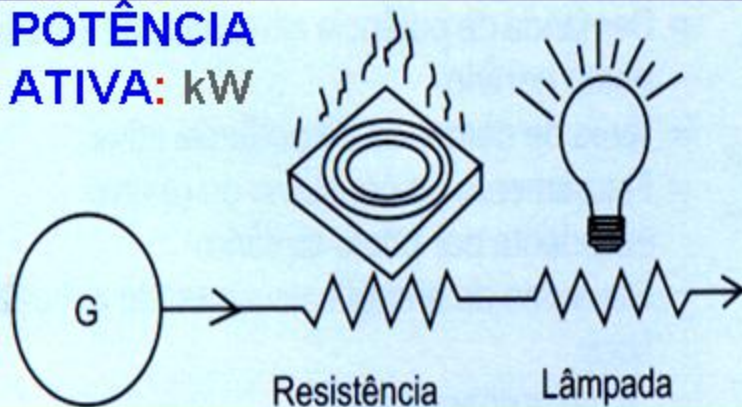


Economia de energia em  
**Transformadores** utilizando a  
**CORREÇÃO DO FATOR DE**  
**POTENCIA**

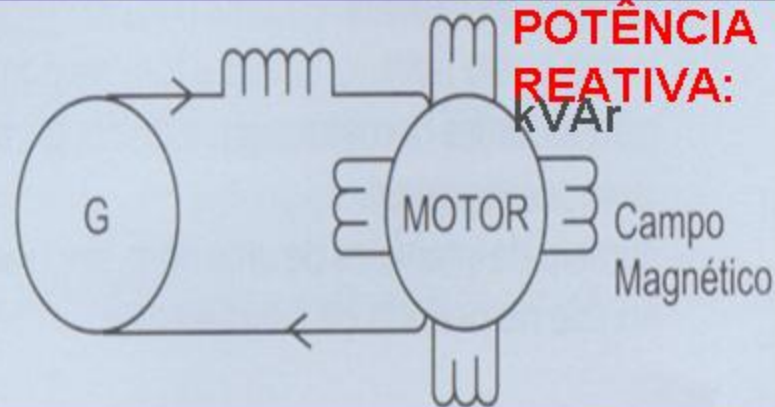


**ECONOMIA DE ENERGIA**

**POTÊNCIA ATIVA: kW**

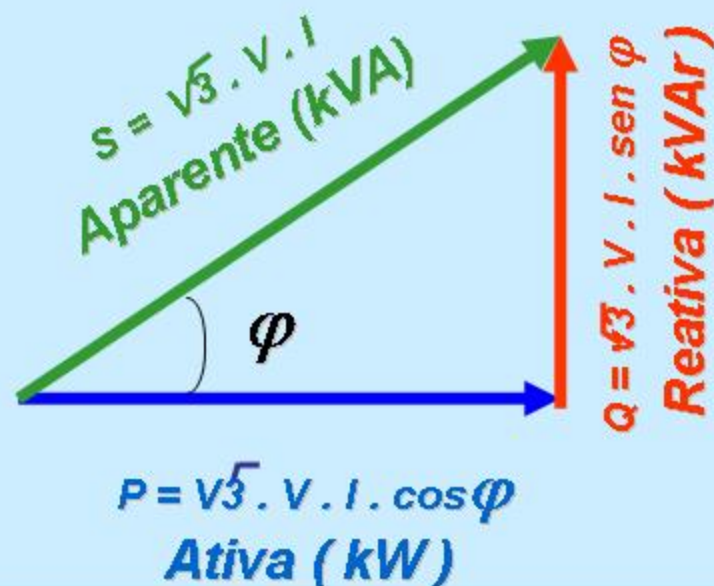


**POTÊNCIA REATIVA: kVAr**



**POTÊNCIA APARENTE: (kVA)**

**Potência Total entregue ao consumidor pela concessionária de energia elétrica.**





**FATOR  
de  
POTÊNCIA**



**FATOR de  
EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA**

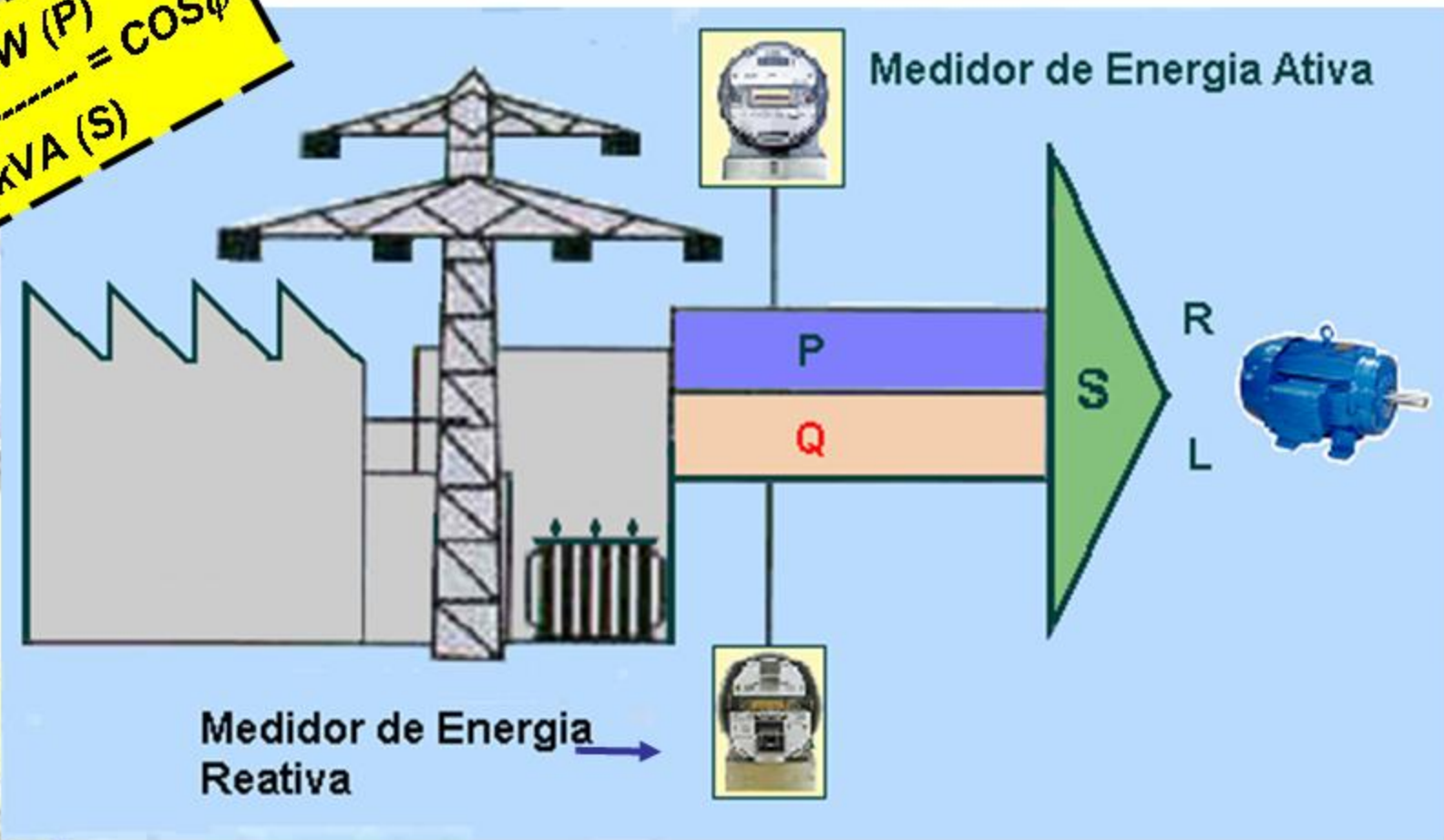
É a relação entre a potência ativa e a potência aparente

Potência que realiza trabalho útil

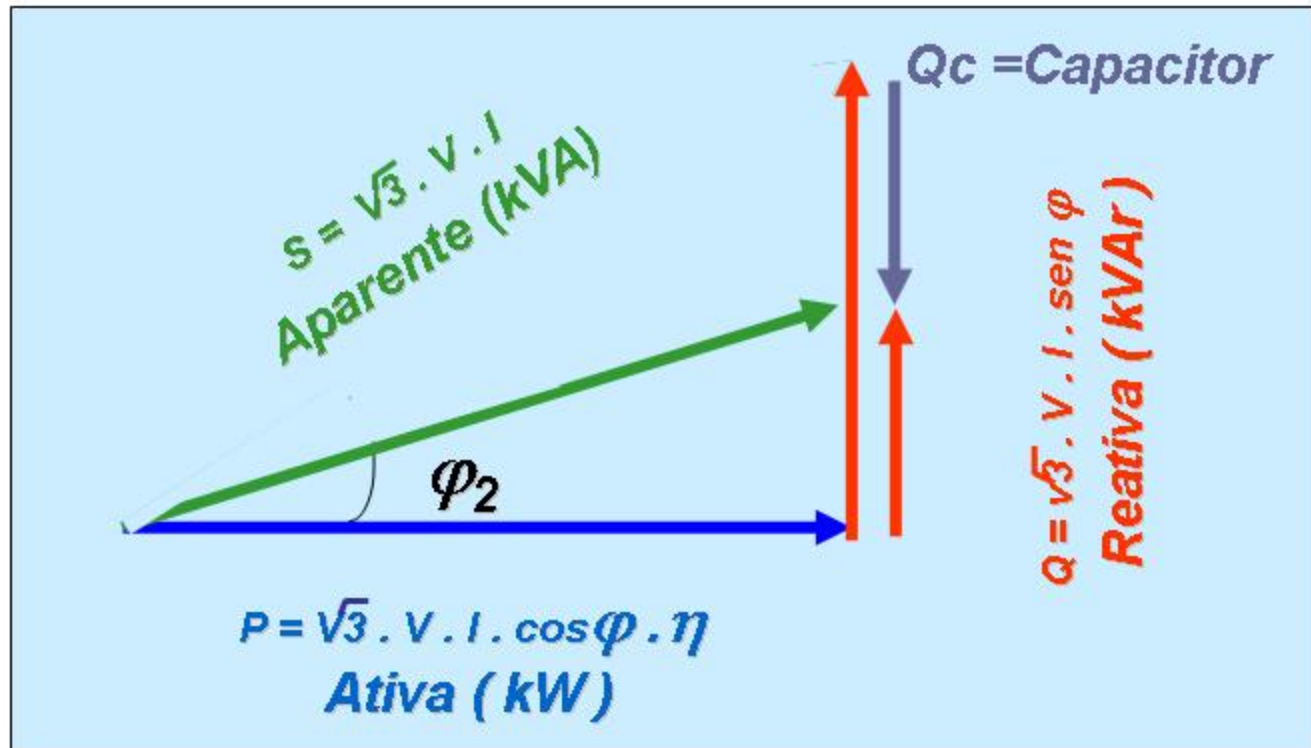
$$FP = \frac{kW}{kVA} = \cos \varphi$$

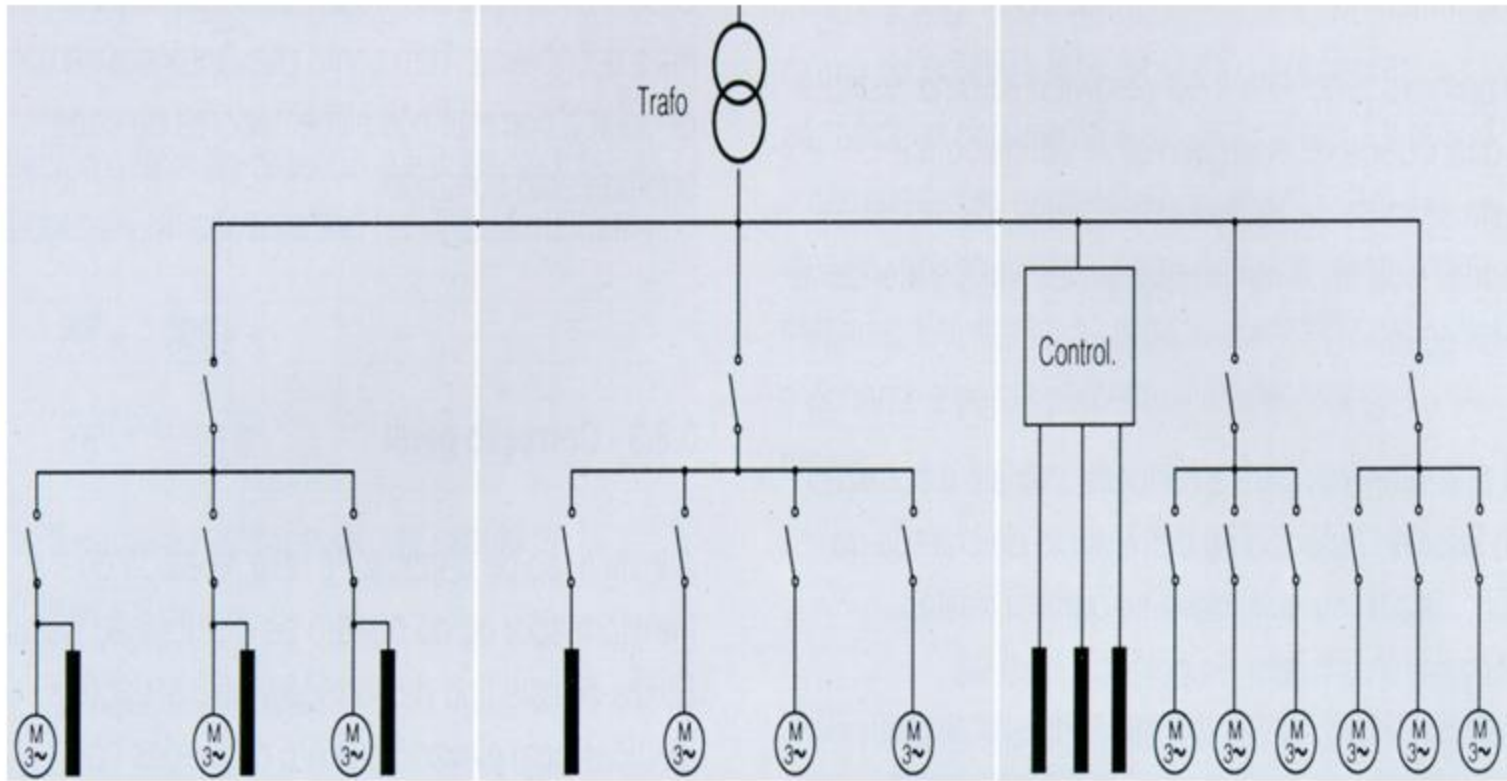
Potência total entregue

$$FP = \frac{kW (P)}{kVA (S)} = \cos \phi$$



# Como Corrigir o Fator de Potência ?





## Definição de tipo Transformador

### Transformador de Distribuição

estão junto ao ponto de consumo e transforma a tensão a um nível compatível com o sistema final de consumo (baixa tensão), normalmente até 300kVA, e acima disto são considerados

**Transformadores de Força**, onde são utilizados junto a geração e/ou transmissão de energia.



## Exemplo:



$$P = 1000W$$

$$\cos \varphi = 0,5$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{1000}{0,5} = 2000VA$$



$$P = 1000W$$

$$\cos \varphi = 0,92$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{1000}{0,92} = 1087VA$$

### Conclusão:

Verificamos que o equipamento 2 possui o maior fator de potência, onde requer apenas 1087VA do transformador.





O **transformador** é dimensionado pela potência aparente (S) e por aí se nota a importância da manutenção de um fator de potência elevado numa instalação.





O **baixo fator de potência** causa sérios problemas nas instalações elétricas, entre os quais destacamos abaixo:

- ⦿ Sobrecarga nos cabos e transformadores;
- ⦿ Redução do nível de iluminação;
- ⦿ Aumento das perdas no sistema de alimentação;
- ⦿ Crescimento da queda de tensão;
- ⦿ Baixa regulação dos transformadores

## Regulação

**Potência: 1000 kVA**

**Tensão do secundário: 380V**

<b>Fator de Potência</b>	<b><math>\cos \varphi = 1</math></b>	<b><math>\cos \varphi = 0,8</math></b>
<b>% Potência Nominal</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Regulação</b>	<b>1,4</b>	<b>3,98</b>
<b>Tensão (V)</b>	<b>374,68</b>	<b>364,88</b>

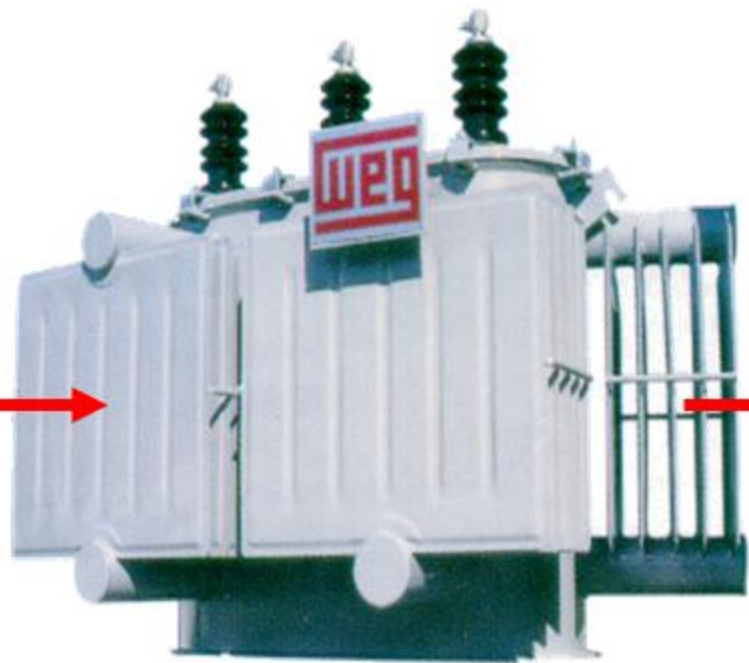


$$FP = \frac{kW}{kVA} = \cos\phi$$

Potência Trafo	FP	Potência Útil
1000 kVA	0,5	500kW
	0,8	800kW
	1,0	1000kW



13,8 kV



380V



## Fator de Potência

$$FP = \cos \varphi = \frac{P_o \text{ (kW)}}{P_{\text{Excit}} \text{ (kVAr)}}$$

Onde:  $P_o \text{ (kW)}$  = Perda a vazio

## Potência de excitação (kVAr)



$$P_{\text{Excit}} \text{ (kVAr)} = \frac{I_0 \text{ (\%)} \times P_n \text{ (kVA)}}{100}$$

Onde

$P_n \text{ (kVA)}$  = Potência Nominal

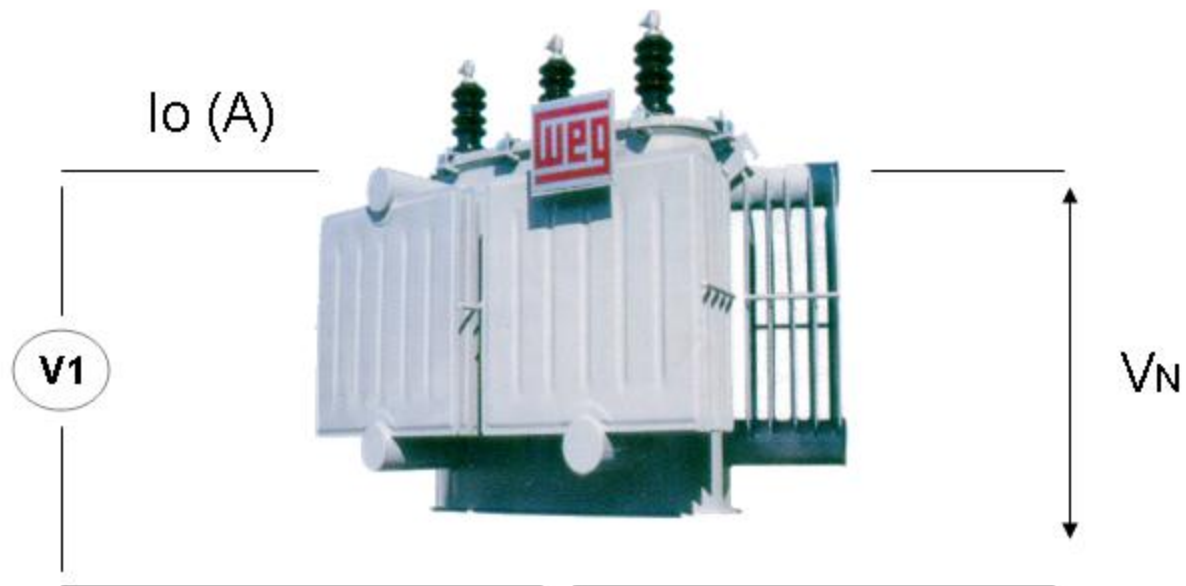
$I_0 \text{ (\%)}$  = Corrente de excitação



$$P_{\text{Excit}} \text{ (kVAr)} = \sqrt{\left[ \frac{I_0 \text{ (\%)} \times P_n \text{ (kVA)}}{100} \right]^2 - P_o \text{ (kW)}^2}$$

$P_o \text{ (kW)}$  = Perda a vazio

## Como obter a $Io$ (%) $P_{Excit}$



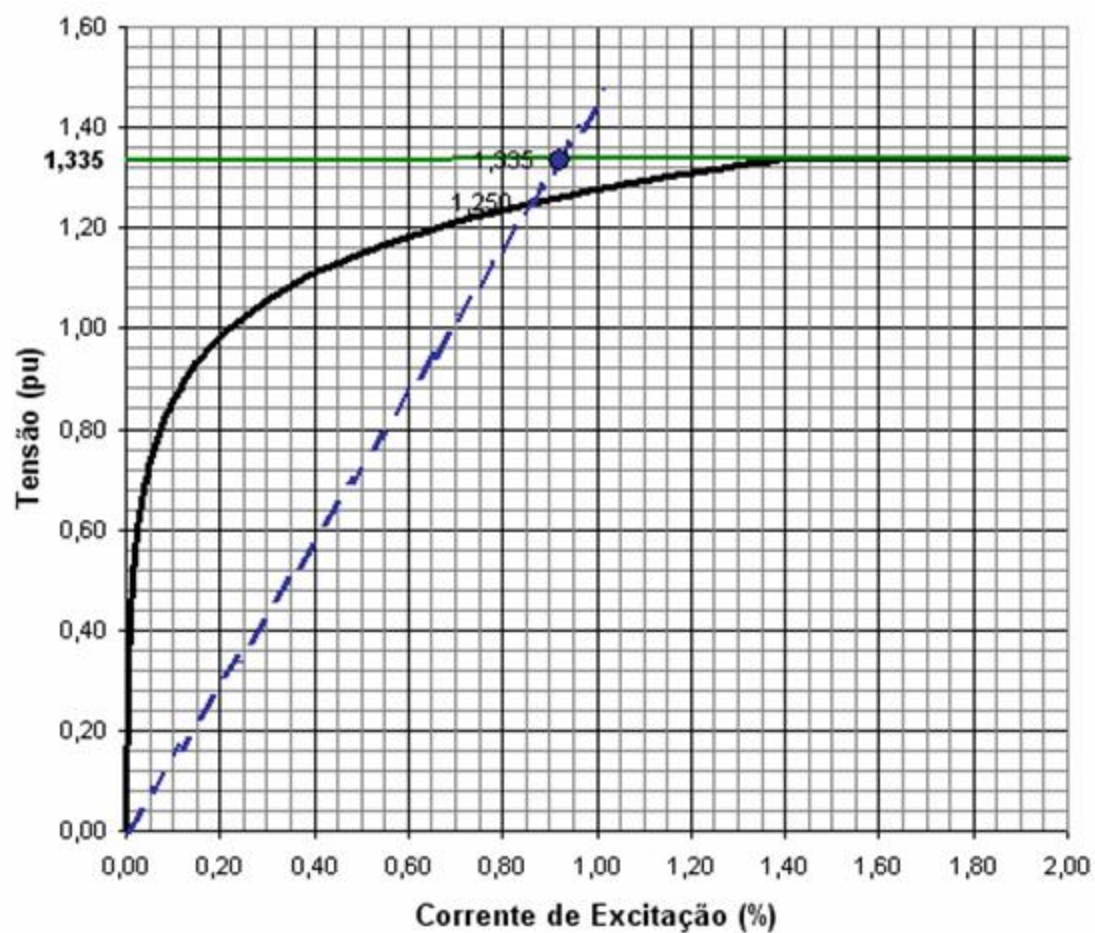
*Ensaio  $Io$  (%)*

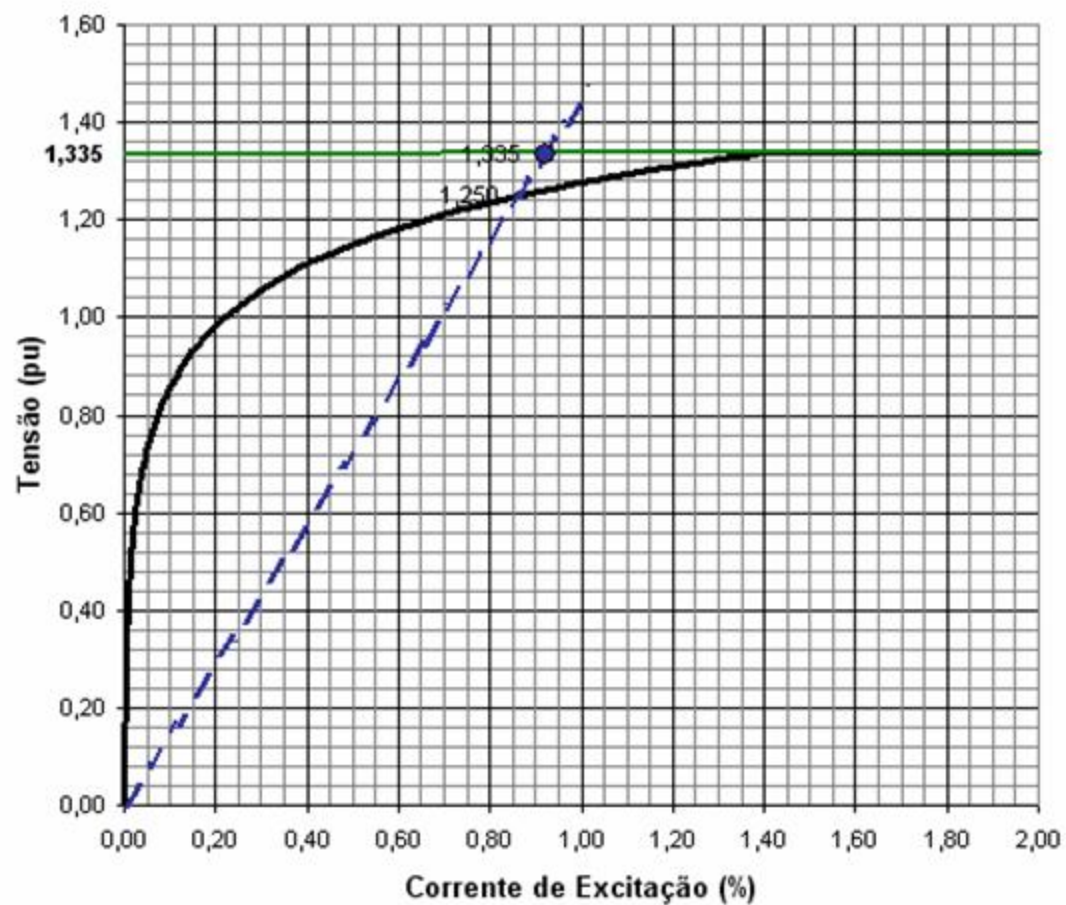


## Como obter a $Io$ (%) $P_{Excit}$

- 1 Aplica-se  $V1$  até obter  $V_N$
- 2 Ler  $Io$  (A)
- 3  $Io$  (%) =  $\frac{Io (A)}{In (A)} \times 100$

# Curva de Saturação

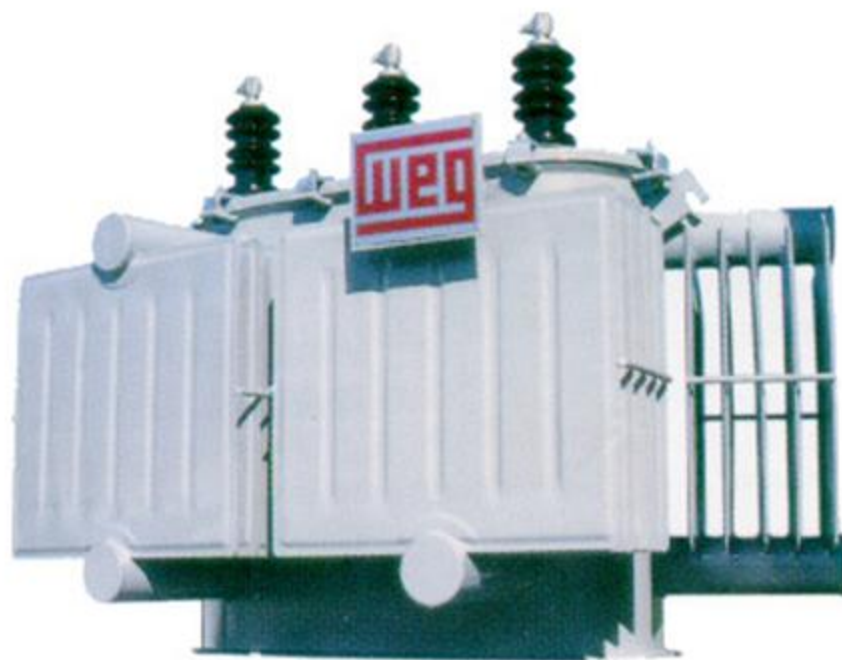




**+ 5% Vn**  **50% . Io (%)**

**+ 10% Vn**  **100% . Io (%)**


## Exemplo 1



$P_N$  (kVA) = 300 kVA

$I_o$  (%) = 2,2

$P_o$  (W) = 950W

A vertical strip on the left side of the slide shows an industrial factory setting with machinery and overhead lighting.
$$P_{\text{Excit}} \text{ (kVAr)} = \frac{I_0 \text{ (\%)}}{100} \times P_N \text{ (kVA)}$$

$$P_{\text{Excit}} \text{ (kVAr)} = \frac{2,2}{100} \times 300$$

$$P_{\text{Excit}} = 6,6 \text{ kVAr}$$



$$FP = \cos \varphi = \frac{P_o \text{ (kW)}}{P_{\text{Excit}} \text{ (kVAr)}}$$

$$\cos \varphi = \frac{0,950}{6,6}$$

$$\cos \varphi = 0,14$$


## Exemplo 2



$P_N$  (kVA) = 1500 kVA

$P_o$  (W) = 2300W

$l_o$  (%) = 1


$$P_{\text{Excit}} \text{ (kVAr)} = \sqrt{\left( \frac{I_0 (\%)}{100} \times P_N \text{ (kva)} \right)^2 - P_o \text{ (kW)}^2}$$

$$P_{\text{Excit}} = \sqrt{\left( \frac{1 \times 1500}{100} \right)^2 - (2,3)^2}$$

$$P_{\text{Excit}} = \sqrt{(15)^2 - (2,3)^2} = \sqrt{225 - 5,29}$$

$$P_{\text{Excit}} = 14,8 \text{ (kVAr)}$$





$$\cos \varphi = \frac{P_o \text{ (kW)}}{P_{\text{Excit}} \text{ (kVAr)}}$$

$$\cos \varphi = \frac{2,3}{14,8}$$

$$\cos \varphi = 0,16$$



**S1 = 225kVA**

**S2 = 194kVA**

**S1-S2 = 31kVA**

ou seja

**30kW**  
**Potência Liberada!**

**Motor WEG, 185kW**

**250cv /, 380V,  $I_n = 335,95A$ ,**

**F.P. = 0,89 e S = 208kVA**

**Motor + Capacitor\*:**

**F.P. = 0,95 e S = 194kVA**

\* Neste caso o Capacitor fornece 35kvar corrigindo F.P. para 0,95

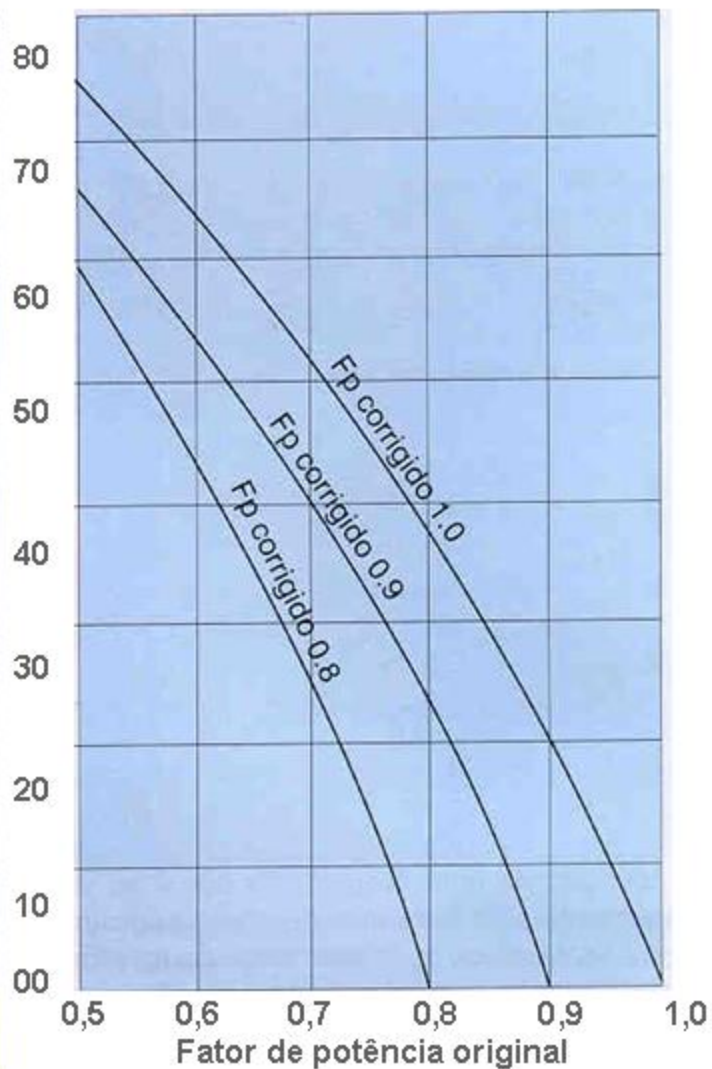
Grandezas	Valores sem correção FP	Valores com correção FP=0,92	Valores com correção FP=0,95
Tensão da Instalação .....	380 V	380 V	380 V
Potência Ativa Total (P) .....	670 kW	670 kW	670 kW
Potência Reativa Total (Q) .....	415 kVAr	415 kVAr	415 kVAr
Potência Aparente (S) .....	789 kVA	789 kVA	789 kVA
Corrente Nominal Total (In) .....	1.191 A	1.191 A	1.191 A
Fator de Potência da Instalação .....	0,85 Indutivo	0,85 Indutivo	0,85 Indutivo
Fator de Potência desejado .....		0,920	0,950
Bco. Capacitores necessário para correção do F.P.:	kVAr	129 kVAr	195 kVAr
Bco. de Capacitores proposto .....	kVAr	130,0 kVAr	200,0 kVAr
Novo Fator de Potência .....		0,92 Indutivo	0,95 Indutivo
Novo Valor Corrente Nominal .....	A	1.100 A	1.063 A
Corrente Liberada .....	A	91 A	128 A



**MELHOR  
EFICIÊNCIA**



Redução percentual das perdas



## PERCENTUAL DAS PERDAS NA INSTALAÇÃO POR BAIXO FATOR DE POTÊNCIA

# Exemplo Seleção

## DADOS DO TRANSFORMADOR

Potência do Transformador (Sn)  kVA (3)

Impedância Z (%)

Corrente Nominal (In)

<input type="text" value="118"/>	(A) em 220 V
<input type="text" value="68"/>	(A) em 380 V
<input type="text" value="59"/>	(A) em 440 V

Nível de Curto-Circuito (I<sup>sc</sup>k) (2)

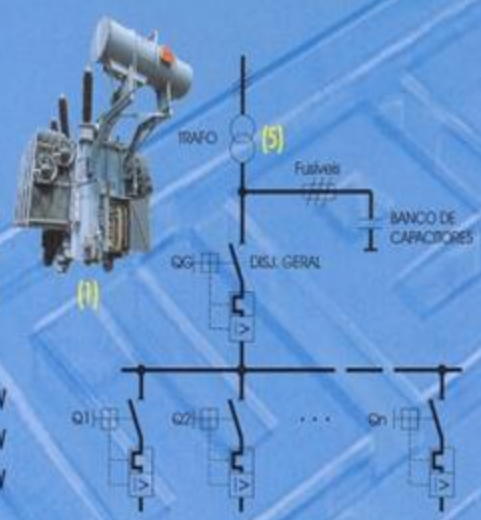
<input type="text" value="3.4"/>	(kA) em 220 V
<input type="text" value="1.9"/>	(kA) em 380 V
<input type="text" value="1.7"/>	(kA) em 440 V

### Observações Gerais:

- (1) Os dimensionamentos apresentados são válidos para transformadores WEG, classe de isolamento 15kV. Outras situações, sob consulta WEG;
- (2) O nível de curto-circuito indicado é calculado nos terminais do secundário do transformador, considerando apenas sua impedância;
- (3) As tabelas estão limitadas a 1500kVA porque em transformadores de potências superiores, os projetos são elaborados, em muitos casos, conforme especificações do cliente, podendo mudar significativamente o nível de curto-circuito da instalação;
- (4) Os disjuntores de distribuição podem ser escolhidos para os valores de correntes nominais indicados na tabela de modelos, respeitando a versão de capacidade de interrupção de curto-circuito selecionada para cada transformador;
- (5) Em subestações com dois ou mais transformadores em paralelo na baixa tensão, para determinação do nível de curto-circuito, considera-se a soma das potências em kVA e a média dos valores de impedâncias percentuais Z(%).

## CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA PARA O TRANSFORMADOR OPERANDO EM VAZIO

12



Potência do Transformador (Sn)  kVA

Fusível D ou NH

<input type="text" value="63"/>	(A) em 220 V
<input type="text" value="35"/>	(A) em 380 V
<input type="text" value="35"/>	(A) em 440 V

Potência Reativa  kvar



WEG ACIONAMENTOS - Av. Prefeito Waldemar Grubba, 3000 • 89156-900 • Jaraguá do Sul-SC • Fone: 47 372.4000 • Fax: 47 372.4050  
 • www.weg.com.br • e-mail: wa-mlkt@weg.com.br // São Paulo-SP • Fone: 11 5053.2300 • Fax: 11 5052.4212

**WEG**  
 Transformando energia  
 em soluções

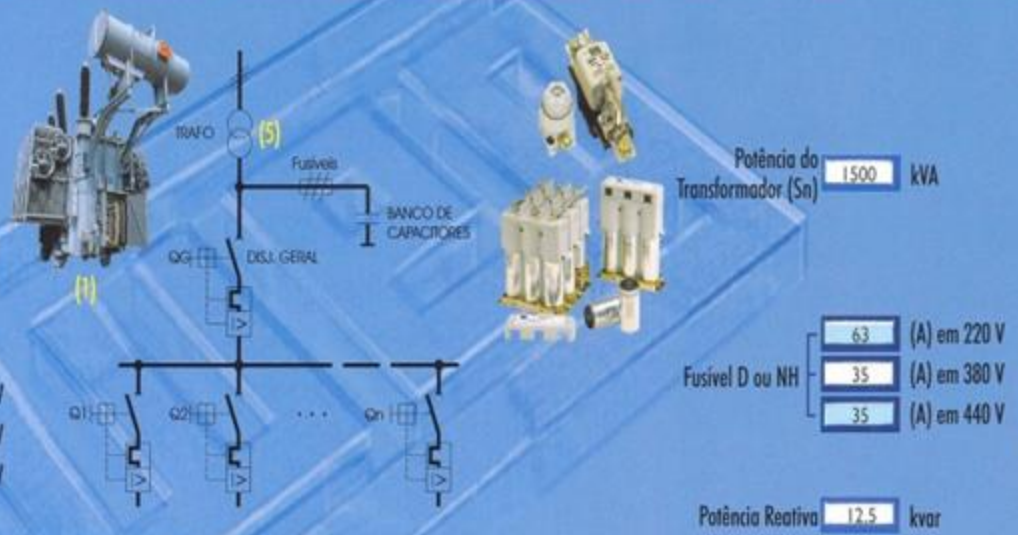
**abnee**  
 G.T. Capacitores

# Exemplo Seleção

## DADOS DO TRANSFORMADOR

Potência do Transformador (Sn)	45 kVA
Impedância Z (%)	3.5
Corrente Nominal (In)	118 (A) em 220 V 68 (A) em 380 V 59 (A) em 440 V
Nível de Curto-Circuito (I <sup>1</sup> k)	3.4 (kA) em 220 V 1.9 (kA) em 380 V 1.7 (kA) em 440 V

## CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA PARA O TRANSFORMADOR OPERANDO EM VAZIO



### Observações Gerais:

- (1) Os dimensionamentos apresentados são válidos para transformadores WEG, classe de isolamento T5kV. Outras situações, sob consulta WEG;
- (2) O nível de curto-circuito indicado é calculado nos terminais do secundário do transformador, considerando apenas sua impedância;
- (3) As tabelas estão limitadas a 1500kVA porque em transformadores de potências superiores, os projetos são elaborados, em muitos casos, conforme especificações do cliente, podendo mudar significativamente o nível de curto-circuito da instalação;
- (4) Os disjuntores de distribuição podem ser escolhidos para os valores de correntes nominais indicados na tabela de modelos, respeitando a versão de capacidade de interrupção de curto-circuito selecionada para cada transformador;
- (5) Em subestações com dois ou mais transformadores em paralelo na baixa tensão, para determinação do nível de curto-circuito, considera-se a soma das potências em kVA e a média dos valores de impedâncias percentuais Z(%).



WEG ACIONAMENTOS - Av. Prefeito Waldemar Grubbs, 3000 • 89256-900 • Jaraguá do Sul-SC • Fone: 47 372-4000 • Fax: 47 372-4050  
• www.weg.com.br • e-mail: wa-mkt@weg.com.br // São Paulo-SP • Fone: 11 5053-2300 • Fax: 11 5052-4212

**WEG**  
Transformando energia  
em soluções

**abnee**  
G.T. Capacitores

# Exemplo Seleção

## DADOS DO TRANSFORMADOR

Potência do Transformador ( $S_n$ )  kVA (3)

Impedância Z (%)

Corrente Nominal ( $I_n$ )

<input type="text" value="118"/>	(A) em 220 V
<input type="text" value="68"/>	(A) em 380 V
<input type="text" value="59"/>	(A) em 440 V

Nível de Curto-Circuito ( $I''_k$ ) (2)

<input type="text" value="3.4"/>	(kA) em 220 V
<input type="text" value="1.9"/>	(kA) em 380 V
<input type="text" value="1.7"/>	(kA) em 440 V

## CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA PARA O TRANSFORMADOR OPERANDO EM VAZIO

Potência do Transformador ( $S_n$ )  kVA

Fusível D ou NH

<input type="text" value="63"/>	(A) em 220 V
<input type="text" value="35"/>	(A) em 380 V
<input type="text" value="35"/>	(A) em 440 V

Potência Reativa  kvar

### Observações Gerais:

- (1) Os dimensionamentos apresentados são válidos para transformadores WEG, classe de isolamento 15kV. Outras situações, sob consulta WEG;
- (2) O nível de curto-circuito indicado é calculado nos terminais do secundário do transformador, considerando apenas sua impedância;
- (3) As tabelas estão limitadas a 1500kVA porque em transformadores de potências superiores, os projetos são elaborados, em muitos casos, conforme especificações do cliente, podendo mudar significativamente o nível de curto-circuito da instalação;
- (4) Os disjuntores de distribuição podem ser escolhidos para os valores de correntes nominais indicados na tabela de modelos, respeitando a versão de capacidade de interrupção de curto-circuito selecionada para cada transformador;
- (5) Em subestações com dois ou mais transformadores em paralelo na baixa tensão, para determinação do nível de curto-circuito, considera-se a soma das potências em kVA e a média dos valores de impedâncias percentuais Z(%).

WEG ACIONAMENTOS - Av. Prefeito Waldemar Grubba, 3000 • 89256-900 • Jaraguá do Sul-SC • Fone: 47 372.4000 • Fax: 47 372.4050  
• www.weg.com.br • e-mail: wa-mkt@weg.com.br // São Paulo-SP • Fone: 11 5053.2300 • Fax: 11 5052.4212

  
Transformando energia  
em soluções

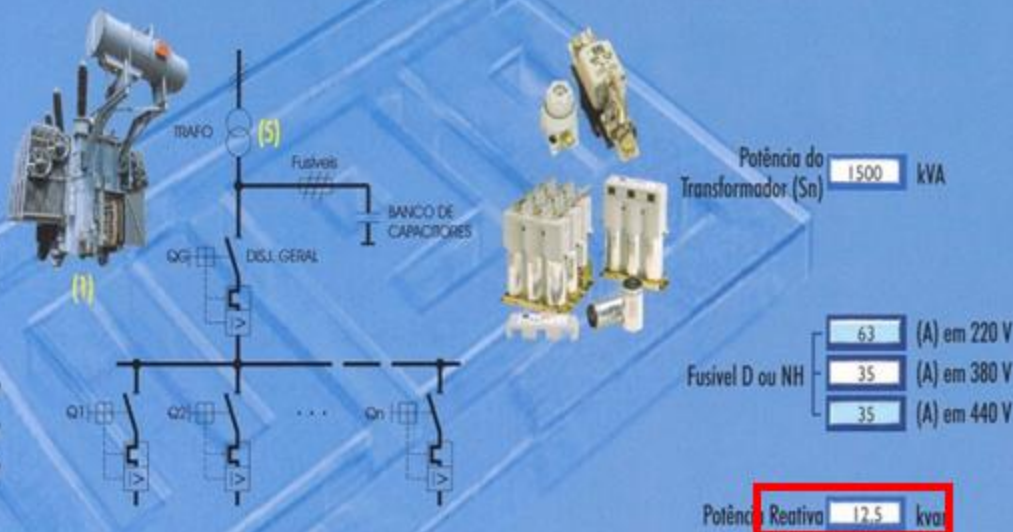
  
G.T. Capacitores

# Exemplo Seleção

## DADOS DO TRANSFORMADOR

Potência do Transformador (Sn)	45	kVA (3)
Impedância Z (%)	3.5	
Corrente Nominal (In)	118	(A) em 220 V
	68	(A) em 380 V
	59	(A) em 440 V
Nível de Curto-Circuito (I <sup>1</sup> k)	3.4	(kA) em 220 V
	1.9	(kA) em 380 V
	1.7	(kA) em 440 V

## CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA PARA O TRANSFORMADOR OPERANDO EM VAZIO



### Observações Gerais:

- (1) Os dimensionamentos apresentados são válidos para transformadores WEG, classe de isolamento 1.5kV. Outras situações, sob consulta WEG;
- (2) O nível de curto-circuito indicado é calculado nos terminais do secundário do transformador, considerando apenas sua impedância;
- (3) As tabelas estão limitadas a 1500kVA porque em transformadores de potências superiores, os projetos são elaborados, em muitos casos, conforme especificações do cliente, podendo mudar significativamente o nível de curto-circuito da instalação;
- (4) Os disjuntores de distribuição podem ser escolhidos para os valores de correntes nominais indicados na tabela de modelos, respeitando a versão de capacidade de interrupção de curto-circuito selecionada para cada transformador;
- (5) Em subestações com dois ou mais transformadores em paralelo na baixa tensão, para determinação do nível de curto-circuito, considera-se a soma das potências em kVA e a média dos valores de impedâncias percentuais Z(%).

WEG ACIONAMENTOS - Av. Prefeito Waldemar Grubba, 3000 • 89256-900 • Jaraguá do Sul-SC • Fone: 47 372.4000 • Fax: 47 372.4050  
 • www.weg.com.br • e-mail: wa-mkt@weg.com.br // São Paulo-SP • Fone: 11 5053.2300 • Fax: 11 5052.4212

**WEG**  
 Transformando energia  
 em soluções

**abnee**  
 G.T. Capacitores



Economia de energia em  
**Transformadores** utilizando a  
**CORREÇÃO DO FATOR DE**  
**POTENCIA**



Paulo Rogério Braz  
E-mail: paulorogério@weg.net