

Danilo Neves de Martins ([danilomartins@ieee.org](mailto:danilomartins@ieee.org)), Alexandre B. J. Soares ([allexandresoares@yahoo.com.br](mailto:allexandresoares@yahoo.com.br)),  
Prof. Dr. Ernesto Ruppert Filho ([ruppert@fee.unicamp.br](mailto:ruppert@fee.unicamp.br))

DSCE-Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação  
PIBIC/SAE

Palavras Chaves: Distribuição de Energia elétrica - Perdas Elétricas - Paralelismo de Ramais

## Introdução

As redes aéreas de distribuição de energia elétrica operam usualmente com os alimentadores dispostos e ligados de forma radial ramificada. Em geral, na eventualidade de contingências ou no caso de manutenções programadas, elas só podem ser operadas por períodos curtos de tempo com os alimentadores ligados em anel ou em paralelo. Este trabalho estuda o comportamento das perdas técnicas de energia elétrica em um sistema de distribuição de energia elétrica, constituído por dois alimentadores, quando operando de maneira radial e quando operando em paralelo através do fechamento em anel dos mesmos.

Para a implementação e realização das simulações do sistema foi utilizado o software Matlab/Simulink/SimPowerSystems. As análises foram feitas considerando a possibilidade de paralelismo entre os ramais de um sistema de distribuição de energia elétrica onde foi utilizado um modelo de cálculo de grande precisão, pois fornece o valor das perdas de energia para cada elemento da rede, com base nas características do fluxo de carga e regime de operação do sistema. O níveis de informação disponíveis podem ser utilizados para a aplicação de diferentes processos de cálculos de perdas de energia.

## Metodologia

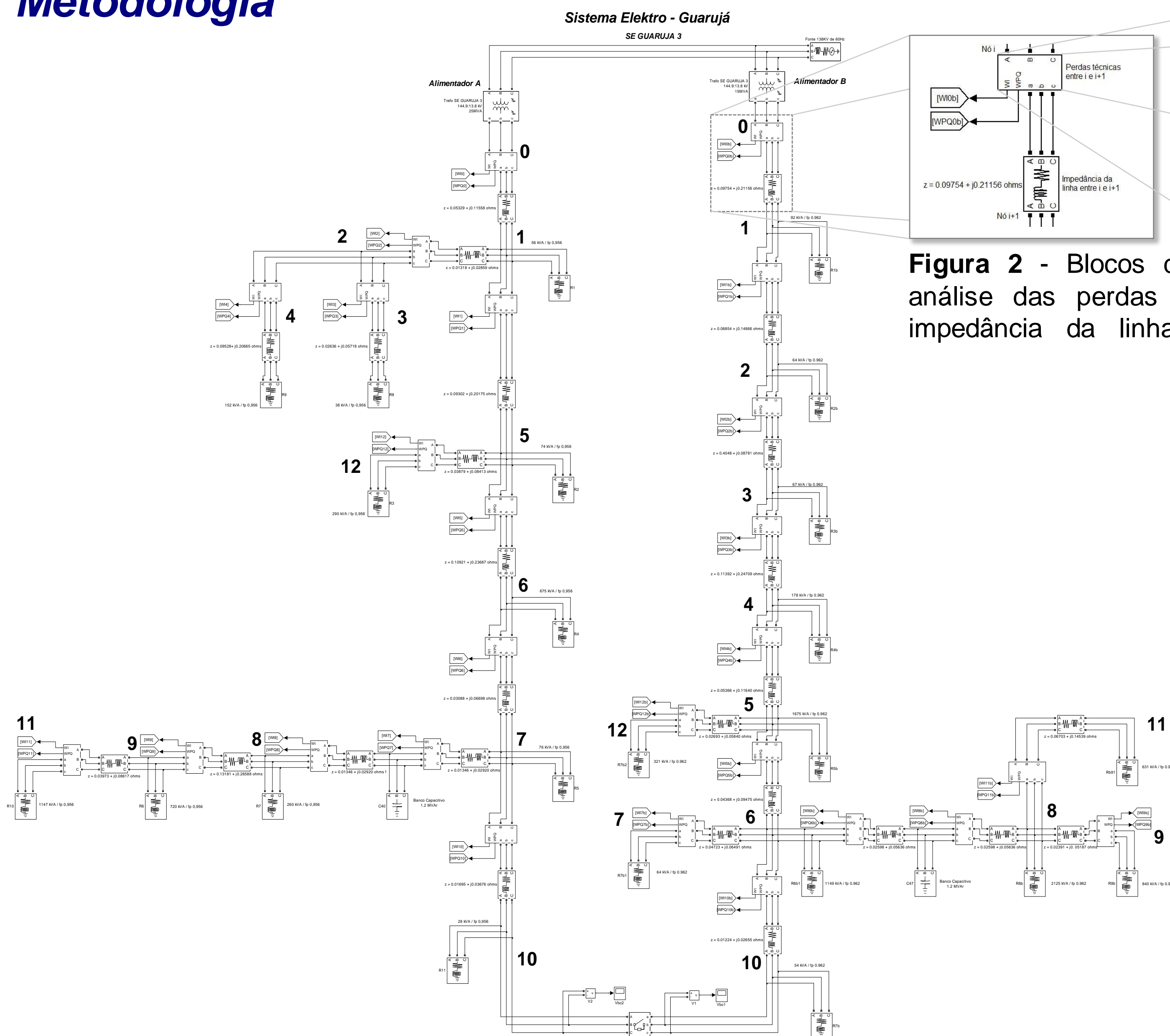


Figura 1 - Modelo do sistema implementado no MatLab/Simulink

O sistema estudado é constituído por dois alimentadores A e B, por sua vez, constituídos de transformadores de 25 e 15 MVA, respectivamente, operando com tensões nominais de 138:13,8 kV localizados na mesma subestação.

## Resultados

Nota-se, pela análise da Tabela 1 que quando o sistema opera em paralelo há uma melhor distribuição das cargas entre os alimentadores. Quando o sistema é fechado em paralelo o Alimentador A (25MVA) passa a fornecer energia para as cargas do Alimentador B (15MVA), o alimentador menos potente porém o que suportava mais cargas no sistema em radial, o que leva a aumentar a potência fornecida pelo Alimentador A e diminuir a do Alimentador B. Pode-se notar, então, que quando o sistema opera em paralelo, o alimentador B sofre um alívio de perdas de 59,2%, usando equação (1) ou (2), porém o alimentador A sofre um aumento das perdas de 198,3%.

Essa distribuição de potência com o fechamento do sistema em paralelo pode ser visto também pela Tabela 2, que mostra a distribuição das perdas e por consequência de cargas entre os dois alimentadores.

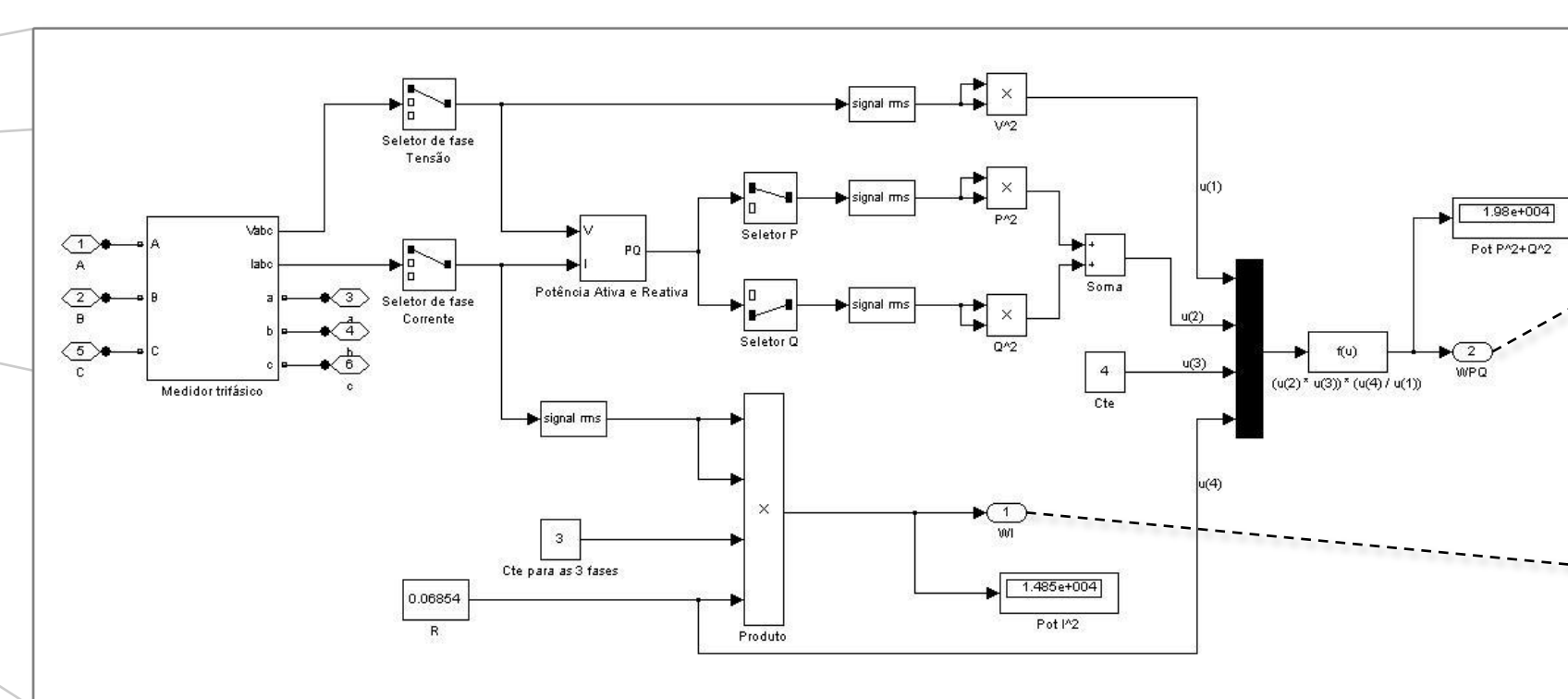


Figura 3 - Arquitetura do bloco de análise de perdas técnicas.

$$\Delta W_{i,i+1} = 4 * R_{i,i+1} * \left( \frac{P_{i,i+1}^2 + Q_{i,i+1}^2}{(V_i + V_{i+1})^2} \right) \quad (2)$$

$$\Delta W_{i,i+1} = 3 * R_{i,i+1} * I_{i,i+1}^2 \quad (1)$$

Tabela 1 – Potências fornecidas pelos alimentadores operando radialmente e em paralelo.

		Potência Ativa (KW)	Potência Reativa (KVAr)	Potência Aparente (KVA)
Alimentador A	Radial	3026	-120,9	3028,4
	Paralelo	5299	454,2	5318,4
Alimentador B	Radial	6073	870,6	6135,1
	Paralelo	3890	269,2	3899,3

Tabela 2 – Perdas técnicas de potência nos alimentadores operando em radial e paralelo.

		Alimentador A (KW) *	Alimentador B (KW) *	Total (KW) *
Modelo (1)	Radial	14,85	86,97	101,82
	Paralelo	44,30	35,48	79,78
Modelo (2)	Radial	19,80	116,00	135,80
	Paralelo	59,06	47,31	106,37

Observa-se que há diminuição das perdas técnicas totais do sistema quando operando em paralelo com relação ao sistema operando radialmente, o que representa 21,65% menos perdas usando o modelo (1) e 21,67% menos perdas usando o modelo (2), ou seja, usando o modelo em função de parâmetros diferentes foi obtido o mesmo resultado de diminuição das perdas ao se utilizar o sistema em operação paralela.

## Conclusão

A operação em paralelo de ramais de alimentadores de distribuição apresenta vantagens para o sistema como: flexibilidade operativa e diminuição das perdas de energia. Dessa forma, o presente estudo comprova que operações em paralelo nas redes de distribuição de energia elétrica são uma opção quando o sistema está sobrecarregado e se necessita de disponibilidade de potência dos alimentadores para suprir um eventual aumento na demanda de energia, o que pode acontecer em alguns períodos do ano. Uma outra possibilidade é a de utilização continuada da operação em paralelo, que traria os benefícios da diminuição das perdas e melhora da distribuição da potência de forma constante, mesmo trazendo problemas de manejo da rede elétrica.