

# PROCEL INDÚSTRIA

EDIÇÃO S E R I A D A

7

## ENERGIA ELÉTRICA: CONCEITO, QUALIDADE E TARIFAÇÃO

GUIA BÁSICO

2009



# **ENERGIA ELÉTRICA: CONCEITO, QUALIDADE E TARIFAÇÃO**

## **GUIA BÁSICO**

© 2008. CNI – Confederação Nacional da Indústria

IEL – Núcleo Central

ELETOBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

**ELETOBRÁS**

**Centrais Elétricas Brasileiras S.A.**

Av. Presidente Vargas, 409, 13º andar, Centro

20071-003 Rio de Janeiro RJ

Caixa Postal 1639

Tel 21 2514-5151

www.eletobras.com

eletoabr@eletobras.com

**INSTITUTO EUVALDO LODI**

**IEL/Núcleo Central**

Setor Bancário Norte, Quadra 1, Bloco B

Edifício CNC

70041-902 Brasília DF

Tel 61 3317-9080

Fax 61 3317-9360

www.iel.org.br

**PROCEL – Programa Nacional de Conservação de**

**Energia Elétrica**

Av. Rio Branco, 53, 14º, 15º, 19º e 20º andares

Centro, 20090-004 Rio de Janeiro RJ

www.eletobras.com/procel

procel@eletobras.com

Ligação Gratuita 0800 560 506

**CNI**

**Confederação Nacional da Indústria**

Setor Bancário Norte, Quadra 1, Bloco C

Edifício Roberto Simonsen

70040-903 Brasília DF

Tel 61 3317- 9001

Fax 61 3317- 9994

www.cni.org.br

Serviço de Atendimento ao Cliente – SAC

Tels 61 3317-9989 / 61 3317-9992

sac@cni.org.br

**PROCEL INDÚSTRIA – Eficiência Energética Industrial**

Av. Rio Branco, 53, 15º andar, Centro

20090-004 Rio de Janeiro RJ

Fax 21 2514-5767

www.eletobras.com/procel

procel@eletobras.com

Ligação Gratuita 0800 560 506

E56

Energia elétrica: conceito, qualidade e tarifação: guia básico / Eletobrás [et al.]. Brasília : IEL/NC, 2008.

127 p. : il.

ISBN 978-85-87257-35-2

1. Energia elétrica 2. Eletricidade 3. Eficiência energética. I. Eletobrás II. CNI – Confederação Nacional da Indústria III. IEL – Núcleo Central IV. Título.

CDU: 621.31

## ELETROBRÁS / PROCEL

### Presidência

José Antônio Muniz Lopes

### Diretoria de Tecnologia

Ubirajara Rocha Meira

### Departamento de Projetos de Eficiência Energética

Fernando Pinto Dias Perrone

### Divisão de Eficiência Energética na Indústria e Comércio

Marco Aurélio Ribeiro Gonçalves Moreira

## CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

### Presidente

Armando de Queiroz Monteiro Neto

## INSTITUTO EUVALDO LODI – IEL / NÚCLEO CENTRAL

### Presidente do Conselho Superior

Armando de Queiroz Monteiro Neto

### Diretor-Geral

Paulo Afonso Ferreira

### Superintendente

Carlos Roberto Rocha Cavalcante

## Equipe Técnica

---

### ELETROBRÁS / PROCEL

#### Equipe PROCEL INDÚSTRIA

Alvaro Braga Alves Pinto

Bráulio Romano Motta

Carlos Aparecido Ferreira

Carlos Henrique Moya

Humberto Luiz de Oliveira

Lucas Vivaqua Dias

Marília Ribeiro Spera

Roberto Piffer

Roberto Ricardo de Araujo Goes

#### Colaboradores

George Alves Soares

Vanda Alves dos Santos

### CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

#### Diretoria Executiva – DIREX

##### Diretor

José Augusto Coelho Fernandes

##### Diretor de Operações

Rafael Esmeraldo Lucchessi Ramacciotti

##### Diretor de Relações Institucionais

Marco Antonio Reis Guarita

#### Unidade de Competitividade Industrial – COMPI

##### Gerente-Executivo

Maurício Otávio Mendonça Jorge

##### Gerente de Infra-Estrutura

Wagner Ferreira Cardoso

##### Coordenação Técnica

Rodrigo Sarmiento Garcia

### SUPERINTENDÊNCIA DE SERVIÇOS COMPARTILHADOS – SSC

#### Área Compartilhada de Informação e Documentação – ACIND

##### Normalização

Gabriela Leitão

### INSTITUTO EUVALDO LODI – IEL / NÚCLEO CENTRAL

#### Gerente-Executivo de Operações

Júlio Cezar de Andrade Miranda

#### Gerente de Desenvolvimento Empresarial – GDE

Diana de Mello Jungmann

#### Coordenação Técnica

Patrícia Barreto Jacobs

#### Gerente de Relações com o Mercado – GRM

Oto Morato Álvares

#### Responsável Técnico

Ana Amélia Ribeiro Barbosa

### SENAI / DN

#### Gerente-Executivo da Unidade de Educação Profissional

##### – UNIEP

Alberto Borges de Araújo

#### Apoio Técnico

Diana Freitas Silva Néri

#### Gerente-Executiva da Unidade de Relações com o Mercado

##### – UNIREM

Mônica Côrtes de Domênico

### SENAI / RS

#### Conteudista

Paulo Adolfo Dai Pra Boccasius

#### Revisão Pedagógica pelo SENAI / RS

Aury da Silva Lutz

#### Coordenação do projeto pelo SENAI / RS

Joseane Machado de Oliveira

---

#### Supervisão Pedagógica

Regina Averbog

#### Editoração Eletrônica

Link Design

#### Revisão Gramatical

Marluce Moreira Salgado



# SUMÁRIO

## **Apresentação**

### **Capítulo 1 – Fundamentos de eletricidade 13**

Histórico do uso de energia 14

Energia e meio ambiente 14

Eficiência energética 16

Fundamentos de eletricidade 21

Tensão elétrica ou voltagem 24

Corrente elétrica 25

Frequência 28

Potência elétrica 29

### **Capítulo 2 – Classificação dos consumidores e tarifas existentes 33**

Classificação dos consumidores 34

Consumidor do Grupo B 35

Consumidor do Grupo A 36

Estrutura tarifária 37

Tarifa convencional 38

Tarifas horosazonais 38

    Tarifa horosazonal verde 41

    Tarifa horosazonal azul 42

Análise das faturas de energia elétrica: vantagens para o consumidor 42

### **Capítulo 3 – Parâmetros elétricos 45**

Parâmetros elétricos: definição 46

Consumo ativo (kWh) 48

Demanda de potência (kW) 50

Demanda faturável 50

Ultrapassagem de demanda 52

    Ultrapassagem de demanda contratada 52

    Tolerância de ultrapassagem 52

Fator de potência 53

Vantagens da correção do fator de potência 54

Causas do baixo fator de potência 55

Correção do baixo fator de potência	55
Capacitor	56
Gerenciadores para correção do fator de potência	56
Instalação do gerenciador	56
Registro do fator de potência na conta de energia	58
<b>Fator de carga</b>	<b>58</b>
<b>Consumo específico</b>	<b>62</b>
<b>Preço médio</b>	<b>62</b>
<b>Impostos</b>	<b>65</b>

## **Capítulo 4 – Qualidade de energia 69**

### **Qualidade da energia elétrica 70**

Desvios da tensão	70
Desequilíbrio de tensão	71
Flutuação de tensão	72
Afundamento momentâneo da tensão Sag	73
Elevação momentânea da tensão Swel	73
Interrupção total de energia elétrica	74
Correntes de curto circuito	75
Proteção de alimentadores de cabos e linhas de aéreas	77
Proteção de transformadores	77
Proteção de motores	78
Variações de frequência	78
Harmônicas	78
Conseqüências das harmônicas	79

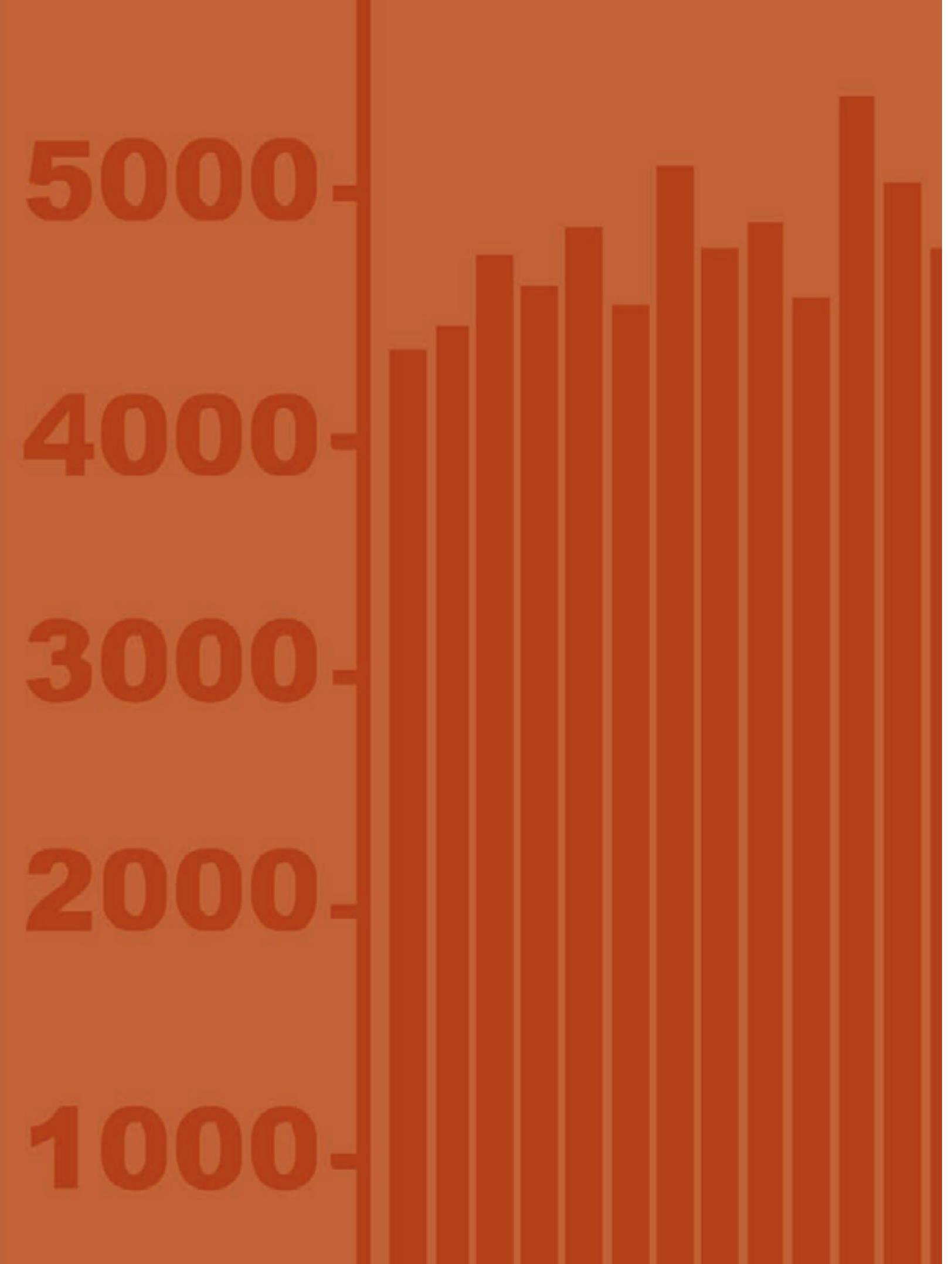
## **Capítulo 5 – Usos finais de energia e boas práticas 81**

Motores elétricos	82
Sistema de iluminação	96
Sistema de ar comprimido	104
Sistema de refrigeração	106
Sistema de ar condicionado	109

## **Capítulo 6 – Auditoria de energia 113**

O que é uma auditoria de energia?	114
Por onde começar?	115
O que buscar?	115
Criação da CICE/CIGE	123





# APRESENTAÇÃO

---

**O** obter a eficiência energética significa utilizar processos e equipamentos que sejam mais eficientes, reduzindo o desperdício no consumo de energia elétrica, tanto na produção de bens como na prestação de serviços, sem que isso prejudique a sua qualidade.

É necessário conservar e estimular o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores sócio-econômicos do Brasil, sendo de grande importância para o país a adoção efetiva de medidas de economia de energia e o conseqüente impacto destas ações. Neste cenário destaca-se a indústria, não só pelo elevado potencial de conservação de energia do seu parque, como também pela sua capacidade produtiva como fornecedora de produtos e serviços para o setor elétrico.

No âmbito das ações que visam criar programas de capacitação voltados para a obtenção de eficiência energética no setor industrial, inclui-se o *Curso de Formação de Agentes Industriais de Nível Médio em Otimização de Sistemas Motrizes*. Este curso tem como objetivo capacitar agentes industriais, tornando-os capazes de identificar, propor e implementar oportunidades de redução de perdas nas instalações industriais de sistemas motrizes.

O curso faz parte do conjunto de ações que vêm sendo desenvolvidas pelo Governo Federal para:

- fomentar ações de eficiência energética em sistemas motrizes industriais;
- facilitar a capacitação dos agentes industriais de nível médio dos diversos subsetores da indústria, para desenvolverem atividades de eficiência energética;
- apresentar as oportunidades de ganhos de eficiência energética através de economia de energia em sistemas motrizes industriais;
- facilitar a implantação de tecnologias eficientes sob o ponto de vista energético, além da conscientização e da difusão de melhores hábitos para a conservação de energia.

Como apoio pedagógico para este curso foram elaborados os seguintes guias técnicos:

- 1 – Correias Transportadoras
- 2 – Acoplamento Motor Carga
- 3 – Metodologia de Realização de Diagnóstico Energético
- 4 – Compressores
- 5 – Ventiladores e Exaustores
- 6 – Motor Elétrico
- 7 – Energia Elétrica: Conceito, Qualidade e Tarifação
- 8 – Acionamento Eletrônico
- 9 – Bombas
- 10 – Análise Econômica de Investimento
- 11 – Instrumentação e Controle

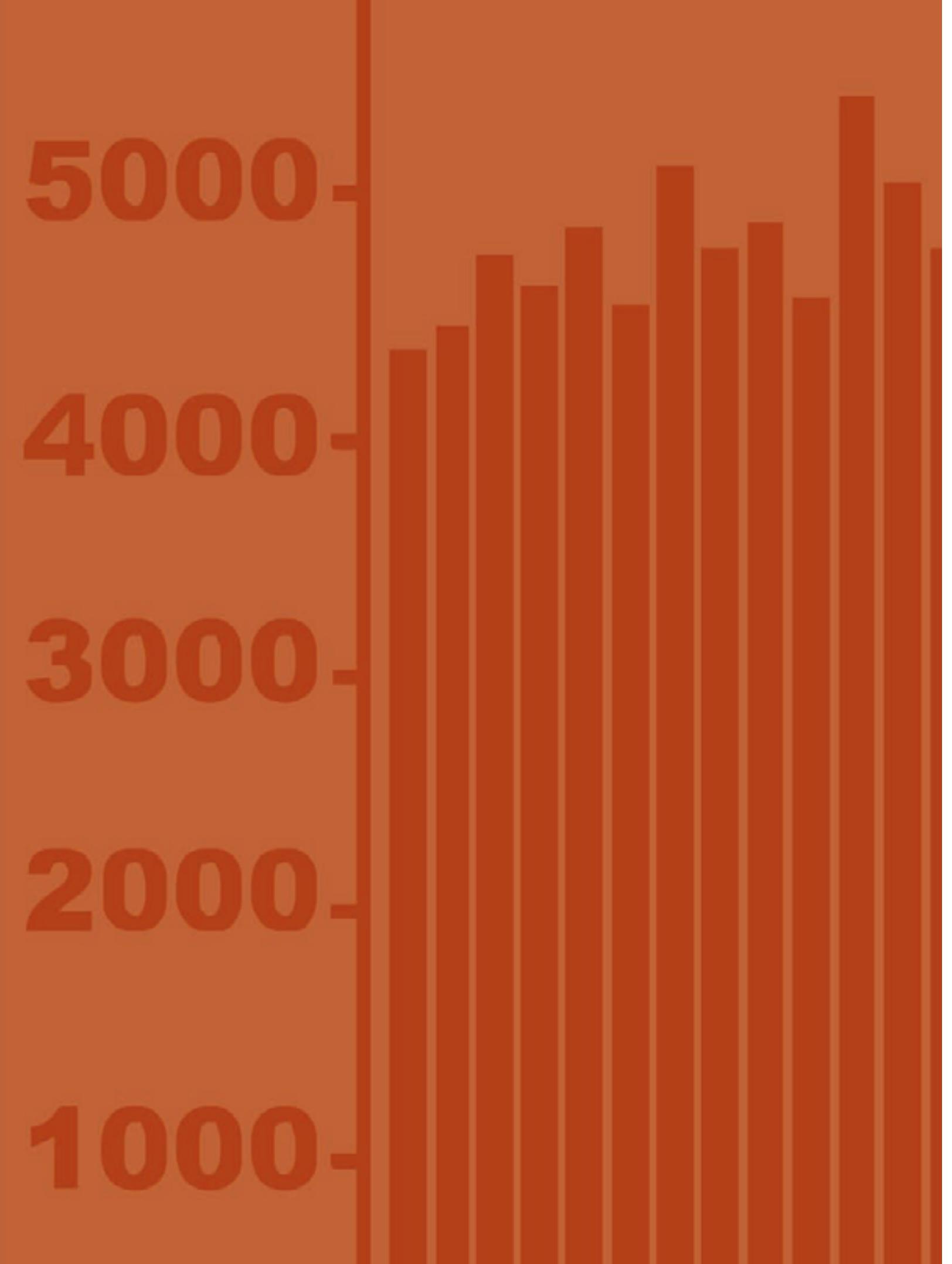
Este material didático – Energia Elétrica: Conceitos, Qualidade e Tarifação – faz parte do conjunto de guias técnicos do *Curso de Formação de Agentes Industriais de Nível Médio em Otimização de Sistemas Motrizes*. Ele é um complemento para o estudo, reforçando o que foi desenvolvido em sala de aula. É também uma fonte de consulta, onde você, participante do curso, pode rever e relembrar os temas abordados no curso.

Todos os capítulos têm a mesma estrutura. Conheça, a seguir, como são desenvolvidos os capítulos desse guia.

- **Iniciando nossa conversa** – texto de apresentação do assunto abordado no capítulo.
- **Objetivos** – informa os objetivos de aprendizagem a serem atingidos a partir que foi desenvolvido em sala de aula e com o estudo realizado por meio do guia.
- **Um desafio para você** – apresenta um desafio: uma situação a ser resolvida por você.

- **Continuando nossa conversa** – onde o tema do capítulo é desenvolvido, trazendo informações para o seu estudo.
- **Voltando ao desafio** – depois de ler, analisar e refletir sobre os assuntos abordados no capítulo, você retornará ao desafio proposto, buscando a sua solução à luz do que foi estudado.
- **Resumindo** – texto que sintetiza os principais assuntos desenvolvidos no capítulo.
- **Aprenda mais** – sugestões para pesquisa e leitura, relacionadas com o tema do capítulo, visando ampliar o que você aprendeu.

Esperamos que este material didático contribua para torná-lo um cidadão cada vez mais consciente e comprometido em alcançar a eficiência energética, colaborando, assim, para que o país alcance as metas nesse setor e os consequentes benefícios para a sociedade brasileira e o seu meio ambiente.



# Capítulo 1

---

## FUNDAMENTOS DE ELETRICIDADE

### Iniciando nossa conversa

Neste capítulo são abordados eventos históricos ocorridos no Brasil com relação à geração e usos finais da energia para entender a sua importância em relação ao momento atual.

Vamos estudar: como é gerada a energia elétrica, seu transporte e distribuição até o consumidor final; a implantação do PROCEL; fundamentos de eletricidade como tensão, corrente, valor eficaz da energia elétrica, frequência, potência, consumo de energia.

Vamos verificar porque é importante usar de forma racional a energia em suas mais variadas formas.

Definiremos os conceitos fundamentais da energia elétrica.

### Objetivos

Os objetivos de estudo deste capítulo são:

- Conhecer o histórico da energia elétrica no Brasil;
- Identificar grandezas elétricas, envolvidas em circuito elétrico, suas unidades de medidas e a grafia destas unidades;
- Identificar o sistema de distribuição de energia em corrente alternada e suas peculiaridades.

## Um desafio para você

Imagine que você recebeu a incumbência de organizar um grupo de eficiência energética na sua empresa. Este grupo deverá entender que é possível e necessário considerar que a energia consumida pode ser gerida de forma técnica e econômica. Mas para isso, você terá que motivar os integrantes do grupo e sensibilizá-los para importância do tema. Como? Leia com atenção este capítulo e você terá argumentos para realizar a sua tarefa.

## Continuando nossa conversa

### Histórico do uso de energia

Há dois séculos ocorreu a Revolução Industrial, na Inglaterra. Essa revolução se caracterizou pelo domínio da energia pelo homem, permitindo às indústrias movimentarem suas máquinas com o uso do vapor. Isso mudou, de forma radical, as organizações industriais, uma vez que se iniciou a mecanização das máquinas, substituindo a mão humana.

Após o homem dominar a energia do vapor, uma nova forma de energia começa a ser desenvolvida: a energia elétrica. Em 1878, em Nova Iorque e em Londres constroem-se usinas geradoras de energia elétrica.

Em 1880, se inicia o ciclo da energia do petróleo, com o uso dos motores de combustão interna.

Em 1945, surge uma nova forma de energia denominada energia atômica. O domínio da energia impulsionou fortemente o progresso da humanidade.

Segundo Branco (1930) a revolução industrial transformou o homem. Essa transformação mudou a espécie: de *Homo Sapiens* para o *Homo Energéticus*. Esse novo homem foi escravizado por todas as formas novas de energia.

### Energia e meio ambiente

Todas as atividades consomem energia. A palavra energia se origina de um vocábulo grego, *energia*, que significa: *forças em ação*. Conforme, Branco (1930) nas atividades industriais, na construção civil, no transporte de mercadorias, a quantidade de energia necessária é cada vez maior, tornando-se hoje um

parâmetro que mede em uma comunidade ou em um país o seu grau de desenvolvimento.

É ainda Branco (1930) que informa que a utilização das várias formas de energia, alavancou o desenvolvimento humano. Isso trouxe como consequência o uso irracional e o desperdício de energia, gerando efeitos nocivos na economia no meio ambiente. Para os países desenvolvidos com produção abundante e barata de combustíveis fósseis a motivação para implantar ações de eficiência energética se dá pelo lado ambiental. Redução de poluentes, este é o fato motivador. Para a maioria dos países em desenvolvimento a questão ambiental esta em segundo plano, tendo mais importância a postergação de investimentos por parte dos governos em geração e transmissão de energia. Esse é o fato motivador para implementar ações em eficiência energética.

O combate ao desperdício de energia apresenta dois aspectos:

- economia de recursos, devido à postergação de investimentos em sistemas de geração de energia, permitindo aos governos investirem em ações que beneficiem a qualidade de vida das populações, melhorando a saúde, educação, saneamento básico;
- proteção e melhoria das condições ambientais, pelo uso racional dos combustíveis fósseis, diminuindo as emissões de particulados ou poluição atmosférica.



### Fique ligado!

A gestão ambiental empresarial está essencialmente voltada para organizações, ou seja, companhias, corporações, firmas, empresas ou instituições e pode ser definida como sendo um conjunto de políticas, programas e práticas administrativas e operacionais que levam em conta a saúde e a segurança das pessoas e a proteção do meio ambiente por meio da eliminação ou minimização de impactos e danos ambientais decorrentes do planejamento, implantação, operação, ampliação, realocação ou desativação de empreendimentos ou atividades, incluindo-se todas as fases do ciclo de vida de um produto.

## Eficiência energética

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME) no seu Balanço Energético (BEN) de 1997-1998, a eficiência energética é um termo técnico geralmente utilizado para destacar a geração de energia por unidade de energia fornecida ao sistema isto é: kWh gerados em uma termoelétrica por unidade de combustíveis fornecidos, potência motora por unidade de energia consumida.

Costa (1998) ressalta que as mídias mundiais informam fatos que, a todo o momento, se colocam presentes:

- uma inflação em maior ou menor grau em quase todos os países;
- novas formas e relações de trabalho surgidas em consequência de um forte desemprego em escala mundial;
- uma intensificação do uso do petróleo;
- a necessidade de alimentar uma população que se multiplica e depende de mecanizações e automações.

Em 30 de dezembro de 1985, os ministérios de Minas e Energia e o da Indústria e do Comércio, instituem o *Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica* PROCEL, visando a conservação de energia elétrica no País. Para tanto, o MME considerou que existia um elevado potencial de redução no consumo de energia, (aproximadamente um terço do consumo total de energia), o peso da energia elétrica no balanço energético nacional e a possibilidade de usar de forma eficiente esses recursos.



### Fique ligado!

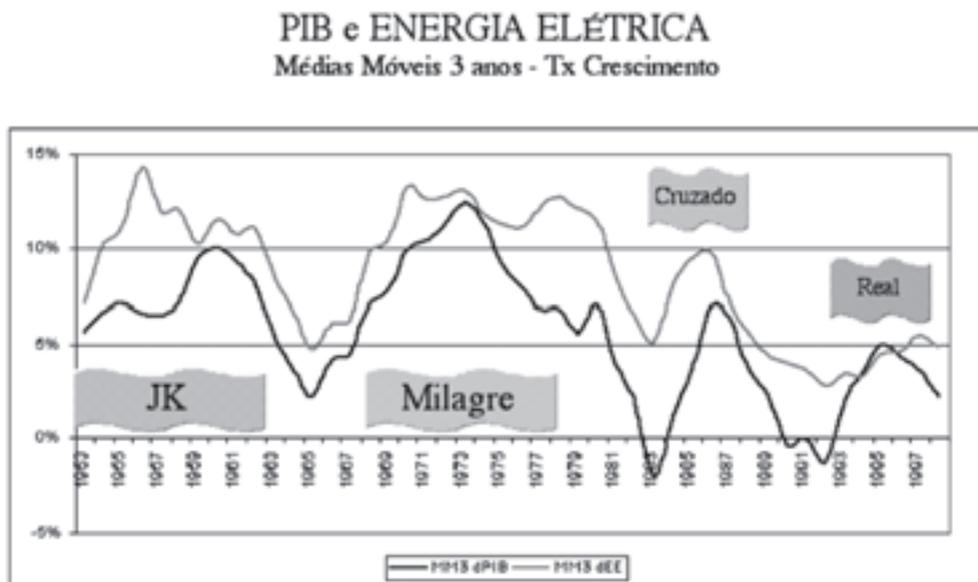
O PROCEL nasceu com a finalidade de integrar as ações que visam a conservação de energia elétrica, objetivando maximizar os resultados, divulgar amplamente novas ações na área de efficientização de energia e capacitar os atores do cenário elétrico nacional.

O Balanço Energético Nacional (1997-1998) destaca que nos últimos trinta anos, antes da criação do PROCEL, convivemos, a nível nacional, com a possibilidade do racionamento de energia por ocasião dos choques do petróleo em 1973 e 1979 e pelos choques financeiros decorrentes das altas taxas de juros internacionais e da valorização do dólar em 1982. A partir dos choques de petróleo ocorridos na década de setenta (70), houve o primeiro momento onde a conservação de energia se destacou, gerando a necessidade de economia de petróleo e seus derivados. O governo federal, nessa ocasião, através do Ministério da Indústria e Comércio ofereceu estímulos à substituição do óleo combustível utilizado nos processos térmicos nas indústrias, criando o programa CONSERVE.

Na década de oitenta (80), houve uma redução no consumo de energia causada pela conjuntura recessiva, gerando um excedente. Esse excedente foi comercializado na forma de Energia Garantida por Tempo Determinado (EGTD), incentivando o uso de eletricidade em lugar de combustíveis fósseis para fins térmicos, a chamada *eletrotermia*.

A retomada do crescimento com a conseqüente redução dos excedentes de eletricidade e o aviltamento das tarifas de energia, contribuíram fortemente com a criação em 1985 do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica PROCEL. A crise mais recente se deu em 2001/2002 reduzindo o já baixo crescimento brasileiro para menos um por cento. O gráfico a seguir, demonstra como tem variado o consumo de energia elétrica ao longo dos anos e o crescimento do Produto Interno Bruto do Brasil.

Gráfico1 - Crescimento de energia X PIB



Fonte: Ministério de Minas e Energia BEN Balanço energético nacional 1997 - 1998

A situação de hoje igualmente não é das mais confortáveis para o cenário elétrico nacional. Continuamos dependentes dos níveis de rios para a geração de energia elétrica e as necessidades de energia por parte da população são cada vez maiores. A mídia nacional constantemente publica fatos que nos remontam à época do *apagão* ocorrido em 2001. A indústria modernizou sua planta industrial, buscou novos arranjos gerenciais, treinou maciçamente seus colaboradores e inseriu uma série de inovações tecnológicas nos produtos e nos processos de produção. Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), 2002 esse conjunto de fatores foi o responsável pelo incremento de produtividade, o maior dos últimos 30 anos.

A partir da abertura comercial, no início da década de 90, a indústria nacional se inseriu num mercado cada vez mais competitivo. A taxa de produtividade é vital para o aumento da competitividade dos produtos brasileiros nos mercados internacionais. Para continuar com esse aumento de produtividade, o país deverá superar, ainda, muitos desafios. Para que as empresas possam competir e sobreviver, num mercado cada vez mais globalizado, necessitam acompanhar o ritmo veloz da inovação em novos processos, em novos produtos. O desenvolvimento tecnológico ocorrido na informática, no universo das telecomunicações e comunicações inseriu as empresas em mercados nacionais e mundiais. Nesse cenário as empresas necessitam melhorar seu desempenho para otimizar seus recursos, entendendo como recursos seus colaboradores, seus equipamentos e instalações, seus processos tecnológicos e recursos financeiros.

Um dos grandes desafios que a indústria nacional precisará superar é o desperdício de energia nos processos produtivos. Os meios especializados dão conta de que a indústria desperdiça em torno de aproximadamente 30% da energia utilizada, contribuindo para aumentar ainda mais o *chamado Custo Brasil*.



### Fique ligado!

As perdas de energia geralmente estão associadas à ineficiência no uso de equipamentos produtivos. Iluminação inadequada, motores superdimensionados, motores operando em vazio, trabalhos mal planejados, equipamentos com falta de manutenção, são fontes de grandes desperdícios de energia.

Conservar energia hoje é a palavra de ordem nos meios de comunicação. Fala-se em racionamento, blecaute, multa por desperdício de energia, mas conservar energia deve ser uma busca constante das empresas e não somente nas épocas de crise.

A conservação de energia está baseada em ações técnicas e gerenciais que buscam eliminar os desperdícios. É uma questão de atitude, entendendo que a natureza nos fornece os recursos naturais que deverão ser socializados com as futuras gerações.



### **Fique ligado!**

Eficiência energética é obter o mesmo trabalho ou produto final, utilizando menos energia. Ela traz vantagens competitivas que justificam a sua implementação.

Veja, no quadro a seguir, as principais vantagens da eficiência energética.

Eficiência energética	
Vantagens	Conseqüências
Ganhos para a empresa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução dos gastos com a energia elétrica.</li> <li>• Aumento da vida útil dos equipamentos elétricos.</li> <li>• Aumento das condições de competitividade no mercado.</li> <li>• Oportunidade de crescimento no mercado.</li> </ul>
Ganhos para os empregados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantia do emprego na empresa</li> <li>• Garantia de benefícios pessoais (extras)</li> <li>• Oportunidade de novos conhecimentos mediante treinamento, atualização e capacitação técnica.</li> </ul>
Ganhos para a sociedade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior preservação do meio ambiente.</li> <li>• Diminuição do risco de falências nas pequenas e médias empresas.</li> <li>• Redução dos investimentos públicos.</li> </ul>
Ganhos para o setor elétrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Postergação de investimentos.</li> <li>• Melhoraria na qualidade de serviços.</li> <li>• Diminuição do risco de déficit no fornecimento.</li> <li>• Melhoraria na rentabilidade e na conservação.</li> <li>• Melhoraria no aproveitamento das instalações.</li> </ul>

Vamos estudar agora os fundamentos da eletricidade. Você sabe como é gerada a energia elétrica? Como ela chega nas nossas fábricas?

## Fundamentos de eletricidade

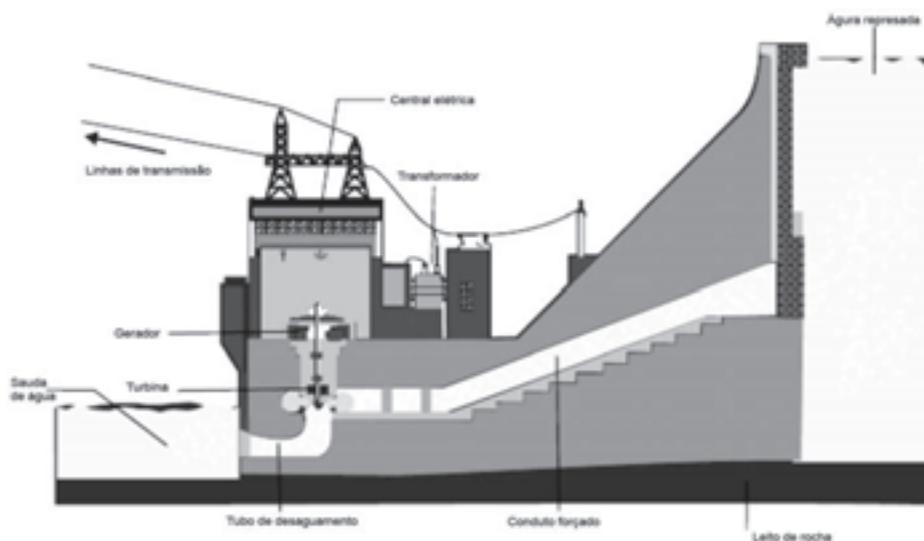
No Brasil, aproximadamente 84% da energia elétrica é gerada por intermédio de recursos hídricos. A hidroenergia possui vários atrativos:

- é facilmente armazenável na forma de energia potencial, nos lagos, que podem ser artificiais;
- o controle da potência de saída é obtido com relativa facilidade e boa eficiência;
- apresenta baixo nível de ruído e vibrações.

Sua maior limitação como fonte energética está na disponibilidade; só algumas regiões dispõem de quedas d'água aproveitáveis.

A energia potencial de uma queda d'água é usada para acionar turbinas que, por sua vez, acionam geradores elétricos. Em geral as quedas d'água são artificialmente construídas (barragens), formando extensos reservatórios, necessários para garantir o suprimento em períodos de pouca chuva. Não é um método totalmente inofensivo para o ambiente. Afinal, os reservatórios ocupam áreas enormes, mas é um problema consideravelmente menor do que os anteriores. A disponibilidade, porém, é totalmente dependente dos recursos hídricos de cada região.

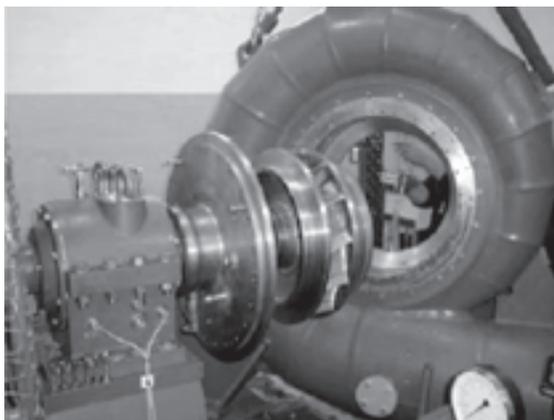
Figura 1– Geração hídrica



A água captada no lago formado pela barragem é conduzida até a casa de força por meio de canais, túneis e/ou condutos metálicos. Após passar pela turbina hidráulica, na casa de força, a água é restituída ao leito natural do rio, pelo canal de fuga.

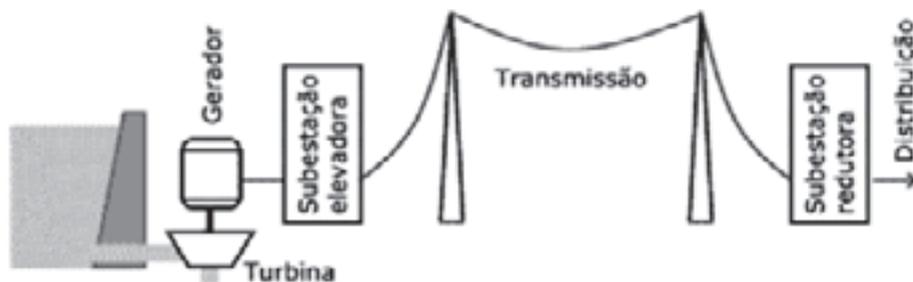
Turbina hidráulica é uma máquina com a finalidade de transformar a maior parte da energia de escoamento contínuo da água que a atravessa em trabalho mecânico. Consiste, basicamente, de um sistema fixo hidráulico e de um sistema rotativo hidromecânico destinados, respectivamente, à orientação da água em escoamento e à transformação em trabalho mecânico.

**Figura 2 – Turbina tipo Francis**



A energia assim gerada é levada por cabos ou barras condutoras, dos terminais do gerador até o transformador elevador, onde tem sua tensão (voltagem) elevada para adequada condução, por intermédio de linhas de transmissão, até os centros de consumo. Daí, por meio de transformadores abaixadores, a energia tem sua tensão levada a níveis adequados para utilização pelos consumidores.

**Figura 3 – Sistema de transmissão de energia.**



A eletricidade que sai da casa de força dessas usinas tem de viajar bastante até chegar aos centros consumidores. A eletricidade é transportada para as cidades pelos cabos. Fora dos centros urbanos, os cabos são aéreos, revestidos por camadas isolantes e fixados em grandes torres de metal. O conjunto desses cabos forma uma rede de transmissão. As peças mais importantes nas torres de transmissão são os grandes elementos isolantes de vidro ou porcelana que sustentam os cabos e impedem descargas elétricas.

**Figura 4 – Linha de transmissão**

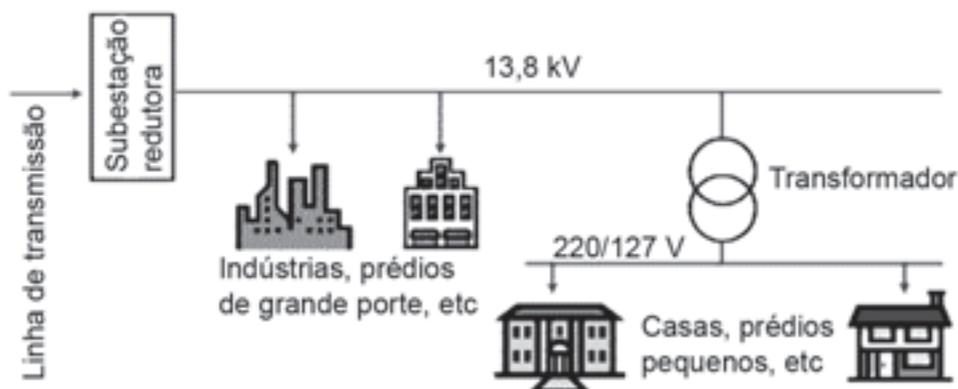


No caso predominante no Brasil (geração hídrica) a natureza impõe os locais onde sejam viáveis as construções das barragens. É comum, usinas geradoras distantes centenas ou milhares de quilômetros dos grandes centros. Assim, são necessários meios eficientes de transmitir essa energia

Após o gerador, transformadores da subestação elevadora aumentam a tensão para um valor alto. Dependendo da região, ela pode variar de 69 a 750 kV. Caso a energia elétrica fosse transmitida em baixas tensões, na potência necessária para atender aos consumidores, a bitola dos condutores seria tão grande que tornaria o sistema economicamente inviável.

Ao final da linha transmissão, transformadores de uma subestação redutora diminuem a tensão para um valor de distribuição compatível.

Figura 5 – Sistema de transmissão de energia



Fonte: Disponível em: <<http://www.mspc.eng.br/elemag/enel1.asp>>. Acesso em: 17 ago. 2007.

A eletricidade produzida nos grandes geradores ou alternadores das usinas é, como sugere o nome, de corrente alternada, ou seja, está em constante movimento ora em um sentido, ora no outro, o que facilita sua transmissão a grandes distâncias.

A subestação redutora diminui a tensão da linha de transmissão para 13,8 kV, chamada *distribuição primária*, que é o padrão geralmente usado nos centros urbanos no Brasil. São aqueles 3 fios que se vê normalmente no topo dos postes. Essa tensão primária é fornecida aos consumidores de maior porte, os quais, por sua vez, dispõem de suas próprias subestações para rebaixar a tensão ao nível de alimentação dos seus equipamentos

A seguir, vamos estudar os conceitos de *tensão, corrente elétrica e potência*.

## Tensão elétrica ou voltagem

As caixas d'água que abastecem as cidades estão colocadas nas regiões mais elevadas. Isto se explica pelo fato de que quanto mais alta estiver a caixa d'água maior será sua pressão hidráulica. Com a eletricidade acontece fenômeno semelhante e o desnível da água é chamado, na energia, de *tensão elétrica* (comumente denominada *voltagem*).



## Fique ligado!

Tensão ou voltagem é o que promove o fluxo de eletricidade através do circuito elétrico e sua unidade é o *Volts*.

A tensão que existe entre dois pontos pode permanecer constante durante longos intervalos de tempo, mas pode também oscilar e até mudar de sentido. A tensão que mantém-se constante é chamada tensão *contínua*.

A tensão que varia constantemente seu valor e seu sentido é chamada alternada e normalmente obedece o formato senoidal com frequência de 60 Hz.

Figura 6 – Tipos de corrente



## Corrente elétrica

Quando a caixa d'água está cheia e abrimos o registro, a água começa a se movimentar pelos canos. Este movimento pode ser comparado com a corrente elétrica, isto é, o movimento de cargas elétricas por meio de condutores.



## Fique ligado!

O que faz as cargas elétricas se movimentarem é a *tensão elétrica*. A unidade de medida de intensidade de corrente elétrica no sistema internacional é o *ampere (A)*, medido por um instrumento chamado *amperímetro*.

Figura 7 – Amperímetro



A corrente elétrica é o movimento ordenado de cargas elétricas em um condutor sujeito a uma diferença de potencial elétrico. Por convenção, o sentido desta corrente é determinado pelo movimento das cargas positivas no interior do condutor, sendo naturalmente do ponto de maior para o de menor potencial, muito embora o sentido real seja dado pelos elétrons livres que fluem do ponto de menor potencial ao pólo de maior potencial.

A *corrente alternada*, ou *CA* (em inglês *AC*) é uma corrente elétrica cuja magnitude e direção da corrente varia ciclicamente, ao contrário da corrente contínua cuja direção permanece constante e que possui pólos positivo e negativo definidos. A forma de onda usual em um circuito de potência *CA* é senoidal por ser a forma de transmissão de energia mais eficiente.

Correntes alternadas são usualmente associadas com tensões alternadas. Uma tensão *CA* senoidal  $v$  pode ser descrita matematicamente como uma função do tempo, pela seguinte equação:

$$v(t) = A \times \sin(\omega t)$$

Dizemos que:

- $A$  é a amplitude em volts (também chamada de tensão de pico);
- $\omega$  é a frequência angular em radianos por segundo;

- $t$  é o tempo em segundos.

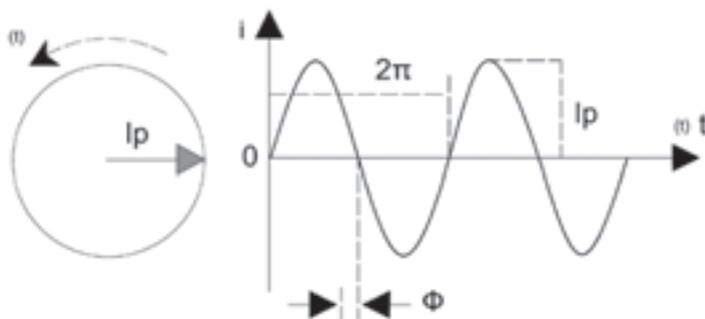
Como frequência angular é mais interessante para matemáticos do que para engenheiros, esta fórmula é comumente reescrita assim:

$$v(t) = A \times \sin(2\pi ft)$$

Onde:

- $f$  é a frequência cuja unidade é o hertz.

**Figura 8 – Representação da corrente alternada forma senoidal**



É difícil registrar o valor da tensão e corrente alternadas, pois elas estão constantemente variando com o tempo. Quando elas forem ondas senoidais usa-se o *valor eficaz* ( $V_{ef}$ ), que é o valor médio quadrático.

$$V_{ef} = V_o / \sqrt{2}$$

Uma vez que  $1/\sqrt{2} = 0,7$  então

$$V_{ef} = 0,7 \times V_o$$

Onde  $V_o$  é a amplitude

Geralmente a tensão CA é dada quase sempre em seu *valor eficaz*, que é o valor quadrático médio desse sinal elétrico (em inglês é chamado de *root mean square*, ou *rms*), sendo escrita como  $V_{ef}$  (ou  $V_{rms}$ ). Para uma tensão senoidal:

$$V_{ef} = A/\sqrt{2}$$



## Fique ligado!

O valor eficaz da corrente é o valor que deveria ter uma corrente contínua para produzir no resistor o mesmo efeito calorífico que produz a corrente alternada.

## Freqüência

Se um sinal se repete com o tempo, ele tem uma freqüência de repetição. Essa freqüência é medida em *Hertz* (HZ) e é igual ao número de vezes que o sinal se repete por segundo (número de ciclos por segundo). A alternância (freqüência) típica da corrente na rede elétrica domiciliar pode ser vista com facilidade mediante o uso de um *osciloscópio*.

Figura 9 – Osciloscópio



Dado que a CA se repete periodicamente (ciclicamente), uma das características fundamentais é o valor do intervalo de tempo entre repetições (ou ciclos), ou seja, o período -  $T$ , cuja unidade é o segundo -  $s$ .

É comum utilizar-se uma outra característica da CA, diretamente relacionada com o período – a freqüência -  $f$ .

## Potência elétrica

Situação em que a tensão e corrente unem-se para ligar um motor ou acender uma lâmpada. Suas unidades são:

- *Watts* (W)  $\rightarrow 1000\text{W} = 1\text{kW}$ ;
- *horse-power* (hp)  $\rightarrow 1\text{hp} = 745\text{W}$ ; e
- cavalo-vapor (cv)  $\rightarrow 1\text{cv} = 735\text{W}$ .



### Fique ligado!

As unidades relacionadas ao trabalho mecânico são:

- cavalo-vapor (1 cv = 735W); e
- *horse-power* (1 hp = 745W).

## Voltando ao desafio

O segundo argumento que você poderá propor para motivar o grupo, esta associado a gestão ambiental. As organizações estão bastante preocupadas com o tema ambiental. Redução no consumo de energia, aparece diariamente nos noticiários dos jornais, da televisão. Este tema esta bastante difundido, também, pelas concessionárias de energia elétrica.

## Resumindo

Nesse capítulo você estudou:

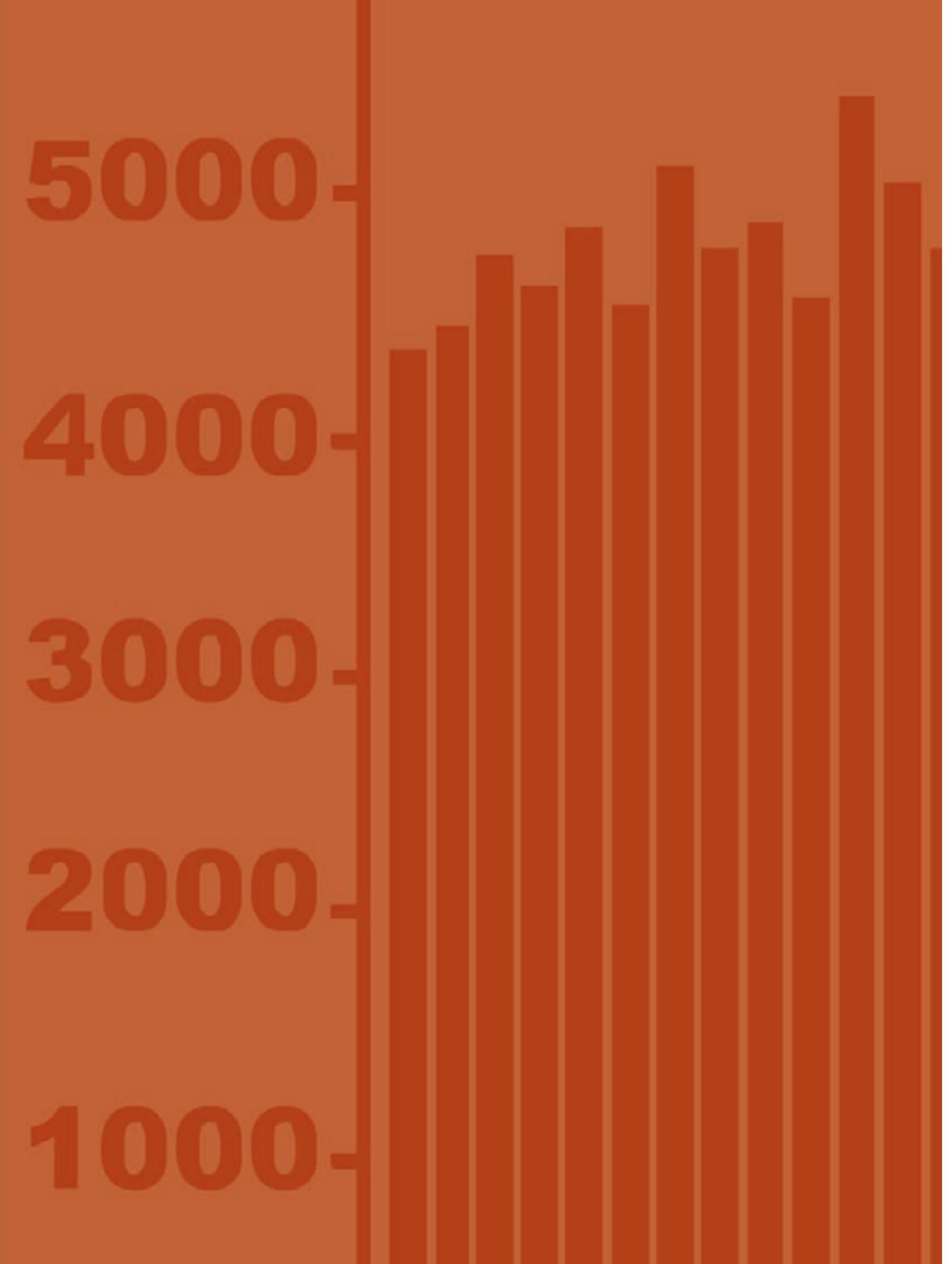
- Histórico do uso de energia;
- Definição de energia;
- Eficiência energética;

- Fundamentos de eletricidade;
- Tensão elétrica ou voltagem;
- Corrente elétrica;
- Freqüência; e
- Potência elétrica.

### **Aprenda mais**

Entre no *site* do PROCEL se você está interessado em conhecer mais sobre o tema uso racional de energia.





## Capítulo 2

---

# CLASSIFICAÇÃO DOS CONSUMIDORES E TARIFAÇÕES EXISTENTES

### Iniciando nossa conversa

Neste capítulo veremos como as concessionárias de energia classificam os consumidores.

Primeiramente, o que é considerado um consumidor de energia? Consumidores de baixa tensão, pertencentes ao grupo B. Consumidores de alta tensão pertencentes ao grupo A. Que critérios as concessionárias usam para classificá-los. Quais as diferenças? Estude este capítulo e descubra as respostas.

### Objetivos

Ao estudar este capítulo temos como objetivos:

- Conhecer a classificação dos consumidores; e
- Identificar os tipos de consumidores e o tipo de tensões que utilizam.

### Um desafio para você

Você recebeu a fatura de energia elétrica de sua empresa. Constam nela uma série de dados que classificam a sua empresa como consumidora de energia. Analise a fatura e responda:

- Que tarifa sua empresa contratou?
- A qual grupo de consumidores ela pertence?

## Continuando nossa conversa

### Classificação dos consumidores

Inicialmente, vamos definir o que são *consumidores* e uma *unidade consumidora*.

Consumidor - é a pessoa física ou jurídica, comunhão de fato ou de direito, legalmente representada, que solicita ao concessionário o fornecimento de energia elétrica e responsabiliza-se pelo pagamento das respectivas contas de consumo apresentadas pela concessionária, bem como de todas as obrigações legais e contratuais.

Unidade consumidora – é caracterizada pela entrega de energia elétrica em um só ponto, com medição individualizada, a um consumidor. A cada consumidor pode corresponder uma ou mais unidades de consumo, situadas no mesmo local ou em locais diversos.

O consumidor de energia faz com a concessionária um contrato de fornecimento de energia. Para efeito de faturamento, os usuários de energia elétrica são subdivididos em função da tensão (voltagem) de fornecimento em grupo A e grupo B.



#### Fique ligado!

Usuários de energia elétrica

Grupo A: consumidores de alta tensão (tensão maior ou igual a 2.300 volts).

Grupo B: consumidores de baixa tensão (tensão menor que 2.300 volts).

Alem da classificação do consumidor, conforme o nível de tensão existe outra classificação dos grupos de consumidores em decorrência da classe de consumo que define o setor econômico. Por exemplo, se o consumidor possui um mini mercado, uma padaria é classificado como consumidor comercial. Se possui uma pequena tornearia, uma matrizaria é classificado como consumidor industrial.

Conheça agora, mais informações sobre essas categorias de usuários de energia elétrica.

## Consumidor do grupo B

Consumidor do grupo B é aquele que recebe energia elétrica na tensão entre 220 e 380 V e tem com a concessionária de energia um *contrato de adesão*.

Contrato de adesão é um instrumento contratual, com cláusulas vinculadas às normas e regulamentos aprovados pela ANEEL, não podendo o conteúdo das mesmas ser modificado pela concessionária ou consumidor, a ser aceito ou rejeitado de forma integral.

Os consumidores do Grupo B (baixa tensão- < 2.300 Volts) são classificados em:

- B1 – residencial;
- B2 – rural;
- B3 - demais classes; e
- B4 - iluminação pública.

Os consumidores de baixa tensão (Grupo B) são classificados ainda de acordo com o número de fases.

São três os tipos de fornecimento, conforme o número de fases:

- **Tipo A** – monofásico – dois condutores (uma fase e o neutro);
- **Tipo B** – bifásico – três condutores (duas fases e o neutro); e
- **Tipo C** – trifásico – quatro condutores (três fases e o neutro).

Para determinação destes, deverá ser calculada a carga instalada de cada unidade consumidora. Esta carga será o somatório das potências nominais de placa dos aparelhos elétricos e das potências de iluminação declaradas.

Quando houver cargas de motores, deverão ser computadas as suas respectivas quantidades e potências individuais.

**Figura 10 – Instalação elétrica residencial**

Observando o funcionamento de uma instalação elétrica residencial, comercial ou industrial, pode-se constatar que a potência elétrica consumida é variável a cada instante. Isto ocorre porque nem todas as cargas instaladas estão todas em funcionamento simultâneo. A potência total solicitada pela instalação da rede a cada instante será, portanto, função das cargas em operação e da potência elétrica absorvida por cada uma delas a cada instante

### **Consumidor do grupo A**

São os consumidores de alta tensão (tensão maior ou igual a 2.300 volts).

Para cargas com potência superior a 75kW é inconveniente para a concessionária realizar a alimentação de energia em baixa tensão, pois teria que construir subestações em via pública e instalar cabos de grande capacidade de corrente em propriedades particulares (empresas).

Defini-se uma subestação como um conjunto de aparelhos e equipamentos destinados a modificar as características da energia elétrica (tensão e corrente), permitindo a sua distribuição aos pontos de consumo em níveis adequados de utilização

Subestação do consumidor é aquela construída em propriedade particular suprida através de alimentadores de distribuição primários originados da concessionária. A partir da subestação a concessionária fará o fornecimento em tensão primária de 15 ou 25 kV.

Figura 11 – Subestação em plataforma



Os consumidores do grupo A (média tensão = 2,3 kV até 69 kV) são classificados em:

- A3 - 69 kV
- A3a -30 kV a 44 kV – normal 34,5kV
- A4 - 2,3 kV a 25 kV – normal 13,8kV
- AS - sistemas subterrâneos

### Estrutura tarifária

A estrutura tarifária refere-se ao conjunto de tarifas aplicáveis aos componentes de consumo de energia elétrica e ou demanda de potência ativa, de acordo com a modalidade de fornecimento.



#### Fique ligado!

No Brasil, a estrutura tarifária é regida pela ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica – por meio da Resolução nº 456/2000, que estabelece as *Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica*.

Analise, a seguir, os tipos de tarifa praticados no Brasil.

## Tarifa convencional

Vamos entender a terminologia, diferenças, semelhanças e aplicações da tarifa convencional.

As tarifas elétricas em vigor são denominadas *tarifas binômias*, tendo dois componentes básicas na definição do seu preço:

- um componente relativo à medida de potência elétrica, denominado *demanda*, que é expressa em kW;
- um componente relativo ao consumo de energia ativa, expresso em kWh.



### Fique ligado!

A expressão do consumo de energia ativa é a seguinte:

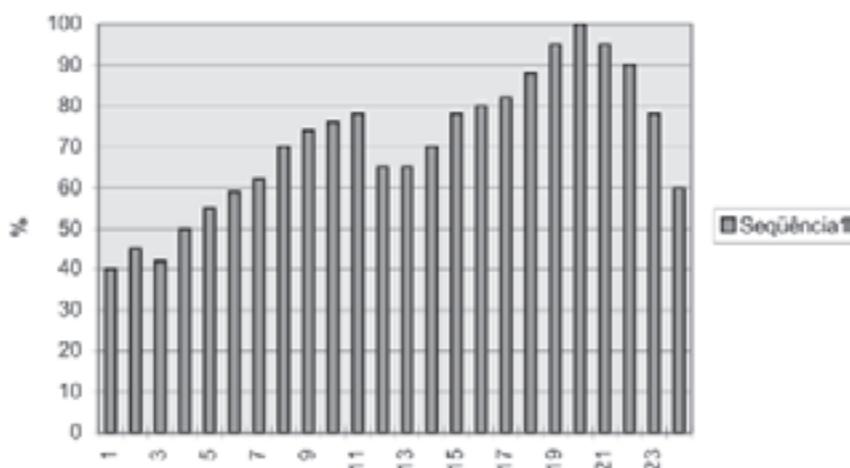
Preço da conta = tarifa demanda X demanda + tarifa consumo X consumo + impostos

Este tipo de tarifação não estabelece diferença de preço ao longo das horas do dia, nem leva em consideração os períodos do ano. Para o consumidor tanto faz utilizar a energia elétrica no final da tarde, bem como de madrugada, sendo da mesma forma indiferente o mês da utilização. Até 1981, a tarifação convencional era o único tipo de tarifa existente.

## Tarifas horosazonais

Vamos analisar o próximo gráfico que expressa como é utilizada a energia elétrica de uma cidade, região etc. ao longo do dia. Este gráfico é denominado de *curva de carga*.

Gráfico 2 – Curva de carga



Podemos observar que no horário das 17h às 22 horas, existe um aumento do uso de eletricidade e este aumento se dá devido a diversos fatores.

Neste período ligam-se as luzes das ruas, entrando a iluminação pública. Outro fator que exerce forte influência são os consumos residenciais, com uso de chuveiros elétricos que, neste intervalo de tempo, estão ligados.

Outro componente que contribui para o aumento neste horário são as cargas industriais, isto é, empresas que neste período permanecem trabalhando.

O comércio também contribui com este aumento de consumo de eletricidade no horário das 17h às 22 horas, com da iluminação de vitrines e com os *shopping centers*, que normalmente encerram suas atividades entre 21 horas e 22 horas. Podemos, ainda, somar a estes componentes os consumidores rurais e outros.

É justamente neste intervalo que o sistema elétrico tem o seu maior carregamento, variando um pouco de região para região.



**Fique ligado!**

O horário de maior carregamento elétrico da concessionária é denominado *horário de ponta*.

O mercado elétrico, além do componente de carga ao longo do dia, varia também em função da disponibilidade média de água nos mananciais, ao longo do ano, uma vez que a predominância da geração de energia elétrica no Brasil se dá com a utilização de recursos hídricos.

Em função da disponibilidade hídrica, foram classificadas duas (2) épocas do ano:

Período seco - compreendido nos meses de maio à novembro e que corresponde ao período em que a disponibilidade de água fluente nos mananciais é mínima; e

Período úmido - compreendido nos meses de dezembro de um ano até abril do ano seguinte, período de maior precipitação pluviométrica.

**Figura 12 – Período seco e período úmido**

Período Úmido (PU)				Período Seco (PS)							PU
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez

No horário de ponta, devido ao maior carregamento das redes de distribuição, cada novo consumidor a ser atendido custará mais à concessionária uma vez que para atendê-lo haverá necessidade de ampliação do sistema.

O fornecimento de energia no período seco leva à necessidade de se construir grandes reservatórios para estocagem de água e, eventualmente, operar com usinas térmicas alimentadas por combustíveis derivados do petróleo, o que implica aumento de custos para a concessionária.

Devido a estas características do comportamento da carga ao longo do dia e ao longo do ano, foi concebida uma estrutura tarifária denominada *horosazonal*.



## Fique ligado!

A tarifação horosazonal aplica preços diferenciados à energia elétrica, de acordo com o horário do dia (horários de ponta e fora de ponta) e período do ano (seco e úmido).

O objetivo é o de estimular o uso de energia elétrica em outros horários que não sejam de ponta e reduzir o consumo de energia elétrica nos períodos secos.

A estrutura tarifária horosazonal passou a ser implantada no Brasil em 1982 atendendo inicialmente consumidores ligados em tensão igual ou superior a 69 kV. Posteriormente, a nova modalidade tarifária foi estendida a consumidores ligados em tensão inferior a 69 kV e com demanda superior a 500 kW.

A partir de 11/02/88, por meio da Portaria DNAEE n.º 033, esta modalidade tarifária foi estendida a unidades consumidoras atendidas com tensão abaixo de 69 kV e com demanda inferior a 500 kW.

### Tarifa horosazonal verde

Modalidade de tarifa que aplica preço único para a parcela da demanda (kW) e preços diferentes para a parcela do consumo (kWh), de acordo com as horas de utilização do dia e período do ano.

Quadro 1 – Tarifa horosazonal verde

Horários do dia	Faturamento de Maio a Novembro (Período Seco)	Faturamento de Dezembro a Abril (Período Úmido)
Ponta - 3 horas (18:00 às 21:00)	consumo ponta seca	consumo ponta úmida
Fora de ponta (21h restantes)	consumo fora de ponta seca	consumo fora de ponta úmida
todo o dia (24 horas)	demanda única	

## Tarifa horosazonal azul

Modalidade de tarifa que aplica preços diferentes para a parcela da demanda (kW) e preços diferentes para a parcela do consumo (kWh), de acordo com as horas de utilização do dia e períodos do ano.

Quadro 2 - Tarifa horosazonal azul

Horários do dia	Faturamento de Maio a Novembro (Período Seco)	Faturamento de Dezembro a Abril (Período Úmido)
<b>Ponta - 3 horas (18:00 às 21:00)</b>	consumo - ponta seca demanda - ponta seca	consumo - ponta úmida demanda - ponta úmida
<b>Fora de ponta (21h restantes)</b>	consumo - fora de ponta seca demanda - fora de ponta seca	consumo - fora de ponta úmida demanda - fora de ponta úmida

## Análise das faturas de energia elétrica: vantagens para o consumidor

As vantagens para o consumidor no conhecimento das faturas de energia elétrica é a sua interpretação correta e identificação dos potenciais de economia. Os dados e o histórico do consumo de energia da empresa, poderão ser coletados por meio de planilhas específicas, possibilitando a identificação de medidas administrativas e técnicas na administração desse “produto”. Tomando como base os dados obtidos poderá ser implementado um plano de monitoramento mensal de suas faturas de energia elétrica.

O enquadramento se dá com base na legislação, carga instalada, tensão de fornecimento, classe de consumo da unidade e a região onde está localizada.

Existe a possibilidade de enquadramento em mais de um sistema de faturamento.

De acordo com o subgrupo tarifário, os consumidores do Grupo A poderão fazer a opção tarifária, conforme mostra o quadro a seguir.

Quadro 3 – Modalidade tarifária

Subgrupo Tarifário	MODALIDADE TARIFÁRIA		
	Convencional	THS - Azul	THS - Verde
A1	IMPEDIDO	compulsório para qualquer valor de demanda contratada	IMPEDIDO
A2			
A3			
A3a	disponível para contratos inferiores a 500 kw	disponível para contratos a partir de 50 kw	disponível para contratos a partir de 50 kw
A4			
AS (subterrâneo)			

### Voltando ao desafio

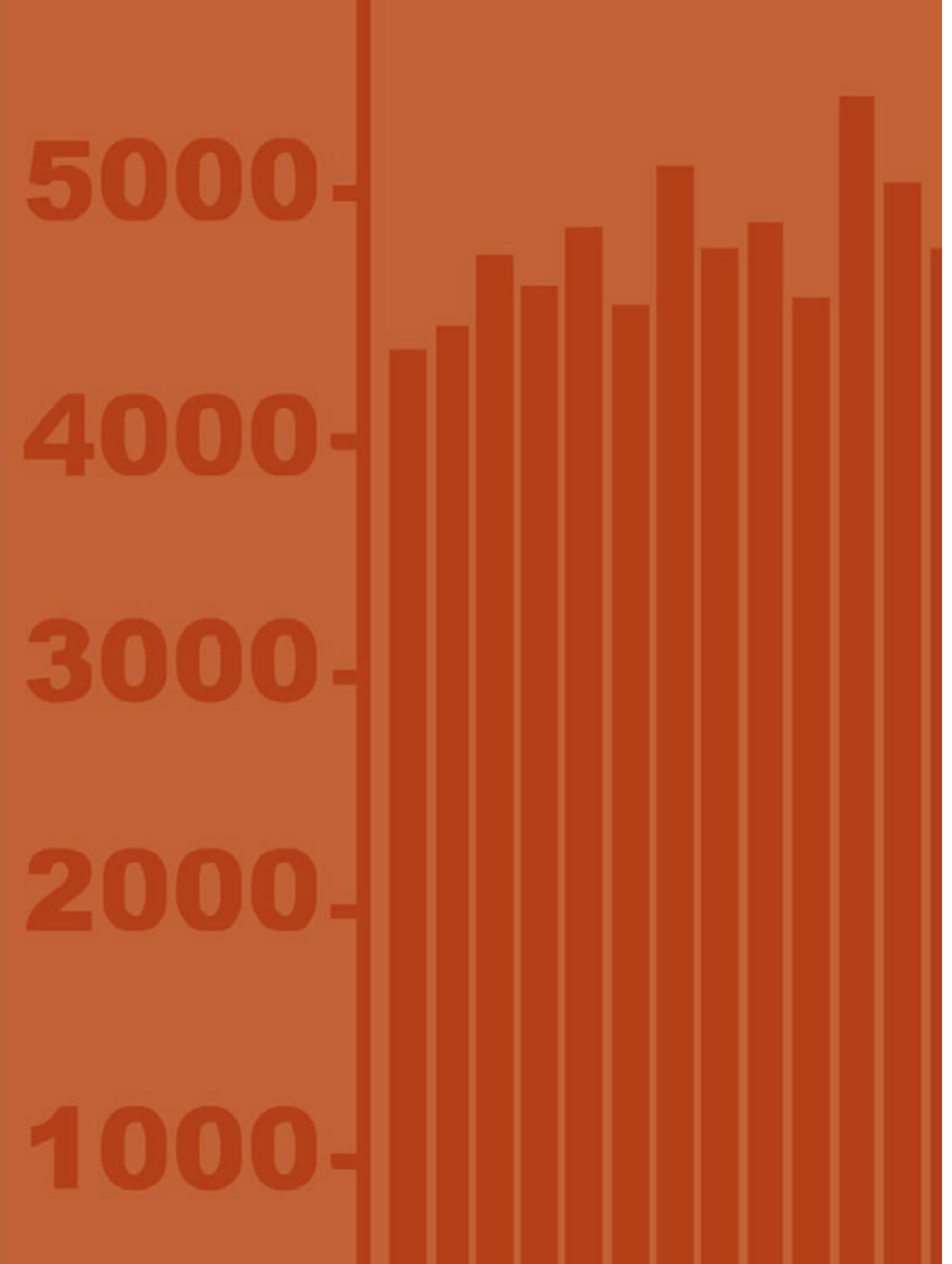
Se sua empresa possui transformador próprio e recebe energia elétrica com tensão entre 15kV e 25 kV será classificada como empresa do grupo A<sub>4</sub>. A modalidade tarifária será determinada de acordo com a demanda que sua empresa contratou. Caso sua empresa não possua transformador próprio e recebe energia elétrica em baixa tensão será classificada como consumidora do grupo B.

### Resumindo

Nesse capítulo mostramos como a concessionária classifica o consumidor final de energia elétrica. Vimos, ainda, as modalidades tarifárias oferecidas pela concessionária de energia e as definições relacionadas com energia elétrica.

### Aprenda mais

Se você tiver maior interesse por esse assunto, poderá pesquisar em uma publicação da ANEEL, chamada Resolução 456/2000.



## Capítulo 3

---

### PARÂMETROS ELÉTRICOS

#### Iniciando nossa conversa

Neste capítulo será enfocada a interpretação dos parâmetros elétricos. Vamos analisar o consumo ativo em kWh, a demanda em kW o fator de potência, o fator de carga e o preço médio. Iremos identificá-los conforme a tarifação contratada.

#### Objetivos

Os objetivos de estudo deste capítulo são:

- Conhecer os parâmetros elétricos mais significativos; e
- Identificar os vários parâmetros elétricos que aparecem numa fatura de energia elétrica.

#### Um desafio para você

De posse da fatura da energia elétrica você deverá reconhecer os parâmetros elétricos mais significativos. Qual foi o consumo ativo? Qual foi a demanda faturada? Qual o contrato de demanda feito por sua empresa? Com relação ao fator de potência sua empresa pagou multa por reativo excedente? Como está o fator de carga?

Vamos identificar esses indicadores conforme a modalidade tarifaria contratada junto à concessionária.



**CEEE**  
COMPANHIA ESTADUAL  
DE ENERGIA ELÉTRICA-RS

COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA  
Sede - Praça de Coíratins  
JOAQUIM PORTO VILLANOVA, 201 - CEP 91410-000  
Porto Alegre - RS CGC : 92.716.812/0001-31 Inscr. Est. 0960943214  
Série Única nº: 6352472252/56759

Número do Cliente

Nome do consumidor e dados da unidade consumidora

H

L

P 1 03 33

E

L

Nº. Instalação 2472252-0 Códico deBilho em conta corrente

Nº. medidor kWh kWh 44110257 kWh 44110257

**Indicadores de Continuidade**  
Conjuntos: PDA-BOM FIM urbano  
Relativos a SET/2002

DIC - Interrupções		FIC - Interrupções	
meta	Verificado	meta	Verificado
100/12min/10000min	91,8	0	0

DEC - Interrupções		FEC - Interrupções	
meta	Verificado	meta	Verificado
30/30min /104/30min	3,9	0,47	0,47

HSV SUBGRUPO A4 (2,1 KV/25KV) COMERCIAL, SERVI E OUTRAS ATIV

TENSÃO NOMINAL 13800 V

Produto	Constante	Leitura Anterior 10 OUTUBRO	Leitura Atual 11 NOVEMBRO	Valor	Descrição	Quantidade	Preço	Valor R\$
kWh P	0,00015	78842	81181	1827	C. ATIVO PONTA	1827	1,0388	8.882,13
kWh FP	0,00015	88472	79828	147427	C. ATIVO F PONTA	147427	0,109047	14.896,02
kW	0,0006	1065	5106	318	DEMANDA	308	11,80	3.546,36
UFER P	0,00015	2858	2813	11	C. REAT. EXCED. PON	11	1,0388	10,58
UFER FP	0,00015	1824	1829	108	C. REAT. EXCED. F.P	108	0,109047	10,91
DMCR	0,00015	3886	4277	308	D. MAL. CORR. PONTA	157704	0,0076	1.198,85
					CAP. EMERGENCIAL			

Demanda Contratada kW

FPJ - Ponta Ponta Útilidade 330

PU - Ponta Útilidade 330

FPS - Ponta Ponta Base 330

PS - Ponta Base 330

RTT 480 0,00 %

Faturamento NORMAL

NOVEMBRO/2002 PERÍODO SECO

Emissão 15/11/2002

Apresentação 12/11/2002

Leitura Prevista 10/12/2002

ICMS (valor incluído no preço)

Base p/cálculo	Aliq.	R\$
29.546,14	25%	7.386,54

Consumo

157.704 kWh

Vencimento

20/11/2002

Total em Reais

29.546,14

## Continuando nossa conversa

### Parâmetros elétricos: definição

A matéria prima componente de um produto é quantificada por seu peso, por número de peças, por litros etc. e a energia elétrica é avaliada por meio de seus parâmetros elétricos.



## Fique ligado!

Parâmetros elétricos são números indicadores que expressam como está sendo utilizada a energia elétrica.

Os parâmetros elétricos podem ser:

- primitivos, isto é, por si só são auto-explicativos;
- e números que estão relacionados com outras variáveis e que devem ser calculados, a partir de algumas fórmulas.

### A conta de eletricidade

Figura 13 – Fatura de energia elétrica



**COENER**  
Companhia Energética

PARA CONTATO COM O COENER  
INFORME ESTE NÚMERO  
DE IDENTIFICAÇÃO

**99.9999-9**

---

Companhia Energética  
Rua Capitão Miranda, 188 - Aracaju - SE - CEP 55065-000  
CNPJ 06.999.999-99 - Inscricao Estadual 050.999.99  
Endereço eletrônico: www.coener.br

**FULANO PROVEDO MIRANDA**  
AV. DAS FLORES Q.10-C.10, SÃO FRANCISCO  
ARACAJU - SE

---

Mês faturado: MAR/2006  
Apresentação: 12/05/2006  
Lectura atual: 5624 12/05/2006  
Lectura anterior: 5421 11/04/2006  
Dias de consumo: 31  
Resíduo kWh:  
Próxima leitura: 09/06/2006

Classificação: RESIDENCIAL  
Ligação: BIFÁSICA  
Medidor kWh: 0000000000  
Constante: 1.00000000  
Média anual kWh: 174

**Consumo médio em kWh: 183**

---

CNPJ / CPF: 000.000.000-00

---

**HISTÓRICO DE CONSUMO**

MÊS / ANO	CONSUMO						
ABR/06	182	JAN/06	189	OUT/05	175	JUL/05	188
MAR/06	189	DEZ/05	186	SET/05	175	JUN/05	192
FEV/06	179	NOV/05	188	AGO/05	145	MAY/05	151

---

TARIFA FAZDA CONSUMO: 183 kWh a R\$ A R\$ 0,546425 = 100,30

CONTRIBUIÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA: 3,83

ATENDEDO RESOLUÇÃO DA ANEEL Nº 181/05, INFORMAMOS QUE A TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA É COMPOSTA DE:

ENERGIA ELÉTRICA	R\$ 37,30
TRANSMISSÃO	R\$ 4,36
DISTRIBUIÇÃO	R\$ 30,19
ENCARGOS SETORIAIS	R\$ 1,82
IMPOSTOS	R\$ 19,44
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 100,30</b>

Reservado ao Fisco: 3041.9087.0000.0007.7094.9123.991A

---

**INDICADORES DE CONTINUIDADE**

CONZ. ELÉTRICO: AV. DAS FLORES

DATA DE REF.: 03/05/06

DMC:	FC:	DMC:
1,00	1,00	1,00

**Vencimento: 07/06/2006**      **Total a pagar: 103,83**

Base de cálculo:	R\$ 81,40	Alíquota:	12,00%
ICMS incluído no valor da tarifa:	R\$ 12,00		
ICMS sobre o valor da subenergia:	R\$ 0,00		
Valor total de ICMS:	R\$ 12,00		
Valor PIS/PASEP:	R\$ 1,33		
Valor COFINS:	R\$ 8,15		
<b>Total:</b>	<b>R\$ 103,83</b>		

---

**SIGLA**      **DEFINIÇÃO**

DC: Tempo, em horas, que o cliente ficou sem energia elétrica.

FC: Número de vezes que o cliente ficou sem energia elétrica.

DMC: Duração máxima de interrupção contínua.

O cliente tem o direito de solicitar a suspensão dos seus indicadores DMC, FC e DMIC.

**BT: TENSÃO DE FORNECIMENTO (V)**

Tensão nominal	Limite inferior	Limite superior	Módulo
220 / 240	201 / 248	229 / 248	Bilâmetro / Têlmetro

---



**ATENDIMENTO COENER**  
0800-99-9999

REGULAÇÕES SOBRE ESTA FATURA:  
Ligue 0800-99-9999 no número no segundo dia útil após o recebimento.

**ANEEL**  
144

IDENTIFICAÇÃO: **99.9999-9**

MÊS FATURADO: **05/2006**

TOTAL A PAGAR R\$: **103,83**

VENCIMENTO: **07/06/2006**

A conta de eletricidade de cada empresa é única e a partir dela é possível montar um sistema de informações que nos permite obter os parâmetros elétricos. Com esses dados podemos acompanhar a eficiência no uso de energia.

Os parâmetros elétricos mais indicativos são:

- Consumo ativo kWh;
- Demanda kW;
- Fator de carga;
- Fator de potência;
- Consumo específico; e
- Preço médio.

A seguir, vamos analisar cada um desses parâmetros elétricos.

### **Consumo ativo (kWh)**

O consumo ativo é a quantidade de energia elétrica ativa, expressa em kWh, utilizada durante um período de 30 dias ou 730 horas/mês. A energia ativa está intimamente relacionada com a potência utilizada ao longo do período de 730 horas/mês.



#### **Fique ligado!**

Quanto maior o número de máquinas utilizadas, lâmpadas, aparelhos de ar condicionado, computadores ligados etc. maior será a quantidade de energia consumida.

Para saber qual foi o consumo ativo de energia elétrica utilizam-se medidores de kWh:

- de ponteiros;
- ciclométricos.

Confira na próxima ilustração.

**Figura 14 – Medidor de kwh de ponteiros e ciclométrico**



A leitura nos medidores é feita a partir da subtração da leitura do mês anterior da leitura do mês atual, multiplicando o resultado pela constante que é informada na sua conta de luz.

Veja, a seguir, um exemplo.

No mês anterior, em sua conta de energia apareceu um consumo de 150 kWh.

No medidor de energia de uma casa o leiturista leu 52.320 kWh (leitura atual). A leitura anterior apresentava 52.170 kWh. Para obter a valor igual a 150 kWh, ele diminuiu de 52.320 kWh o valor de 52.170 kWh.



### Fique ligado!

Nomenclatura utilizada em contas de energia.

Consumo ativo ponta indica o consumo ativo (kWh) no segmento de ponta do período de faturamento.

Consumo fora de ponta indica o consumo ativo (kWh) no segmento de fora de ponta durante o período do ciclo de faturamento.

Energia ativa ponta indica o consumo ativo (kWh) no segmento de ponta do período de faturamento.

Energia ativa fora de ponta indica o consumo ativo (kWh) no segmento de fora de ponta durante o período do ciclo de faturamento.

## Demanda de potência (kW)

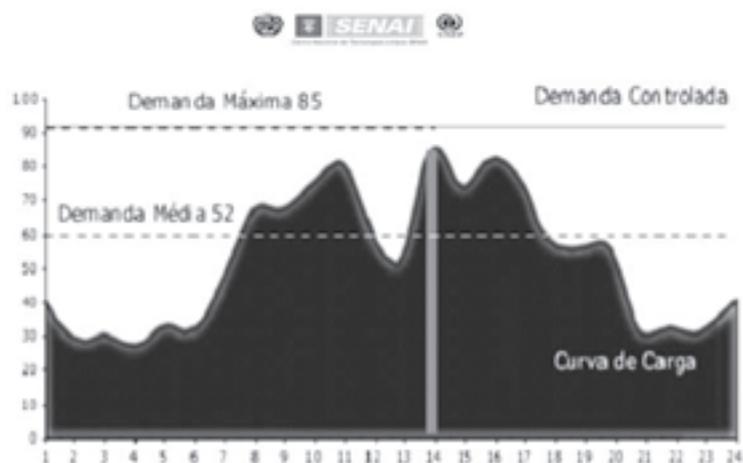
É uma medida de potência elétrica expressa em kW.

A legislação vigente estabelece que, para efeito de faturamento, será considerado o maior valor dentre:

- demanda registrada ou demanda verificada por medição; e
- demanda contratada fixada em contrato de fornecimento com a concessionária.

O gráfico a seguir representa a variação da demanda ao longo do dia. Essa variação determina a curva de carga diária obtida pela sua empresa.

**Gráfico 3 – Variação da demanda**



## Demanda faturável

A demanda faturável será o valor máximo de demanda dentre todos os valores registrados nos intervalos de 15 minutos durante o período existente entre as coletas de medição.



### Fique ligado!

A demanda faturável ou seja o valor de demanda que será utilizado para o faturamento mensal da conta e aparecerá no corpo da conta será o valor máximo obtido nas demandas registradas no período entre as medições.

### Valor mínimo contratável de demanda

O menor contrato de demanda existente para unidades consumidoras faturadas no Grupo A com tarifação convencional, horosazonal verde ou horosazonal azul é de 30 kW.

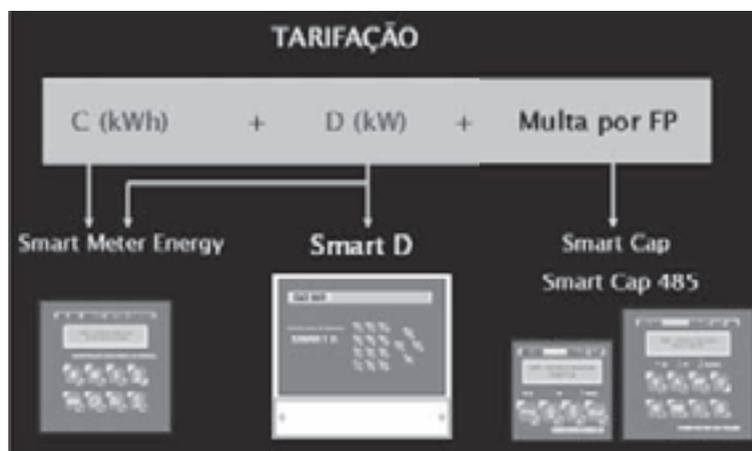
### Registro de demanda na conta de energia

De acordo com a modalidade tarifária de sua empresa, vão aparecer valores de demanda conforme descritos a seguir.

- Demanda de ponta: indica a demanda envolvida no segmento da ponta, seja no período seco (S) ou no período úmido (U).
- Demanda de fora de ponta: indica a demanda envolvida no segmento fora de ponta durante o período .
- Demanda contratada de ponta (kW): indica a demanda contratada – explícita em contrato - no segmento da ponta seja no período seco (S) ou no período úmido (U).
- Demanda contratada fora de ponta (kW): indica a demanda contratada – explícita em contrato - no segmento de fora de ponta seja no período seco (S) ou no período úmido (U).

Com o uso de gerenciadores de energia podemos controlar os parâmetros elétricos, tais como, consumo ativo, o valor de demanda, o fator de potência, além de outros indicadores, conforme indicado na figura a seguir.

Figura 15 – Gerenciador



## Ultrapassagem de demanda

A sua empresa fez com a concessionária um contrato de demanda. Ao longo do ano a produção poderá aumentar, necessitando um maior grupo de máquinas ligadas. Isso poderá causar uma ultrapassagem no valor da demanda contratada.

## Ultrapassagem de demanda contratada

É a parcela da demanda que superar o valor da demanda contratada, no caso de tarifas horosazonais, respeitados os respectivos limites de tolerância de que trata a legislação (Portaria DNAEE 033 de 11.02.88).

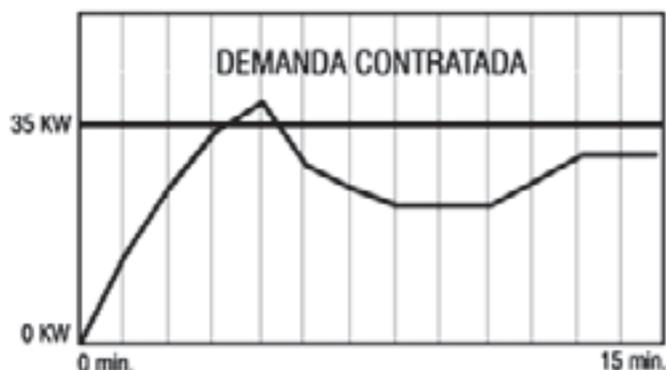
## Tolerância de ultrapassagem

Quando a sua empresa ultrapassa os valores de demanda contratada ela é penalizada por meio de multas. A concessionária estabelece um valor acima do qual a demanda poderá ultrapassar a demanda contratada sem pagar multa. A esse valor chamamos de *tolerância de ultrapassagem*, conforme descrito a seguir.

- 5% subgrupos A1, A2 e A3;
- 10% subgrupos A3a, A4 e AS; e
- 20% subgrupos A3a, A4 e AS cujas demandas contratadas, no segmento fora de ponta, sejam entre 50 e 100 kW.

No gráfico, a seguir, está representada a ultrapassagem de demanda. A demanda contratada é de 35 kW. Ao utilizarmos o gerenciador, este não permite que a demanda seja ultrapassada, pois fará o desligamento das cargas conforme uma relação de prioridades de desligamentos.

Gráfico 4 – Ultrapassagem de demanda



Vamos, agora, estudar o fator de potência.

## Fator de potência

O fator de potência indica quanto da potência total fornecida (kVA) é utilizada como potência ativa (kW).

É um numero que mostra o grau de eficiência do uso dos sistemas elétricos.



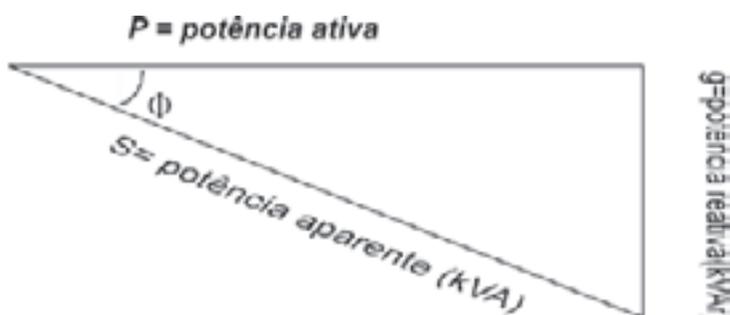
### Fique ligado!

Fator de potência é o número que indica o quanto de energia elétrica é transformada em outras formas de energia (relação entre energia ativa e reativa). Energia ativa – é uma parcela de energia transformada em energia térmica, luminosa, etc. (efetivamente transformada em trabalho);

Energia reativa – é a parcela não transformada. Os motores, por exemplo, precisam de parte da energia para funcionar. Esta energia reativa é transformada em corrente de magnetização existente nos motores elétricos e transformadores.

Podemos utilizar o triângulo das potências para demonstrar graficamente estas relações.

Figura 16 – Triângulo de potências



A equação que nos permite calcular o fator de potência está representada a seguir.

$$Fp = \frac{kW}{KVA} = \cos \Phi = \cos(\arctg \frac{kVAR}{kW})$$

A Resolução da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) 456/2000 estabeleceu:

- o valor do fator de potência é de 0,92, tanto indutivo como capacitivo;
- o ajuste por reativo excedente nas contas de energia elétrica aparece como faturamento do excedente reativo;
- nas contas convencionais, bem como nas horosazonais Verde e Azul, aparece como valores de FER na ponta (P) e fora de ponta (FP), que significa faturamento do consumo de reativo excedente e valores de FDR na ponta (P) e fora de ponta (FP), que significa faturamento de demanda de reativo excedente.

Muitas empresas não perceberam ainda que podem corrigir o fator de potência e obter vantagens nessa correção. Leia sobre este assunto a seguir.

## **Vantagens da correção do fator de potência**

As vantagens econômicas da correção do fator de potência são:

- a redução no valor das contas de energia elétrica, pois quando o fator de potência indutivo médio das instalações consideradas for menor que 92% a concessionária aplica uma multa;
- liberação de capacidade elétrica, no sistema de distribuição de energia. Em alguns casos, após o fator de potência ser melhorado, é possível adicionar cargas (motores, lâmpadas etc.) sem sobrecarregar transformadores e instalações;
- elevação do nível de tensão. Quando temos baixa tensão ocasionada por baixo fator de potência a consequência é a redução de potência nos motores;
- menor nível de iluminamento na iluminação e maior aquecimento nos motores condutores etc.;
- ao corrigir o fator de potência, pode-se elevar a tensão de 4 a 5% o que ocasiona melhora de eficiência no sistema elétrico;
- redução nas perdas de energia. Os condutores elétricos (fios / cabos) evoluíram ao longo do tempo, trazendo uma melhora na qualidade do material isolante, o que permite ao condutor trabalhar com temperaturas maiores e uma densidade de carga mais elevada no condutor.

Existem várias causas que contribuem para o baixo fator de potência; Vamos listar algumas.

### Causas do baixo fator de potência

Dentre as causas mais comuns que ocorrem no baixo fator de potência temos:

- motores operando em vazio, isto é, máquinas que ficam ligadas, mas não estão trabalhando;
- motores e transformadores superdimensionados;
- transformadores de muita potência para atender pequenas cargas. Grande quantidade de motores de pequena potência;
- lâmpadas de descarga fluorescentes, vapor de mercúrio, vapor de sódio sem reatores de alto fator de potência;
- excesso de energia capacitiva, isto é, quando para corrigir o fator de potência é colocado excesso de capacitores na rede elétrica.

### Correção do baixo fator de potência

Como corrigir o baixo fator de potência? Fazendo uso de capacitores. Vejamos, então, o que são capacitores.

Figura 17 – Capacitores



## Capacitor

É um dispositivo capaz de gerar um fluxo de energia elétrica reativa capacitiva, ou seja, com fase oposta à energia reativa dos dispositivos indutivos, diminuindo os valores de perda e queda de tensão no sistema elétrico de corrente alternada. São fabricados em diversas potências como mostrados na tabela a seguir, com os dispositivos de proteção e os condutores apropriados para a sua instalação.

**Tabela 1 –Tabela de potência de capacitores e proteções**

do Banco	Seção mínima	Fusível (A)	Disjuntor (A)	Seção mínima	Fusível (A)	Disjuntor (A)
1,0	2,5	6	10	-	-	-
2,5	2,5	10	10	-	-	-
5,0	2,5	25	20	2,5	16	15 ou 16
7,5	4	36	35	2,5	20	20
10,0	6	50	50	2,5	25	25
12,5	10	50	50	4,0	36	40
15,0	16	63	70	6,0	36	40
17,5	16	80	70	6	50	50
20,0	25	80	90	10	50	50
22,5	25	100	100	10	63	60 ou 63
25,0	25	100	125	16	63	60 ou 63

## Gerenciadores para correção do fator de potência

Com as amostras dos sinais de corrente e tensão da rede elétrica o gerenciador mede a tensão, a corrente, a potência ativa e a potência reativa, calculando, assim, o fator de potência. Este equipamento também pode ser utilizado para a monitoração da rede elétrica. O sensoriamento pode ser feito em redes monofásicas ou redes trifásicas, sendo que nesta última pressupõe-se um equilíbrio de distribuição de cargas entre as três fases.

## Instalação do gerenciador

Existem vários fabricantes de gerenciadores para a correção do fator de potência. Eles podem ser monofásicos ou trifásicos, e são instalados junto à rede elétrica da empresa para perceber as variações que ocorrem no fator de potência e corrigi-lo.



A Resolução da ANEEL 456/2000 estabeleceu:

- O valor do fator de potência 0,92, tanto indutivo como capacitivo;
- O ajuste por reativo excedente nas contas de energia elétrica aparece como faturamento do excedente reativo;
- Nas contas convencionais bem como nas horosazonais Verde e Azul aparece como valores de FER na Ponta (P) e Fora de Ponta (FP), que significa faturamento do consumo de Reativo Excedente e Valores de FDR na Ponta (P) e Fora de Ponta (FP) que significa faturamento da Demanda de Reativo Excedente;

### **Registro do fator de potência na conta de energia**

- Energia reativa: ponta indica o consumo reativo (kVarh) no segmento de ponta do período de faturamento;
- Energia reativa fora de ponta: indica o consumo reativo (kVarh) no segmento de fora de ponta do ciclo de faturamento;
- Valor DMCR ponta: indica o montante de demanda no segmento de ponta do ciclo de faturamento, devido à unidade consumidora estar com fator de potência inferior a 0,92;
- Valor DMCR fora de ponta: indica o montante de demanda no segmento de fora de ponta do ciclo de faturamento, no período devido à unidade estar com fator de potência inferior a 0,92;
- Valor UFER ponta: indica o montante de consumo no segmento de ponta do ciclo de faturamento, devido à unidade consumidora estar com fator de potência inferior a 0,92;
- Valor UFER fora de ponta: indica o montante de consumo no segmento de fora de ponta do ciclo de faturamento, no período indutivo, devido à unidade consumidora estar com fator de potência inferior a 0,92;
- Demanda reativa excedente ponta indica: o montante de demanda no segmento de ponta do ciclo de faturamento, devido à unidade consumidora estar com fator de potência inferior a 0,92;
- Demanda reativa excedente fora de ponta: indica o montante de demanda no segmento de fora de ponta do ciclo de faturamento, no período indutivo, devido a unidade estar com fator de potência inferior a 0,92.

## Fator de carga

O fator de carga é um parâmetro elétrico que expressa o grau de utilização da demanda máxima de potência. Este indicador varia de zero (0) a um (1).



### Fique ligado!

Um fator de carga baixo indica que houve concentração no consumo de energia elétrica em um período curto de tempo, isto é, se sua empresa liga quase todas as máquinas, luminárias e demais aparelhos por um pequeno intervalo de tempo, o fator de carga será baixo.

Existem tabelas de valores dos fatores de carga por tipo de atividades e por potência instalada.

Na tabela inserida a seguir no texto aparecem dois indicadores. O primeiro indicador que aparece é o *fator de demanda* (FD). Esse fator é utilizado, quando se pretende dimensionar a capacidade instalada da subestação. Esse dimensionamento é feito de acordo com uma demanda provável. O fator de demanda é uma das variáveis do cálculo, para dimensionarmos a potência dos transformadores e dispositivos de seccionamento e proteção.

O segundo indicador é o *fator de carga* (FC). Esse indicador nos mostra como foi utilizada a demanda máxima na nossa empresa. Ele relaciona a demanda média, com a demanda máxima, ao longo do tempo.

Tabela 2 – Tabela de fator de carga

<b>SETOR INDUSTRIAL</b>	<b>FD</b>	<b>FC</b>
Extração de minerais	0,58	0,19
Produtos de minerais não metálicos	0,63	0,30
Metalurgia	0,30	0,26
Mecânica	0,31	0,25
Material elétrico e de comunicação	0,42	0,30
Material de transporte	0,33	0,27
Madeira	0,37	0,20
Mobiliário	0,37	0,24
Celulose, papel e papelão	0,52	0,53
Borracha, química, produtos farmacêuticos e veterinários	0,44	0,32
Couros e peles	0,38	0,54
Produtos de matéria plástica	0,51	0,38
Têxtil	0,45	0,39
Vestuários, calçados e artefatos de tecidos	0,46	0,26
Produtos alimentares	0,57	0,30
Bebidas	0,48	0,30
Indústria de transformações diversas	0,36	0,24
Indústria de construções	0,43	0,30
<b>ATIVIDADE COMERCIAL</b>	<b>FD</b>	<b>FC</b>
Comércio varejista	0,53	0,45
Serviço de transporte	0,28	0,40
Serviço de alojamento e alimentação	0,37	0,37
Serviço de reparação, manutenção e conservação	0,35	0,31
Serviços pessoais	0,32	0,28
Serviços comerciais	0,34	0,33
Escritórios	0,44	0,45
Entidades financeiras	0,60	0,29
Fundações; entidades não lucrativas	0,41	0,28
Serviço de comunicações	0,25	0,40
<b>CLASSE DE RENDA</b>	<b>FD</b>	<b>FC</b>
Residencial	0,31	0,34
Industrial	0,50	0,31
Comércio, serviços e outras atividades	0,38	0,33
Rural	0,33	0,36
Podereis públicos	0,26	0,34
Serviços públicos	0,63	0,54

Os programas de conservação de energia focam na combinação otimizada da manutenção da quantidade de produto fabricado pela empresa – manutenção do consumo útil (kWh) - porém com efetiva redução de picos de demanda (kW) deslocando a operação de certas máquinas para outros intervalos de baixo consumo na curva de carga da instalação e na otimização dos sistemas de iluminação e refrigeração do sistema – reduzindo o consumo não operacional ou reativo (kWh ou kvarh)

Os valores dos fatores de carga podem ser calculados conforme as fórmulas a seguir.

Tarifa convencional

$$F_c = \frac{\text{consumo mensal (kWh)}}{730 \text{ horas} \times \text{demanda (kW)}}$$

Tarifa horo-sazonal verde

$$F_{c_{FP}} = \frac{\text{Consumo FP}}{D_{FP} \times 664}$$

Obs: Esta fórmula se aplica quando a empresa gerar sua própria energia elétrica por meio de gerador, ou desligar suas cargas no horário de ponta e não tiver consumo neste horário.

Tarifa horo-sazonal azul

$$F_{c_p} = \frac{\text{Consumo ponta}}{D_p \times 66}$$

$$F_{c_{FP}} = \frac{\text{Consumo fora de ponta}}{D_{FP} \times 664}$$

Fator de carga na ponta: indica o fator de carga no segmento de ponta, da unidade consumidora.

Fator de carga em fora de ponta: indica o fator de carga no segmento de fora de ponta da unidade consumidora.

## Consumo específico

Esse indicador mostra como usamos a energia elétrica para fabricar nossos produtos. Com o cálculo do consumo específico estabelecemos uma relação entre o uso de energia e a produção no processo industrial. Verificamos quanto necessitamos de energia para fabricar uma unidade de produto.

O consumo específico é um indicador pelo qual podemos verificar se estamos mais eficientes ou menos eficientes no uso da energia, pois ele nos mostra a variação de energia por unidade de produção

Os objetivos gerais da obtenção do indicador consumo específico são:

- Usar uma quantidade maior ou menor de energia para fabricar os produtos. Podemos acompanhar mensalmente como varia esse indicador e sua tendência, se está aumentando o consumo ou diminuindo (benchmarks internos).
- Comparar o consumo específico com benchmarks externos. Existem associações, órgãos de classe, sindicatos que pesquisam de forma geral indicadores relacionados a suas atividades. Por exemplo, quantidade necessária de energia elétrica para fundir uma tonelada de ferro fundido, quantidade necessária de energia para curtir um metro quadrado de couro etc. Podemos comparar a nossa empresa, com os dados nacionais e internacionais do uso de energia elétrica.

Veja a seguir a fórmula empregada no cálculo do consumo específico.

$$\text{Consumo específico} = \frac{\text{Consumo ativo mês (kWh)}}{\text{Produção física mês correspondente (Unit)}}$$

## Preço médio

Esse parâmetro elétrico faz uma composição entre a tarifa da demanda com a tarifa do consumo e, juntamente com o fator de carga, estabelece quanto custa um kWh para a unidade consumidora .



### Fique ligado!

O preço médio de eletricidade é um parâmetro que define o custo da energia elétrica para uma unidade consumidora, resultado das tarifas aplicadas e do regime de operação.

Confira, a seguir, as fórmulas para o cálculo do preço médio das tarifas.

$$P_m = \frac{TD}{FC \times 730} + TC$$

Onde:

- P<sub>m</sub> - Preço médio do KWh consumido;
- TD - Tarifa da demanda (R\$/kW);
- TC - Tarifa de consumo de energia elétrica (R\$/kW);
- FC - Fator de carga.

Cálculo do preço médio para tarifa verde:

Tarifa Verde

Para o cálculo médio da tarifa verde usa-se a fórmula:

$$P_m = \frac{TD}{FC \times 730} + \frac{CP}{CT} (TC_p - TC_{fp}) + TC_{fp}$$

Onde:

- P<sub>m</sub> - preço médio (R\$/kWh);
- TD - Tarifa da demanda (R\$/kW);
- FC - Fator de carga;

- CP - Consumo de ponta (kWh);
- CT - Consumo total (kWh);
- TCp - Tarifa de consumo na ponta (R\$/kWh);
- TCfp - Tarifa de consumo fora de ponta (R\$/kWh).

#### Tarifa Azul

A fórmula para calcularmos o preço médio nesta modalidade é:

$$P_m = \frac{CP}{CT} \left[ \frac{TD_p}{FC_p} + TC_p \right] + \left[ \frac{TD_{fp}}{FC + 664} + TC_{fp} \right] \times \left[ 1 - \frac{CP}{CT} \right]$$

Onde:

- Pm - preço médio (R\$/kWh);
- CP - Consumo de ponta (kWh)
- CT - Consumo total (kWh)
- TDp - Tarifa da demanda na ponta (R\$/kW)
- FCp - Fator de carga na ponta
- TCP - Tarifa de consumo na ponta (R\$/kWh);
- TDfp - Tarifa da demanda fora de ponta (R\$/kW)
- FC - Fator de carga;
- TCfp - Tarifa de consumo fora de ponta (R\$/kWh).

O preço médio na ponta calcula-se da seguinte forma:

$$P_m = \frac{TD_p}{FC_p \times 66} + TC_p$$

O preço médio fora de ponta calcula-se da seguinte forma:

$$P_m = \frac{TD_{fp}}{FC_{fp} \times 664} + TC_{fp}$$

## Impostos

O ICMS é um tributo de competência dos governos estaduais e do Distrito Federal, previsto no parágrafo 3º, do artigo 155, da Constituição Federal. O ICMS é cobrado de forma diferenciada na conta de energia elétrica no território brasileiro. Cada estado da federação definiu um valor de alíquotas que são aplicados às diferentes classes de consumidores. A energia elétrica está sujeita a incidência do ICMS por ser considerada uma mercadoria.

O ICMS incide sobre o fornecimento de energia elétrica e é devido por alíquotas aplicáveis sobre o importe da conta. Na classe residencial, a aplicação da alíquota é de acordo com o consumo mensal.

O ICMS é calculado sobre o importe da conta de energia, segundo a seguinte fórmula:

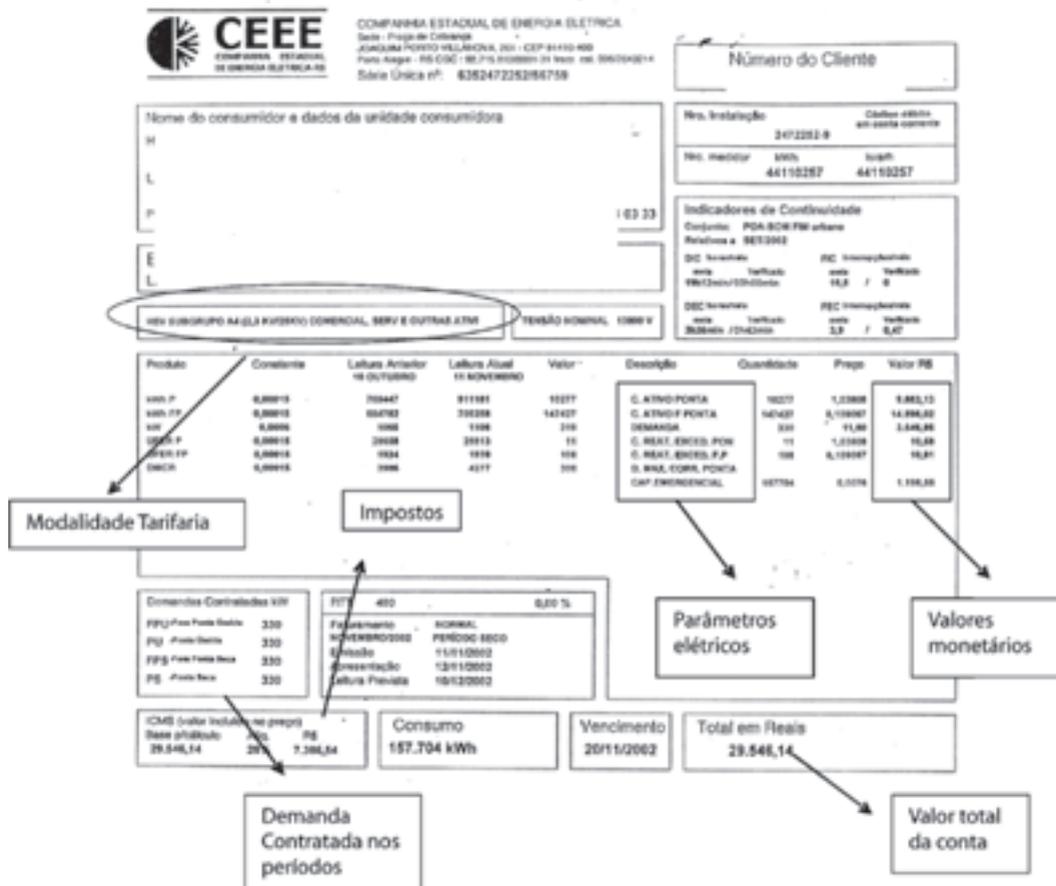
$$ICMS = \frac{I \times A}{1 - A}$$

onde:

- I - Importe da conta em R\$;
- A - Alíquota do ICMS em %.

## Voltando ao desafio

Após analisar os parâmetros elétricos indicados na conta de energia de sua empresa você pode verificar a modalidade tarifária contratada, pois esse indicador esta na conta de energia. Você verifica a demanda contratada e se a ultrapassou. Observa se sua empresa necessita corrigir o fator de potência pois esta pagando multa por reativo excedente.



A fatura que aparece anteriormente é um modelo de uma concessionária do Rio Grande do Sul, a Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE. Nela podemos verificar:

- a modalidade tarifaria contratada;
- os valores de demanda contratado nos períodos úmidos e secos;
- os indicadores elétricos, os chamados parâmetros elétricos;
- os valores monetários;
- os impostos pagos.

Pela análise da fatura podemos identificar:

- a empresa tem um contrato horosazonal verde e pertence ao setor comercial;
- os valores de demanda contratada no período úmido e seco são iguais, 330 kW;

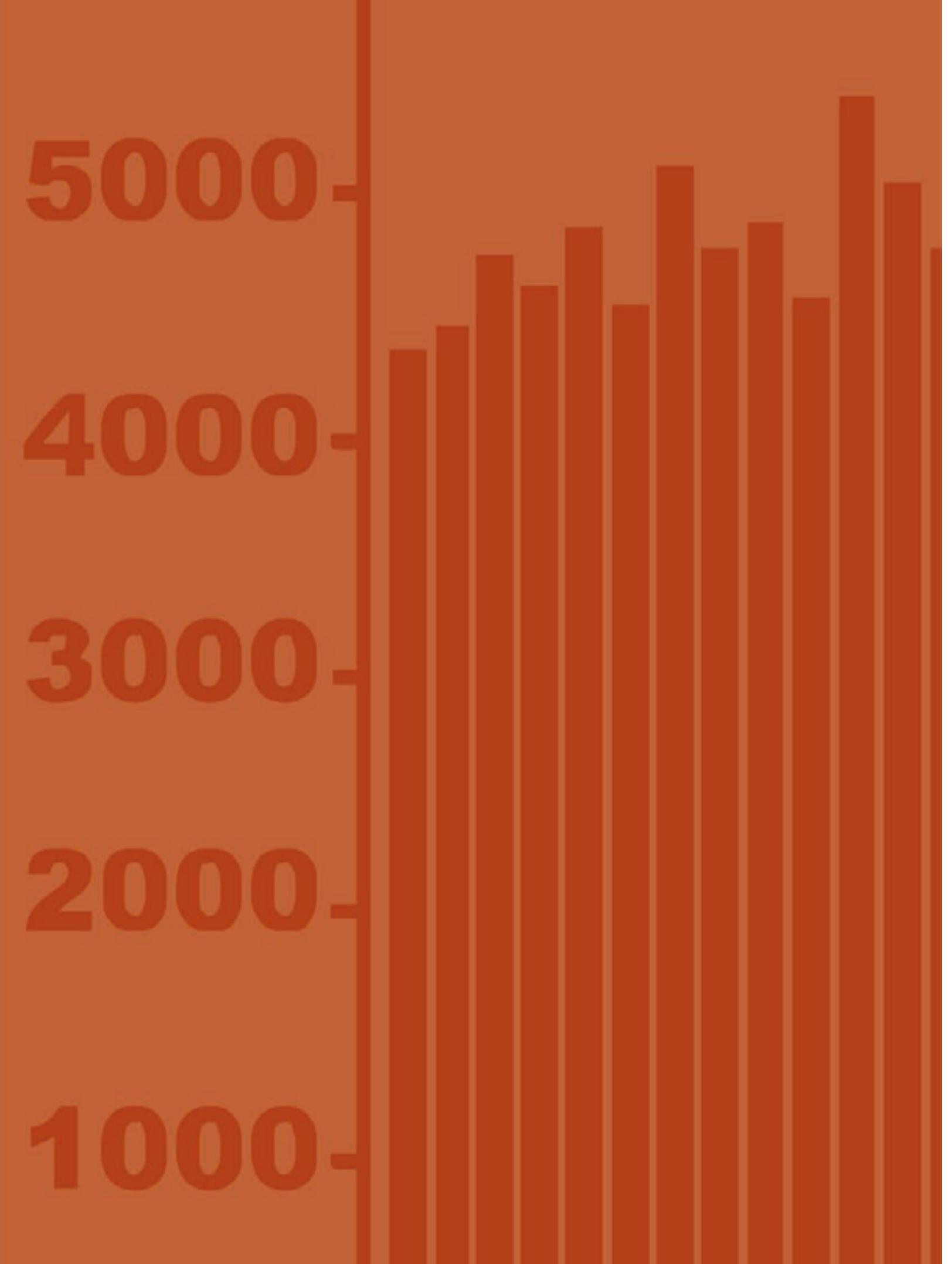
- a empresa apresenta consumo em kWh no horário de ponta;
- esta apresentando problemas com o fator de potência pois aparece consumo reativo excedente em ponta e fora de ponta.

## Resumindo

Nesse capítulo vimos como calcular os diversos indicadores, chamados de *parâmetros elétricos*. Esses indicadores mostram o comportamento elétrico da empresa. São importantes na tomada de decisão, na substituição de equipamentos elétricos, de processos que envolvam mais ou menos consumo de energia.

## Aprenda mais

Se você tiver maior interesse por esse assunto, poderá consultar o *software Energia Inteligente*, do SEBRAE/RS.



## Capítulo 4

---

# QUALIDADE DE ENERGIA

### Iniciando nossa conversa

Neste capítulo são abordados os fenômenos de subtensão, sobretensão, transientes ou transitórios. Esses fenômenos estão relacionados com a qualidade da energia elétrica utilizada em sua empresa. Também apresentam relações técnica e econômica já que as proteções que utilizamos nas empresas devem, na medida do possível, interromper transientes que possam causar danos ao equipamento, operadores e pessoas envolvidas. A interrupção no fornecimento de energia causa danos econômicos, pois em muitos casos os processos térmicos envolvem refratários que necessitam serem refeitos

### Objetivos

**Ao estudar estes assuntos, são nossos objetivos:**

- Conhecer os fenômenos envolvidos com a qualidade da energia elétrica;
- Identificar os tipos de falhas que podem ocorrer no fornecimento e no uso de energia na sua empresa.

### Um desafio para você

Um vendedor de equipamentos elétricos procurou sua empresa, para vender um filtro para eliminar transientes de rede. Falou das vantagens da supressão dos transitórios, focou dados relativos a qualidade de energia e como ela afeta a vida útil dos equipamentos. Falou sobre os inconvenientes das baixas tensões, das sobretensões e de como eles influenciam a durabilidade dos equipamentos. Falou das harmônicas e de como elas afetam economicamente a sua empresa. Você vai comprar?

## Continuando nossa conversa

### Qualidade da energia elétrica

Sistemas de potência apresentam vários defeitos. Os defeitos geram interrupções no fornecimento de energia e podem causar danos nos equipamentos, defeitos como:

- curto circuito;
- sobrecargas;
- sobretensões; e
- fases abertas em motores.

A qualidade do projeto elétrico e dos equipamentos envolvidos na instalação são fatores para a redução da ocorrência de defeitos. Vamos, então, estudá-la a seguir.

### Desvios da tensão

A qualidade da energia elétrica está relacionada com qualquer desvio que possa ocorrer na magnitude, forma de onda ou frequência da tensão e/ou corrente elétrica. Esta designação também se aplica às interrupções de natureza permanente ou transitória que afetam o desempenho da transmissão, distribuição e utilização da energia elétrica.

Entre esses desvios destacamos alguns considerados os mais importantes:

- desequilíbrio de tensão;
- flutuação de tensão;
- afundamento momentâneo da tensão Sag;
- elevação momentânea da tensão Swel;
- interrupção total de energia elétrica;
- variações de frequência;
- harmônicas.

Esses desvios podem ocorrer em várias partes do sistema de energia, seja nas instalações de consumidores ou no sistema supridor da concessionária. O problema da qualidade de energia vem se agravando em todo o mundo por várias razões, das quais destacamos algumas:

- instalação cada vez maior de cargas não-lineares. A crescente automação, a substituição de chaves de partida por inversores de frequência e o uso cada vez maior de CLPs, aumentam os níveis de distorções harmônicas e podem levar o sistema a condições de ressonância;
- maior sensibilidade por parte dos equipamentos instalados aos efeitos (distúrbios) de qualidade de energia.



### Atenção!

Em alguns ramos de atividade, como nos segmentos têxteis, siderúrgicos e petroquímicos, os impactos econômicos da qualidade da energia são grandes. A interrupção no fornecimento de energia mesmo que por breves instantes é causa de grandes prejuízos técnicos e econômicos.

## Desequilíbrio de tensão

As principais fontes geradoras de desequilíbrio de tensão são a presença de equipamentos como:

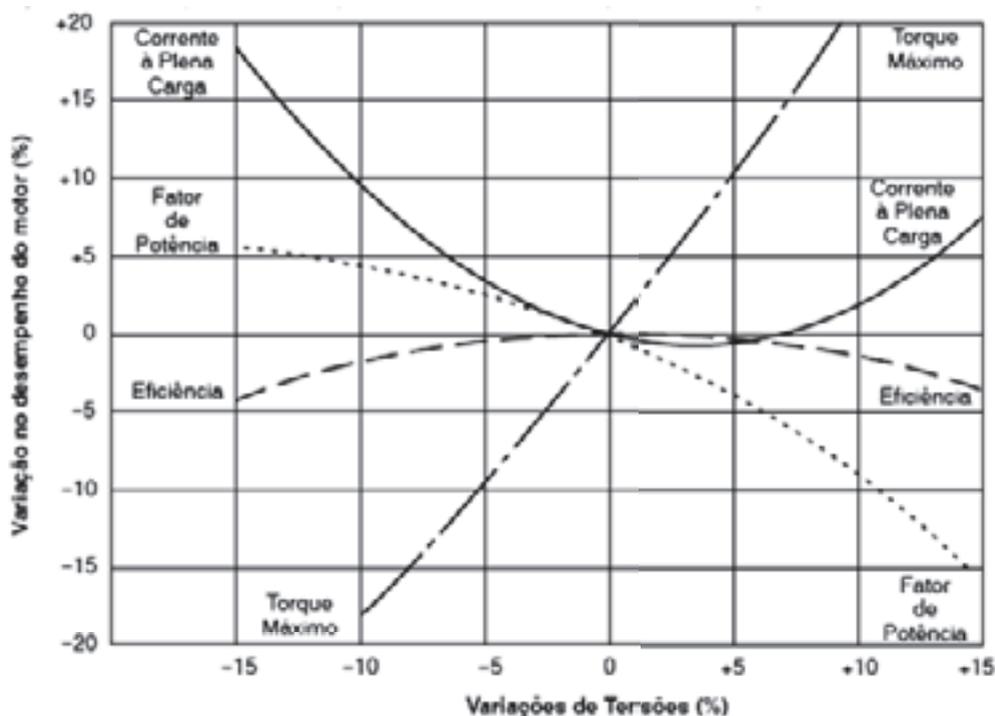
- equipamentos monofásicos;
- fornos a arco; e
- fornos a indução.

Pelo lado da concessionária, as origens destes desequilíbrios estão geralmente nos sistemas de distribuição, que possuem cargas monofásicas distribuídas inadequadamente, fazendo surgir no circuito tensões de seqüência negativa.

Pelo lado da instalação consumidora esse problema é aumentado quando consumidores alimentados de forma trifásica possuem uma má distribuição de carga em seus circuitos internos, impondo correntes desequilibradas no circuito da concessionária.

O desequilíbrio de tensão fica bastante agravado no uso de motores elétricos pois, com a variação da tensão, varia a potência, conforme o gráfico apresentado a seguir.

Gráfico 6 - Variação do motor em relação às tensões



### Flutuação de tensão

Flutuações de tensão correspondem a variações sistemáticas dos valores eficazes da tensão de suprimento dentro da faixa compreendida entre 0,95 e 1,05 pu. As flutuações são causadas geralmente por cargas industriais e manifestam-se de diferentes formas.

Nos motores elétricos apresentam oscilações de potência, torque e queda de rendimento.

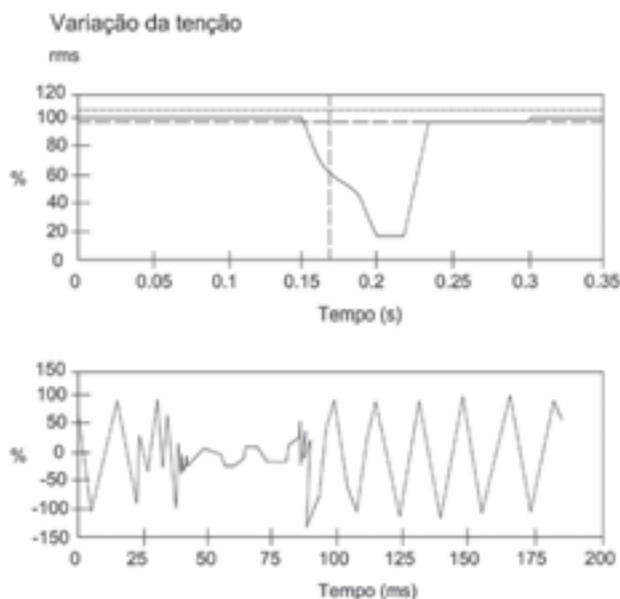
Nos sistemas luminosos apresentam interferência nos sistemas de proteção e efeito *flicker* ou cintilação luminosa.

A causa da flutuação de tensão nos sistemas industriais, geralmente, se deve a partida direta (sem utilização de chaves estrela triângulo, compensadoras, *soft-tarter*) de motores de grande potência.

## Afundamento momentâneo da tensão Sag

Em geral os afundamentos momentâneos de tensão, *Sags*, respondem por cerca de 87% de todos os distúrbios elétricos. Chama-se interrupção de curta duração quando a tensão de suprimento cai para um valor menor que 0,1 pu por um período de tempo não superior a 1 minuto, o que geralmente ocorre por faltas no sistema de energia, falhas de equipamentos e mau funcionamento de sistemas de controle. Na próxima ilustração você vê o registro de um *sag*.

Figura 19 – *Sag*



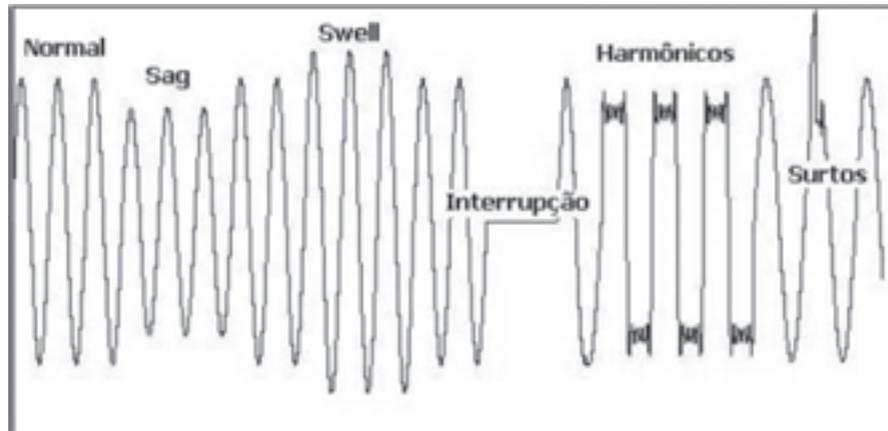
## Elevação momentânea da tensão Swell

Uma sobretensão de curta duração ou *swell* é definida como um aumento entre 1,1 e 1,8 pu na tensão eficaz, na frequência da rede, com duração entre 0,5 ciclo a 1 minuto. Este fenômeno pode estar associado à saída de grandes blocos de cargas ou à energização de grandes bancos de capacitores, porém, com uma incidência pequena se comparada com as sobretensões provenientes de faltas fase-terra nas redes de transmissão e distribuição. Esse efeito de sobretensão é causa de vários transtornos e diminuição da vida útil de equipamentos eletrônicos.

A severidade de um *swell* durante uma condição de falta é função do local da falta, da impedância do sistema e do aterramento. Sua duração está intimamente ligada aos ajustes dos dispositivos de proteção, à natureza da falta (permanente ou temporária) e à sua localização na rede elétrica.

Veja, a seguir, uma ilustração que mostra alguns desvios de tensão, harmônicas e interrupção.

**Figura 20 – Representação de transientes**



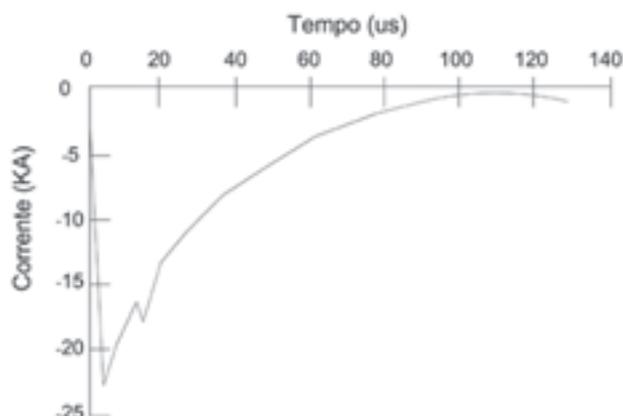
### **Interrupção total de energia elétrica**

As interrupções no fornecimento de energia, normalmente, estão associadas a fenômenos transitórios. Os transitórios são fenômenos eletromagnéticos oriundos de alterações súbitas nas condições operacionais de um sistema de energia elétrica. Geralmente, a duração de um transitório é muito pequena, mas de grande importância, uma vez que submete equipamentos a grandes solicitações de tensão e/ou corrente.

Existem dois tipos de transitórios: os impulsivos, causados por descargas atmosféricas, e os oscilatórios, causados por chaveamentos.

O transitório impulsivo (normalmente causado por descargas atmosféricas) pode ser definido como uma alteração repentina nas condições de regime permanente da tensão, corrente, ou ambas, caracterizando-se por apresentar impulsos unidirecionais em polaridade (positivo ou negativo) e com frequência bastante diferente daquela da rede elétrica. Observe na ilustração a seguir.

Gráfico 7 – Corrente transitória



A seguir vamos estudar as correntes de curto circuito, talvez as mais conhecidas por serem citadas em noticiários como as prováveis causas de incêndio em prédios residenciais e comerciais.

### Correntes de curto circuito

As correntes de curto-circuito são provenientes de falhas ou defeitos graves da instalação tais como:

- falha ou rompimento da isolação entre fase e terra;
- falha ou rompimento da isolação entre fase e neutro;
- falha ou rompimento da isolação entre fases distintas.

Como consequência, as correntes de curto-circuito produzem correntes extremamente elevadas na ordem de 1000% a 10000% do valor da corrente nominal.



### Atenção!

A corrente de curto circuito é o pior tipo de defeito da qualidade de energia elétrica pois está geralmente associada a acidentes e riscos de incêndios.

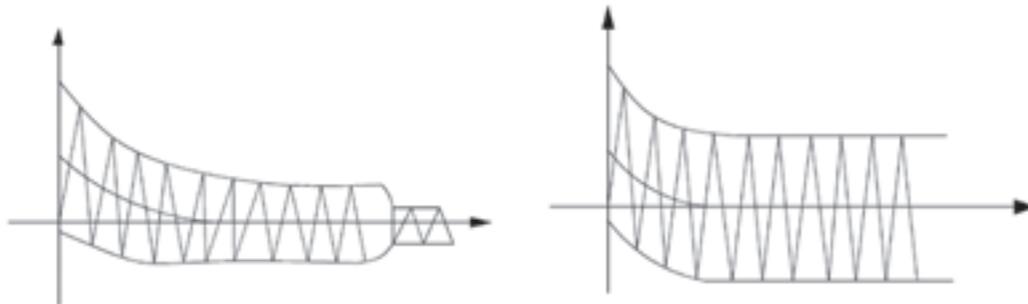
Os efeitos das correntes de curto-circuito:

- dependem da intensidade e duração;
- manifestam-se brusca, dinâmica e termicamente em todos os componentes da instalação elétrica.

A corrente de curto-circuito é a responsável pelo aparecimento do efeito térmico, causador de incêndios.

Nas ilustrações a seguir estão representadas correntes de curto circuito.

**Figura 21– Correntes de curto circuito**



### **Proteções**

Sistemas de potência apresentam vários defeitos. Os defeitos geram interrupções no fornecimento de energia e podem causar danos nos equipamentos, defeitos como:

- Curto circuito;
- Sobrecargas;
- Sobretensões; e
- Fases abertas em motores.

Para diminuir os efeitos danosos dos defeitos listados anteriormente fazemos o uso de dispositivos de proteção.

Vamos estudar, agora os tipos de proteções utilizadas em alguns equipamentos elétricos.

## Proteção de alimentadores de cabos e de linhas aéreas

Os alimentadores de cabos e linhas aéreas devem ser protegidos contra curtos circuitos. O curto circuito em cabos ou linhas pode provocar:

- fusão dos condutores;
- queima da capa isolante dos cabos;
- riscos de danos para os equipamentos conectados tais como transformadores, geradores e motores.



### Fique ligado!

A proteção das linhas e cabos das instalações industriais é feita com o emprego de dispositivos de sobrecorrente. Fusíveis, disjuntores a seco e relés de sobrecorrente são os equipamentos utilizados

## Proteção de transformadores

A proteção dos transformadores pode ser mais ou menos complexa dependendo da sua importância (subestação distribuição, subestação em cabine particular).

Os transformadores de pequeno porte (1000 kVA) são protegidos unicamente por dispositivos de sobrecorrente. Fusíveis e disjuntores são os mais utilizados.



### Atenção!

Os transformadores de qualquer tamanho que sejam conectados diretamente a linhas aéreas devem ser providos de pára-raios.

## Proteção de motores

Nos circuitos de motores há em princípio dois tipos de proteção:

- de motores contra sobrecarga; e
- dos circuitos (terminais e de distribuição) contra correntes de curtos circuitos.

## Variações de freqüência

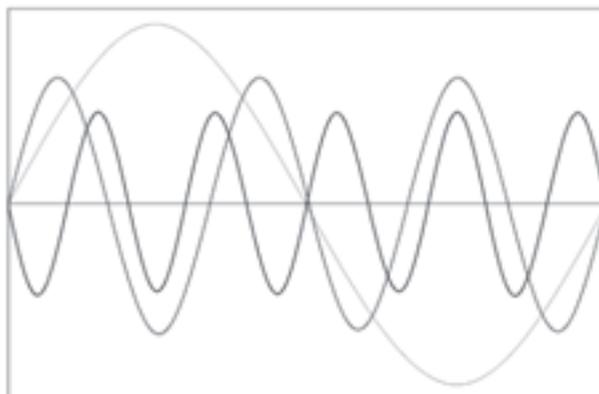
As variações na freqüência de um sistema elétrico são definidas como sendo desvios no valor da freqüência fundamental deste sistema (50 ou 60Hz). A freqüência do sistema de potência está diretamente associada à velocidade de rotação dos geradores que suprem o sistema. Pequenas variações de freqüência podem ser observadas como resultado do balanço dinâmico entre carga e geração no caso de alguma alteração (variações na faixa de  $60 \pm 0,5\text{Hz}$ ).

No caso da geração própria nas indústrias, com uso de geradores, na eventualidade de um distúrbio, a magnitude e o tempo de permanência das máquinas operando fora da velocidade resultam em desvios da freqüência em proporções mais significativas.

## Harmônicas

As correntes harmônicas são geradas pelas cargas não-lineares conectadas a rede. A circulação das correntes harmônicas geram tensões harmônicas por meio das impedâncias da rede e, então, uma deformação da tensão de alimentação. Veja na próxima ilustração.

**Figura 22 - Presença da terceira e quinta harmônica**



Uma carga é classificada como não-linear quando a corrente que ela absorve não tem a mesma forma da tensão que a alimenta. Para exemplificar podemos citar os equipamentos industriais tais como: máquinas de solda, os inversores de frequência para motores assíncronos ou motores em corrente contínua, os equipamentos de escritório, computadores, máquinas copadoras, fax.

### **Conseqüências das harmônicas**

Podemos considerar dois aspectos decorrentes das harmônicas: um técnico e outro econômico.

No aspecto técnico ela causa interrupção no fornecimento de energia pela abertura de chaveamentos e dificulta sistemas de telefonia e transmissão de dados. Com relação ao aspecto econômico, a harmônica aumenta as perdas nos transformadores e causa envelhecimento precoce dos equipamentos elétricos.

### **Voltando ao desafio**

Para comprar o filtro oferecido pelo vendedor você deve primeiramente conhecer qual o tipo de transiente que necessita eliminar para proteger seu equipamento.

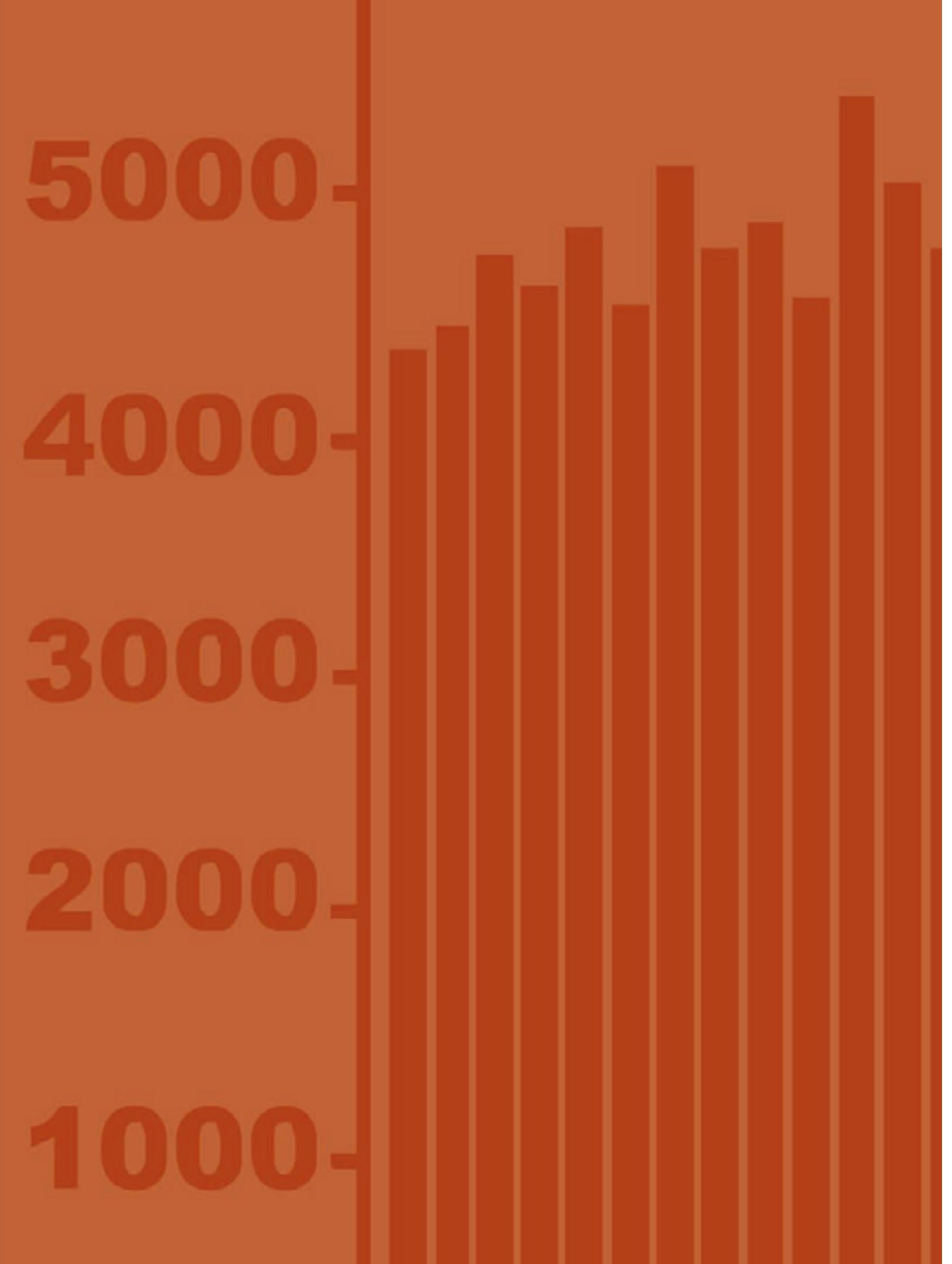
Os aspectos técnicos estão relacionados com a escolha dos equipamentos de proteção. Os aspectos econômicos estão relacionados ao custo de falta de energia.

### **Resumindo**

Nesse capítulo abordamos como os fenômenos referentes à qualidade de energia se relacionam. Vimos, também, os danos que podem causar, como correntes de curto circuito, subtensão e sobretensões e os chamados fenômenos transitórios. Informamos sobre os aspectos econômicos no uso da energia elétrica.

### **Aprenda mais**

Existem empresas especializadas em fornecer dispositivos e equipamentos de proteção contra raios, fenômenos transitórios, harmônicas. Consulte catálogos e sites a respeito do assunto para ampliar seus conhecimentos.



## Capítulo 5

---

### USOS FINAIS DE ENERGIA E BOAS PRÁTICAS

#### Iniciando nossa conversa

Neste capítulo iremos conhecer os usos finais de energias:

- sistemas de acionamentos, como motores elétricos, que são responsáveis por uma grande perda de eficiência;
- sistemas de iluminação que evoluem de forma bastante rápida com lâmpadas com melhor nível de iluminação e menor consumo;
- sistemas de ar comprimido que apresentam perdas de ar que podem ser transformadas em perdas elétricas;
- são analisados os sistemas de refrigeração através do uso de câmaras frias;
- sistemas de ar condicionado que são grandes consumidores de energia.

#### Objetivos

Neste capítulo, os objetivos de estudo são:

- conhecer os usos finais de energia nos sistemas de acionamentos, motores elétricos e suas aplicações. Sistemas de iluminação, com suas diversas lâmpadas. Sistemas de ar comprimido, compressores, distribuição do ar e tratamento do ar comprimido. Finalmente são analisados os usos finais em sistemas de refrigeração e sistemas de ar condicionado.
- ver como as boas práticas, no uso final de energia, promovem diminuição nos consumos energéticos dos sistemas mencionados.

## Um desafio para você

A empresa Eficiência Energética Ltda, esta iniciando um estudo para substituir motores standard por motores de alto rendimento. A maioria dos motores instalados apresenta potências de 15 a 25 CV. Alguns poucos motores apresentam potências maiores. O período de trabalho da empresa é de 16 horas, já que, ela tem dois turnos. O estudo foi solicitado ao setor de manutenção industrial da empresa. Para realizar essa tarefa, foi selecionado um estagiário de um curso de eletrotécnica que está na manutenção.

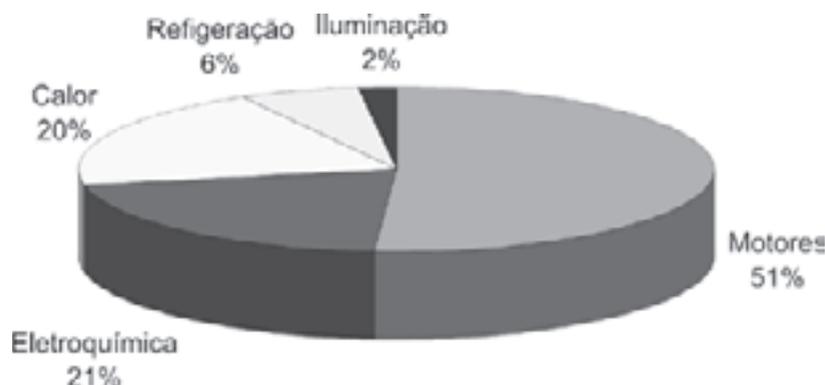
Ele se depara com o seguinte problema: que critérios deverá adotar, para escolher os motores standard que poderão entrar na lista de possíveis substituições?

## Continuando nossa conversa

### Motores elétricos

O gráfico a seguir representa em uma empresa típica a distribuição dos usos finais de energia. Podemos observar que os motores elétricos representam a maioria da carga instalada representando 51%. Pela sua importância é necessário conhecer um pouco mais sobre ele. Vamos analisar.

Gráfico 8 – Percentual de composição de carga em indústrias



Fonte: SEBRAE Programa Energia Brasil, 2003

A potência a ser transmitida, o tipo de serviço e o arranjo mecânico é que irão definir o conjunto de acionamento. Na maioria dos casos, a solução mais eco-

nômica consiste em combinar um motor elétrico com acionamento por polias e correias em v ou ainda um redutor dependendo das características de potência, velocidade única ou múltipla e condições econômicas. Para isso, os motores elétricos são os mais utilizados dentre os tipos de motores, pois têm a vantagem da utilização da energia elétrica (facilidade de transporte, limpeza, simplicidade de comando, custo relativo) com uma engenharia básica de montagem simples e grau de adaptabilidade às várias cargas.

Os motores elétricos têm seu funcionamento influenciado por aspectos construtivos, condições de carga, redes de alimentação, etc. Vamos, então, abordar os aspectos a serem considerados na utilização destas máquinas.

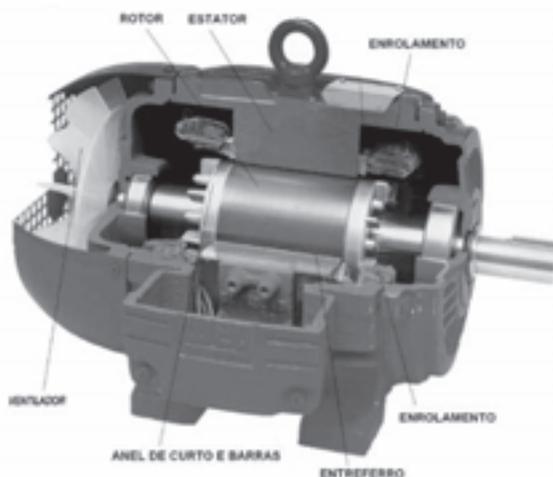
O motor elétrico transforma a energia elétrica fornecida pela rede em energia mecânica girando o rotor. Na extremidade do rotor está presa uma polia ou engrenagem que fará a máquina a ser acionada se mover.



### Fique ligado!

O motor elétrico transforma a energia elétrica fornecida pela rede em energia mecânica, girando o rotor. É constituído basicamente de estator bobinado e rotor.

Figura 23 – Motor elétrico



Ao longo do tempo foram desenvolvidos vários tipos de motores elétricos para atender às exigências do mercado.



## Fique ligado!

O motor elétrico mais utilizado devido a maior simplicidade de construção e menor custo é o *motor trifásico de indução com rotor gaiola de esquilo*.

A norma NBR 7094/00 determina os principais dados que devem constar na placa de identificação do motor bem como as abreviações recomendadas

**Placa de identificação** - a placa de identificação contém símbolos e valores que determinam as características nominais da rede de alimentação e desenvolvimento do motor. Estas informações devem ser facilmente legíveis apresentadas de maneira objetiva e não sujeitas a interpretações errôneas.

Observe na ilustração a seguir um modelo de placa de identificação do motor.

Figura 24 – Placa de identificação

<b>weg</b>		<b>CE</b>	
		NBR.7094	
~ 3 100L			
MOTOR INDICADO - GAIOLA		≤ 60	CAT. N
kW		3.7(5.0)	rpm 3500
m 1.15	vol. B Δ/∇	k w/m 8.3	IP55
220/380 V		13.8/7.91 A	
NS S 1		NS 40	AL 7
		A BASE DE LITIO	
		31.0 %	
<b>PNCEE</b>			
REND. % = 83.2%			
cos φ 0.85			

Vamos, agora conhecer alguns dos itens da placa de identificação e entender a terminologia elétrica.

**Tipos de motores:** os motores de corrente alternada oferecem grande variedade de características elétricas. Podemos classificá-las em:

- motores assíncronos com motor em gaiola;
- motores assíncronos com rotor bobinado;
- motores síncronos.

### **Modelo do motor**

O modelo do motor, indicado por um número, é a referência do fabricante para o registro das características nominais e detalhes construtivos.

### **Potência nominal**

É a potência que o motor pode oferecer dentro de suas características nominais continuamente. Deve ser dado em HP ou KW. É a potência mecânica disponível no eixo do motor quando este opera dentro de suas características nominais.

### **Tensão nominal**

É tensão da rede para a qual o motor foi projetado. As tensões nominais usuais são 220, 380 e 440V.

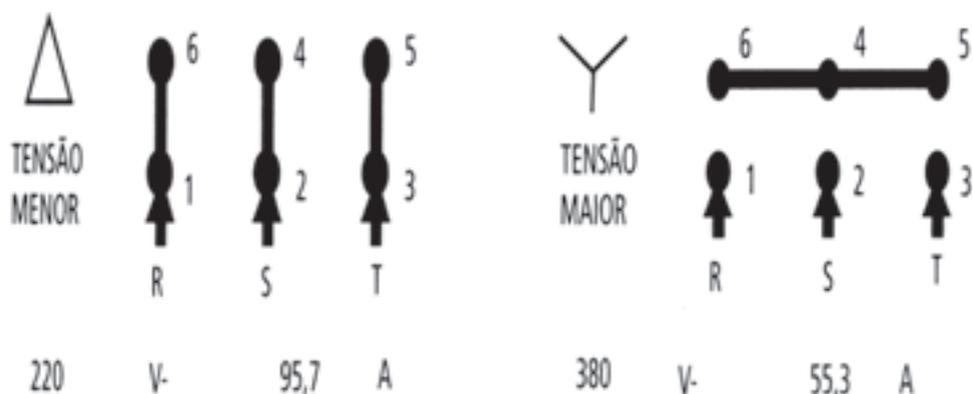
### **Número de fases**

Os motores podem ser monofásicos e trifásicos.

Normalmente os motores mais utilizados nas indústrias são os motores trifásicos, isto é, contém três (3) condutores fases e um (1) condutor neutro.

A ilustração a seguir representa a ligação elétrica de motores elétricos à rede de alimentação. O motor trifásico é ligado à rede por três fases R,S,T.

Figura 25 – Ligação de motores elétricos a rede de alimentação



Para motores cuja ligação possa ser feita de vários modos, este diagrama deve ser marcado na placa de identificação. Temos duas formas de ligação de motores: em estrela e em triângulo conforme a figura anterior.

- Na ligação estrela (tensão maior) os terminais 4, 5, e 6 são unidos fechando o centro da estrela e os terminais 1,2, 3 ligados às respectivas fases R, S, T. O ponto neutro nessa ligação pode ser conectado a terra por meio do condutor PE.
- Na ligação em triângulo (tensão menor) temos então que unir os terminais 1 e 6 na fase R, 2 e 4 na fase S e 3 e 5 na fase T.



### Fique ligado!

Corrente nominal é a corrente que o motor absorve da rede elétrica quando em funcionamento com tensão, frequência e potência nominais.

A corrente elétrica é um parâmetro importante para podermos dimensionar os condutores elétricos e os dispositivos de manobra e seccionamento do motor.

### **Freqüência nominal**

É a freqüência do sistema para o qual o motor foi projetado. No Brasil a freqüência nominal utilizada é de 60 hz.

### **Velocidade nominal**

Em rotações por minuto (rpm) é a velocidade do motor quando ele fornece a potência nominal, sob tensão e freqüência nominais.

### **Regime**

É o grau de regularidade da carga a que o motor é submetido. Os motores normais são projetados para regime contínuo. Funcionamento com carga constante por tempo indefinido e igual a potência nominal do motor.

### **Grau de proteção**

Define o tipo de proteção do motor contra a entrada de água ou de objetos estranhos.

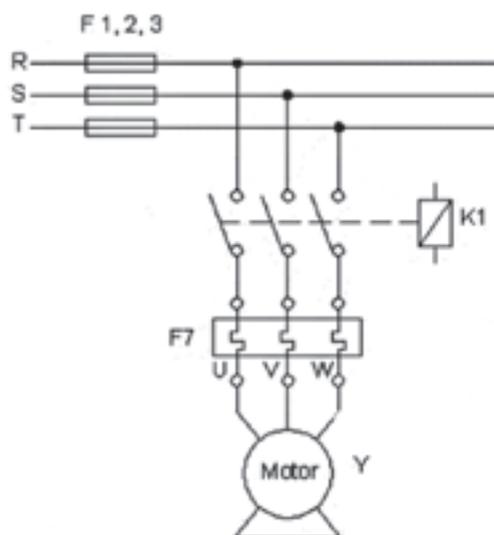
Continuando nosso estudo vamos ver como podemos partir os motores para acionar as cargas.

### **Partida do motor de indução**

De maneira geral, um motor de indução requer aproximadamente seis vezes a sua corrente nominal para partida a tensão nominal. Na maioria das utilizações, residenciais ou industriais, pequenos motores de indução do tipo gaiola, de baixa potência, podem partir com ligação direta à rede, sem que ocorram quedas na tensão de suprimento e sem que se verifique no motor um grande aumento do período de aceleração, desde o repouso, até a sua velocidade nominal.

Sempre que possível, a partida de um motor trifásico de gaiola deverá ser direita.

Figura 26 – Esquema elétrico/ partida direta



Nos casos em que a corrente de partida do motor é elevada podem ocorrer as seguintes conseqüências prejudiciais:

- elevada queda de tensão no sistema da alimentação da rede; e
- interferência em equipamentos instalados no sistema.

Os sistemas de proteção (cabos, contadores) deverão ser superdimensionados ocasionando um custo elevado.

Para diminuir os efeitos descritos anteriormente empregamos as partidas compensadas que podem ser :

- chaves estrela triângulo;
- chaves compensadoras;
- partidas eletrônicas (inversores de frequência, *soft-starter*).

Vamos entender o seu funcionamento? Leia a seguir.

### Chaves estrela triângulo

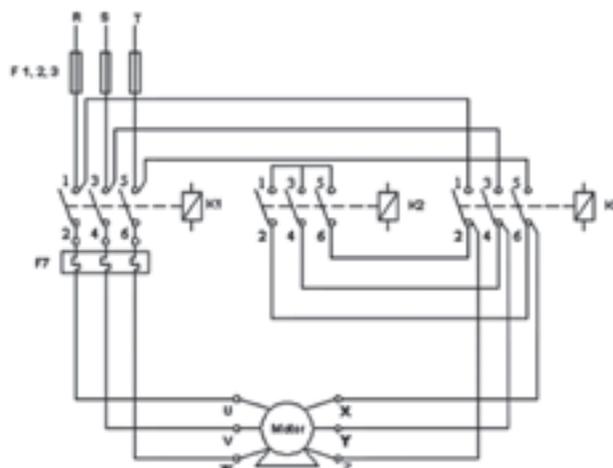
Nesse tipo de chave, o motor parte com tensão reduzida, ligado na configuração estrela, alimentando com a tensão de ligação triângulo. Decorrido um tempo,

normalmente 10 a 15 segundos, o motor atinge aproximadamente 90% da rotação nominal e comuta-se para a configuração triângulo.

As chaves estrela triângulo são apropriadas para motores que partem em vazio, isto é, sem carga ou com baixas cargas, pois o torque de partida é reduzido em aproximadamente 35% do seu valor com partidas diretas.

Para a partida com a chave estrela - triângulo é fundamental que o motor tenha a possibilidade de ligação em dupla tensão, ou seja, em 220 / 380V , em 380/660V ou 440/760V . Os motores deverão ter no mínimo 6 bornes de ligação. A chave estrela triângulo está representada pelo esquema elétrico a seguir.

Figura 27 – Esquema elétrico/ partida estrela triângulo



### Chave compensadora

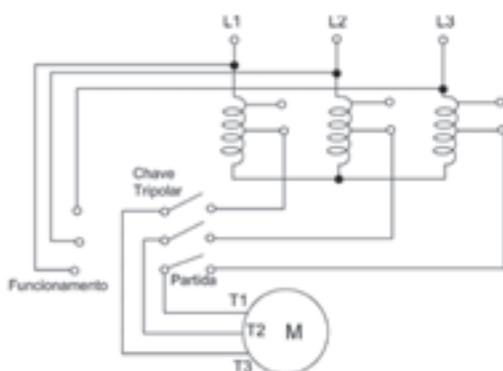
O modo de partida com uso da chave compensadora aplica-se igualmente aos motores de forte potência, com grande inércia e que parte com carga . A partida efetua-se geralmente em dois tempos, conforme explicado a seguir.

- 1º tempo: alimentação do motor sob tensão reduzida, por intermédio de um auto - transformador. O pico de corrente e o conjugado na partida são reduzidos, ambos proporcionalmente ao quadrado da relação de transformação. As chaves compensadoras (partida por auto - transformadores) são previstas para um pico de corrente e um conjugado na partida, representando 0,42 ou 0,64 dos valores em partida direta, conforme o tap de ligação do auto - transformador 65% ou 80%, respectivamente. O conjugado motor permite, assim, atingir um regime elevado.

- 2º tempo: abertura do ponto neutro do auto - transformador e conexão do motor sob plena tensão, o qual retoma suas características naturais.

A chave compensadora esta representada a seguir pelo seu esquema elétrico e uma foto ilustrativa com sua montagem.

**Figura 28 – Partida compensadora**



As chaves estrela triângulo e compensadoras estão sendo substituídas por sistemas de partida eletrônica como os descritos a seguir.

### **Partida eletrônica com *Soft-starter***

A chave do tipo *soft-starter* é apropriada para partidas e paradas controladas de motores trifásicos assíncronos e cargas. Ela controla a tensão sobre o motor por intermédio do circuito de potência. A tensão inicial nos terminais do motor é reduzida com o controle do ângulo de fase e aumentada gradativamente em rampa, a partir do valor ajustado até a tensão nominal de linha, dentro do intervalo de tempo selecionado.

A próxima ilustração apresenta a forma de atuação da chave do tipo *soft-starter*.

Figura 29 – Partida com *soft-starter*

Fonte: WEG

### Partida eletrônica com inversores de frequência

Inversores de frequência são equipamentos de baixo custo para o controle da velocidade de motores de indução trifásicos, o que gera uma economia de energia sem prejudicar a qualidade final do sistema. A grande vantagem de utilização de inversores é que, além de gerar economia de energia, também reduz o custo de instalação do sistema.



#### Fique ligado!

Os inversores possibilitam que os motores sejam acionados suavemente, sem trancos, reduzindo-se a quebra de elementos de transmissão como correntes e rodas dentadas.

O inversor de frequência é ligado na rede, podendo ser monofásica ou trifásica e em sua saída há uma carga que necessita de uma frequência diferente da rede. Para tanto, o inversor tem como primeiro estágio, um circuito retificador, responsável por transformar a tensão alternada em contínua. Após, um segundo estágio é capaz de realizar o inverso, ou seja, de CC para CA (conversor), e com a frequência desejada pela carga.

A ilustração a seguir mostra um inversor de frequência da WEG.

**Figura 30 - Inversor de frequência**



Fonte: WEG

### **Motores de alto rendimento**

Como vimos, os motores elétricos são responsáveis por parcelas entre 50 e 55% da energia consumida nas empresas do segmento industrial. Na maior parte das vezes em que um motor elétrico queima é providenciado o seu rebobinamento e colocado o motor novamente em carga. Mas, geralmente, a diferença entre o custo de rebobinagem e a reposição de motores de pequena potência (até 15 cv) é pequena, devendo-se avaliar a possibilidade de se substituir o motor por um novo.

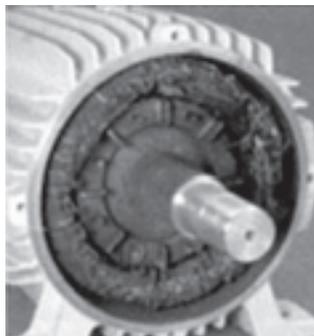


### **Atenção!**

Nos motores de maior potência a rebobinagem poderá fazer com que o motor reduza seu rendimento.

A fotografia a seguir mostra um motor elétrico queimado.

**Figura 31– Exemplo motor queimado**



Fonte: Catálogo WEG

Nas empresas ainda são encontrados motores antigos que estão trabalhando. Esses motores antigos, na maior parte das vezes, eram super dimensionados, contribuindo para diminuir o fator de potência e apresentar baixo rendimento elétrico. Essa situação é ainda mais agravada quando os motores são rebobinados várias vezes.

Os materiais elétricos desenvolvidos atualmente apresentam performances bem melhores em termos de ampacidade (condução de corrente elétrica), permeabilidade magnética, resistência a temperaturas mais elevadas por isolantes elétricos que permitiram construir motores de maior potência e menor tamanho.

Para a compra de motores novos recomenda-se estudar a possibilidade de utilizar motores de alto rendimento que podem trazer economias significativas para a indústria.



### Fique ligado!

Motores de alto rendimento apresentam vida útil maior do que motores standard, têm menores perdas, e reduzida a sua elevação de temperatura em trabalho, apresentando assim, rendimento maior.

Comparados com os motores standard, os motores de alto rendimento apresentam algumas alterações técnicas tais como:

- maior volume de chapa magnética, com baixas perdas;
- rotor tratado termicamente;
- entreferro menor, com conseqüente redução de corrente em vazio;
- maior quantidade de cobre, com redução de perdas por efeito *Joule*;
- anel de curto e barras do rotor super dimensionadas, ocasionando redução de perdas por efeito *Joule*.



## Fique ligado!

A utilização de motores de alto rendimento pode trazer diminuição no consumo de energia elétrica e se transformar em economia de energia com redução de custos.

Observe a ilustração a seguir de um motor de alto rendimento.

Figura 32 – Motor de alto rendimento



Fonte: WEG

A norma NBR 5410/04 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão- informa as medidas necessárias para que a ênfase com relação a segurança e proteção tenha como objetivo principal evitar a ocorrência de sobrecarga, curtos-circuitos choques elétricos, causas de muitos acidentes e de outros problemas sérios que poderão ser ocasionados devido ao mau uso de eletricidade.



## Atenção!

A preocupação com a qualidade das instalações elétricas é fundamental para a segurança das pessoas e integridade do patrimônio da empresa.

A seguir listaremos alguns itens que são recomendados como boas práticas no uso de motores elétricos.

### **Recomendações para o uso de motores elétricos**

- Dimensionar corretamente a potência dos motores.
- Equilibrar as correntes elétricas nas 3 fases.
- Adotar sistemas de partida compensadas.
- Instalar motores adequados ao regime de trabalho.
- Adequar o motor ao ambiente de trabalho.
- Evitar motores trabalhando em vazio.
- Adequar os condutores de acordo com a tensão e a corrente.
- Adequar o regime de trabalho – tempo de funcionamento.
- Instalar sistema de proteção adequado.
- Adequar sistemas de acionamento de cargas x motores.
- Verificar alinhamento de polias.
- Evitar deslizamento com diâmetro mínimo de polias.
- Evitar rebobinamento de motores antigos (vida útil – 10 anos) .
- Controlar temperatura ambiente.
- Evitar variações de tensão ou voltagem (redução da potência) .
- Programar corretamente o número de partidas / hora.
- Evitar partidas com cargas.
- Executar balanceamento de polias (evitar vibrações) .
- Verificar ruídos e vibrações (folga nos mancais) .
- Lubrificar periodicamente os mancais (aumenta o rendimento, diminuindo o consumo) .
- Efetuar periodicamente manutenção preventiva e corretiva.
- Evitar a ligação ao mesmo tempo de motores de grande potência (acima de 50 CV) .
- Utilizar motores de alto rendimento energético.

Na avaliação dos motores elétricos deve-se efetuar uma análise qualitativa dos dados levantados em campo (proteção, nível de tensão, estado geral das instalações, etc.), procurando um melhor desempenho do equipamento quanto à utilização da energia consumida.

## Sistema de iluminação

No Brasil, a NBR 5413/92, relaciona os valores corretos de iluminamento para cada ambiente e atividade. Nas empresas existem vários ambientes: os setores de fabricação dos produtos, restaurantes, sala de reuniões, almoxarifado, setores administrativos. Em cada um ocorrem atividades distintas, onde é necessário adequar lâmpadas e equipamentos para proporcionar conforto e saúde às pessoas que trabalham e, também, aos clientes.

O estudo de um sistema de iluminação consiste, fundamentalmente, na análise das luminâncias e das opções tecnológicas para produção e controle da luz.

A luminância é que produz no órgão visual a sensação de claridade. A percepção da luz é realmente a percepção de diferenças de luminância. Pode-se dizer, que o olho percebe diferenças de luminâncias e não de iluminação. A utilização de conceitos sobre a natureza e características da luz, propriedades de reflexão, transmissão e absorção da luz pelos corpos, são fundamentais na especificação técnica dos sistemas de iluminação.

A manipulação de conceitos pouco usuais e nem sempre perfeitamente compreendidos determina a escolha pouco eficiente do sistema de iluminação. A utilização de uma opção tecnológica equivocada ocasiona normalmente, uma perda da eficiência energética, traduzida sob a forma de desperdício de energia. Quando da especificação dos projetos de sistemas de iluminação, são necessárias algumas recomendações, como formas de atender aos requisitos de desempenho e conforto visual, e economia. Nesse sentido, destacam-se:

- manutenção do nível de luminância requerida para a execução das tarefas num determinado ambiente, de acordo com a faixa etária de seus profissionais;
- utilização de equipamentos (lâmpadas, luminárias, teto, paredes e de reatores) eficientes na produção de luz e no direcionamento do fluxo luminoso;
- modularidade possibilitando flexibilidade de operação desativando circuitos em áreas desocupadas, e complementando com luz natural, etc;

- utilização de cores que propiciem adequado contraste no plano de trabalho;
- emprego de lâmpadas que reproduzam o espectro de luz nas tonalidade requeridas pela tarefa a ser executada em função do ambiente;
- disposição geométrica adequada de lâmpadas e luminárias, evitando o emprego de materiais e situações que possam ocasionar ofuscamento;
- viabilidade de implantação e baixo custo de operação e manutenção.



### Fique ligado!

#### Eficiência energética do sistema de iluminação

As medidas que resultam em investimento, visam à substituição ou complementação dos elementos do sistema, a partir do emprego de tecnologias mais eficientes em iluminação. Com relação às medidas administrativas, (gestão) estas compreendem em reorganizar ou otimizar os equipamentos existentes e a utilização dos ambientes, sem a necessidade de aplicação de recursos elevados.

A aplicação simultânea dessas medidas propicia o pleno aproveitamento das oportunidades de aumento da eficiência no uso da energia.

Figura 33 – Sistema de iluminação



### **Análise da utilização de ambientes**

A utilização de ambientes deve ser analisada considerando os seguintes componentes:

- seu tempo de funcionamento ao longo do dia;
- a possibilidade de desligamento do sistema de iluminação no intervalo de almoço;
- seu nível de iluminância.

Vale salientar que tais análises são realizadas no período em que um ambiente permanece com o sistema de iluminação ativado, estando ou não ocupado.

### **Horário de utilização**

O horário de utilização de um ambiente iluminado por energia elétrica é definido como sendo o período decorrido entre o horário de início e o final de sua ocupação. Determina a quantidade de energia que é utilizada ao longo do dia.

Os dados obtidos em campo não permitem inferir sobre a adequabilidade do tempo de funcionamento das atividades desempenhadas por aquela organização. Entretanto, são fornecidas indicações precisas quanto ao consumo de energia no horário de ponta do sistema elétrico, ou seja, no intervalo compreendido entre 18h e 21h, período em que são praticadas tarifas mais elevadas.

Caso seja necessário manter ligado o sistema de iluminação nesse período, sugerimos, sempre que possível, seja racionalizada a sua utilização, desligando-o naqueles ambientes que não estejam sendo ocupados e até alterando-se o horário de entrada e saída dos funcionários.

### **Análise da utilização de ambientes**

O desligamento do sistema de iluminação por ocasião do intervalo de almoço, por exemplo, constitui-se numa efetiva medida de caráter administrativo que propicia a redução do seu tempo de funcionamento, e, conseqüentemente, traduz-se na diminuição do consumo de energia elétrica, mediante a racionalização de seu uso.

## Iluminância

A iluminância constitui um dado fundamental para se valorar o nível de iluminação existente. É definida como sendo a relação entre o fluxo luminoso que incide numa superfície e sua extensão, expressando-se o resultado em *lux*.

Para cada ambiente, em função do requisito da tarefa e da faixa etária das pessoas, a Norma Brasileira 5413/92 estabelece um valor médio do nível de iluminação em luxes, que deve ser obedecido no projeto do sistema de iluminação. A avaliação do desempenho do sistema de iluminação, neste item, será inferida, então, a partir da comparação dos dados obtidos em campo com aqueles especificados na NBR 5413/92.

## Informações referentes à limpeza dos ambientes

Visando manter o sistema de iluminação em condições adequadas de operação, faz-se necessária à adoção de procedimentos de limpeza dos ambientes. São eles:

- frequência - manter a periodicidade de manutenção das paredes, tetos, pisos e luminárias em todos os ambiente pesquisados;
- condição de limpeza - manter a qualidade da limpeza das paredes, tetos, pisos e luminárias do ambiente;
- atmosfera – manter, sempre que possível, o ambiente livre de partículas, vapor etc.

## Cores dos ambientes

As recomendações de caráter orientativo que possibilitam o aproveitamento das cores no melhor aproveitamento do sistema de iluminação são:

- tetos - devem ser pintados com cores claras, que se aproximem do branco, uma vez que a luz difusa refletida é espalhada uniformemente pelo interior do ambiente, dissipando as sombras e reduzindo as possibilidades de ofuscamento pelo brilho de reflexões dirigidas;
- paredes - determinam, no que se refere à cor, a atmosfera geral do ambiente, uma vez que formam o fundo sobre o qual se destaca tudo que existe no interior do recinto. Além disso, contribuem fortemente para a maximização

da componente indireta da luz. As cores que maximizam esse efeito sem, no entanto, causar efeito psicológico desagradável, são as de tonalidade clara e média;

- piso - também intervém na luminosidade do local, sendo aconselhável que sua cor seja um pouco mais escura do que as cores do teto e das paredes; o uso de cores médias e escuras é recomendável.

### **Análise de luminárias**

As luminárias são equipamentos passivos com a finalidade de:

- dirigir o fluxo luminoso da lâmpada e adaptar a distribuição luminosa à finalidade da iluminação;
- proteger contra ofuscamento (luminância excessiva);
- ocultar a lâmpada na direção de visão ou da redução da luminância (por meio de difusores de luz), a um nível suportável;
- proteger a lâmpada contra danos mecânicos ou químicos e promover adequada proteção elétrica;
- dar sustentação mecânica à lâmpada e ao reator.

Com a luminária em mau estado, a lâmpada por si só não é capaz de fornecer um bom iluminamento, desperdiçando energia. Já o rendimento de uma luminária é definido como sendo a razão entre o fluxo luminoso que sai da luminária, na posição e nas condições térmicas de serviço e o fluxo luminoso nominal da lâmpada. Tal rendimento, também chamado de *coeficiente de utilização da luminária*, é utilizado nos projetos. A avaliação do desempenho de uma luminária no sistema de iluminação é efetivada em três aspectos básicos:

- característica ótica (distribuição do fluxo luminoso);
- controle do direcionamento do fluxo luminoso (difusores refletores);
- distribuição do componente direto (espaçamento entre luminárias).



## Fique ligado!

O *lux* é a unidade que mede o iluminamento (nível de claridade) de um ambiente. Ele é obtido por meio de um instrumento chamado *luxímetro*.

### Aplicações de lâmpadas incandescentes

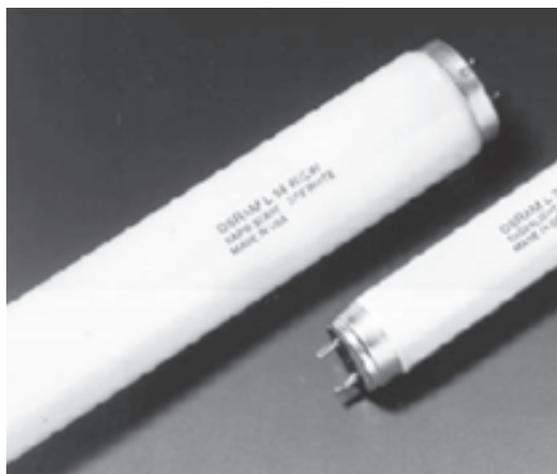
Apresentam baixa eficiência luminosa por isso sua aplicação é restrita. Mais utilizadas em iluminação residencial e de pequenos espaços. Apresentam menor custo quando comparadas com outras lâmpadas e também um alto fator de potência.

### Lâmpadas fluorescentes

São lâmpadas de descarga, onde a luz é produzido por pós fluorescentes que são ativados por radiação ultra violeta de descarga. A lâmpada normalmente possui o formato do bulbo tubular longo. O bulbo é recoberto internamente com pó fluorescente ou fósforo.

Veja na ilustração a seguir.

Figura 34 – Lâmpada fluorescente tubular



A tabela a seguir apresenta dados comparativos entre as lâmpadas incandescente e fluorescente compacta.

**Tabela 3 – Comparação entre as lâmpadas incandescente e fluorescente**

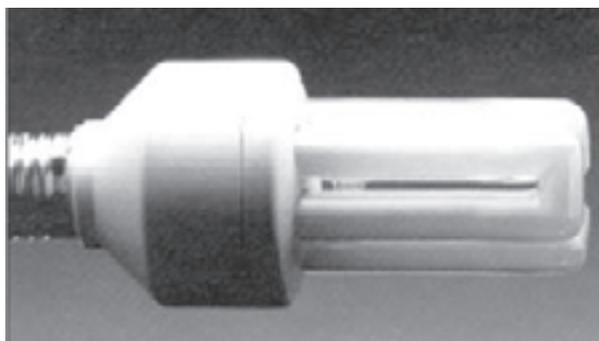
Lâmpada Incandescente	Lâmpada fluorescente compacta	Ganho % de luminosidade	Economia de energia %
25 w	5/7 w	275 %	72 %
40 w	13 w	82 %	68 %
60 w	15 w	25 %	75%
75 w	23 w	33 %	70 %
100 w	26 w	20 %	74 %

### Aplicações das lâmpadas fluorescentes

Apresentam maior eficiência luminosa, menor consumo de energia elétrica e menor aquecimento.

As lâmpadas fluorescentes necessitam de reatores para funcionarem. Os reatores são equipamentos que fornecem a tensão adequada para a partida da lâmpada e limitam a corrente. Os reatores utilizados normalmente nos hotéis são os reatores eletromagnéticos simples ou duplos por causa do custo inicial do reator eletrônico ser bem mais elevado.

**Figura 35 - Lâmpada fluorescente compacta**





## Fique ligado!

Recomendações para obter maior eficiência energética do sistema de iluminação

- Evitar o uso de luminárias embutidas em demasia, pois parte da iluminação é perdida.
- Limpar as lâmpadas e luminárias periodicamente. A poeira acumulada na superfície reduz o fluxo de luz.
- Aproveitar sempre a iluminação natural (luz do dia). É aconselhável a instalação de telhas translúcidas ou transparentes em galpões.
- Substituir reatores magnéticos por eletrônicos com alto fator de potência (maior ou igual a 0.92). Além de economizar energia aquece menos o ambiente de trabalho.
- Reduzir o número lâmpadas instaladas em uma luminária ou ambiente melhorando, assim, o nível de iluminação existente.
- Usar luminárias espelhadas aumenta a eficiência da iluminação, permitindo reduzir o número de lâmpadas por luminárias, proporcionando economia de energia.
- Usar difusores ou grades em luminárias tem o inconveniente de roubar parte da luz. Logo, sua retirada possibilita a melhoria da iluminação.
- Adotar interruptores independentes é uma alternativa inteligente quando há grandes áreas iluminadas. Eles tornam possível o desligamento de determinados locais, mantendo outros iluminados.
- Observar que a iluminação localizada, do tipo luminárias de mesa, para determinadas atividades, reduz o consumo de energia.
- Desligar as lâmpadas, ao se ausentar de uma sala ou área de trabalho.
- Usar cores claras (branco, gelo ou bege) nas paredes e tetos dos ambientes, permite reduzir a quantidade de lâmpadas.
- Reduzir a iluminação ornamental de vitrines e luminosos.
- Estudar a viabilidade de substituir as lâmpadas incandescentes pelas fluorescentes, que são mais econômicas.
- Usar lâmpadas adequadas para cada tipo de ambiente e trabalho.
- Verificar a possibilidade de instalação de sensores de presença em ambientes como *halls*, banheiros, corredores, almoxarifados etc.
- Verificar a possibilidade de instalação de interruptores temporizados (*timer*) para controle da iluminação externa, letreiros, vitrines e luminosos.
- Utilizar a quantidade de iluminância (*lux*) necessária para cada tipo de ambiente de tarefa.

## Sistema de ar comprimido

Os sistemas de ar comprimido são subdivididos basicamente em: geração, circuito de arrefecimento, distribuição e utilização. Vamos conhecê-los a seguir.

Geração – compreende as unidades compressoras, reservatórios centrais e desumidificadores localizados dentro ou nas proximidades das casas de máquinas, além de unidades ventiladoras no caso de arrefecimento a ar.

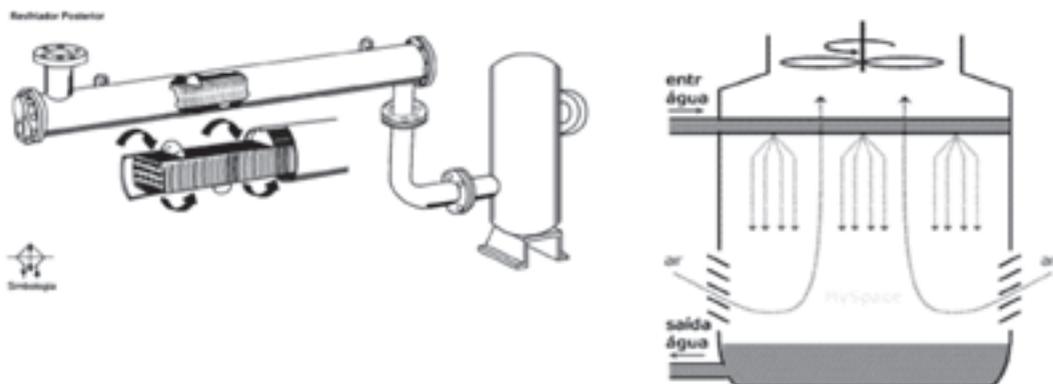
Na próxima figura, está representado um compressor de parafusos. Na primeira imagem, ele é visto com a sua cabine acústica. Na segunda é o compressor propriamente dito com os parafusos.

**Figura 36 – Compressor de parafuso**



Circuito de arrefecimento - compreende as tubulações de transporte de água de arrefecimento dos compressores, válvulas, termostatos de controle e torres de resfriamento. A primeira figura a seguir representa esquematicamente um trocador de calor tipo casco e tubo utilizado para resfriar o ar comprimido na saída do compressor. A segunda figura representa uma torre de resfriamento de água utilizada no arrefecimento do compressor.

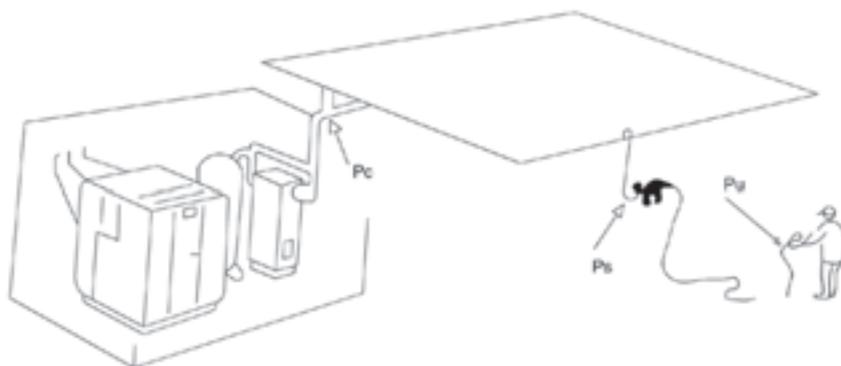
**Figura 37 – Sistema de resfriamento**



Distribuição - compreende as tubulações de transporte de ar comprimido, reservatórios alocados próximos a equipamentos de produção ou processos, separadores de condensado, purgadores, lubrificadores de linha e válvulas de controle.

A figura mostra o sistema de distribuição do ar. A rede deve preferencialmente ter um formato de anel.

**Figura 38 – Sistema de distribuição**



Utilização - compreende os equipamentos industriais como ferramentas pneumáticas, máquinas operatrizes, prensas, etc, que utilizam o ar comprimido.

Na figura a seguir vemos um operador utilizando uma ferramenta pneumática.

**Figura 39 – Ferramenta pneumática**



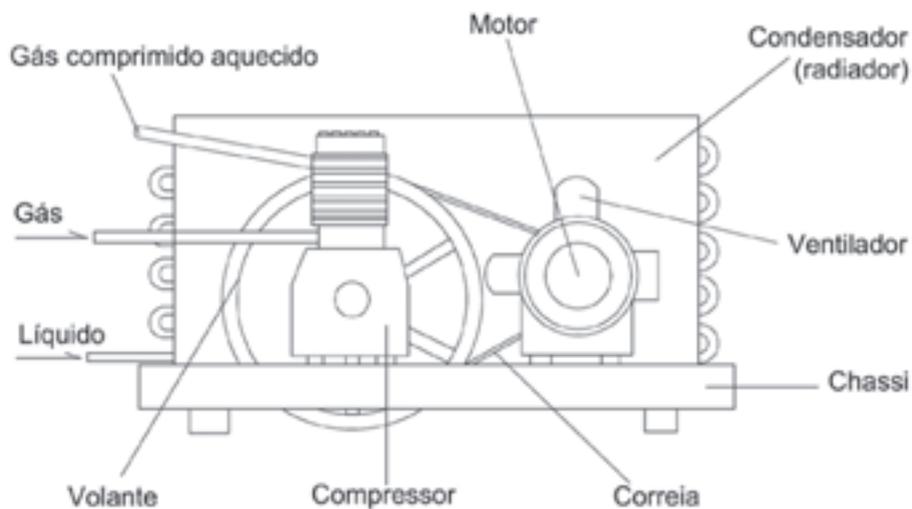
## Sistema de refrigeração

A refrigeração é um dos usos finais de importância significativa no mercado de energia elétrica, principalmente em alguns ramos industriais e de serviços, como por exemplo, a indústria alimentícia, indústria do gelo, supermercados etc.

Um sistema de refrigeração constitui-se basicamente de um ciclo fechado para um fluido frigorífico que percorre um circuito passando por compressor, condensador, válvula de expansão termostática e evaporador. Percorrendo tal circuito o fluido retira calor do meio (ou ambiente) que se quer resfriar, por meio do evaporador e o transfere ou dissipa para o ambiente exterior, através do condensador. Simplificadamente, pode ser explicado da seguinte forma: o compressor aspira os vapores do fluido frigorífico formados no evaporador, elevando a sua pressão e temperatura. Nesta condição, o fluido passa ao condensador (que é apenas um trocador de calor), onde, sob pressão constante, sofre uma transformação de estado, condensando-se (líqüefazendo-se) com a dissipação de parte de seu calor para o exterior (que pode ser feito por resfriamento direto pelo ar externo ou por água).

A próxima figura representa uma unidade de frio, com compressor, motor de acionamento e periféricos.

Figura 40 – Conjunto do sistema de frio



Uma vez líqüefeito e em temperatura próxima à do ambiente exterior, o fluido é admitido na válvula de expansão, onde sofre redução brusca de pressão, o que lhe provoca uma queda acentuada de temperatura. Nesta condição, o fluido é

admitido no evaporador, que também é um trocador de calor, onde absorve calor do ambiente ou do meio que se deseja resfriar. No caso do sistema de expansão direta, o evaporador é instalado no meio ou ambiente que se deseja resfriar, atuando assim, diretamente nesse meio ou ambiente.

No caso de sistema de condensação a água, a retirada de calor do condensador é feita por meio de um circuito forçado de água, utilizando-se bombas d'água e torres de resfriamento. Assim, para aumentar a produtividade, nesse sistema o calor do fluido é retirado do condensador pela água, calor este que é transferido à atmosfera, pelo arrefecimento da água nas torres de resfriamento.

A metodologia de análise do sistema de refrigeração baseia-se na inspeção das condições de operação, do estado de conservação e de manutenção dos diversos equipamentos que o compõem.

Analisa-se, também, as formas de armazenagem de produtos nos espaços refrigerados, o tipo de iluminação artificial adotado, os níveis de temperatura adotados para as câmaras frigoríficas, balcões e ilhas, dentre outros.

Os resultados apurados por intermédio dos levantamentos de campo devem ser confrontados com valores padronizados ou recomendados pela literatura técnica e/ou fabricantes, para cada caso, apurando-se, assim, a quantificação das economias possíveis, expressas em kWh/mês, e a conseqüente avaliação econômica de cada medida recomendada.

**Figura 41 – Mau carregamento da câmara fria**



Deve ser feita avaliação de alguns pontos de desperdícios mais freqüentes e que poderão ser eliminados sem muito investimento. Assim, são quantificadas as perdas que poderão ser eliminadas com o adequado nível da temperatura, com uso do tipo de lâmpada indicado para câmaras frigoríficas e com o adequado controle da temperatura pelo termostato. Esta metodologia deve contemplar os seguintes equipamentos pertencentes ao sistema de refrigeração: condensadores resfriados a ar e a água, condensadores evaporativos, torres de resfriamento e bombas.

A análise do sistema de refrigeração baseia-se nas condições de operação e manutenção dos diversos equipamentos que compõem este sistema e na verificação da existência e estado de manutenção de seus componentes, tais como: compressor, evaporador, condensador, torre de arrefecimento, linha de líquidos e gás, etc. Quanto à utilização, são levantadas as formas de armazenagem de produtos nos espaços refrigerados, o tipo de iluminação, as temperaturas das câmaras frigoríficas, balcões e ilhas, dentre outros. Os resultados apurados são confrontados com os valores recomendados para cada caso, apurando-se, assim, a quantificação das economias possíveis (kWh/mês), e a avaliação econômica de cada medida recomendada.

**Figura 42 – Porta da câmara fria**





## Fique ligado!

Recomendações para obter maior eficiência energética do sistema de refrigeração:

- Evitar proximidades de fontes frias e quentes.
- Manter as portas fechadas dos equipamentos de frio.
- Evitar obstruir a saída de ar frio dos equipamentos (barreiras térmicas).
- Executar isolamento térmico em toda a rede de frio.
- Adaptar as temperaturas dos equipamentos de acordo com a necessidades requeridas de conservação dos alimentos.
- Evitar a formação de gelo do equipamento; regular e o termostato.
- Evitar iluminação direta sobre os produtos congelados e/ou refrigerados.
- Evitar colocar em equipamento de refrigeração produtos ainda quentes ou em embalagens de transporte.
- Manter cobertos os balcões e as ilhas de produtos congelados durante a noite para maior conservação do frio.

## Sistema de ar condicionado

Em alguns estabelecimentos, principalmente os comerciais, o consumo de energia com ar condicionado pode representar cerca de 25% do total consumido mensalmente. O sistema de ar condicionado, pode tanto resfriar como aquecer um ambiente. O conforto térmico não significa, necessariamente, utilizar a energia de modo demasiado, mas adequar o equipamento para o uso que se pretende ter. Dessa forma, além de propiciar economia de energia, pode até aumentar a vida útil do aparelho.



## Fique ligado!

Recomendações para obter maior eficiência energética do sistema de ar condicionado

- Dimensionar corretamente a carga térmica do equipamento.
- Manter a temperatura ambiente em 24 graus centígrados.
- Evitar a obstrução do aparelho com cortinas, armários, caixas etc. dificultando a circulação do ar (desperdício de energia = média de 10%).
- Desligar aparelhos em ambientes desocupados.
- Evitar entrada de ar quente com o fechamento de portas e janelas.
- Utilizar a ventilação natural para refrescar o ambiente, ligando apenas a ventilação do aparelho.
- Verificar bloqueio das grades de ventilação.
- Efetuar limpeza e troca periódica dos filtros de ar (filtro sujo = 5% de economia e sem filtro = 10%).
- Ajustar correias e polias dos ventiladores.
- Verificar alinhamento das polias.
- Executar manutenção periódica em todo o sistema, eliminando vazamentos, limpeza de janelas, torres de refrigeração e equipamento central.

## Voltando ao desafio

Vamos ver como o estagiário separou os motores que poderão ser substituídos. Durante o levantamento ele buscou informações sobre:

A potência dos motores da empresa. Escolheu os motores de potência mais próxima de 25 CV, porque a economia nos motores de maior potência será mais impactante.

O número de horas que os motores trabalham. Como a empresa trabalha dois turnos, ele, separou os motores que trabalham durante os dois turnos. São os motores, que trabalham o maior número de horas.

Motores que já tenham sido rebobinados. Os motores rebobinados na maioria das vezes diminuem os valores de rendimento.

Motores antigos. Nos motores antigos a qualidade do material magnético não é tão boa como nos motores modernos, como consequência, apresentam maiores dimensões e menores rendimentos.

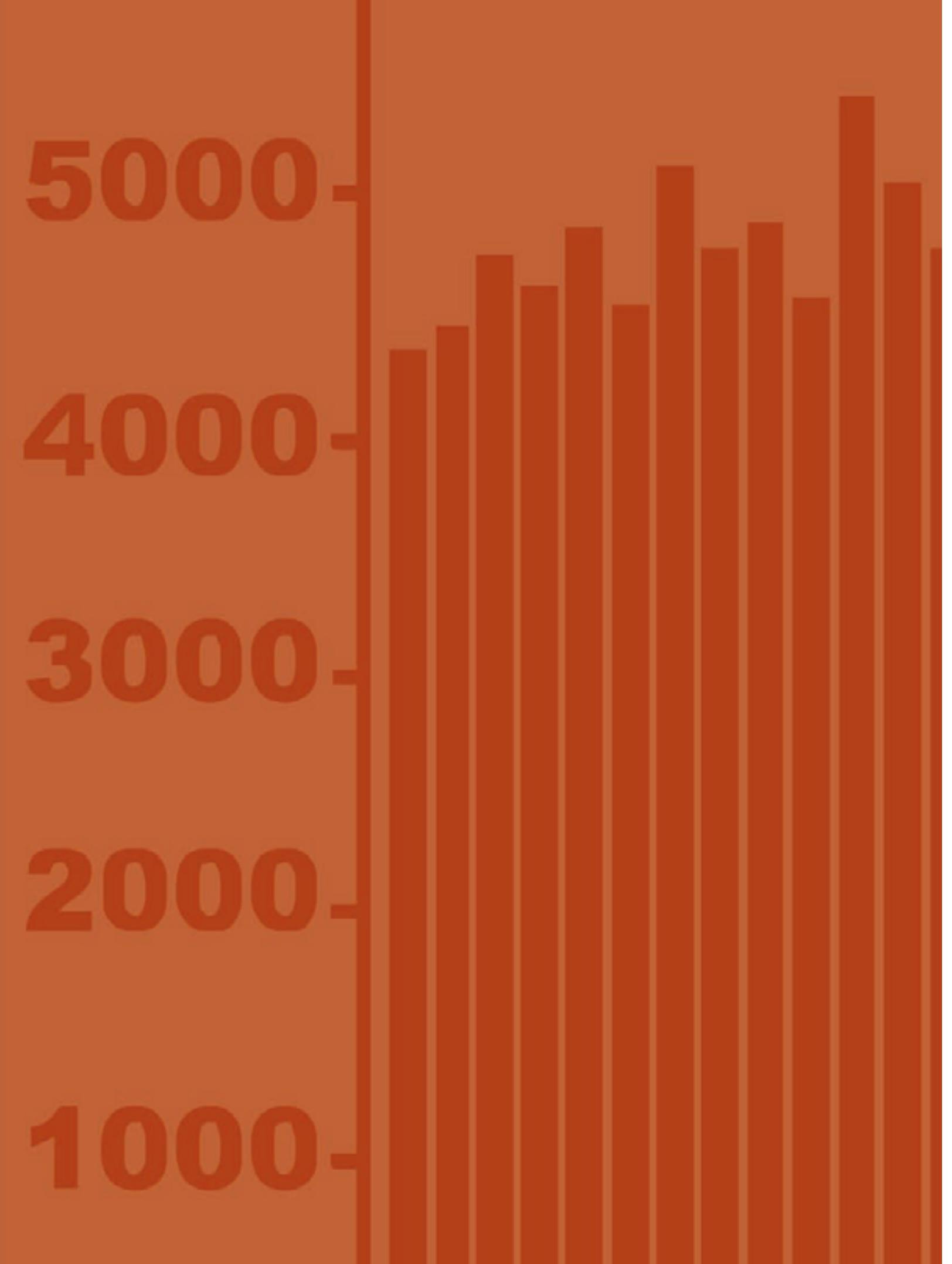
Por último ele verificou que em alguns casos ele poderá trocar motores standard de maior potência por motores de menor potência de alto rendimento.

### **Resumindo**

Nesse capítulo estudamos as boas práticas nas montagens e usos finais de motores, sistemas de refrigeração e ar condicionado nas empresas.

### **Aprenda mais**

Se você tiver maior interesse por esse assunto, poderá pesquisar em catálogos dos fabricantes e manuais técnicos dos fabricantes.



## Capítulo 6

---

### AUDITORIA DE ENERGIA

#### Iniciando nossa conversa

Neste capítulo é focado o tema auditoria de energia. Vamos, também analisar os usos finais de energia e quantificá-los para poder tomar ações de correção quando necessárias.

#### Objetivos

Os objetivos de estudo deste capítulo são:

- Conhecer procedimentos para realizar auditoria de energia;
- Propor uma metodologia de auditoria energética.

#### Um desafio para você

Você deverá acompanhar um consultor de energia, que realizará uma auditoria de energia, em sua empresa. A empresa é de pequeno porte, com algumas máquinas ferramentas instaladas. A iluminação é feita por meio de lâmpadas fluorescentes tubulares, e compactas. No prédio, está instalado um transformador de pequeno porte, sendo por isso, a empresa, classificada como consumidora do grupo  $A_4$ .

Após ler esse capítulo, você deverá conversar com o consultor e sugerir algumas alternativas para obter economia de energia.

#### Continuando nossa conversa

**Gestão** – ação de gerenciamento das atividades de um programa de Gestão Energética.

**Administração** – ação de administrar o conjunto de princípios, normas e funções, com o objetivo de assegurar a eficiência e, assim, obter os resultados do programa.

**Sistema de gestão** – conjunto de estratégias, táticas, ações e controles destinados a converter recursos em resultados.

Em algumas empresas, é comum recorrerem a auditorias financeiras para tomada de decisões. Com os custos cada vez maiores das diversas formas de energia utilizadas pelas empresas, torna-se necessário fazer uso de auditorias para saber como estão sendo aplicados os recursos energéticos e como variam seus custos.

Vamos apresentar, agora, alguns conceitos que são utilizados em auditorias de energia.

Com a auditoria de energia é possível identificar os pontos em que há mau uso de insumos energéticos.

A seguir por meio de perguntas e respostas, de forma resumida, vamos conhecer a auditoria de energia.

## **O que é uma auditoria de energia?**

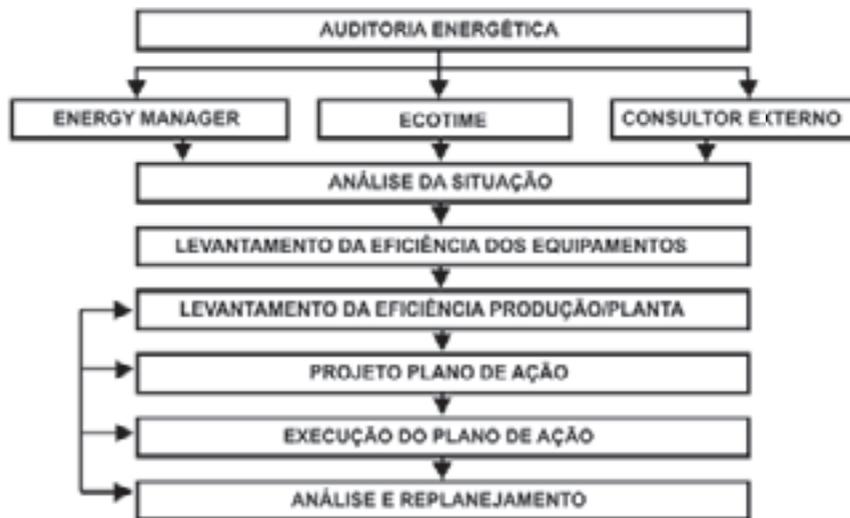
É um processo que analisa quantitativa e qualitativamente os insumos energéticos utilizados na empresa. A partir dessa análise identifica perdas, mau uso de insumos energéticos e estuda ações que tragam redução de perdas e melhora de eficiência.

Esta auditoria permite conhecer a empresa de forma mais abrangente, indicando onde e como a energia é utilizada, quem é o maior consumidor de energia, qual é a eficiência dos equipamentos e como são desperdiçados os insumos energéticos.

Esse estudo compreende várias etapas que estão descritas no fluxograma apresentado a seguir.

## Por onde começar?

Figura 43 – Fluxograma de auditoria de energia



De início, é necessário, estabelecer quem ou que setor terá como responsabilidade fazer a auditoria energética. Ela pode ser feita com pessoas que trabalham na empresa ou por consultores externos. Caso decida-se fazer com pessoas que trabalham na empresa recomenda-se estabelecer um grupo de trabalho envolvendo setores de manutenção, produção, engenharia etc. Em algumas empresas, esse grupo formado é denominado de *ecotime*, *CICE*, ou *grupo de redução de energéticos*.

Se a opção escolhida for utilizar um consultor externo, o mesmo fará os levantamentos com seus próprios recursos, funcionários equipamentos etc.

Algumas empresas estão admitindo em seu quadro de funcionários um gestor de energia (*Energy Manager*), que tem sob sua responsabilidade gerir os recursos energéticos da empresa. Otimizar o uso de combustíveis, gerenciar o uso de energia térmica, controlar o uso de energia elétrica, em um cenário extremamente volúvel é parte das suas atribuições.

## O que buscar?

A obtenção dos dados de consumo energético é uma das fases mais difíceis da auditoria, pois poucas são as empresas que mantêm registros sobre uso, aquisição, e estoque de energéticos.

Recomenda-se localizar as 12 últimas contas de energia elétrica e montar uma planilha de controle. Esta planilha terá o objetivo de organizar os dados, relacioná-los mês a mês e interpretar seus parâmetros elétricos ao longo do período analisado.

Os parâmetros elétricos que devem ser analisados são:

- consumo ativo (kWh);
- demanda (kW);
- fator de carga;
- fator de potência;
- consumo específico; e
- preço médio.

Estes parâmetros, variam conforme o tipo de tarifação contratada.

Seguindo o fluxograma de auditoria de energia, veremos agora o segundo passo, *análise da situação*.

### **O que é análise da situação?**

Nessa fase são feitas perguntas tais como:

A iluminação nos diversos setores da empresa é feita com qual tipo de lâmpadas e quais são as suas potências?

Como são feitos os aquecimentos elétricos? Com fornos de indução? Com fornos de resistências elétricas ? Quais são as potências elétricas envolvidas?

Nas câmaras frias quais são as potências elétricas envolvidas? Como é feita a refrigeração do compressor de frio? Quantas toneladas de refrigeração (TRs) estão envolvidas nas câmaras, bem como, nas torres de refrigeração do compressor de frio?

Após o levantamento desses dados, é possível fazer um gráfico, colocando as diversas formas de energia utilizadas, quais as suas potências e como variam percentualmente.

Veja um exemplo a seguir.

**Figura 44 – Distribuição de cargas**



Outras perguntas dessa etapa são por exemplo:

Com relação aos combustíveis utilizados pela empresa auditada quais são os tipos utilizados? Quais suas quantidades empregadas? Como são estocados? Como são adquiridos? Como varia o consumo de combustíveis ao longo do ano?

Respondidas essas questões passamos para outra etapa do fluxograma: o Levantamento da eficiência dos equipamentos.

### **Em que consiste o levantamento de eficiência dos equipamentos?**

Consiste no exame dos equipamentos com o objetivo de levantar os dados referentes a potência dos equipamentos.

Um exemplo: na placa do motor está escrita a potência mecânica do motor em CV (cavalo vapor), quanto ele está realmente utilizando dessa potência mecânica.

Estabelecemos o mesmo para potência dos transformadores.

Qual a produção de ar dos compressores?

Qual a vazão das bombas?

Seguindo nosso fluxograma chegamos em outra etapa: levantamento da eficiência produção X planta

### **Como é feito o levantamento da eficiência produção X planta?**

Nesta fase busca-se verificar as condições de processo de produção com os equipamentos disponíveis.

Em geral, as regulagens de temperatura, pressão, etc dos equipamentos é maior do que a necessária ocasionando gasto a mais de combustíveis, energia elétrica etc.

Verificamos os horários de trabalho da empresa, possibilidade de troca de horários, adequações etc.

Respondidas essas questões chegamos em outra etapa do fluxograma: o projeto do plano de ação.

### **O que é o projeto do Plano de Ação?**

Nessa fase estamos de posse das informações anteriores e podemos, agora, perceber em quais pontos é possível economizar energia.

Verificamos a possibilidade de implementar uma modalidade tarifária diferente da contratada hoje pela empresa. Por exemplo, estudamos a possibilidade de contratar uma tarifação horosazonal verde. Quanto ela trará de retorno financeiro? É possível compatibilizar os horários da empresa?

Iremos corrigir o fator de potência. Vamos instalar um banco de capacitores. Qual a potência/ Onde instalaremos? Quanto custará?

De posse destas informações podemos elaborar o projeto do Plano de Ação.

Com este plano pronto, é hora de partir para a etapa seguinte: execução do Plano de Ação.

### **O que é feito na execução do Plano de Ação?**

Nesta fase é colocado em prática o Plano de Ação.

É necessário:

- capacitar as pessoas envolvidas;

- treinar o pessoal de apoio;
- fazer a programação dos trabalhos, ajudando-os nos planos de produção;
- divulgar os objetivos.

Feita a execução do Plano de Ação, já temos dados que permitem aperfeiçoá-lo. É a etapa de: Análise e replanejamento.

### **Em que consiste a Análise e replanejamento?**

Nesta fase trabalha-se com a reformulação e adaptação das metas a uma nova realidade.

Tem-se como meta:

- redução de 10% nos custos com energia;
- analisar o plano de ação com o resultado alcançado.

Veja, a seguir, um exemplo de auditoria energética.

A auditoria energética constatou muita perda por baixo fator de potência nas contas de energia elétrica enviadas pela concessionária. No plano de ação, deve constar a investigação das causas do baixo fator de potência e sua correção.

Descobriu-se que a empresa tem um plano de manutenção preventivo dos diversos equipamentos existentes, mas este plano não está sendo operacionalizado, ocasionando um aumento no consumo de combustível na caldeira por falta de limpeza dos tubos, dificultando as trocas térmicas.

Verificou-se que vários motores elétricos estão super dimensionados provocando desperdícios de energia.

Foram constatadas muitas perdas térmicas nos fornos de tratamento térmico. No Plano de Ação devem, então, constar as providências para melhorar o rendimento térmico do forno.

A seguir é apresentada uma sugestão de roteiro para fazer a auditoria energética em uma empresa.

### **Sugestão de roteiro para auditoria de energia elétrica**

Pesquisar nas 12 últimas contas de energia elétrica os parâmetros elétricos relacionados a seguir:

- tipo de tarifa contratada junto a concessionária;
- consumo ativo;
- consumo reativo;
- demanda média;
- demanda medida;
- demanda faturada;
- demanda máxima;
- fator de carga;
- fator de potência;
- preços unitários;
- preço médio.

Após levantar estes dados junto à fatura, é preciso analisar as condições da empresa verificando o nível de iluminação, tipos de luminárias, tipos de lâmpadas e o aproveitamento da iluminação natural.

Com relação ao conforto térmico, deve-se pesquisar o sistema de ventilação e ar condicionado, buscando fazer uso, sempre que possível, da ventilação natural.

Com relação ao calor de processo, buscar sempre a sua otimização empregando bons meios para evitar perdas térmicas e obter as temperaturas adequadas e as pressões necessárias.

O mesmo princípio deve ser aplicado nos sistemas de frio.

Os sistemas de acionamentos normalmente são feitos em motores elétricos superdimensionados sendo fontes de grande desperdício de energia.

Deve-se verificar a cabine de transformação com os transformadores, analisando o seu grau de utilização, nível de carregamento e perdas.

A Tabela apresentada a seguir apresenta as perdas nos transformadores;

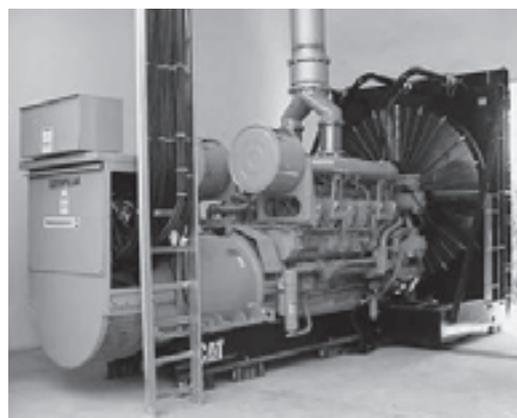
**Tabela 4 - Perdas nos transformadores**

Potência (kVA)	Perdas no ferro (W)	Perdas totais (W)
15	120	460
30	200	770
45	260	1.040
75	390	1.530
112,5	520	2.070
150	640	2.550
225	900	3.600
300	1.120	4.480
500	1.350	6.700
750	1.500	13.500
1.000	1.900	16.500
1.500	2.500	25.000
2.000	3.900	25.100
3.000	4.900	31.700

Verificar se existe algum suprimento de energia por geração própria por meio de geradores e o seu grau de utilização, estado do equipamento, plano de manutenção.

A próxima figura mostra um gerador de energia.

**Figura 45 – Gerador de energia**



Verificar os sistemas de suprimento de energia por intermédio de cabos, *bus way*, barramentos, verificar correntes de fuga, aterramentos.

É importante salientar que estas verificações devem ser feitas por pessoal técnico habilitado, com conhecimento e com segurança.



### Fique ligado!

Os riscos de acidentes dos empregados que trabalham com eletricidade, em qualquer das etapas de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica, constam da Norma Regulamentadora Instalações e Serviços em Eletricidade - NR 10 da Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego - MTE.

O mesmo princípio de verificação pode ser adotado para os sistemas de frio. Exemplos de sistemas de frio:

- câmaras frias, quantificação das TRs;
- compressores, regulagens de pressões, frio;
- resfriamento do compressor;
- tratamento de água de refrigeração;
- torres de refrigeração de água, quantificação das TRs, quantificação da potência elétrica do motor.

Ar comprimido:

- compressores tipo;
- potência cv/pcm;
- capacidade de produção de ar;
- regulagem da pressão de trabalho;
- nível de ruído;
- montagem da rede;
- vazamentos, quantificação, identificação de pontos;
- operação.

Estes são alguns dos itens que obrigatoriamente deveremos acompanhar, nas auditorias energéticas realizadas nas empresas. Recomenda-se estabelecer um grupo de pessoas dos diversos setores da empresa para monitorarem estes dados e manterem reuniões constantes para execução do Plano de Ação, com o objetivo de reduzirem o consumo de energéticos.

## Criação da CICE/CIGE

As ações efetuadas com a intenção de diminuir o consumo de energia elétrica, combustíveis líquidos, lenha, gás, por mais resultados que apresentem, perdem seus efeitos quando não são incorporadas à rotina da empresa. A incorporação da metodologia é tanto mais eficiente quanto maior for o apoio que a alta direção der ao assunto. Como a direção nem sempre pode estar presente e se envolver, pode delegar para uma comissão ou um grupo que tome a frente e conduza as ações de eficiência energética. A esse grupo ou comissão denominamos de CICE ou CIGE - *Comissão Interna de Conservação de Energia ou Comissão Interna de Gestão de Energia*.

O grupo, que depende do tamanho da empresa, vai identificar, implementar e acompanhar ações que tragam economia de energia na empresa.



### Fique ligado!

Para compor o CICE ou CIGE é interessante convidar pessoas que apresentem uma certa liderança, que tenham conhecimento da empresa e que possuam um perfil para trabalhar em grupo. É necessário convidar pessoas das diversas áreas da empresa, como por exemplo compras, manutenção, produção, recursos humanos, e selecionar dentre as pessoas convidadas um coordenador que lidere o grupo. Esse grupo deve se encontrar em reuniões periódicas para definir metas e acompanhar as atividades implementadas.

A CIGE tem a responsabilidade delegada pela direção da empresa de:

- definir políticas de uso eficiente de energia;
- realizar diagnósticos sobre o consumo de energia na empresa;

- elaborar medidas que tragam redução no consumo de energia; e
- gerenciar a evolução mensal do consumo de energia, por meio da monitoração das ações planejadas.



### **Fique ligado!**

É importante que A CIGE divulgue e conscientize os colaboradores da sua empresa sobre o uso racional de energia em suas casas e na empresa para que se multipliquem as ações através da participação.

Pode-se promover campanhas coletivas com palestras, concursos e premiações para os colaboradores que apresentaram as sugestões que tragam a maior redução no consumo de energia.

É importante motivar os colaboradores divulgando os resultados alcançados mediante as suas sugestões. Conscientizar as pessoas de que a economia virá através dos esforços coletivos e de que a CICE educa e conscientiza pessoas que na maior parte das vezes não tem acesso a informações técnicas de consumo de energia por lâmpadas, vida média, desperdícios etc.

### **Diagnóstico energético**

O levantamento de dados e informações sobre o suprimento e os usos finais da energia no processo produtivo da empresa, com vistas à avaliação da situação atual, pontos positivos e negativos, que permitam a definição objetiva de ações de melhorias a serem conduzidas representa o conceito de diagnóstico energético.

Contudo, verificou-se que somente a realização de diagnósticos detalhados e técnicos foi insuficiente para garantir a implantação eficaz e duradoura de processos de gestão energética que garantam resultados de longo prazo e maior competitividade.

A programação sistemática do trabalho, um acompanhamento periódico, o estabelecimento de regras de convivência e a condução dos trabalhos deve ser observada para um resultado positivo.

O objetivo destes diagnósticos é uma avaliação gerencial da situação energética da empresa para administrar a questão energética e implementar a Gestão da Energia.

### **Voltando ao desafio**

Veja. Após ler este capítulo você pode sugerir algumas das ações citadas a seguir:

Solicitar ao consultor fazer uma análise tarifária. De posse das últimas contas de energia (se possível 12 meses) que ele identifique os principais parâmetros elétricos. Qual é o consumo em kWh? A empresa deve ter com a concessionária um contrato de demanda.

Qual é a demanda contratada? Qual é a demanda lida? Existe diferença entre as duas demandas?

A empresa paga multa por ultrapassagem de demanda? Qual é a modalidade tarifária contratada pela empresa? É possível mudar?

Com relação ao fator de potência a empresa paga multa por apresentar reativos excedentes?

Após fazer a análise tarifária, sugira ao consultor verificar a carga instalada com relação à potência dos motores, a carga instalada em lâmpadas e em ar condicionado.

Sugira verificar o carregamento dos motores para verificar se há motores superdimensionados. É possível trocar motores standard por motores de alto rendimento.

Com estas sugestões você está contribuindo para aumentar a eficiência energética em sua empresa.

### **Resumindo**

Nesse capítulo vimos como realizar uma auditoria de energia. Essa auditoria tem o objetivo de levantar as potências instaladas em equipamentos, eficiências e perdas, e apontar as oportunidades que podem ser obtidas no uso racional de energia.

## **Aprenda mais**

Se você tiver maior interesse por esse assunto, poderá pesquisar as publicações do PROCEL, SEBRAE e SENAI sobre eficiência energética.

## Referências

---

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações elétricas de baixa tensão: procedimentos**: NBR 5410. São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Iluminação de interiores**: NBR 5413. São Paulo, 1992.

BOCCASIU, Paulo Adolfo daí Pra. **Curso de eficiência energética**. Brasília, 1995.

BRANCO, Samuel Murgel. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Moderna, 1990.

CAVALIN, Geraldo; CERVELIN Severino. **Instalações elétricas prediais**. São Paulo : Érica, 1998.

COSTA, Gilberto José Corrêa da. **Iluminação econômica**: cálculo e avaliação. Porto Alegre: PUCRS, 1998.

ELETROBRAS. PROCEL, **Conservação de energia**: eficiência energética de instalações e equipamentos. Itajubá, MG: FUPAI, 2001.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **BEN Balanço Energético Nacional**. Brasília, 1998.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **PROCEL Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**. Brasília 1985.

SEBRAE. **Programa Energia Brasil**. Brasília, 2003.

SEBRAE. **Guia de eficiência energética nas MPME**. Brasília, 2003.

SEBRAE. **Inteligência energética**. Brasília, 2001.





Ministério de  
Minas e Energia

