01 compensador estático de reativos (SVC);
- 01 capacitor série controlado a tiristores (TCSC)
- 02 bancos de capacitores;
- 10 cargas (modelo ZIP).

Obrigado pela atenção.

Contatos e redes profissionais:



@lucianodeoliveiradaniel



[sites.google.com/site/professorlucianodaniel](https://sites.google.com/site/professorlucianodaniel)

Links do autor:

Youtube:

<https://www.youtube.com/channel/UCh-IWAYIMVH9pnhMsFZI1og>

Linkedin:

<https://www.linkedin.com/in/proflucianodaniel>

Instagram:

<https://www.instagram.com/lucianodeoliveiradaniel>

Google Sites:

<https://sites.google.com/site/professorlucianodaniel>