



# Excelência no uso da Energia Elétrica “Abordagem de Problemas e Soluções”

# Excelência no uso da Energia Elétrica

- 1- Conceito
- 2- Legislação atual em Baixa Tensão
- 3- Visão de Futuro/ Tendência Mundial
- 4- Busca da Excelência
- 5- Contas de Energia Elétrica no Brasil vs Nomenclaturas
- 6- Redução da Energia Reativa Excedente
- 7- Conclusão

**“...2009 marca o início da medição permanente e cobrança do consumo de energia reativa nos consumidores de baixa tensão”**

A partir da proposta de revisão da Resolução ANEEL nº. 456/2000

# 1 - Excelência no uso da Energia Elétrica

É o uso eficiente da energia elétrica sem gerar desperdícios e distúrbios para a rede.

Desperdícios / distúrbios: baixo fator de potência, flicker, harmônicas, sobretensões etc...

**“...2009 marca o início da medição permanente e cobrança do consumo de energia reativa nos consumidores de baixa tensão”**

A partir da proposta de revisão da Resolução ANEEL nº. 456/2000

## 2 - Excelência no uso da Energia Elétrica

### Legislação Atual:

#### Rede baixa tensão:

-Resolução 456/2000, estabelece as disposições relativas as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, a serem observadas na prestação e utilização do serviço de energia elétrica, tanto pelas concessionárias quanto pelos consumidores.

Dentre outros, regulamenta o fator de potência das instalações, e adota o valor 0.92 como limite mínimo de controle do fator de potência e libera a cobrança sobre os reativos excedentes(Var).

-Resolução 505/2001, estabelece de forma atualizada e consolidada, as disposições relativas à conformidade dos níveis de tensão, de energia elétrica em regime permanente.(flicker, níveis de tensão)

-“Procedimentos de Distribuição” –PRODIST/ANEEL (Módulo 08- Qualidade da Energia Elétrica), em vigor desde 16.12.08, estabelece distorções harmônicas totais de tensão até 10% para BT e até 8% para MT.

## 2 - Excelência no uso da Energia Elétrica

**Legislação Atual:**

**Rede baixa tensão:**

Estes valores de distorções harmônicas são muito preocupantes, principalmente para os fabricantes de equipamentos sensíveis tais como semicondutores, capacitores, transformadores, disjuntores, cabos de alimentação, medidores eletromecânicos e outros, pois afetam de forma significativa, a vida útil e a operação correta destes equipamentos em sistemas elétricos industriais

## 2 - Excelência no uso da Energia Elétrica

### Legislação Atual :

#### Produto (eletrodomésticos, equiptos industriais e outros)

-Lei nº 10.295/2001 e decreto nº 4.059/2001, determinam os níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética.

-Programa Brasileiro de Etiquetagem/PROCEL

-Selo Procel

Quanto menor for a energia reativa excedente (kVAr) fluindo pelas redes, **maior capacidade de transporte/fornecimento de kW** será possível nas mesmas.

Menores serão as perdas técnicas das distribuidoras.

Menores serão as tarifas para os consumidores finais.

### 3 - Excelência no uso da Energia Elétrica

#### Visão de Futuro:

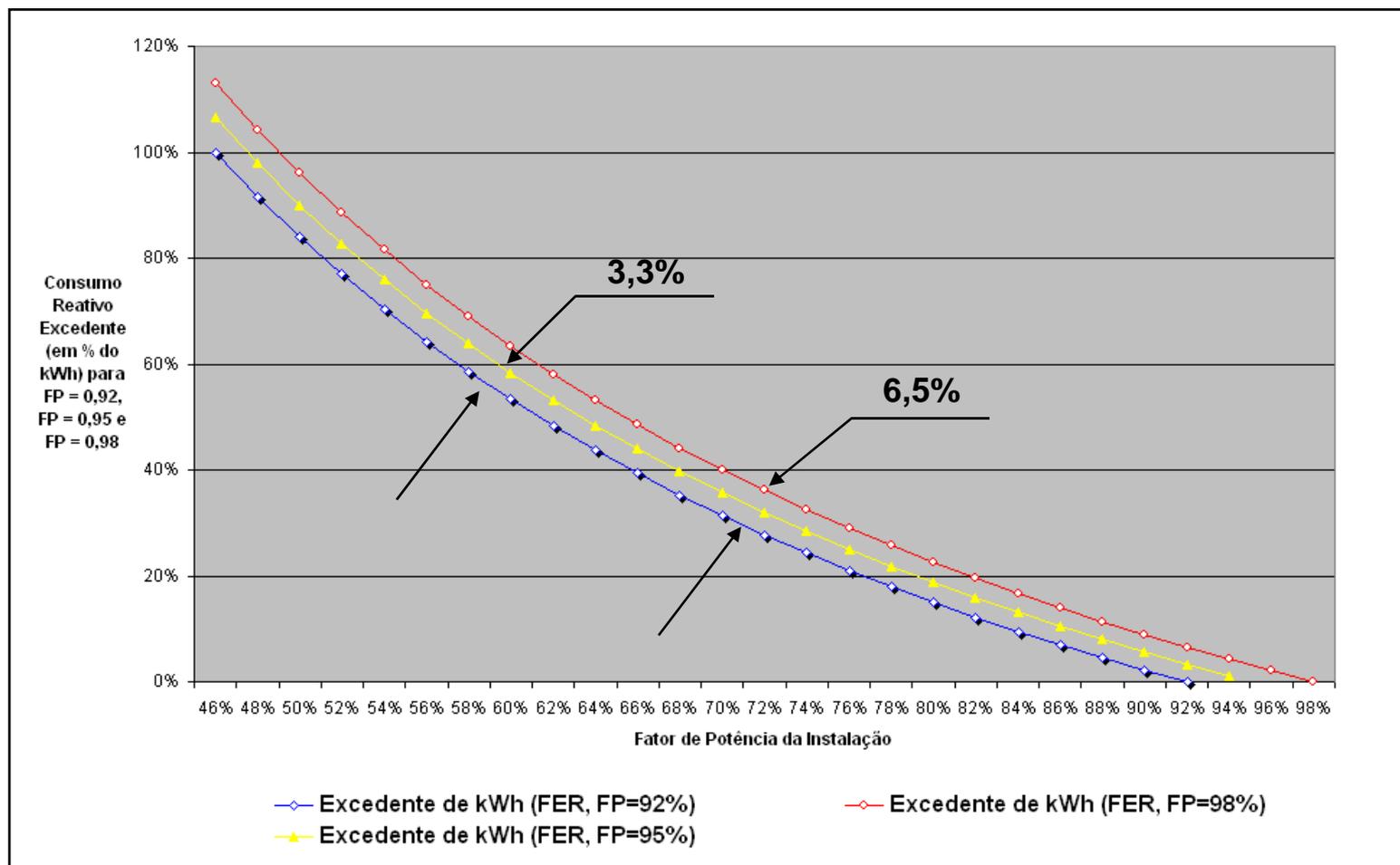
“Existe uma tendência mundial na busca da excelência do consumo de energia elétrica, pois a geração de energia afeta diretamente o meio ambiente.”

“A melhoria do fator de potência é um dos meios mais diretos para a busca desta excelência. Vários países já estão atuando neste sentido:”

| LIMITES DE FATOR DE POTÊNCIA |      |
|------------------------------|------|
| PAÍS                         | FP   |
| COREIA                       | 0,93 |
| FRANÇA                       | 0,93 |
| PORTUGAL                     | 0,93 |
| BÉLGICA                      | 0,95 |
| ARGENTINA                    | 0,95 |
| ALEMANHA                     | 0,95 |
| SUIÇA                        | 0,95 |

# 4 - Excelência no uso da Energia Elétrica

## Busca da Excelência:



## 4 - Excelência no uso da Energia Elétrica

### Busca da Excelência

Tecnologia de medição eletrônica:

- Maior precisão
- Combate fraude
- Permite a medição de outras grandezas, dentre elas, energia reativa excedente.

Início do faturamento da energia reativa excedente em consumidores residenciais e comerciais de baixa tensão.

**“Sendo o capacitor, o produto que possibilita a redução da energia reativa excedente, o GT Capacitores da ABINEE, apóia a busca da excelência através da redução da energia reativa excedente, e tem implementado campanhas de marketing, para informar o consumidor de como fazer isto”**

# 5 - Contas de Energia Elétrica no Brasil:

## Exemplos de Nomenclaturas Utilizadas para Cobrança da Energia Reativa Excedente das Instalações:

- a) AES - ELETROPAULO:
  - Consumo Reativo Excedente
  - Demanda Reativa Excedente
- b) LIGHT:
  - Energia Reativa Excedente
  - Demanda Reativa Excedente
- c) CPFL Energia:
  - FER – kWh
  - FDR – kWh
- d) COPEL:
  - UFER(Unidade de Faturamento de Energia Reativa Excedente)
  - UFDR(Unidade de Faturamento de Demanda Reativa Excedente)

**“Todas implicam em AUMENTO na fatura mensal de energia”**

**GT de Capacitores propôs na consulta pública da ANEEL de revisão da resolução 456/2000, a padronização das nomenclaturas para “Energia Reativa Excedente”**

## 6 – Redução da Energia Reativa Excedente :

### Como Reduzir a Energia Reativa Excedente?

***Fazer a Correção do Fator de Potencia, através de capacitores ou de bancos de capacitores nas instalações ou diretamente nos eletrodomésticos:***

O uso de capacitores em refrigeradores representa um investimento muito pequeno se comparado ao custo do refrigerador, menos de 1%.

#### **Efeito sobre o compressor**

- Melhora de 11% no torque do compressor
- Com um consumo 25% menor de corrente
- Menor aquecimento do compressor
- Partida mais suave, aumento de 15% a 20% na expectativa de vida
- Redução de 30% no nível de ruído
- **Redução em 6% no consumo de energia**

## 7 - Conclusões:

- a) A excelência no uso da Energia Elétrica é uma meta a ser atingida em médio e longo prazo.
- b) A legislação Brasileira esta em evolução, mas ainda não se equipara as legislações dos países mais desenvolvidos, em função da realidade do país ser também bastante diferente.
- c) A evolução mais premente é redução da Energia Reativa Excedente, através da correção do Fator de Potência, apesar das dificuldades e da incapacidade das distribuidoras de mostrarem essa importância aos seus consumidores.
- d) A maioria do consumidores residencias e comerciais de baixa tensão não corrige o Fator de Potência, pois não sabe que poderá ser cobrado pela Energia Reativa Excedente consumidor.
- e) A grande maioria dos eletrodomésticos comercializados no Brasil, não são fabricados com fator de potencia corrigido, portanto consomem energia reativa e não atingem o padrão de excelência no uso da Energia Elétrica.



**“Excelência no Uso da Energia Elétrica”**

**Obrigado a todos!**

**Eng. Edson Amorim/Coordenador ABINEE**

**GT de Capacitores Industriais da ABINEE  
(ABB, EPCOS, INDELTA, LORENZETTI, IESA,  
SIEMENS, SCHNEIDER e WEG)**



# Excelência no uso da Energia Elétrica

**“Abordagem de Problemas e  
Soluções”**

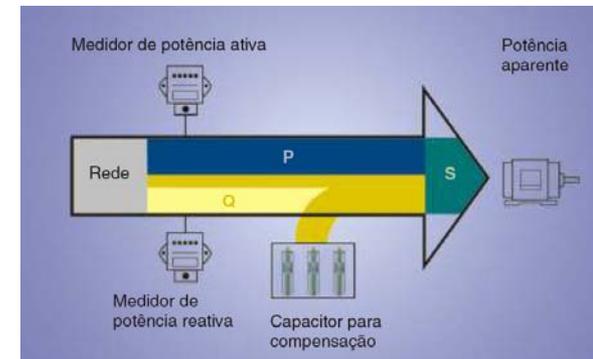
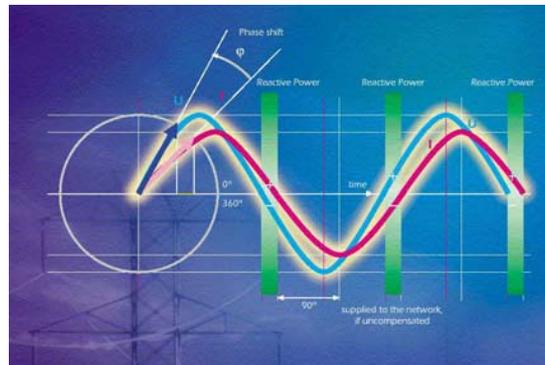
# 1. Conceituação

## → Eficiência energética

Consiste em usar menos energia para fornecer a mesma quantidade de valor energético, evitando perdas ou desperdícios buscando a excelência no uso da energia elétrica.

## → Correção do fator de potência

Cargas Indutivas provocam um atraso da tensão ( $U$ ) em relação a corrente ( $I$ ). A instalação de capacitores corrige esta defasagem e evita penalizações.

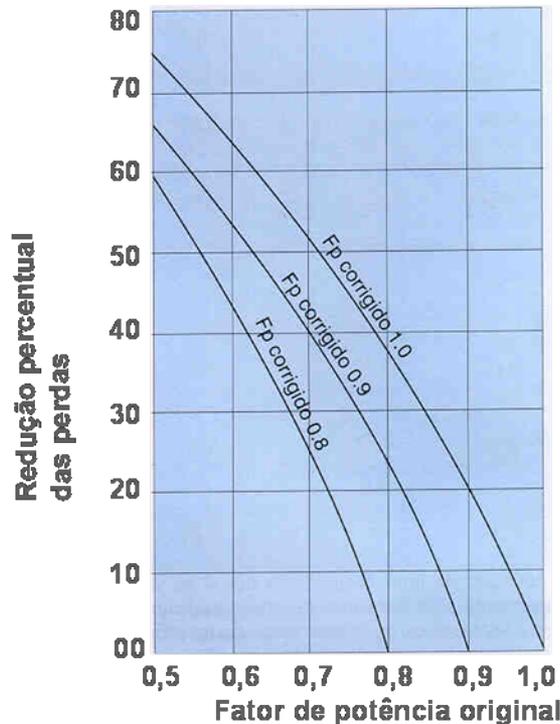


## 2. Fator de Potência

### 2.1 - Legislação

A Resolução 456 da ANEEL, adota o valor de 0.92 como limite de controle do fator de potência.

### 2.2 - Exemplos de Ganhos com a Correção do FP



a) **Percentual de redução das perdas nas instalações pela melhora do fator de potência (pela Redução da corrente Circulante):**

b) **Aumento do FP para 0,95 na baixa e média tensão, aumentariam a eficiência energética de todo sistema, liberando em 3,3% médios na potência ativa transmitida.**

## 2. Fator de Potência

### 2.2 - Exemplos de Ganhos com a Correção do FP

c) *Liberção de Carga em Transformadores (evitando a substituição ou a construção de uma nova Subestação).*



Strafo = 225kVA  
Scarga = 235 kVA sem capacitor  
Scarga = 220 kVA com capacitor



Motor de 209 kW  
285 cv /, 380V,  $I_n = 335,95A$ ,  
FP = 0,89 e S = 235 kVA

**15 kVA  
Potência Liberada !**

Motor + Capacitor\*:  
F.P. = 0,95 e S = 220kVA

\* Neste caso o Capacitor fornece 37,5kvar corrigindo F.P. para 0,95

## 3. Eficiência Energética

### 3.1 - Medidas para maximizar o uso da Energia Elétrica

- Implantação de Controladores de Velocidade em Motores Elétricos (Bombas, Ventiladores, Exaustores,...);
- Motores Elétricos de Alto Rendimento;
- Redimensionamento de Motores Elétricos;
- Iluminação Eficiente de Alto Rendimento;
- Geração Própria ou Co-geração;
- Correção Fator de Potência;
- Qualidade e Continuidade de Energia Elétrica.

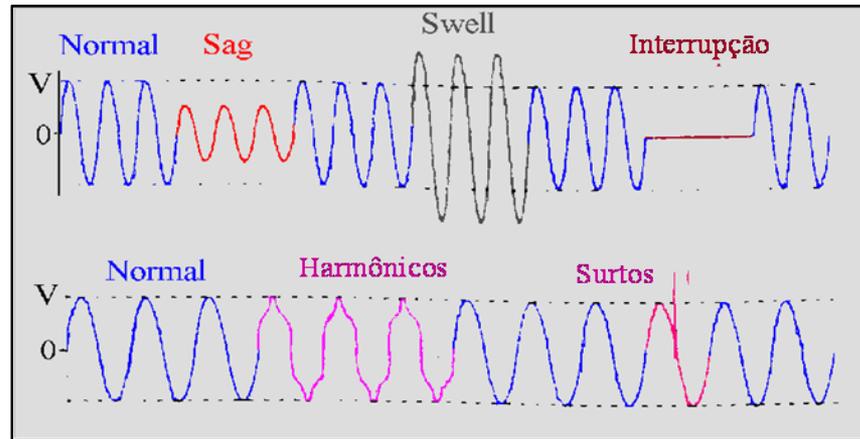
# 3. Eficiência Energética

## 3.2 – Principais equipamentos envolvidos na busca da excelência no uso da Energia Elétrica

- Motores Elétricos Alto Rendimento;
- Controladores de Velocidade;
- Softstarters;
- Luminárias de Alto Rendimento;
- Lâmpadas e Reatores Eletrônicos;
- Equipamentos de Compensação Reativa;
- Geradores de Energia Elétrica, etc...

## 4. Qualidade da Energia Elétrica

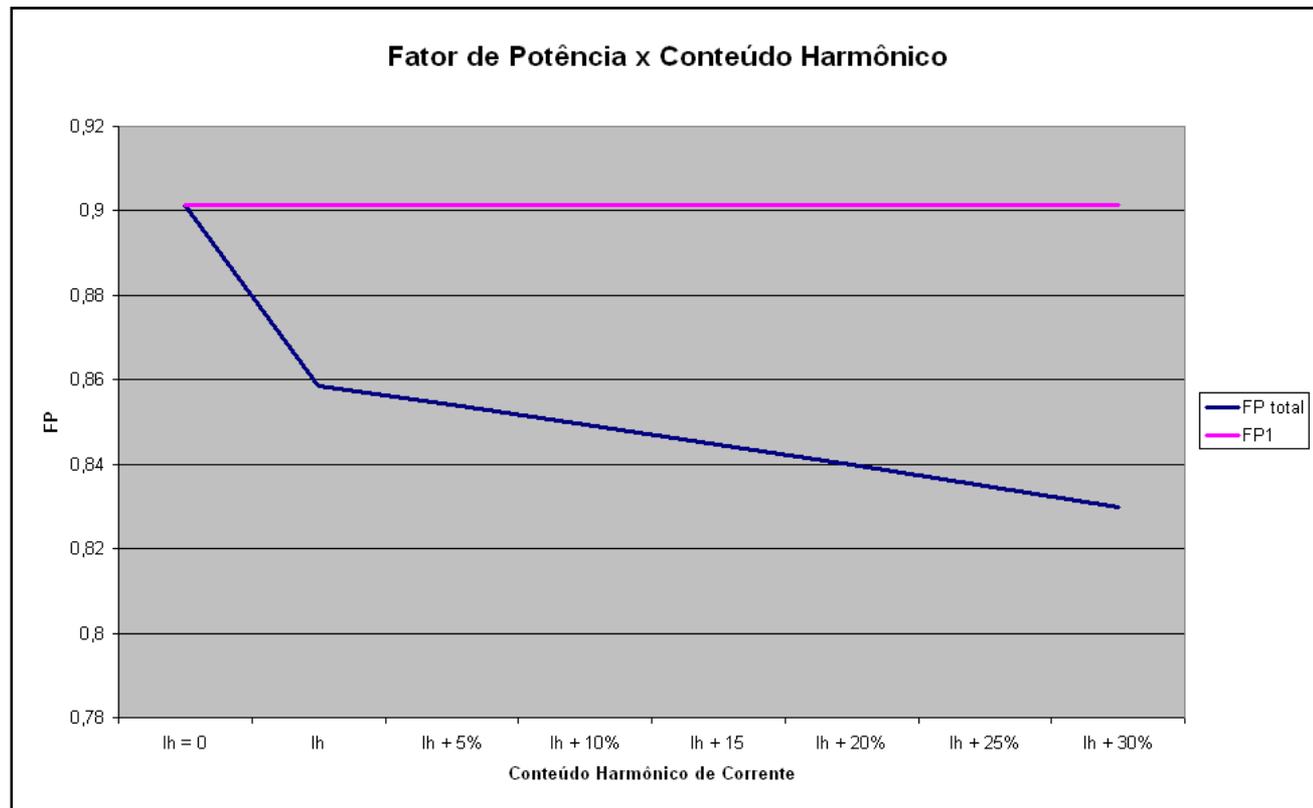
### 4.1 – Fenômenos elétricos que podem influir na QEE



- ◆ **Fator de Potência**
- ◆ *Variações da Tensão de Curta Duração (AMTs ou Sags, SMTs ou Swells)*
- ◆ **Harmônicos**
- ◆ *Efeito Flicker*
- ◆ *Desequilíbrios da tensão*

## 4. Qualidade da Energia Elétrica

### 4.2 - Piora do FP devido a harmônicas:

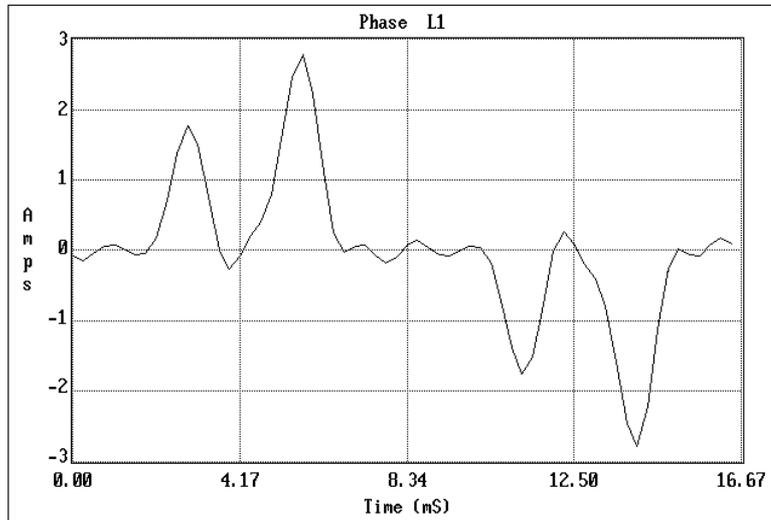


➔ Aumento das Multas por Baixo FP.

# 4. Qualidade da Energia Elétrica

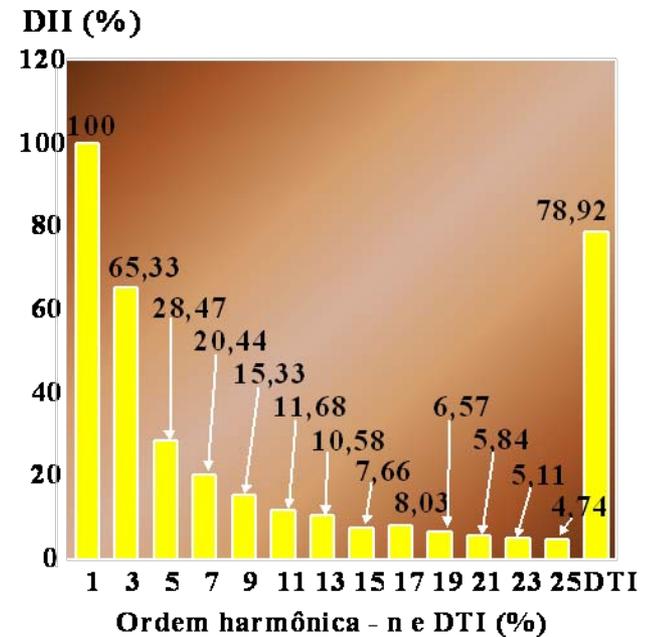
## 4.3 - Exemplos de Geração Harmônica

### a) Inversores de Frequência



Forma de Onda da Corrente de um *Inversor de Frequência*

Espectro Harmônico da Forma De Onda de Corrente de um *Inversor de Frequência*



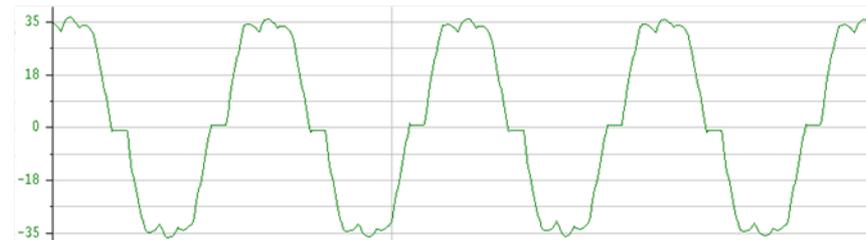
# 4. Qualidade da Energia Elétrica

## 4.3 - Exemplos de Geração Harmônica:

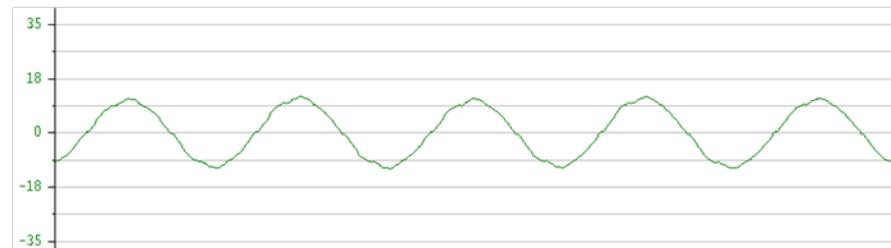
### b) Soft starters



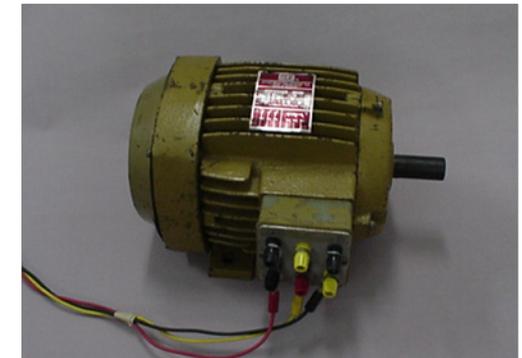
Forma de onda da corrente de alimentação **0,5 seg** após a partida



Forma de onda da corrente de alimentação **1,5 seg** após a partida



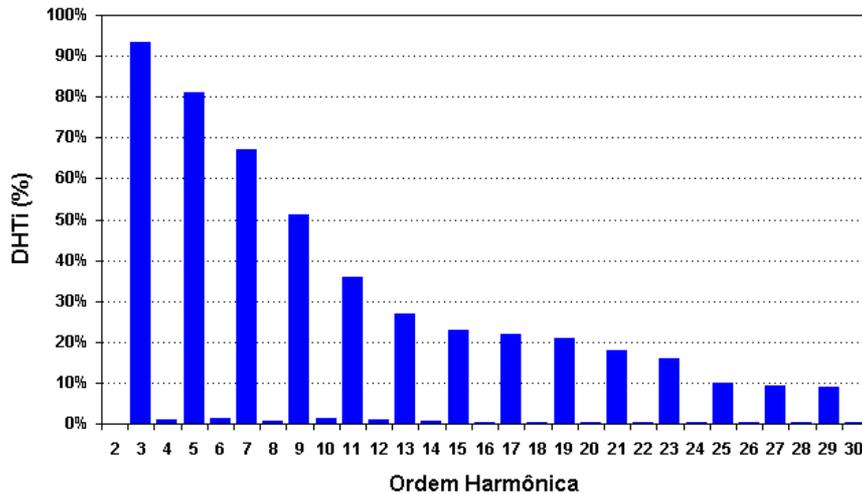
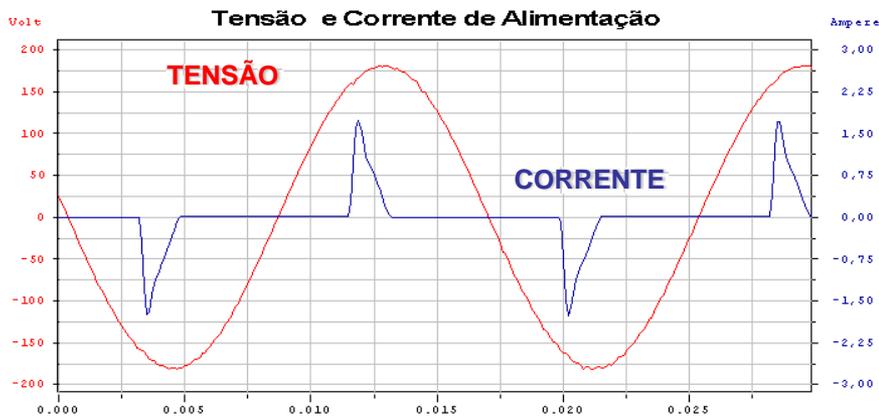
Forma de onda da corrente de alimentação **em regime**



# 4. Qualidade da Energia Elétrica

## 4.3 - Exemplos de Geração Harmônica

### c) LFC – Lâmpadas Fluorescentes Compactas



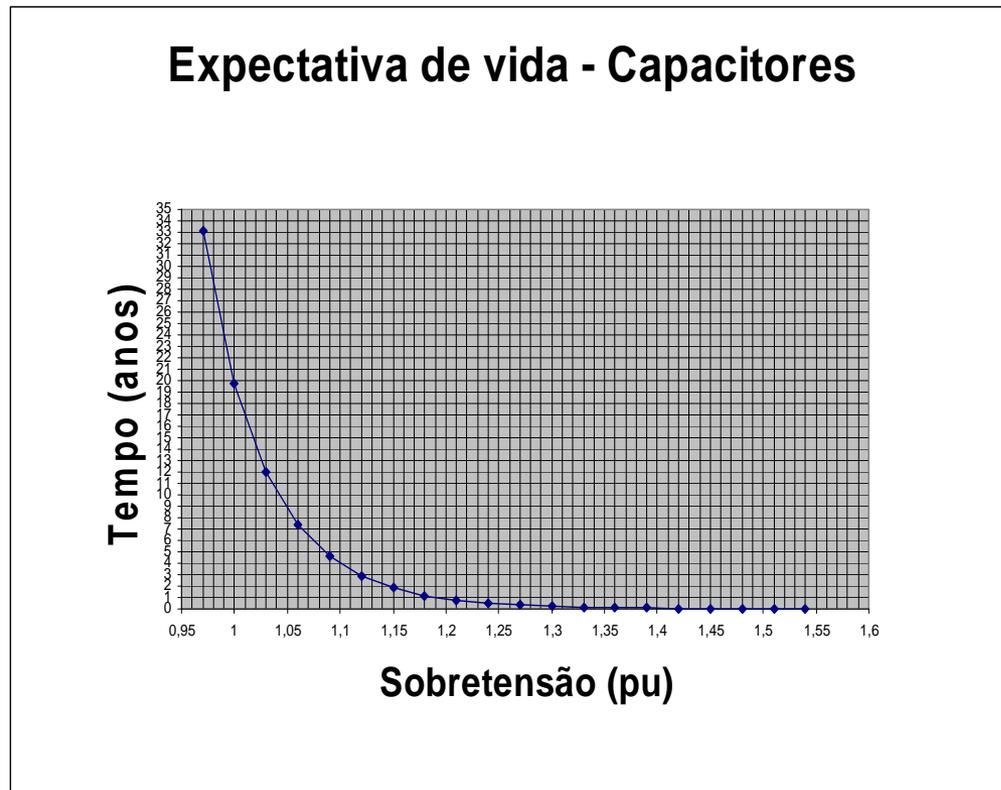
Tensão RMS = 128 Volts  
Corrente RMS = 0,42 Amperes  
Potência Ativa = 27 Watts  
Potência Reativa = 46,3 VAR

DHTi (%) = 165,75 %  
DHTv (%) = 0,69 %

# 5. Harmônicas x Capacitores

## 5.1 - Efeitos das Harmônicas em Capacitores

### 5.1.1 - Perda de Vida útil em Bancos de Capacitores por Sobretensões (Fundamental + Harmônicas)



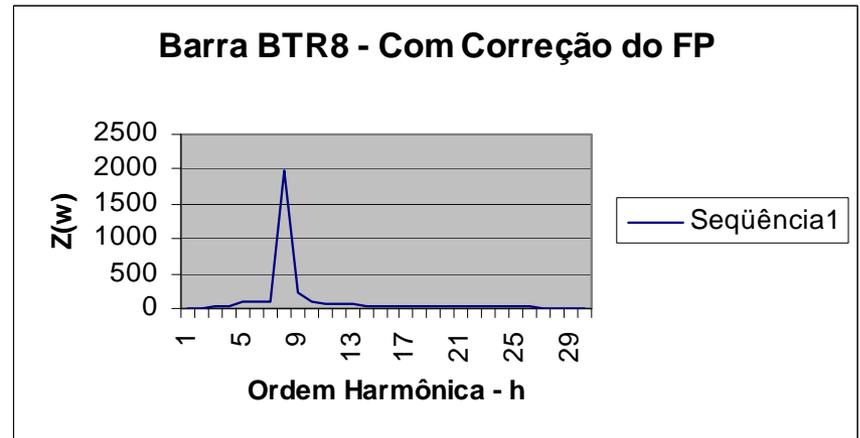
Curva válida para Capacitores “All Film” em Média Tensão

# 5. Harmônicas x Capacitores

## 5.1 - Efeitos das Harmônicas em Capacitores

### 5.1.2 – Ressonância Paralela

$$f_s \Rightarrow X_L = X_C$$



$$Z = \frac{X_L \times X_C}{X_L - X_C} \rightarrow \infty$$



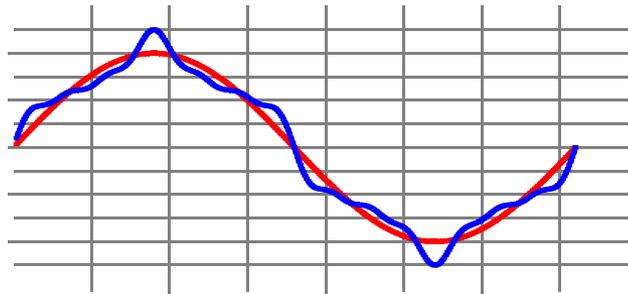
**Sobretensão dv/dt**  
**Sobrecorrente di/dt**

# 5. Harmônicas x Capacitores

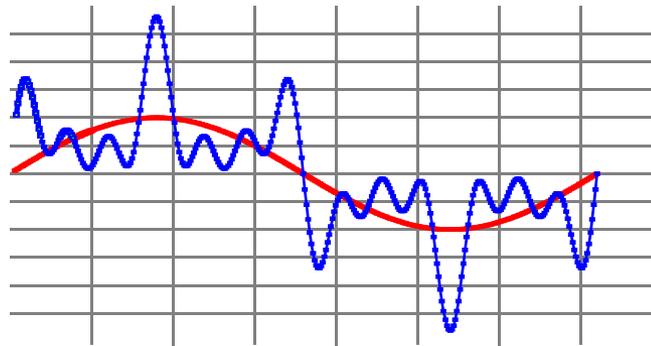
## 5.1 - Efeitos das Harmônicas em Capacitores

### 5.1.2 – Ressonância Paralela (continuação)

**FORMA DE ONDA DE TENSÃO NO CAPACITOR**



**FORMA DE ONDA DE CORRENTE NO CAPACITOR**



## 6. Guia prático para dimensionamento correto de bancos de capacitores

### 6.1 - Instalação com apenas um trafo alimentador

- ✓ Solicitar a memória de massa à concessionária, referente aos últimos 30 dias de um mês de produção típico.
- ✓ Fornecer ao fabricante do banco, além da memória de massa, as contas de energia dos últimos doze meses.
- ✓ Informar o regime de trabalho do consumidor.
- ✓ Os principais tipos de cargas instaladas.
- ✓ Recomenda-se a realização do estudo do sistema elétrico.

# 6. Guia prático para dimensionamento correto de bancos de capacitores

## 6.2 - Instalação com mais de um trafo alimentador

- ✓ Providenciar medição das instalações elétricas para ver a distribuição das cargas nos trafos e medição de harmônicas.
- ✓ A responsabilidade de apresentar a solução é da empresa de engenharia ou fabricante de capacitores.
- ✓ Informar a potência de curto circuito da instalação, fornecida pela concessionária.
- ✓ Informar sobre a presença de capacitores já instalados.
- ✓ Informar se existem geradores instalados no sistema.
- ✓ Informar sobre os locais para a instalação (abrigado, temperatura, agressividade do ambiente)

# 6. Guia prático para dimensionamento correto de bancos de capacitores

## 6.3 - Consequências da aplicação errada de capacitores

### 6.3.1 Cálculo errado das necessidades de kVAr

- ✓ Correção do FP insuficiente ou excessiva.
- ✓ Elevação de tensão do sistema

### 6.3.2 Desconhecimento do nível CC da instalação

- ✓ Determinação equivocada das frequências de ressonância.
- ✓ Instalações com níveis de sobretensão ou sobrecorrente acima dos previstos em normas por longos períodos.

### 6.3.3 Chaveamento inadequado dos capacitores

- ✓ Perda de vida útil dos capacitores.
- ✓ Excesso de corrente de inserção (inrush), causando danos a equipamentos e componentes eletrônicos instalados no mesmo barramento.

### 6.3.4 Instalação do capacitor direto no motor

- ✓ Sobretensões geradas pela auto excitação do motor.
- ✓ Ressonância entre capacitor e motor.

# 6. Guia prático para dimensionamento correto de bancos de capacitores



## 6.4 - Implicações/consequências da má aplicação de capacitores

- ✓ **Perda de vida útil dos capacitores e componentes do banco.**
- ✓ **Risco de Explosão.**
- ✓ **Risco de Incêndio.**
- ✓ **Risco de Vida.**
- ✓ **Mau funcionamento e ou queima de componentes eletrônicos da instalação.**
- ✓ **Parada de processos de produção.**
- ✓ **Manutenção da penalidade por parte da concessionária.**

# 7. Solução para Sistemas com Harmônicas

## 7.1 – Dimensionamento de capacitores - harmônicos

**Dimensionamento Recomendado (até os limites técnicos):**

- a) Tensão: Sobretensionar o Banco de Capacitores**
- b) Corrente: Corrente nominal = Soma Quadrática**

**Obs: Exceto quando da ocorrência de ressonâncias harmônicas em frequências existentes no sistema elétrico em estudo.**

## 7.2 – Evitar a ocorrência de ressonâncias harmônicas

- **Mudança da Frequência de Ressonância;**
- **Instalação de um Indutor em Série com o Capacitor;**
- **Porém não elimina os harmônicos existentes.**

**Filtros de  
Dessintonia**

# 7. Solução para Sistemas com Harmônicas

## 7.3 Necessidade de filtragem das harmônicas para redução de distorções existentes

- ✓ Instalação de filtros de harmônicos passivos ou ativos, sintonizados e/ou amortecidos, de preferência próximos às principais cargas geradoras de harmônicos.
- ✓ Elimina os principais harmônicos existentes.

## 7. Solução para Sistemas com Harmônicas

**Podemos concluir que antes de qualquer dimensionamento, devemos nos lembrar que é recomendado:**

- ✓ Em qualquer sistema onde há presença de cargas não lineares é grande a probabilidade de presença de harmônicas.
- ✓ A realização de medições para verificar se há presença de harmônicas no sistema.
- ✓ Verificação da frequência de ressonância.
- ✓ Simulação do efeito da inserção de bancos de capacitores no sistema.

## 8. Conclusão

- a) A correção do FP traz um alívio geral ao sistema elétrico, pois reduz a circulação energia reativa pelo mesmo, além de diversos outros benefícios.
- b) A maioria do consumidores de pequeno e médio porte não corrige o FP, pois não sabe que está sendo PENALIZADO.
- c) Um aumento do FP de Potência na baixa tensão para valores superiores a 0,95, implicará em um ganho de aproximadamente 3,3% na capacidade de distribuição/ transmissão de energia elétrica.
- d) Em função do aumento de cargas não-lineares no sistema elétrico em geral, a aplicação de capacitores deve ser realizada por empresa especializada, devido aos efeitos causados pelas harmônicas sobre estes capacitores.
- e) A conscientização dos consumidores de menor porte em BT com relação à Correção do FP ampliará bastante os ganhos para o sistema elétrico em termos de “alívio” no fornecimento de energia.



## Excelência no uso da Energia Elétrica

**Obrigado a todos!**

**GT de Capacitores Industriais da ABINEE  
(ABB, EPCOS, INDELTA, IESA, LORENZETTI,  
SIEMENS, SCHNEIDER e WEG)**

**Isaltino D. Silva Junior**  
**engenharia@indelt.com.br**