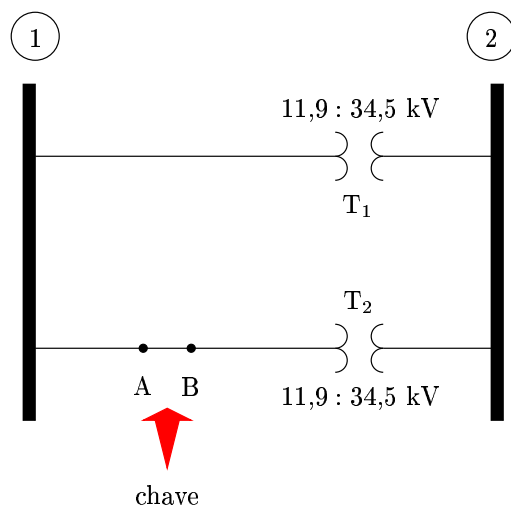
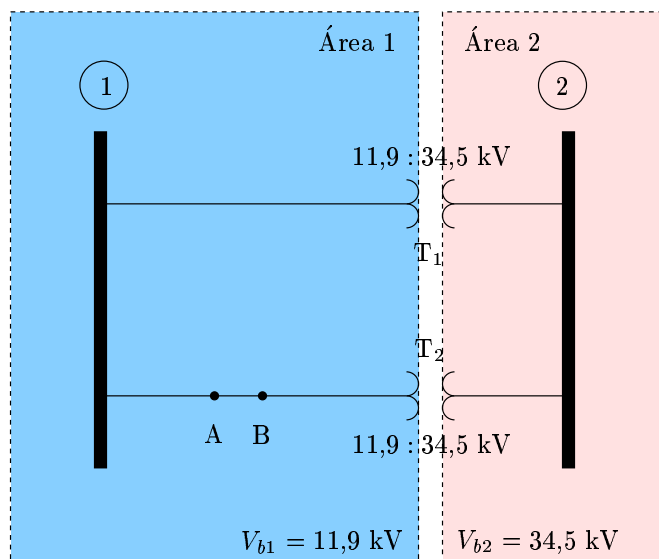


## Operação de transformadores em paralelo

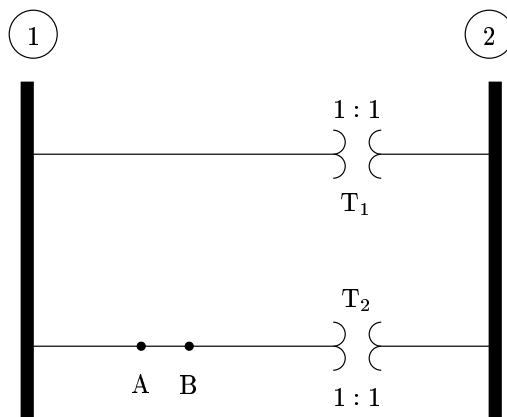
- Considerar dois transformadores conectados em paralelo:



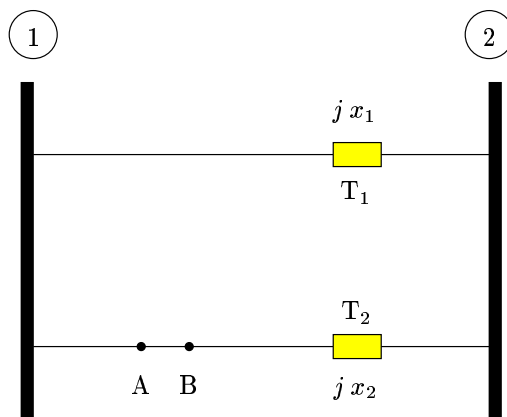
- Para cálculos em por unidade, divide-se o circuito em duas áreas para a definição dos valores de base:



Os valores das tensões de base são escolhidos de forma que a relação entre eles seja igual à relação de transformação dos transformadores. Em particular, foram escolhidas as próprias tensões nominais dos transformadores. Em por unidade tem-se:

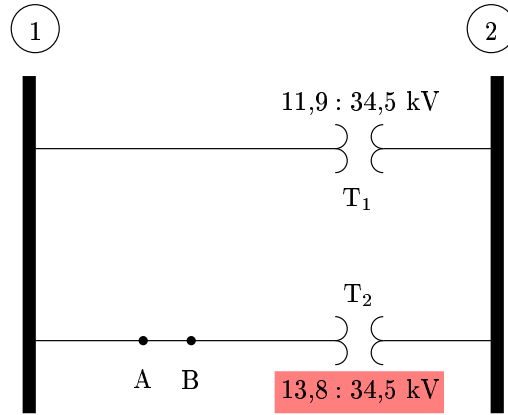


Transformadores reais são representados pelas suas respectivas reatâncias<sup>1</sup>:

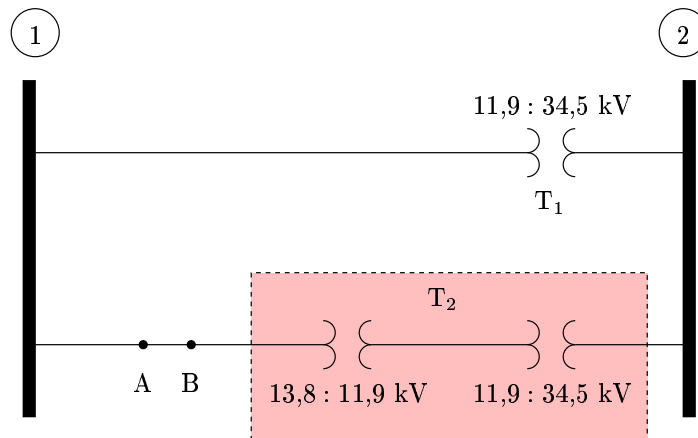


<sup>1</sup>Para transformadores de potência as perdas ferro e de magnetização são desprezadas. As perdas cobre também são em geral desprezadas.

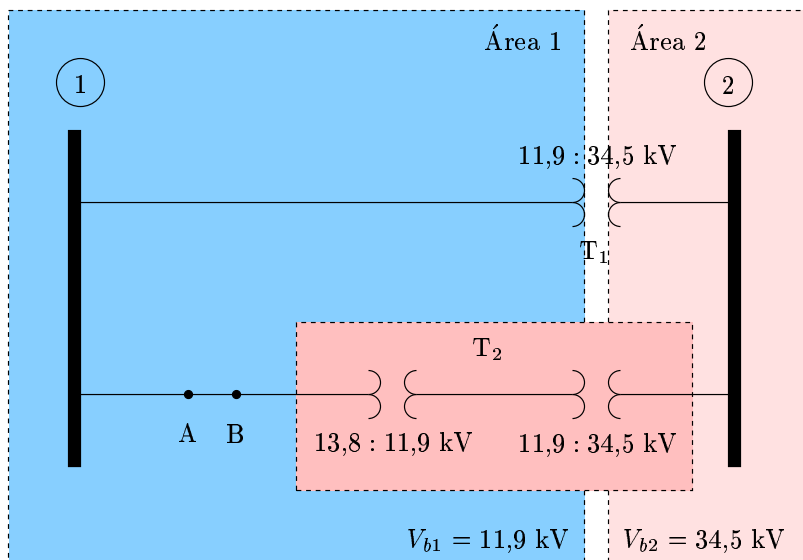
- Considerar que o transformador  $T_2$  tenha a sua relação de transformação aumentada para  $(13,8 : 34,5 \text{ kV})$ , através de uma mudança na posição do *tap*:



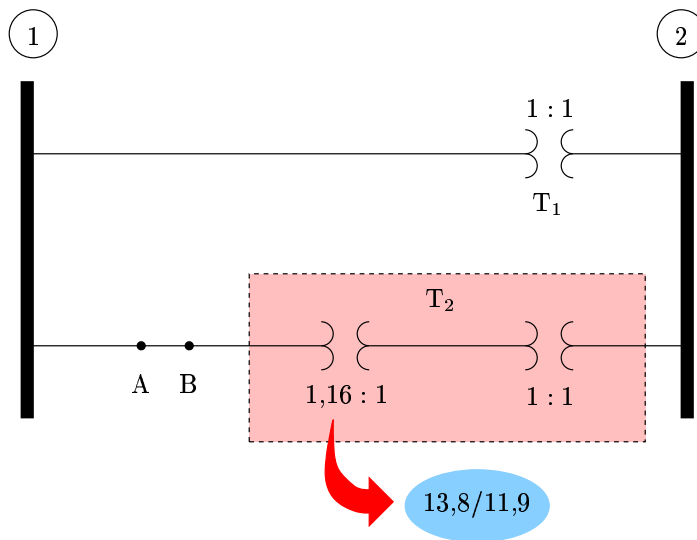
Pode-se representar  $T_2$  da seguinte forma:



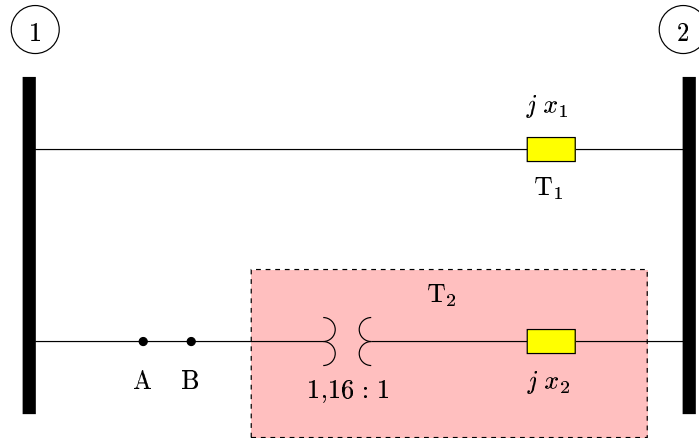
Dividindo o circuito em duas áreas:



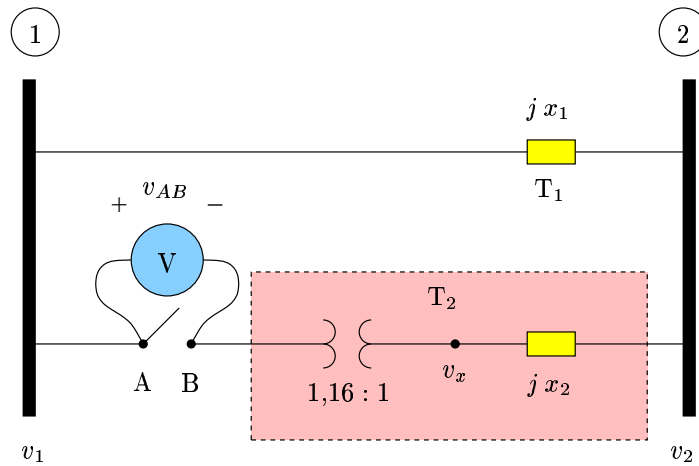
Em por unidade tem-se:



Considerando as reatâncias dos transformadores:



Verifica-se que o transformador com a posição do *tap* fora da nominal deve ser representado em por unidade com uma relação (1,16 : 1) ou (1 : 0,86). Considerar agora que a chave AB seja aberta:



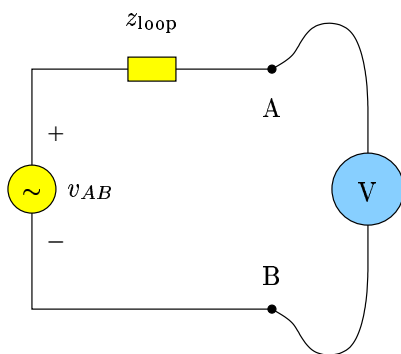
Devido à alteração na posição do *tap* de  $T_2$ , aparece uma tensão sobre os terminais da chave:

$$\begin{aligned}
 v_{AB} &= v_A - v_B \\
 &= v_1 - 1,16 v_x \\
 &= v_1 - 1,16 v_2 \\
 &= v_1 - 1,16 v_1 \\
 &= -0,16 v_1
 \end{aligned}$$

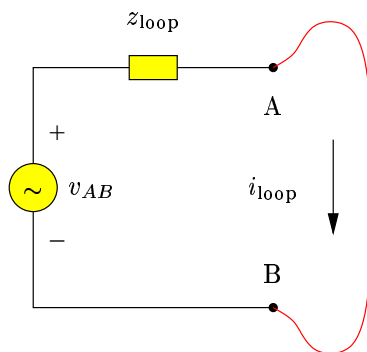
A impedância vista pelos terminais A e B é:

$$z_{\text{vista}} = j(x_1 + x_2) = z_{\text{loop}}$$

Logo, tem-se:



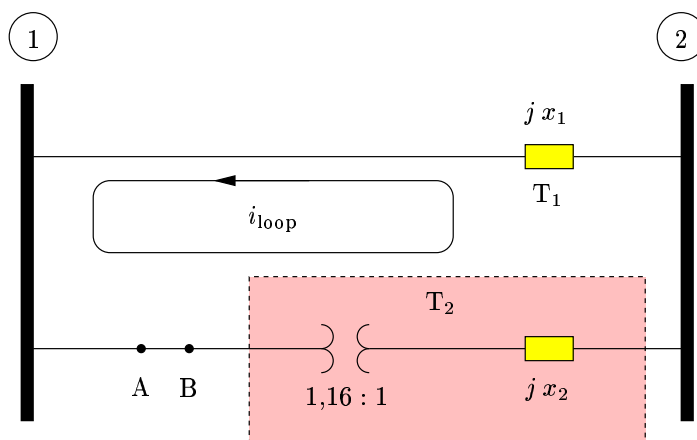
Se a chave AB for novamente fechada, circulará uma corrente pelo circuito:



A corrente vale:

$$i_{\text{loop}} = \frac{v_{AB}}{z_{\text{loop}}}$$

Voltando ao diagrama unifilar do circuito, tem-se:



em que  $i_{loop}$  é uma *corrente de circulação*. Ao alterar-se a posição do *tap* de T<sub>2</sub>, apareceu uma corrente de circulação, que é limitada pelas reatâncias dos transformadores.

Sistemas de potência típicos são *malhados*, ou seja, existem vários *loops* e caminhos paralelos para os fluxos de potência. Esta característica confere maior flexibilidade de operação e confiabilidade aos sistemas. Além disso, as tensões de transmissão e níveis de potência têm aumentado ao longo dos anos, e os novos equipamentos são conectados e operam juntamente com os equipamentos existentes. Assim, é natural que se encontre *loops* ou caminhos paralelos que incluem transformadores.

Cuidados especiais devem ser tomados durante a fase de projeto a fim de evitar as correntes de circulação. A configuração que poderia ser chamada de *normal* conteria transformadores em paralelo com as mesmas relações de transformação. No entanto, há situações em que introduz-se alterações nas relações de transformação<sup>2</sup> a fim de atender requisitos específicos de operação.

<sup>2</sup>Alterações na relação de transformação são obtidas através da mudança na posição dos *taps* dos transformadores. Dependendo do tipo de transformador, essa alteração pode resultar em diferentes magnitudes de tensão (transformador regulador) ou em defasagens entre as tensões (transformador defasador).