

Trabalho 1 – Sistemas Elétricos de Potência

Implementação de computacional do cálculo do fluxo linear de carga

Nome: Victor Daniel Oliveira Gaete

1. Implementação

Foi usado o MATLAB para a implementação, utilizando as notas de aula e ajuda de recursos externos. O código pode ser encontrado no apêndice, bem como todas as referências para a criação do algoritmo implementado,

2. Resultados

a. IEEE 14 Barras

Resultados utilizando a referência para a barra 1

i. Theta

IEEE 14 Barras			
Barra	Pd =80%	Pd = 100%	Pd = 120%
1	0.0000	0	0
2	-0.0660	-0.0875	-0.109
3	-0.1774	-0.2262	-0.2749
4	-0.1447	-0.1849	-0.225
5	-0.124	-0.1586	-0.1932
6	-0.2088	-0.2647	-0.3206
7	-0.1933	-0.2455	-0.2977
8	-0.1933	-0.2455	-0.2977
9	-0.2188	-0.2774	-0.3359
10	-0.223	-0.2826	-0.3422
11	-0.2188	-0.2772	-0.3357
12	-0.2242	-0.284	-0.3438
13	-0.2265	-0.2869	-0.3472
14	-0.2403	-0.3042	-0.3681

Tabela 1 – Valores de theta para cada barramento e em cada nível de carga para sistema de 14 barras.

ii. Pkm

IEEE 14 Barras				
Linhas	Pd = 80%	Pd = 100%	Pd = 120%	
1	1.116	1.4788	1.8416	
2	0.556	0.7112	0.8664	
3	0.5626	0.7005	0.8384	
4	0.4464	0.5523	0.6581	
5	0.3334	0.409	0.4847	
6	-0.191	-0.2415	-0.292	
7	-0.4923	-0.6234	-0.7545	
8	0.2321	0.2899	0.3476	
9	0.1332	0.1663	0.1994	
10	0.3363	0.4208	0.5054	
11	0.0502	0.063	0.0759	
12	0.0603	0.0755	0.0906	
13	0.1362	0.1703	0.2045	
14	0	0	0	
15	0.2321	0.2899	0.3476	
16	0.0498	0.062	0.0741	
17	0.0795	0.0992	0.1189	
18	-0.0222	-0.028	-0.0339	
19	0.0115	0.0145	0.0174	
20	0.0397	0.0498	0.0599	

Tabela 2 – Valores de Pkm para cada barramento e em cada nível de carga para sistema de 14 barras.

iii. Discussão

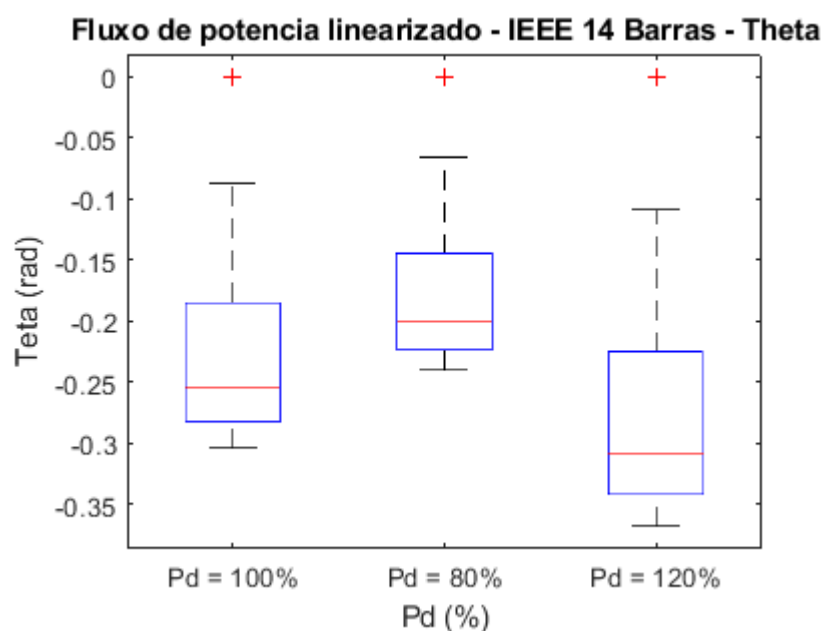


Figura 1 – Gráfico de dispersão do Theta em relação a variação da carga

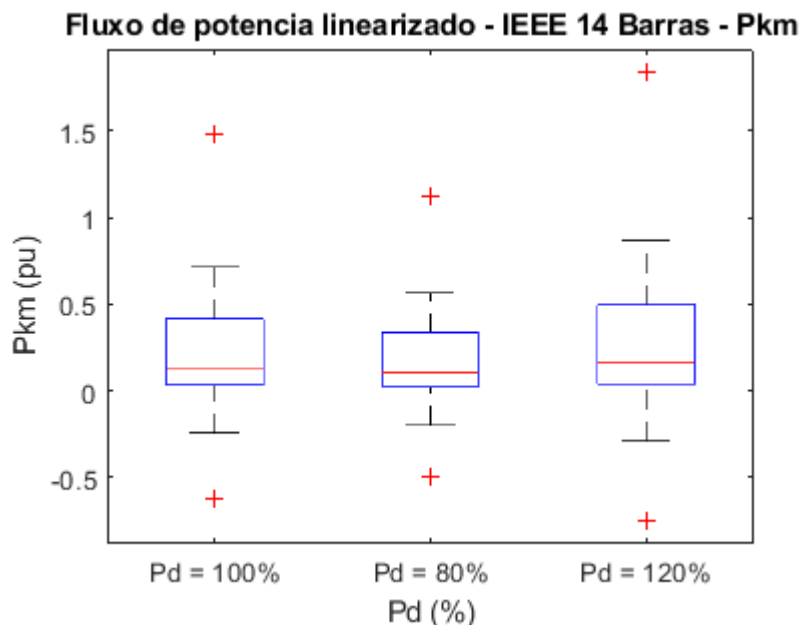


Figura 2 – Gráfico de dispersão do Fluxo de potência em relação a variação da carga

Observa-se que o aumento e a diminuição da carga causam um deslocamento da mediana do theta, em sistemas com a carga mais leve tendem a ter um defasamento menor, bem como uma concentração maior dos valores, como se pode observar no primeiro e terceiro quartil. De forma análoga para cargas mais altas, há um defasamento maior e uma maior amplitude dos valores distribuídos. Semelhantemente para o gráfico de fluxo de potência, em menores cargas a mediana se aproxima mais para o zero, e a amplitude entre os quartis diminui, e para cargas maiores a mediana se eleva ligeiramente mas o efeito mais visível é a amplitude de valores entre os quartis.

- b. IEEE 33 Barras
 - i. Theta

IEEE 33 Barras			
Barra	Pd = 90%	Pd = 100%	Pd = 110%
1	-0.001	-0.0011	-0.0012
2	-0.0056	-0.0062	-0.0068
3	-0.0079	-0.0088	-0.0097
4	-0.0102	-0.0113	-0.0125
5	-0.0184	-0.0204	-0.0225
6	-0.0221	-0.0246	-0.027
7	-0.0233	-0.0258	-0.0284
8	-0.0261	-0.029	-0.0319
9	-0.0286	-0.0318	-0.035
10	-0.0288	-0.032	-0.0352
11	-0.0292	-0.0324	-0.0357
12	-0.0321	-0.0357	-0.0392

13	-0.0337	-0.0374	-0.0411
14	-0.0345	-0.0383	-0.0421
15	-0.0351	-0.039	-0.0429
16	-0.0366	-0.0406	-0.0447
17	-0.0368	-0.0409	-0.045
18	-0.0013	-0.0014	-0.0016
19	-0.0034	-0.0037	-0.0041
20	-0.0038	-0.0043	-0.0047
21	-0.0043	-0.0048	-0.0053
22	-0.0072	-0.008	-0.0088
23	-0.0105	-0.0117	-0.0129
24	-0.0122	-0.0135	-0.0149
25	-0.0189	-0.021	-0.0231
26	-0.0196	-0.0218	-0.024
27	-0.0238	-0.0264	-0.0291
28	-0.0267	-0.0297	-0.0326
29	-0.0276	-0.0307	-0.0337
30	-0.0299	-0.0332	-0.0365
31	-0.0304	-0.0338	-0.0372
32	-0.0306	-0.034	-0.0374
33	0	0	0

Tabela 3 – Valores de theta para cada barramento e em cada nível de carga para sistema de 33 barra

ii. Pkm

IEEE 33 Barras			
Linha	Pd = 90%	Pd = 100%	Pd = 110%
1	3.3435	3.715	4.0865
2	2.9295	3.255	3.5805
3	2.0115	2.235	2.4585
4	1.9035	2.115	2.3265
5	1.8495	2.055	2.2605
6	0.9675	1.075	1.1825
7	0.7875	0.875	0.9625
8	0.6075	0.675	0.7425
9	0.5535	0.615	0.6765
10	0.4995	0.555	0.6105
11	0.459	0.51	0.561
12	0.405	0.45	0.495
13	0.351	0.39	0.429
14	0.243	0.27	0.297
15	0.189	0.21	0.231
16	0.135	0.15	0.165
17	0.081	0.09	0.099
18	0.324	0.36	0.396
19	0.243	0.27	0.297

20	0.162	0.18	0.198
21	0.081	0.09	0.099
22	0.837	0.93	1.023
23	0.756	0.84	0.924
24	0.378	0.42	0.462
25	0.828	0.92	1.012
26	0.774	0.86	0.946
27	0.72	0.8	0.88
28	0.666	0.74	0.814
29	0.558	0.62	0.682
30	0.378	0.42	0.462
31	0.243	0.27	0.297
32	0.054	0.06	0.066

Tabela 4 – Valores de Pkm para cada barramento e em cada nível de carga para sistema de 33 barras.

iii. Discussão

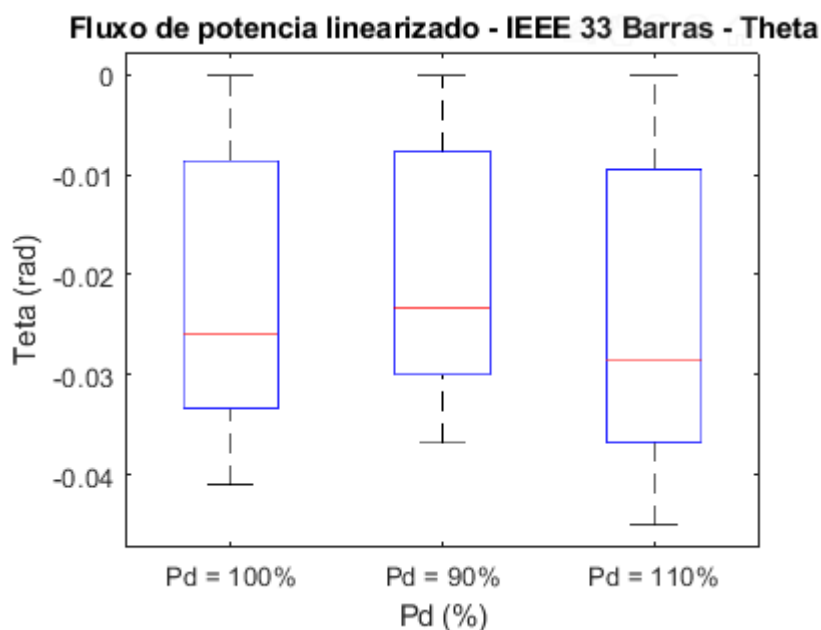


Figura 3 – Gráfico de dispersão do Theta em relação a variação da carga

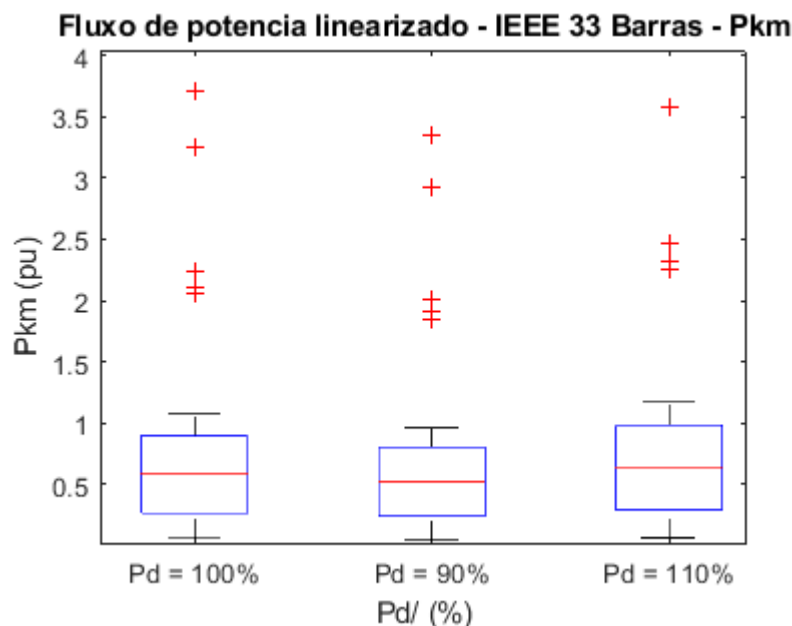


Figura 4 – Gráfico de dispersão do Theta em relação a variação da carga

Para o sistema de 33 barras, as análises feitas para o sistema de 14 barras também valem. Os comportamentos foram semelhantes, o que confirma a robustez da análise e da implementação do sistema de carga linear.

3. Conclusão

A implementação do fluxo de carga linear pode ser uma ferramenta muito útil para suporte de outras ferramentas mais complexas, o fato de não precisar de um sistema iterativo diminui o gasto computacional e pode ser o ponto de partida para sistemas de simulação mais complexos. Sua simplicidade computacional, uma vez que o grau de complexidade máxima do algoritmo é n , permite a sua utilização em sistemas com número de barras e linhas elevados.

4. Apêndice

a. Código

```
clc
clear all

% Dados:
% IEEE 14 barras
% [      NUM      TIPO      V      TETA      PG      QG      PD      QD      GSH      BSH ]
barras = [
    1  2  1.060 0.0  232.4 -16.9  0.0  0.0  0.0  0.0 0 0
    2  1  1.045 0.0  40.0  42.4  21.70 12.70  0.0  0.0 -40 50
    3  1  1.010 0.0  0.0  23.4  94.20 19.00  0.0  0.0 0 40
    4  0  1.000 0.0  0.0  0.0  47.80 -3.90  0.0  0.0 0 0
    5  0  1.000 0.0  0.0  0.0  7.60  1.600  0.0  0.0 0 0
    6  1  1.070 0.0  0.0  12.2  11.20 7.500  0.0  0.0 -6 24
    7  0  1.000 0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0  0.0 0 0
```

```

      8  1  1.090 0.0  0.0  17.4  0.0  0.0  0.0  0.0 -6  24
      9  0  1.000 0.0  0.0  0.0 29.50 16.60 0.0 19.0 0  0
     10  0  1.000 0.0  0.0  0.0  9.00  5.800 0.0  0.0 0  0
     11  0  1.000 0.0  0.0  0.0  3.50  1.800 0.0  0.0 0  0
     12  0  1.000 0.0  0.0  0.0  6.10  1.600 0.0  0.0 0  0
     13  0  1.000 0.0  0.0  0.0 13.50  5.800 0.0  0.0 0  0
     14  0  1.000 0.0  0.0  0.0 14.90  5.000 0.0  0.0 0  0 ];

```

```

%      [FR    TO      R      X      BSHtotal  Tap  ]

```

```

linhas = [

```

```

1  2  0.01938  0.05917  0.05280  0
1  5  0.05403  0.22304  0.04920  0
2  3  0.04699  0.19797  0.04380  0
2  4  0.05811  0.17632  0.03400  0
2  5  0.05695  0.17388  0.03460  0
3  4  0.06701  0.17103  0.01280  0
4  5  0.01335  0.04211  0          0
4  7  0.0      0.20912  0          0.978
4  9  0.0      0.55618  0          0.969
5  6  0.0      0.25202  0          0.932
6  11 0.09498  0.19890  0          0
6  12 0.12291  0.25581  0          0
6  13 0.06615  0.13027  0          0
7  8  0.0      0.17615  0          0
7  9  0.0      0.11001  0          0
9  10 0.03181  0.08450  0          0
9  14 0.12711  0.27038  0          0
10 11 0.08205  0.19207  0          0
12 13 0.22092  0.19988  0          0
13 14 0.17093  0.34802  0          0      ];

```

```

Custo = [1 1 2 4 4];

```

```

MaxP  = [250 40 15 15 15];

```

```

MaxQ  = [50  50  50 50 50];

```

```

MinP  = [0 0 0 0 0];

```

```

MinQ  = [-50 -50 -50 -50 -50];

```

```

Ref= 1;

```

```

% =====

```

```

% Leitura dos dados de entrada

```

```

[NumBarras,NumBCol] = size(barras);

```

```

[NumLinhas,NumLCol] = size(linhas);

```

```

% Linhas

```

```

% Init das variaveis

```

```
de = zeros(NumLinhas,1);
para = zeros(NumLinhas,1);
R = zeros(NumLinhas,1);
X = zeros(NumLinhas,1);
B = zeros(NumLinhas,1);
Tap = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas
    de(i) = linhas(i,1);
    para(i) = linhas(i,2);
    R(i) = linhas(i,3);
    X(i) = linhas(i,4);
    B(i) = 1/X(i);
    Tap(i) = linhas(i,6);
end

% Desconsiderando taps
Tap = ones(NumLinhas,1);

% Barras
% Init das variaveis
Tipo = zeros(NumBarras,1);
V = zeros(NumBarras,1);
Teta = zeros(NumBarras,1);
Pg = zeros(NumBarras,1);
Qg = zeros(NumBarras,1);
Pd = zeros(NumBarras,1);
Qd = zeros(NumBarras,1);
Gsh = zeros(NumBarras,1);
Bsh = zeros(NumBarras,1);

for i=1:NumBarras
    Tipo(i) = barras(i,2);
    V(i) = barras(i,3);
    Teta(i) = barras(i,4);
    Pg(i) = barras(i,5);
    Qg(i) = barras(i,6);
    Pd(i) = barras(i,7);
    Qd(i) = barras(i,8);
    Gsh(i) = barras(i,9);
    Bsh(i) = barras(i,10);
end

% Potencias em PU
Pg = Pg/100;
Qg = Qg/100;
Pd = Pd/100;
```



```
Qd = Qd/100;

% =====
% Matriz B_linha

B_linha = zeros(NumBarras,NumBarras);

for i=1:NumLinhas
    K = de(i);
    M = para(i);
    B_linha(K,K) = B_linha(K,K) + B(i)/(Tap(i)^2); % diagonal principal considerando tap
    B_linha(M,M) = B_linha(M,M) + B(i); % diagonal principal
    B_linha(K,M) = B_linha(K,M) - B(i)/Tap(i); % Fora da diagonal principal
    B_linha(M,K) = B_linha(M,K) - B(i)/Tap(i); % Fora da diagonal principal
end

% =====
% Fluxo de potencia linearizado

B_REF = Ref;
B_linha(B_REF,B_REF) = 10^20; % Infinito
Teta= B_linha\(-Pd+Pg); % inv

Pkm = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas
    K = de(i);
    M = para(i);
    Pkm(i) = (Teta(K)-Teta(M))*B(i)/Tap(i); % Pkm = Pk - Pm
end

% Variaveis de saida
disp('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 14 Barras - Pd = 100%')
disp([Teta])
disp([Pkm])

% Analisando para Pd a 80% =====
Pd1 = Pd*0.8;
Teta1= B_linha\(-Pd1+Pg);

Pkm1 = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas
    K = de(i);
```

```
M = para(i);
Pkm1(i) = (Teta1(K)-Teta1(M))*B(i)/Tap(i); % Pkm = Pk - Pm
end

% Variaveis de saida
disp('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 14 Barras - Pd = 80%')
disp([Teta1])
disp([Pkm1])

% Analisando para Pd a 120% =====
Pd2 = Pd*1.2;
Teta2= B_linha\(-Pd2+Pg);

Pkm2 = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas
    K = de(i);
    M = para(i);
    Pkm2(i) = (Teta2(K)-Teta2(M))*B(i)/Tap(i); % Pkm = Pk - Pm
end

% Variaveis de saida
disp('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 14 Barras - Pd = 120%')
disp([Teta2])
disp([Pkm2])

% Box Plot
figure(1)
boxplot([Teta Teta1 Teta2],'Labels',{'Pd = 100%','Pd = 80%','Pd = 120%'})
title('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 14 Barras - Teta')
ylabel('Teta (rad)')
xlabel('Pd (%)')

% Box Plot Pkm
figure(2)
boxplot([Pkm Pkm1 Pkm2],'Labels',{'Pd = 100%','Pd = 80%','Pd = 120%'})
title('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 14 Barras - Pkm')
ylabel('Pkm (pu)')
xlabel('Pd (%)')

%% IEEE 33 Barras

% Dados:
```

% [barras = [NUM	TIPO	V	TETA	PG	QG	PD	QD	GSH	BSH]
	1	0	1.0000	0.0000	0	0	100.0	60.0	0.0	0.0;
	2	0	1.0000	0.0000	0	0	90.0	40.0	0.0	0.0;
	3	0	1.0000	0.0000	0	0	120.0	80.0	0.0	0.0;
	4	0	1.0000	0.0000	0	0	60.0	30.0	0.0	0.0;
	5	0	1.0000	0.0000	0	0	60.0	20.0	0.0	0.0;
	6	0	1.0000	0.0000	0	0	200.0	100.0	0.0	0.0;
	7	0	1.0000	0.0000	0	0	200.0	100.0	0.0	0.0;
	8	0	1.0000	0.0000	0	0	60.0	20.0	0.0	0.0;
	9	0	1.0000	0.0000	0	0	60.0	20.0	0.0	0.0;
	10	0	1.0000	0.0000	0	0	45.0	30.0	0.0	0.0;
	11	0	1.0000	0.0000	0	0	60.0	35.0	0.0	0.0;
	12	0	1.0000	0.0000	0	0	60.0	35.0	0.0	0.0;
	13	0	1.0000	0.0000	0	0	120.0	80.0	0.0	0.0;
	14	0	1.0000	0.0000	0	0	60.0	10.0	0.0	0.0;
	15	0	1.0000	0.0000	0	0	60.0	20.0	0.0	0.0;
	16	0	1.0000	0.0000	0	0	60.0	20.0	0.0	0.0;
	17	0	1.0000	0.0000	0	0	90.0	40.0	0.0	0.0;
	18	0	1.0000	0.0000	0	0	90.0	40.0	0.0	0.0;
	19	0	1.0000	0.0000	0	0	90.0	40.0	0.0	0.0;
	20	0	1.0000	0.0000	0	0	90.0	40.0	0.0	0.0;
	21	0	1.0000	0.0000	0	0	90.0	40.0	0.0	0.0;
	22	0	1.0500	0.0000	0	0	90.0	50.0	0.0	0.0;
	23	0	1.0000	0.0000	0	0	420.0	200.0	0.0	0.0;
	24	0	1.0000	0.0000	0	0	420.0	200.0	0.0	0.0;
	25	0	1.0500	0.0000	0	0	60.0	25.0	0.0	0.0;
	26	0	1.0500	0.0000	0	0	60.0	25.0	0.0	0.0;
	27	0	1.0000	0.0000	0	0	60.0	20.0	0.0	0.0;
	28	0	1.0000	0.0000	0	0	120.0	70.0	0.0	0.0;
	29	0	1.0000	0.0000	0	0	200.0	600.0	0.0	0.0;
	30	0	1.0000	0.0000	0	0	150.0	70.0	0.0	0.0;
	31	0	1.0000	0.0000	0	0	210.0	100.0	0.0	0.0;
	32	0	1.0000	0.0000	0	0	60.0	40.0	0.0	0.0;
	33	2	1.0000	0.0000	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0

];

% linhas	[FR	TO	R	X	BSHtotal	Tap	Tapmin	Tapmax]
	33	1	0.0922	0.0470	0	0	0	0;
	1	2	0.4930	0.2511	0	0	0	0;
	2	3	0.3660	0.1864	0	0	0	0;
	3	4	0.3811	0.1941	0	0	0	0;
	4	5	0.8190	0.7070	0	0	0	0;
	5	6	0.1872	0.6188	0	0	0	0;

```

6      7      0.7114      0.2351      0      0      0      0;
7      8      1.0300      0.7400      0      0      0      0;
8      9      1.0440      0.7400      0      0      0      0;
9      10     0.1966      0.0650      0      0      0      0;
10     11     0.3744      0.1238      0      0      0      0;
11     12     1.4680      1.1550      0      0      0      0;
12     13     0.5416      0.7129      0      0      0      0;
13     14     0.5910      0.5260      0      0      0      0;
14     15     0.7463      0.5450      0      0      0      0;
15     16     1.2890      1.7210      0      0      0      0;
16     17     0.7320      0.5740      0      0      0      0;
1      18     0.1640      0.1565      0      0      0      0;
18     19     1.5042      1.3554      0      0      0      0;
19     20     0.4095      0.4784      0      0      0      0;
20     21     0.7089      0.9373      0      0      0      0;
2      22     0.4512      0.3083      0      0      0      0;
22     23     0.8980      0.7091      0      0      0      0;
23     24     0.8960      0.7011      0      0      0      0;
5      25     0.2030      0.1034      0      0      0      0;
25     26     0.2842      0.1447      0      0      0      0;
26     27     1.0590      0.9337      0      0      0      0;
27     28     0.8042      0.7006      0      0      0      0;
28     29     0.5075      0.2585      0      0      0      0;
29     30     0.9744      0.9630      0      0      0      0;
30     31     0.3105      0.3619      0      0      0      0;
31     32     0.3410      0.5302      0      0      0      0;
];

```

```

Sb = 1e6;      % Potencia Base
Vb = 12.66e3;  % Tensão Base
Zb = Vb^2/Sb;
linhas(:,3:4) = linhas(:,3:4)/Zb;

barras(:,7:8) = barras(:,7:8)*1e3/Sb;

ref = 1;
% =====
% Leitura dos dados de entrada

[NumBarras,NumBCol] = size(barras);

[NumLinhas,NumLCol] = size(linhas);

% Linhas
% Init das variaveis
de = zeros(NumLinhas,1);
para = zeros(NumLinhas,1);

```

```
R = zeros(NumLinhas,1);
X = zeros(NumLinhas,1);
B = zeros(NumLinhas,1);
Tap = zeros(NumLinhas,1);
TapMin = zeros(NumLinhas,1);
TapMax = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas
    de(i) = linhas(i,1);
    para(i) = linhas(i,2);
    R(i) = linhas(i,3);
    X(i) = linhas(i,4);
    B(i) = 1/X(i);
    Tap(i) = linhas(i,6);
    TapMin(i) = linhas(i,7);
    TapMax(i) = linhas(i,8);
end

% Desconsiderando taps
Tap = ones(NumLinhas,1);

% Barras
% Init das variaveis
Tipo = zeros(NumBarras,1);
V = zeros(NumBarras,1);
Teta = zeros(NumBarras,1);
Pg = zeros(NumBarras,1);
Qg = zeros(NumBarras,1);
Pd = zeros(NumBarras,1);
Qd = zeros(NumBarras,1);
Gsh = zeros(NumBarras,1);
Bsh = zeros(NumBarras,1);

for i=1:NumBarras
    Tipo(i) = barras(i,2);
    V(i) = barras(i,3);
    Teta(i) = barras(i,4);
    Pg(i) = barras(i,5);
    Qg(i) = barras(i,6);
    Pd(i) = barras(i,7);
    Qd(i) = barras(i,8);
    Gsh(i) = barras(i,9);
    Bsh(i) = barras(i,10);
end

% Potencias em PU - já estão em pu
```

```
% =====  
% Matriz B_linha  
  
B_linha = zeros(NumBarras,NumBarras);  
  
for i=1:NumLinhas  
    K = de(i);  
    M = para(i);  
    B_linha(K,K) = B_linha(K,K) + B(i)/(Tap(i)^2); % diagonal principal considerando tap  
    B_linha(M,M) = B_linha(M,M) + B(i); % diagonal principal  
    B_linha(K,M) = B_linha(K,M) - B(i)/Tap(i); % Fora da diagonal principal  
    B_linha(M,K) = B_linha(M,K) - B(i)/Tap(i); % Fora da diagonal principal  
end  
  
% =====  
% Fluxo de potencia linearizado  
  
B_REF = ref;  
B_linha(B_REF,B_REF) = 10^20; % Infinito  
Teta= B_linha\(-Pd+Pg); % inv  
  
Pkm = zeros(NumLinhas,1);  
  
for i=1:NumLinhas  
    K = de(i);  
    M = para(i);  
    Pkm(i) = (Teta(K)-Teta(M))*B(i)/Tap(i); % Pkm = Pk - Pm  
end  
  
% Variaveis de saida  
disp('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 33 Barras - Pd = 100%')  
disp([Teta])  
disp([Pkm])  
  
% Analisando para Pd a 90% =====  
  
Pd1 = Pd*0.9;  
Teta1= B_linha\(-Pd1+Pg);  
  
Pkm1 = zeros(NumLinhas,1);  
  
for i=1:NumLinhas  
    K = de(i);  
    M = para(i);  
    Pkm1(i) = (Teta1(K)-Teta1(M))*B(i)/Tap(i); % Pkm = Pk - Pm  
end
```

```
% Variaveis de saida
disp('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 33 Barras - Pd = 90%')
disp([Teta1])
disp([Pkm1])

% Analisando para Pd a 110% =====
Pd2 = Pd*1.1;
Teta2= B_linha\(-Pd2+Pg);

Pkm2 = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas
    K = de(i);
    M = para(i);
    Pkm2(i) = (Teta2(K)-Teta2(M))*B(i)/Tap(i); % Pkm = Pk - Pm
end

% Variaveis de saida
disp('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 33 Barras - Pd = 110%')
disp([Teta2])
disp([Pkm2])

% Box Plot Teta
figure(3)
boxplot([Teta Teta1 Teta2], 'Labels', {'Pd = 100%', 'Pd = 90%', 'Pd = 110%'})
title('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 33 Barras - Teta')
ylabel('Teta (rad)')
xlabel('Pd (%)')

% Box Plot Pkm
figure(4)
boxplot([Pkm Pkm1 Pkm2], 'Labels', {'Pd = 100%', 'Pd = 90%', 'Pd = 110%'})
title('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 33 Barras - Pkm')
ylabel('Pkm (pu)')
xlabel('Pd (%)')

%% Com Perdas
% Dados:
% IEEE 14 barras

% [      NUM      TIPO      V      TETA      PG      QG      PD      QD      GSH      BSH ]
barras = [
    1      2      1.060 0.0      232.4 -16.9      0.0      0.0      0.0      0.0 0 0
    2      1      1.045 0.0      40.0  42.4      21.70 12.70      0.0      0.0 -40 50
```

```

3 1 1.010 0.0 0.0 23.4 94.20 19.00 0.0 0.0 0 40
4 0 1.000 0.0 0.0 0.0 47.80 -3.90 0.0 0.0 0 0
5 0 1.000 0.0 0.0 0.0 7.60 1.600 0.0 0.0 0 0
6 1 1.070 0.0 0.0 12.2 11.20 7.500 0.0 0.0 -6 24
7 0 1.000 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0 0
8 1 1.090 0.0 0.0 17.4 0.0 0.0 0.0 0.0 -6 24
9 0 1.000 0.0 0.0 0.0 29.50 16.60 0.0 19.0 0 0
10 0 1.000 0.0 0.0 0.0 9.00 5.800 0.0 0.0 0 0
11 0 1.000 0.0 0.0 0.0 3.50 1.800 0.0 0.0 0 0
12 0 1.000 0.0 0.0 0.0 6.10 1.600 0.0 0.0 0 0
13 0 1.000 0.0 0.0 0.0 13.50 5.800 0.0 0.0 0 0
14 0 1.000 0.0 0.0 0.0 14.90 5.000 0.0 0.0 0 0 ];

```

```
% [FR TO R X BSHtotal Tap ]
```

```
linhas = [
```

```

1 2 0.01938 0.05917 0.05280 0
1 5 0.05403 0.22304 0.04920 0
2 3 0.04699 0.19797 0.04380 0
2 4 0.05811 0.17632 0.03400 0
2 5 0.05695 0.17388 0.03460 0
3 4 0.06701 0.17103 0.01280 0
4 5 0.01335 0.04211 0 0
4 7 0.0 0.20912 0 0.978
4 9 0.0 0.55618 0 0.969
5 6 0.0 0.25202 0 0.932
6 11 0.09498 0.19890 0 0
6 12 0.12291 0.25581 0 0
6 13 0.06615 0.13027 0 0
7 8 0.0 0.17615 0 0
7 9 0.0 0.11001 0 0
9 10 0.03181 0.08450 0 0
9 14 0.12711 0.27038 0 0
10 11 0.08205 0.19207 0 0
12 13 0.22092 0.19988 0 0
13 14 0.17093 0.34802 0 0 ];

```

```
Custo = [1 1 2 4 4];
```

```
MaxP = [250 40 15 15 15];
```

```
MaxQ = [50 50 50 50 50];
```

```
MinP = [0 0 0 0 0];
```

```
MinQ = [-50 -50 -50 -50 -50];
```

```
Ref= 1;
```

```
% =====
```

```
% Leitura dos dados de entrada
```



```
[NumBarras,NumBCol] = size(barras);
[NumLinhas,NumLCol] = size(linhas);

% Linhas
% Init das variaveis
de = zeros(NumLinhas,1);
para = zeros(NumLinhas,1);
R = zeros(NumLinhas,1);
X = zeros(NumLinhas,1);
B = zeros(NumLinhas,1);
Tap = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas
    de(i) = linhas(i,1);
    para(i) = linhas(i,2);
    R(i) = linhas(i,3);
    X(i) = linhas(i,4);
    B(i) = 1/(X(i));
    Tap(i) = linhas(i,6);
end

% Desconsiderando taps
Tap = ones(NumLinhas,1);

% Barras
% Init das variaveis
Tipo = zeros(NumBarras,1);
V = zeros(NumBarras,1);
Teta = zeros(NumBarras,1);
Pg = zeros(NumBarras,1);
Qg = zeros(NumBarras,1);
Pd = zeros(NumBarras,1);
Qd = zeros(NumBarras,1);
Gsh = zeros(NumBarras,1);
Bsh = zeros(NumBarras,1);

for i=1:NumBarras
    Tipo(i) = barras(i,2);
    V(i) = barras(i,3);
    Teta(i) = barras(i,4);
    Pg(i) = barras(i,5);
    Qg(i) = barras(i,6);
    Pd(i) = barras(i,7);
    Qd(i) = barras(i,8);
    Gsh(i) = barras(i,9);
    Bsh(i) = barras(i,10);
end
```

```
% Potencias em PU
Pg = Pg/100;
Qg = Qg/100;
Pd = Pd/100;
Qd = Qd/100;

% =====
% Matriz B_linha

B_linha = zeros(NumBarras,NumBarras);

for i=1:NumLinhas
    K = de(i);
    M = para(i);
    B_linha(K,K) = B_linha(K,K) + B(i)/(Tap(i)^2); % diagonal principal considerando tap
    B_linha(M,M) = B_linha(M,M) + B(i); % diagonal principal
    B_linha(K,M) = B_linha(K,M) - B(i)/Tap(i); % Fora da diagonal principal
    B_linha(M,K) = B_linha(M,K) - B(i)/Tap(i); % Fora da diagonal principal
end

% =====
% Fluxo de potencia linearizado

B_REF = Ref;
B_linha(B_REF,B_REF) = 10^20; % Infinito
Teta= B_linha\(-Pd+Pg); % inv

Pkm = zeros(NumLinhas,1);

for i=1:NumLinhas
    K = de(i);
    M = para(i);
    Pkm(i) = (Teta(K)-Teta(M))*B(i)/Tap(i); % Pkm = Pk - Pm
end

% Variaveis de saida
disp('Fluxo de potencia linearizado - IEEE 14 Barras - Pd = 100%')
disp([Teta])
disp([Pkm])
```

5. Referências

- <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/potencia-linearizado>
- Notas de Aula e slides

- c. <https://www.youtube.com/watch?v=S6ezIIFmjSs>