

# MEMORIAL DE CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DE BANCO AUTOMÁTICO DE CAPACITORES

De ponto de vista das concessionárias de energia elétrica, pode-se dizer que o fator de potência é a relação entre energia ativa (é aquela que efetivamente produz trabalho) e energia reativa (é aquela que não produz trabalho, mas é importante para criar o fluxo magnético nas bobinas dos motores, transformadores, geradores entre outros equipamentos).

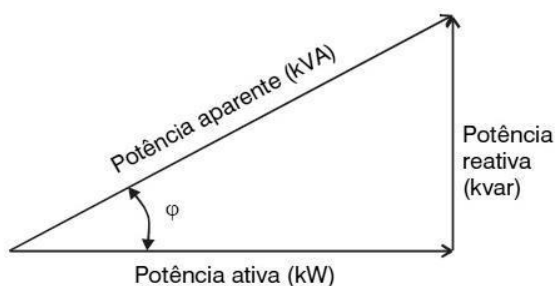
O consumo de energia reativa deve ser baixo, pois o uso excessivo da mesma exigirá, por exemplo, condutores de maior seção transversal que são economicamente menos viáveis e transformadores de maior capacidade, além de provocar perdas por aquecimentos e queda de tensão).

O fator de potência pode ser classificado de duas maneiras: indutivo ou capacitivo.

Quando é constatado um fator de potência indutivo significa que a instalação elétrica observada está absorvendo a energia reativa, ressaltando que a maioria dos equipamentos elétricos possui características indutivas em função das suas bobinas (ou indutores), que induzem o fluxo magnético necessário ao seu funcionamento.

## Capacitores

Os capacitores são equipamentos capazes de armazenar energia reativa, fornecendo aos equipamentos essa energia necessária para seu funcionamento. A instalação de banco de capacitores próximo a esses equipamentos é uma forma econômica e racional de obter-se tal energia reativa necessária. A instalação de capacitores deve ser seguida de medidas que levem à diminuição da necessidade de reativo, como o desligamento de motores e outras cargas superdimensionadas.



*Triângulo retângulo de potência*

$$FP = \frac{kW}{KVA} = \cos \varphi = \cos \left( \arctg \frac{kvar}{kW} \right)$$

$$FP = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kvarh^2}}$$

## 1) Tipos de Correção do Fator de Potência

A correção pode ser feita instalando os capacitores de quatro maneiras diferentes, tendo como objetivos a conservação de energia e a relação custo/benefício:

**a) Correção na entrada da energia de alta tensão:** corrige o fator de potência visto pela concessionária, permanecendo internamente todos os inconvenientes citados pelo baixo fator de potência e o custo é elevado.

**b) Correção na entrada da energia de baixa tensão:** permite uma correção bastante significativa, normalmente com bancos automáticos de capacitores. Utiliza-se este tipo de correção em instalações elétricas com elevado número de cargas com potências diferentes e regimes de utilização poucos uniformes. A principal desvantagem consiste em não haver alívio sensível dos alimentadores de cada equipamento.

**c) Correção por grupos de cargas:** o capacitor é instalado de forma a corrigir um setor ou um conjunto de pequenas máquinas (<10 cv). É instalado junto ao quadro de distribuição que alimenta esses equipamentos. Tem como desvantagem não diminuir a corrente nos circuitos de alimentação de cada equipamento.

**d) Correção localizada:** é obtida instalando-se os capacitores junto ao equipamento que se pretende corrigir o fator de potência. Representa, do ponto de vista técnico, a melhor solução, apresentando as seguintes vantagens:

- reduz as perdas energéticas em toda a instalação;
- diminui a carga nos circuitos de alimentação dos equipamentos;
- pode-se utilizar em sistema único de acionamento para a carga e o capacitor, economizando-se um equipamento de manobra;
- gera potência reativa somente onde é necessário.

**e) Correção mista:** no ponto de vista "Conservação de Energia", considerando aspectos técnicos, práticos e financeiros, torna-se a melhor solução.

Usa-se o seguinte critério para correção mista:

1. Instala-se um capacitor fixo diretamente no lado secundário do transformador;
2. Motores de aproximadamente 10 cv ou mais, corrige-se localmente (cuidado com motores de alta inércia, pois não se deve dispensar o uso de contadores para manobra dos capacitores sempre que a corrente nominal dos mesmos for superior a 90% da corrente de excitação do motor).
3. Motores com menos de 10 cv corrige-se por grupos.
4. Redes próprias para iluminação com lâmpadas de descarga, usando-se reatores de baixo fator de potência, corrige-se na entrada da rede;
5. Na entrada instala-se um banco automático de pequena potência para equalização final.

## 2) Critérios para o Projeto de Banco de Capacitores

Para a realização desse projeto levou-se em consideração vários fatores, como as etapas citadas abaixo:

**Etapas 01.** Interpretar e analisar os parâmetros elétricos das instalações: nas Empresas em Operação, através das medições efetuadas e nas Empresas em Projeto, através dos parâmetros elétricos presumidos;

**Etapas 02.** Ter em mãos e interpretar as especificações técnicas de todos os materiais que serão empregados na execução do projeto.

Levando em consideração todos os parâmetros necessários para a análise correta dos danos e avaliação da instalação, buscou-se levantar os principais dados da instalação, como:

### a) Dados a serem considerados:

- Tipo de tarifação;
- Demanda contratada;
- Fator de potência registrado.

### b) Transformador

- Tensão no primário;
- Tensão no secundário;
- Potência nominal;
- Potência de curto-circuito;
- Grau de ocupação;
- Corrente de magnetização;
- Impedância;
- $\cos \phi$

### c) Medições

- Medir as tensões e as correntes ( BT ) nas seguintes condições:
  - Carga mínima
  - Carga máxima

### d) Aterramento e pára-raio

- Tipo g Resistência
- Neutro aterrado ( S/N )
- Local do aterramento

### e) Conta de energia elétrica (12 meses)

### 3) Roteiro de Cálculos - Banco de Capacitor Automático

Segue abaixo o roteiro de cálculos usados no dimensionamento desse banco de capacitor.

#### 3.1) - Determinação da Potência Reativa

De acordo com análise de dados da instalação, foi constatada a necessidade de correção de fator de potência na instalação. Essa correção vai seguir a seguinte necessidade:

**Após a análise conclui-se a necessidade de correção com a  
potência em kVar capacitivo de : 180,00 kVar**

**Onde a potência instalada do(s) transformador(es) é igual: 1500,0 kVA**

**A tensão de linha da instalação é igual a: 440 V**

#### 3.2) Cálculo da Capacitância do Capacitor

Com os dados da instalação, podemos calcular o valor da Capacitância dos capacitores utilizados no sistema.

$$C = \frac{\text{Pot. Reat. Capacitiva (kvar)}}{(V_{FF}^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot 10^{-9})} (\mu F)$$

#### 3.3) Cálculo da Corrente Nominal do Capacitor

$$I_{nc} = \frac{\text{Pot. Reat. (kvar)} \cdot 1000}{3 \cdot V_{FF}} (A)$$

#### 3.4) Seleção dos Contatores

A escolha de contatores próprios para uso em acionamento de capacitores diminui as perdas no sistema, e aumenta a vida útil do contator e do capacitor.

Estes contatores possuem resistores de pré-carga que limitam a corrente de “in rush” no momento em que os capacitores são manobrados. Após o fechamento dos contatos principais, os contatos adiantados são desconectados.

**A corrente do Contator deve ser no mínimo 1,43 vezes a corrente nominal do BC.**

### 3.5) Seleção dos dispositivos de Proteção

Para a proteção contra sobrecorrente temporizada e de curto-circuito nos capacitores, podem ser usados tanto Disjuntores, quanto Fusíveis. Os parâmetros de especificação mudam de acordo com a escolha, como observado abaixo:

#### a) Proteção com o uso de Disjuntores:

$$I_{disj} = 1,43 I_n$$

$I_{disj}$  - Corrente de projeto do disjuntor em (A)

$I_n$  - Corrente nominal do capacitor em (A)

Corrente nominal do Capacitor

$$I_{nc} = \frac{\text{Pot. Reat. (kvar)} \cdot 1000}{3 \cdot V_{FF}} \text{ (A)}$$



#### b) Proteção com o uso de Fusíveis:

$$I_{fus} = 1,65 I_n$$

Onde:

$I_{fus}$  - Corrente de projeto do fusível em (A)

$I_n$  - Corrente nominal do capacitor em (A)

Corrente nominal do Capacitor

$$I_{nc} = \frac{\text{Pot. Reat. (kvar)} \cdot 1000}{3 \cdot V_{FF}} \text{ (A)}$$

Fusível NH



### 3.6) Seleção dos Condutores de Alimentação

A seleção dos condutores segue as recomendações da NBR 5410, onde o condutor deve possuir a capacidade de corrente necessária para alimentar o banco durante todos os períodos normais de funcionamento, e pode-se escolher entre PVC, HEPR ou XLPE.

Segue abaixo as recomendações de dimensionamento:

Seleção de Condutores



PVC



HEPR



XLPE

$$I_{cond} = 1,43 I_n$$

$I_{cond}$  = corrente de condução

$I_n$  = corrente nominal do BC

**Atenção para os critérios:**

- maneira de instalar,
- temperatura ambiente

## 4) Resumo dos cálculos e dimensionamento

Conforme visto anteriormente, todos os cálculos abaixo foram realizados embasados em normas e análises técnicas para a melhor solução. Segue abaixo o resumo desses cálculos:

### 4.1) - Determinação do banco fixo para o Transformador em Vazio

Para evitar problemas com fator de potência baixo durante o período que o Trafo funciona em vazio, foi especificado um capacitor fixo de : **12,50 kVar**

### 4.2) - Tabela resumo de cálculos dos Capacitores automáticos e seus estágios

Segue abaixo a tabela resumo dos estágios selecionados para esse banco de capacitor, e as especificações de acionamento, proteção e condutores.

ESTÁGIO	CAPACITOR	I nominal	Ip	Contator	Cabo PVC (mm²)	Proteção (In)	Tipo de Proteção
1	30,00 kVar	39,40A	56,34A	CWMC32	16,0 mm²	63A	disjuntor
2	30,00 kVar	39,40A	56,34A	CWMC32	16,0 mm²	63A	disjuntor
3	30,00 kVar	39,40A	56,34A	CWMC32	16,0 mm²	63A	disjuntor
4	30,00 kVar	39,40A	56,34A	CWMC32	16,0 mm²	63A	disjuntor
5	25,00 kVar	32,80A	46,90A	CWMC32	16,0 mm²	63A	disjuntor
6	25,00 kVar	32,80A	46,90A	CWMC32	16,0 mm²	63A	disjuntor

#### 4.3) - Tabela resumo de cálculos dos Capacitores fixos

Segue abaixo a tabela resumo dos capacitores fixos para esse banco de capacitor, e as especificações de acionamento, proteção e condutores.

Capacitor Fixo	CAPACITOR	I nominal	Ip	Contator	Cabo PVC (mm²)	Proteção (In)	Tipo de Proteção
1	12,50 kVar	16,40A	23,45A	CWMC18	4,0 mm²	25A	disjuntor
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

#### 4.4) - Tabela resumo do dimensionamento do Alimentador total do Banco

Segue abaixo a tabela resumo do alimentador geral para esse banco de capacitor, e as especificações de acionamento, proteção e condutores.

Dimensionamento geral do Banco	CAPACITOR	I nominal	Ip	Contator	Cabo PVC (mm²)	Proteção (In)	Tipo de Proteção
	182,5 kVar	287,52A	411,15A	-	2 x 150	450A	disjuntor

Resumo de dados:

**A potência reativa total do Banco de Capacitores é: 182,50 kVar**

**A corrente nominal do banco de Capacitor será de: 287,52 A**

**O condutor PVC de alimentação recomendado é: 2 x 150 mm²**

**O disjuntor de proteção terá capacidade de : 450,00 A**

#### 4.5) - Exemplo de Diagrama unifilar de acionamento

Segue abaixo um exemplo de diagrama unifilar. O diagrama final será apresentado no decorrer do Projeto.

