

EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA  
NA INDÚSTRIA.  
ENTRE NESTA  
CORRENTE.

**Você sabia que a energia total gasta com**

**MOTORES  
ELÉTRICOS,  
REFRIGERAÇÃO,  
AR COMPRIMIDO  
E ILUMINAÇÃO**

**pode representar mais de**

**50%**

**DOS CUSTOS**

**em energia elétrica da sua empresa?**

Nesta cartilha, reunimos as principais recomendações para que você possa diminuir o gasto energético da sua indústria. São sugestões simples e de fácil aplicação, qualquer que seja sua área de atuação. Entre nessa corrente com a CNI. A eficiência energética no setor industrial traz benefícios para o país inteiro.

**USO EFICIENTE DE**  
**ENERGIA ELÉTRICA**  
**NA INDÚSTRIA**

# SUMÁRIO

<b>Apresentação</b> .....	8
<b>1. Perdas nas Instalações Elétricas</b> .....	10
1.1. Circuitos de Distribuição de Energia .....	10
1.2. Recomendações .....	10
1.3. Fugas de Corrente .....	11
1.4. Emendas .....	11
1.5. Equilíbrio de Fases .....	12
<b>2. Motores Elétricos</b> .....	13
2.1. Recomendações .....	13
<b>3. Transformadores</b> .....	15
3.1. Recomendações .....	15
<b>4. Sistemas de Iluminação</b> .....	17
4.1. Recomendações .....	17
<b>5. Fornos Elétricos e Estufas</b> .....	19
5.1. Recomendações .....	19
<b>6. Ar-Condicionado e Ventilação</b> .....	21
6.1. Recomendações .....	21
<b>7. Sistema de Ar Comprimido</b> .....	23
7.1. Recomendações .....	23
<b>8. Sistemas de Refrigeração</b> .....	26
8.1. Sistemas de Expansão Direta .....	26
8.2. Sistemas de Expansão Indireta .....	26
8.3. Recomendações Gerais .....	28
8.4. Refrigeradores e Balcões Frigoríficos .....	29
8.5. Balcões frigoríficos .....	29
8.6. Recomendações Gerais .....	30

<b>9. Bombeamento de Água</b> .....	32
9.1. Verificação .....	32
9.2. Recomendações .....	33
<b>10. Elevadores e Escadas Rolantes</b> .....	35
10.1. Recomendações .....	35
<b>11. Fator de Potência</b> .....	36
11.1. Principais Causas do Baixo Fator de Potência .....	36
11.2. Nível de tensão acima da nominal .....	37
11.3. Lâmpadas de descarga .....	37
11.4. Grande quantidade de motores de pequena potência .....	37
11.5. Consequências para a instalação .....	37
11.6. Métodos de Correção do Fator de Potência .....	38
11.7. Alteração das Condições Operacionais ou Substituição de Equipamentos .....	39
11.8. Correção por Capacitores .....	39
<b>12. Referências Gerais</b> .....	40

Este documento está baseado no Manual de Eficiência Energética realizado pela Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina, cedido gentilmente à CNI.

# APRESENTAÇÃO



A indústria é responsável por cerca de 41% do consumo de energia elétrica do país, com 573 mil unidades consumidoras industriais. Estes números mostram a importância do setor industrial para a energia elétrica do Brasil.

O consumo industrial está crescendo, necessitando, desta forma, do aumento do suprimento de energia elétrica, além de investimentos em geração, transmissão e distribuição para atender com confiabilidade a demanda industrial.

A implantação de programas, projetos e atividades de conservação e uso eficiente de energia pelos diversos segmentos industriais, deve ser permanentemente estimulada, considerando-se os desafios que o setor energético vem enfrentando para atender a demanda em todas as regiões do país.

Para apoiar essas iniciativas, a CNI, juntamente às Federações de Indústrias, está divulgando uma série de sugestões práticas para o dia a dia das indústrias, com o objetivo de promover e difundir o uso eficiente de energia, sem comprometer a segurança, a qualidade do seu produto e a capacidade de produção. As informações descritas abrangem os principais usos de energia elétrica no processo produtivo, visto que a classe industrial apresenta uma grande variedade de atividades.

A conservação de energia na indústria deve ser iniciada por uma campanha de conscientização, com a motivação de todos os empregados, por meio da distribuição de folhetos, cartazes, manuais, notícias em jornais internos. Deve haver a participação de todos os níveis da indústria, com responsabilidades definidas, em que cada uma das ações a serem definidas deve ter responsáveis diretos.

Ações práticas de conservação de energia não podem ser meramente episódicas, mas sim fazerem parte do cotidiano das empresas.

# I. PERDAS NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS



## 1.1. Circuitos de Distribuição de Energia

O sistema elétrico de distribuição de energia de uma instalação industrial pode apresentar diversos arranjos, cujas configurações são definidas em função:

- Da confiabilidade do suprimento desejado de energia elétrica;
- Da regulação de tensão adequada às necessidades das cargas elétricas;
- Da flexibilidade de operação do sistema;
- Da facilidade para a adição de novas cargas;
- Dos investimentos necessários para sua implantação.

Em qualquer arranjo, um sistema de distribuição é constituído de transformadores, disjuntores, chaves seccionadoras, chaves fusíveis, contadores, barramentos, cabos condutores e conectores. Todos esses dispositivos apresentam resistências elétricas e por consequência apresentam perdas Joule. Dessa forma, em qualquer sistema de distribuição de energia elétrica há perdas que podem alcançar valores elevados, aumentando o consumo de energia elétrica. Essas perdas aquecem o ambiente, tornando em muitos casos, necessária a instalação de ventiladores e exaustores, elevando ainda mais o consumo de energia e a demanda de potência solicitada.

## 1.2. Recomendações:

- Implemente transformadores próximos aos principais centros de consumo;
- Evite sobrecarregar circuitos de distribuição e manter bem balanceadas as redes trifásicas;
- Conductor superaquecido é um sinal de sobrecarga. Substitua este condutor por outro de maior bitola ou redistribuir a sua carga para outros circuitos;
- Dimensione adequadamente os condutores, sendo que, para cada instalação, deve-se calcular a seção ótima e mais econômica dos condutores, o custo do capital e o preço da energia;

- Para potências elevadas, dê preferência ao transporte de energia em alta tensão, mesmo que isto exija a instalação de um transformador ao lado do equipamento;
- Emendas de fios e cabos devem ser benfeitas, por meio de conectores apropriados, devendo-se dar atenção às emendas de cobre com alumínio;
- Reduza o comprimento dos condutores: a redução do comprimento dos condutores utilizados, principalmente em baixa tensão, é a forma mais adequada de minimizar perdas ôhmicas pela redução da resistência elétrica;
- Escolha adequadamente as cargas elétricas indutivas, ou seja, a sua potência de operação deve ser a mais próxima de sua potência nominal;
- Evite operar uma carga indutiva em vazio, devendo sempre que possível ser desligada da rede nessas condições;
- Sempre mantenha uma distribuição de cargas equilibradas entre os condutores.

### 1.3. Fugas de Corrente

Uma causa muito comum de perda de energia e o consequente aumento na conta de energia elétrica é a fuga de corrente. Fugas de corrente são um comprometimento da segurança, devendo ser sanadas assim que detectadas. Suas principais causas são:

- Aparelhos defeituosos;
- Emendas malfeitas ou mal-isoladas;
- Fios desencapados ou com isolamento desgastado;
- Conexões inadequadas ou malfeitas;

Em geral, há necessidade do auxílio de profissional habilitado para a detecção de fugas de correntes, em instalações de médio e grande porte.

### 1.4. Emendas

As emendas de fios e cabos devem ser benfeitas por meio de conectores apropriados, devendo-se dar atenção às emendas de cobre com alumínio, utilizando-se nesse caso conectores bimetálicos.



Isolar as emendas com fita isolante, não utilizando esparadrapos, fitas adesivas etc. As emendas necessárias deverão estar sempre em caixas de passagem e derivações, nunca em eletrodutos.

Não efetuar emendas com fios de seções (bitola) diferentes. Além de perigosas, essas práticas podem aumentar as perdas no sistema.

## 1.5. Equilíbrio de Fases

A distribuição não equilibrada de cargas pelas fases pode causar vários efeitos:

- Queima de fusíveis ou desligamento dos disjuntores;
- Aquecimento dos condutores e conexões;
- Funcionamento inadequado dos equipamentos conectados a uma fase mais carregada que as outras.

O desequilíbrio deve ser corrigido transferindo alguns equipamentos da fase mais carregada para a fase menos carregada. A medição e a transferência da carga devem ser executadas por profissional habilitado.

Para mais informações sobre como economizar energia nas instalações elétricas de sua empresa, acesse:

**[www.procelinfo.com.br/main.asp](http://www.procelinfo.com.br/main.asp)**

*Guia Técnico – Gestão Energética*

**[www.copel.com](http://www.copel.com)**

*Manual de Eficiência Energética na Indústria*

## 2. MOTORES ELÉTRICOS



Existem no mercado os motores de alto rendimento, com perdas reduzidas, mais caros que os modelos clássicos, mas cujo uso pode se revelar rentável. Nestes motores aumentou-se a massa de material ativo (cobre e chapas metálicas) de forma a reduzir as perdas no cobre e no ferro.

### 2.1. Recomendações:

- Os motores devem funcionar entre 75% e 90% de sua potência nominal;
- Se a máquina necessitar de duas ou três velocidades diferentes, pode-se utilizar um motor assíncrono com 2 ou 3 velocidades;
- Adote, sempre que possível, os variadores eletrônicos de velocidade para aplicações onde exista variação de carga;
- Utilize motores de alto rendimento, com perdas reduzidas;
- Evite utilizar motores superdimensionados;
- Redimensione corretamente a potência dos motores de acordo com o carregamento atual;
- Desligue os motores das máquinas quando estas não estiverem operando;
- Verifique se as características do motor são adequadas às condições do ambiente onde está instalado;
- Instale motores adequados ao ambiente e regime de trabalho;
- Verifique se os dispositivos de partida são adequados;
- Verifique o alinhamento dos motores;
- Verifique e elimine ruídos e vibrações;
- Mantenha os mancais lubrificadas conforme as orientações do fabricante;
- Realize manutenção preventiva, a fim de eliminar desperdícios, diminuir custos e aumentar a vida útil dos equipamentos;
- Evite o rebobinamento de motores antigos ou que já sofreram rebobinamento;
- Equilibre a corrente elétrica nas três fases;

- Evite variações de tensão;
- Avalie a viabilidade técnica e econômica de substituir os motores antigos de sua empresa por motores mais eficientes.

Para mais informações sobre como economizar energia nos motores elétricos de sua empresa, acesse:

**[www.weg.net](http://www.weg.net)**

*Cartilha Weg – Uso Eficiente da Energia Elétrica – Motores Elétricos*

**[www.procelinfo.com.br/main.asp](http://www.procelinfo.com.br/main.asp)**

*Guia Técnico – Motor de Alto Rendimento*

**[www.schneider-electric.com.br/documents/cadernos-tecnicos/apostila\\_procobre\\_eficienc.pdf](http://www.schneider-electric.com.br/documents/cadernos-tecnicos/apostila_procobre_eficienc.pdf)**

## 3. TRANSFORMADORES



### 3.1. Recomendações:

- Elimine progressivamente os transformadores muito antigos, substituindo-os, quando ocorrerem avarias, por outros modernos;
- Utilize o transformador com carregamento na faixa de 30% a 80% de sua potência nominal, obtendo-se rendimento e vida útil satisfatórios;
- Quando um transformador é mantido sob tensão e não fornece nenhuma potência, suas perdas no cobre são praticamente nulas, enquanto as perdas no ferro ocorrem sempre. Assim, é aconselhável deixar os transformadores desligados da rede quando não estão em serviço, durante prazos relativamente curtos (não superiores a uma semana), evitando-se problemas decorrentes da absorção de umidade;
- Quando existirem diversos transformadores para alimentar a mesma instalação, seria teoricamente econômico ajustar a carga em funcionamento, alternando o uso dos transformadores, limitando-se, assim, as perdas em vazio nas horas de baixa carga, ou em que a indústria não esteja funcionando;
- Como as perdas no núcleo praticamente independem do carregamento do transformador, elas ocorrem mesmo operando em vazio. Dessa forma, uma das maneiras de se reduzir perdas é desligar o transformador quando ele não estiver alimentando nenhuma carga. Sendo assim, indústrias que não operam no período noturno e em fins de semana reduzirão o consumo de energia elétrica, se desligarem seus transformadores;
- Em muitos casos pode ser viável ter um transformador de menor porte, exclusivo para alimentação da iluminação de modo a permitir mantê-la ligada durante a execução dos serviços de limpeza e vigilância nos horários em que a empresa não esteja funcionando;
- Faça manutenção preventiva dos transformadores, visando eliminar paralisações de emergência. A manutenção de transformadores é relativamente simples e se constitui basicamente na detecção de vazamentos, ensaio de rigidez dielétrica do óleo, inspeção das partes metálicas, testes de isolamento e limpeza geral;

- Adquirir transformadores de boa qualidade, observando sempre as normas brasileiras;
- Quando uma indústria dispõe de mais de um transformador, pode-se obter uma redução das perdas com uma adequada redistribuição das cargas elétricas entre os transformadores, de forma que os que operam com carregamento elevado tenham sua corrente reduzida, enquanto que outros, com carregamento baixo, recebam parte da carga.

Para mais informações sobre como economizar energia nos transformadores de sua empresa, acesse:

**[www.procelinfo.com.br/main.asp](http://www.procelinfo.com.br/main.asp)**

*Eficiência Energética: Teoria & Prática*

*Guia Técnico: Gestão Energética*



## 4. SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO



Um sistema de iluminação é definido como todos os componentes necessários para atender aos requisitos da iluminação. O bom desempenho de um sistema de iluminação depende de cuidados que se iniciam no projeto elétrico, envolvendo informações sobre luminárias, perfil de utilização, ou tipo de atividade a ser exercida.

### 4.1. Recomendações:

- Máximo aproveitamento da luz natural;
- Desligue a iluminação em ambientes não ocupados;
- Determine áreas efetivas de utilização;
- Nível de iluminação adequado ao trabalho solicitado conforme recomenda a Norma Brasileira;
- Utilize circuitos independentes para utilização de iluminação parcial e por setores;
- Iluminação localizada e pontos especiais como: máquinas operatrizes, pranchetas de desenho, depósitos etc.;
- Sistemas que permitam desviar o calor gerado pela iluminação para fora do ambiente, visando reduzir a carga térmica dos condicionadores de ar;
- Selecione cuidadosamente lâmpadas e luminárias buscando conforto visual com mínima carga térmica ambiental;
- Utilize lâmpadas e luminárias de alta eficiência energética;
- Escolha lâmpadas adequadas a cada tipo de ambiente;
- Selecione cuidadosamente reatores, buscando a redução das perdas e fator de potência mais alto;
- Utilize relés fotoelétricos para controlar o número de lâmpadas acesas em função da luz natural no local;
- Quando for possível recomenda-se a instalação de sensores de presença;
- Estabeleça um programa periódico de limpeza das lâmpadas e luminárias existentes;

- Flexibilidade nos sistemas de comando de iluminação, ampliando o número de interruptores se necessário, de forma a utilizar apenas a iluminação efetivamente necessária;
- Percorra os diversos setores da indústria, a fim de verificar se há luminárias desnecessárias ou com excesso de iluminação;
- Utilize iluminação artificial somente onde não existir iluminação natural suficiente para o desenvolvimento das atividades;
- Instrua os empregados a desligarem as lâmpadas de dependências desocupadas, salvo aquelas que contribuem para a segurança;
- Reduza a carga de iluminação nas áreas de circulação, garagem, depósitos, etc., observando sempre as medidas de segurança;
- Evite pintar os tetos e paredes com cores escuras, as quais exigem lâmpadas de maior potência para a iluminação do ambiente;
- Verifique a possibilidade de instalar “timer” para controle da iluminação externa, letreiros e luminosos;
- Limpe regularmente as paredes, janelas, forros e pisos. Uma superfície limpa reflete melhor a luz de modo que menos iluminação artificial seja necessária.

Para mais informações sobre como economizar energia nos sistemas de iluminação de sua empresa, acesse:

**[www.procelinfo.com.br/main.asp](http://www.procelinfo.com.br/main.asp)**

*Eficiência Energética: Teoria & Prática*

*Eficiência Energética na Arquitetura*

*Guia Procel Edifica – Iluminação*

*Manual de Iluminação Eficiente*

*Manual Luminotécnico Prático*

*Guia Técnico: Gestão Energética*

## 5. FORNOS ELÉTRICOS E ESTUFAS



Os fornos elétricos e as estufas são equipamentos de aquecimento que consomem volumes expressivos de energia nas instalações industriais. Apesar de serem considerados equipamentos de elevada eficiência, costumam apresentar perdas significativas, não só nas operações de aquecimento e fusão, como também nas chamadas operações complementares, como o carregamento e transporte do material aquecido.

### 5.1. Recomendações:

- Havendo casos de fornos que operam com carga inferior a 50% de sua capacidade, essa situação deve ser corrigida, já que ela conduz a consumos desnecessários de energia;
- Evite aquecimentos inúteis: o forno elétrico deve operar o mais próximo possível da plena carga, pois isso proporciona uma diminuição do consumo específico;
- Minimizar o tempo de carregamento dos fornos;
- Se tiver sido observado o uso exagerado de dispositivos de transportes entrando e saindo do forno, há uma indicação de má utilização de energia para o aquecimento de tais dispositivos;
- Tendo sido observados equipamentos operando com as portas não totalmente fechadas ou a existência de frestas em portas, soleiras ou tampas, deve-se procurar corrigir tais situações que reduzem o rendimento térmico dos fornos;
- Mantenha portas fechadas: é importante lembrar que uma porta ou tampa aberta se constitui num dos maiores fatores de perda de calor;
- A introdução de cargas para o aquecimento contendo impurezas ou umidade representa uso de energia desnecessária e deve ser evitada;
- Se for registrado o uso de cadinhos com isolamento térmico em mau estado ou sem tampa, o consumo de energia elétrica pode ser reduzido por meio de uma ação corretiva para recuperação do isolamento térmico e colocação de tampas nos cadinhos;

- Verifique a possibilidade de reaproveitar o calor proveniente dos sistemas de refrigeração, resfriamento do forno e gases de exaustão;
- Sempre que possível, pré-aqueça a carga a ser introduzida nos fornos elétricos. Essa é uma boa aplicação para a energia recuperada dos fornos;
- Evite sobreaquecimentos: recomenda-se trabalhar sempre próximo ao nível mínimo de temperatura para o qual o processamento foi especificado.

Para mais informações sobre como economizar energia nos fornos e estufas de sua empresa, acesse:

**[www.procelinfo.com.br/main.asp](http://www.procelinfo.com.br/main.asp)**

*Eficiência Energética: Teoria & Prática*

*Guia Técnico: Gestão Energética*

*Manual de Conservação de Energia Elétrica: Fornos Elétricos a Indução*

# 6. AR-CONDICIONADO E VENTILAÇÃO



## 6.1. Recomendações:

- Mantenha os níveis de temperatura utilizados nos ambientes servidos por ar-condicionado dentro da faixa de conforto térmico, 22º a 24ºC, observando as épocas do ano;
- Utilize maior ou menor entrada de ar exterior quando a temperatura atmosférica estiver baixa ou alta, respectivamente;
- Procure operar os compressores e *chillers* à plena carga em vez de dois ou mais com carga parcial;
- Não use ar-condicionado em ambientes não ocupados;
- Elimine penetração de ar falso nos dutos e ventiladores;
- Proceda uma limpeza periódica dos ventiladores;
- Opte pela aquisição de equipamentos de ar condicionado de alta eficiência;
- Opere somente as torres de refrigeração e as bombas essenciais à operação do sistema;
- Verifique a relação BTU/h/Watt dos equipamentos de ar condicionado, procurando eliminar ou substituir aqueles em que esta relação é baixa;
- Verifique o alinhamento e tensão de todas as correias, ajustando-as quando necessário;
- Lubrifique mancais dos motores e todas as partes móveis de acordo com as recomendações do fabricante;
- Mantenha limpa a torre de refrigeração para minimizar as quedas de pressão de ar e de água;
- Mantenha limpas todas as partes dos aparelhos de janela, se possível, evitando deixar áreas refrigeradas expostas diretamente ao sol, colocando cortinas ou persianas nas janelas;
- Verifique se não existem vazamentos de fluido refrigerante em torno de vedações, visores, tampas de válvulas, conexões, válvula de segurança de condensador e nas ligações da tubulação;
- Observe as operações irregulares do compressor, como funcionamentos contínuos ou parados e partidas frequentes, que podem indicar operação ineficiente;

- Verifique as perdas em todas as juntas do compressor, vede se necessário, isole os tubos, ligações e válvulas de água quente e refrigerada nos locais não condicionados, para minimizar as perdas e a absorção de calor;
- Ligue o aparelho de ar condicionado uma hora após o início do expediente e desligue uma hora antes do seu término;
- Verifique se o tratamento de água gelada e de condensação está sendo adequado;
- Limpe periodicamente os filtros, trocando-os quando necessário;
- Coloque avisos junto às janelas e portas, instruindo os funcionários a mantê-las fechadas quando o sistema de ar condicionado estiver operando;
- No verão, à noite, quando a temperatura externa for inferior à interna, use o sistema de ventilação à plena carga, insuflando ar externo para remover o excesso de calor interno e pré-resfrie a estrutura do edifício, reduzindo, dessa forma, a carga do sistema de refrigeração;
- Verifique as perdas nas tubulações, vedando todas as fugas de ar;
- As instalações de ar fresco devem ser projetadas de tal forma que o registro de saída fique fechado quando o equipamento estiver desligado;
- Reduza a resistência ao fluxo de ar ao mínimo, substituindo as seções dos dutos e os elementos que acrescentam resistência desnecessária ao sistema;
- Substitua as entradas e as saídas de alta resistência por grades modernas e difusores de baixa resistência.

Para mais informações sobre como economizar energia nos sistemas de ar condicionado e ventilação de sua empresa, acesse:

**[www.procelinfo.com.br/main.asp](http://www.procelinfo.com.br/main.asp)**

*Eficiência Energética: Teoria & Prática*

*Guia Técnico: Gestão Energética*

*Guia Procel Edifica – Equipamentos*

*Manual para Especificação Técnica em Sistemas de Ar Condicionado e Iluminação*

*Sistemas de Ar Condicionado e Refrigeração*

## 7. SISTEMA DE AR COMPRIMIDO

### 7.1. Recomendações:

#### Geração e Circuito de Arrefecimento:

- Efetue a drenagem de condensados dos pontos de menor cota em redes sem óleo e aplique o sistema de purga em redes com óleo;
- Verifique periodicamente as condições físicas dos compressores;
- Compressores com vazamentos internos, desgaste excessivo em anéis de segmento ou válvulas consomem mais energia e produzem menores quantidades de ar que a sua capacidade nominal;
- Mantenha as correias de acionamento adequadamente ajustadas, trocando-as quando desgastadas;
- Sempre que possível, faça as tomadas de ar de admissão fora da casa de máquinas;
- Faça limpeza periódica ou troque os filtros de ar;
- Faça a limpeza de filtros separadores de óleo no caso de compressores de parafuso;
- Mantenha intervalo de regulagem de pressão dos compressores compatível com a vazão de ar demandada e a pressão terminal mínima necessária ao equipamento utilizado mais distante;
- Evite tubulações de diâmetro variado e curvas desnecessárias nos trajetos entre a geração e o reservatório de distribuição. De preferência, este trajeto deve envolver uma tubulação mestra dimensionada para uma perda de carga máxima de  $0,08 \text{ kg/cm}^2$  para cada 100m de tubulação (comprimento equivalente);
- Elimine todos os vazamentos existentes no trajeto geração-reservatório central;
- Evite, sempre que possível, estação redutora de pressão centralizada. A redução de pressão deve ser efetuada em local próximo ao equipamento utilizado;
- Realize, periodicamente, drenagem do reservatório central;
- Inspeccione tubulações, válvulas e elementos de ligação quanto a vazamentos de água de arrefecimento das unidades compressoras, condensadores dos sistemas de desumidificação e resfriadores intermediário e posterior;

- Trate a água de resfriamento das unidades compressoras periodicamente, utilizando os meios adequados;
- Utilize, sempre que possível, circuitos de arrefecimento regenerativos;
- Mantenha limpas as superfícies dos trocadores de calor (*intercoolers*).

## Distribuição e Utilização:

- Efetue a distribuição do ar comprimido evitando muitas tubulações, trajetos complexos, curvas etc.;
- Verifique a perda de pressão entre o reservatório central e o ponto de utilização mais distante. A perda de pressão máxima admissível é de 0,3 kg/cm<sup>2</sup>. Acima deste valor, a rede de distribuição deve sofrer alterações para a simplificação de trajetos;
- Retire da rede de distribuição todos os ramais secundários desativados ou inoperantes, no sentido de evitar acúmulos de condensado, perda de carga excessiva e vazamentos;
- Elimine vazamentos na rede de distribuição de ar. Para redes muito extensas, esta avaliação deve ser efetuada por setor ou grupos de setores afetos à mesma unidade de geração. O valor máximo admissível para vazamentos é de 5% para indústrias de médio porte que não possuem ferramentas como martelotes, esmeris etc. Para indústrias como as de caldeirarias pesadas e construção civil é admissível um valor máximo de 10%;
- Utilize válvulas de bloqueio acionadas por solenoides junto aos equipamentos que operem intermitentemente. O objetivo é evitar que durante as paralisações ocorram fugas do ar pelo equipamento;
- Utilize válvulas de controle de fluxo junto aos equipamentos utilizadores, no sentido de manter o fluxo de ar compatível com as necessidades operacionais de cada um;
- Efetue tomadas de ar para ramais secundários sempre por cima da tubulação principal para evitar arraste de condensado;
- Efetue as tomadas de ar dos ramais secundários sempre próximos dos equipamentos, evitando, sempre que possível, longos trajetos para os ramais secundários;
- Utilize os diversos tipos de válvulas de acordo com a sua aplicação específica;
- Evite, por exemplo, o uso de registro de bloqueio para regulação de fluxo e vice-versa;



- Efetue inclinação de 5 a 10 mm por metro linear de rede para facilitar o sistema de purga de condensado;
- Efetue a drenagem de condensados dos pontos de menor cota em redes sem óleo e aplique o sistema de purga, em redes com óleo.

Para mais informações sobre como economizar energia nos sistemas de ar comprimido de sua empresa, acesse:

**[www.procelinfo.com.br/main.asp](http://www.procelinfo.com.br/main.asp)**

*Eficiência Energética: Teoria & Prática*

*Guia Técnico: Gestão Energética*

*Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido*

*Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido: Manual Prático*

## 8. SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

### 8.1. Sistemas de Expansão Direta

Estes sistemas compreendem os processos de refrigeração em que a unidade evaporadora do ciclo frigorífico retira calor diretamente do meio a ser resfriado.

Ex.: câmaras frigoríficas, trocadores de calor para refrigeração de fluidos, massas etc.

A seguir encontra-se uma lista de medidas práticas para o uso racional de energia. Esta lista deve ser implementada no plano de manutenção preventiva para sistemas de refrigeração:

- Isolamento térmico das tubulações de líquido e de gás;
- Verificação da unidade condensadora – se está localizada em ambientes com ventilação natural, sem exposição ao sol e longe de outros equipamentos que irradiem calor;
- A possibilidade de modulação de carga das unidades compressoras;
- Limpeza regular dos evaporadores e condensadores do sistema;
- Verificação de vazamento de fluido frigorígeno;
- Verificação do funcionamento da instrumentação e dos sistemas de proteção e controle;
- Observação das recomendações de armazenamento dos produtos estocados nas câmaras (temperatura, umidade relativa e tempo de armazenamento);
- Verificação do estado das tubulações e conexões (observe se há rugosidades e/ou curvas inadequadas).

### 8.2. Sistemas de Expansão Indireta

Estes sistemas compreendem os processos de refrigeração em que a água gelada é o meio de transporte da potência frigorígena, sendo que os equipamentos de geração (*chillers*, centrífugas etc.) resfriam a água que será utilizada como volante térmico em processos específicos.

A lista abaixo traz medidas práticas para o uso racional de energia. Ela deve ser implementada no plano de manutenção preventiva para sistemas de refrigeração:

### **Geração e Circuito de Condensação:**

- Verificação das condições internas das superfícies trocadoras de calor (evaporadores e condensadores) no tocante a incrustações, eliminando-as se for o caso;
- Verificação da carga (se a máquina está completa de gás);
- Verificação de vazamento de fluido frigorígeno;
- Tratamento contínuo da água de condensação;
- Verificação das condições dos filtros nas linhas de refrigerante. Se o filtro estiver sujo, obstruindo a passagem de líquido refrigerante, o rendimento do ciclo cairá, além do desgaste excessivo e/ou quebra do compressor;
- As vazões de água gelada e água de condensação devem ser as indicadas pelo fabricante;
- Controle da perda de pressão nos trocadores de calor do equipamento de geração de frio;
- Verificação da atuação dos elementos de controle do equipamento (se estão corretos);
- Monitoração da atuação e regulagem adequadas do termostato que controla o ventilador da torre de resfriamento. Normalmente, o termostato é regulado para desarmar quando a temperatura da água que sai da torre para o condensador do equipamento está em torno de 20° C;
- Verificação de vazamentos de água no circuito de condensação.

### **Circuito de Água Gelada:**

- Isolamento das tubulações, acessórios e válvulas;
- Avaliação da possibilidade de desligar bombas operando sem necessidade, devido à existência de pressão suficiente na entrada do ramal para vencer a perda de carga do circuito, sem necessidade de bombeamento;
- A vazão de água gelada fornecida pela bomba deve estar de acordo com a capacidade nominal do evaporador;
- Todos os ramais secundários devem receber a quantidade correta de água gelada para alimentar os trocadores de calor. A vazão de água deverá ser a nominal relativa ao processo;

- Verificação da existência de tratamento químico contínuo da água gelada;
- Controle da perda de pressão nas serpentinas dos trocadores de calor;
- Limpeza periódica das serpentinas dos trocadores;
- Verificação do funcionamento correto dos elementos de controle do circuito de água gelada (válvulas de três vias, duas vias etc.).

### 8.3. Recomendações Gerais

Para todos os sistemas de refrigeração é possível obter melhoria no rendimento adotando os seguintes procedimentos:

- Regule sempre o termostato. No caso de câmaras frigoríficas, de acordo com a temperatura de armazenamento dos produtos armazenados e período de armazenamento;
- Procure sempre armazenar na mesma câmara produtos que necessitem da mesma temperatura, de percentual de umidade e de mesmo período de armazenagem;
- Mantenha sempre em bom funcionamento o termostato e a resistência de aquecimento das unidades evaporadoras que operem em faixas de congelamento, pois o gelo é isolante e dificulta a troca de calor;
- Mantenha, sempre que possível, as portas das câmaras frigoríficas fechadas e vedadas, inclusive as portas das antecâmaras;
- Mantenha sempre em bom funcionamento e limpos os termostatos que operam com válvulas de três vias e/ou com válvulas de expansão;
- Para cada trocador de calor de processo, mantenha sempre o fluxo correto de água gelada, fluido frigorígeno e vazão de ar;
- Use, nas câmaras frigoríficas, somente lâmpadas mais eficientes, preferencialmente frias, mantendo o nível de iluminação adequado (200 lux);
- Evite, sempre que possível, instalar condensadores ao alcance de raios solares ou próximos a fornos, estufas, ou quaisquer equipamentos que irradiem calor;
- Utilize cortina de ar, quando não houver antecâmara;
- Recupere, sempre que houver simultaneidade ou possibilidade de acumulação, o calor rejeitado em torres de resfriamento para aquecimento ou pré-aquecimento de fluidos envolvidos em outros processos. Esta recuperação pode ser realizada por trocadores ou bombas de calor;

- Estude a possibilidade de termoacumulação em gelo ou água gelada para os sistemas de refrigeração de expansão indireta de médio ou grande porte, que utilizam a água gelada como volante térmico e operem nas faixas de temperatura compatíveis.

## 8.4. Refrigeradores e Balcões Frigoríficos

Na manutenção periódica, verifique:

- O isolamento térmico das tubulações de líquido e gás;
- A limpeza dos evaporadores e condensadores;
- As pressões de sucção e descarga dos compressores;
- A existência de vazamentos de fluido frigorígeno.

Além das orientações acima, para uma boa administração do uso da energia elétrica nos equipamentos de refrigeração, sugere-se adotar as seguintes recomendações:

- Evite colocar produtos que necessitem apenas refrigeração em áreas para congelados. Exemplo: banha com produtos congelados;
- Observe as linhas de carga marcadas pelo fabricante para permitir boa circulação de ar frio. A não observação deste limite aumentará a frequência de descongelamentos e, conseqüentemente, o desperdício de energia elétrica;
- Evite as temperaturas desnecessariamente baixas, tendo em vista a rotatividade dos produtos;
- Verifique periodicamente, por meio de profissional habilitado, os circuitos elétricos, pois as fugas de corrente (mau isolamento) podem representar perdas substanciais de energia;
- Em caso de abertura de novas janelas ou vãos para aproveitamento da claridade natural, as mantenha convenientemente vedadas para evitar infiltração excessiva de ar externo.

## 8.5. Balcões frigoríficos

A radiação atua indiscriminadamente sobre o equipamento. A única forma de diminuir o seu efeito é afastar as fontes quentes, o que pode ser conseguido das seguintes formas:

- Com o uso de lâmpadas frias (fluorescentes);
- Evitando a radiação direta das lâmpadas para seu interior;
- Eliminando quaisquer outras fontes de calor das vizinhanças das baias de refrigeração;
- Evitando a radiação solar externa;
- Ambiente com ar-condicionado contribui para o bom funcionamento dos balcões frigoríficos, pois estes, além de auxiliar a temperatura reduzem a umidade do ar;
- Procure aproveitar as câmaras frigoríficas existentes, que funcionam continuamente, para um pré-congelamento dos produtos, quando do primeiro carregamento dos balcões frigoríficos abertos.

## 8.6. Recomendações Gerais

- Evite o excesso de gelo, por meio da regulagem correta do termostato do equipamento e de sua limpeza periódica;
- Evite a iluminação direta sobre os produtos congelados;
- Não coloque nos balcões frigoríficos produtos ainda quentes ou acondicionados em embalagens de transporte;
- Disponha os alimentos de forma a não ultrapassarem a cortina de ar frio formada nos balcões frigoríficos abertos;
- Cubra os balcões de produtos congelados durante a noite para maior conservação do frio;
- Procure aproveitar as câmaras frigoríficas existentes, que funcionam continuamente, para obter um pré-congelamento dos produtos, antes de um primeiro carregamento dos balcões frigoríficos abertos;
- Verifique periodicamente o estado das guarnições ou borrachas de vedação das portas ou tampas dos balcões frigoríficos, geladeiras e freezers, substituindo-as sempre que se encontrarem danificadas, gastas ou com suspeita de vedação insuficiente;
- Dê preferência a balcões frigoríficos com tampa de vidro, que permitem visualização dos produtos expostos, com redução da perda de frio.

Para mais informações sobre como economizar energia nos sistemas de refrigeração de sua empresa, acesse:

**[www.procelinfo.com.br/main.asp](http://www.procelinfo.com.br/main.asp)**

*Eficiência Energética: Teoria & Prática*

*Guia Técnico: Gestão Energética*

*Condicionado e Iluminação*

*Sistemas de Ar Condicionado e Refrigeração*

*Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial*

*Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial: Manual Prático*

## 9. BOMBEAMENTO DE ÁGUA



O primeiro parâmetro a observarmos é se o conjunto motor-bomba existente é o adequado em função da altura manométrica e da vazão requerida. A relação entre a altura manométrica e a vazão é importante porque:

- Para uma mesma bomba, quanto maior a altura manométrica menor é a vazão;
- Para a mesma altura, quanto maior a potência da bomba maior será a vazão;
- Para a mesma vazão, quanto maior for a altura manométrica maior deve ser a potência da bomba.

### 9.1. Verificação

Como parte do roteiro de análise do desempenho do sistema de bombeamento de água e do plano de manutenção, sugere-se:

- Verificar a existência de vazamentos no sistema hidráulico conectado à bomba;
- Verificar o consumo indevido ou desnecessário no sistema hidráulico;
- Verificar as condições de limpeza dos filtros;
- Verificar a existência de válvulas de bloqueio parcialmente fechadas;
- Verificar a possibilidade de reduzir o número de acessórios existentes na tubulação;
- Verificar a quantidade de água que é utilizada para arrefecimento da caixa de gaxeta da bomba;
- Verificar a vazão da bomba (se é excessiva para as necessidades do sistema);
- Verificar vibrações excessivas e corrosão nas pás do rotor, que podem ter sido ocasionadas por problemas de sucção;
- Verificar se a bomba escolhida é a mais adequada (se apresenta o maior rendimento);
- Verificar se o diâmetro da tubulação é apropriado (a economia na tubulação reflete em maior custo de energia);
- Verificar os acessórios da canalização, evitando válvula de pé, curvas acentuadas, reduções e ampliações bruscas;



- Verificar se a potência do motor elétrico é compatível com a bomba (a sobra excessiva de potência ocasiona um baixo fator de potência).

## 9.2. Recomendações

Os principais itens que compõem o potencial de redução de perdas de energia, neste segmento, são:

- Entrada de ar na tubulação de sucção. Isto ocorre pelo estado precário da tubulação ou intencionalmente, com o ajuste da vazão e, conseqüentemente, da carga do motor. Apesar de ser uma maneira de redução da carga solicitada, esta atitude é condenável pela redução da eficiência e vida útil da bomba. O procedimento correto seria, em vez da entrada de ar, o redimensionamento do conjunto motor-bomba por meio do rotor ou jogo de polias;
- Grandes alturas de sucção. Dependendo da forma de como são instaladas as bombas, podem ocorrer alturas demasiadas de sucção o que, além de diminuir o rendimento, pode provocar “cavitação”, diminuindo a vida útil do rotor da bomba. Para este caso, reduzir ao máximo a altura de sucção;
- Redução concêntrica na tubulação de sucção. Este tipo de acoplamento (na posição horizontal ou levemente inclinada) permite a formação de “bolsões de ar”, provocando o turbilhonamento do fluxo d’água na entrada da bomba e diminuindo o rendimento;
- Curvas de raio curto. As curvas existentes nas tubulações de sucção não devem ter raio curto (isto ocasiona um considerável aumento na perda de carga das instalações);
- Vazamentos na tubulação de recalque. A existência de vazamentos na tubulação de recalque é uma situação concreta de desperdício de energia;
- Ampliação após a curva. As ampliações não devem ser feitas com comprimento reduzido depois de uma curva. Assim, evita-se provocar uma maior velocidade do fluxo d’água na curva e, conseqüentemente, maior perda de carga;
- Tubulação longa e sem juntas. Pode-se constatar, frequentemente, a utilização de tubulações longas sem os devidos meios de proteção contra efeitos térmicos (juntas de dilatação) e hidráulicos (ventosas e válvulas de alívio). Dessa maneira, as tubulações apresentam, ao longo do tempo, deformações que oferecem um aumento de resistência ao fluxo do líquido;

- Altura de despejo desnecessária. Quando a saída da tubulação encontra-se numa altura bastante superior ao ponto de despejo, provoca um gasto desnecessário de energia por superdimensionamento da instalação;
- Levantes com bomba única. Deve-se evitar que as instalações sejam compostas por um único conjunto motor-bomba. O correto seria dividir a carga hidráulica em dois (ou mais) conjuntos motrizes.

Para mais informações sobre como economizar energia nos sistemas de bombeamento de sua empresa, acesse:

**[www.procelinfo.com.br/main.asp](http://www.procelinfo.com.br/main.asp)**

*Eficiência Energética: Teoria & Prática*

*Guia Técnico: Gestão Energética*

*Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento*

*Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento: Manual Prático*

*Eficiência Energética no Controle da Vazão em Sistemas de Bombeamento de Água: Uso de Válvula e Controle de Velocidade*

# 10. ELEVADORES E ESCADAS ROLANTES



## 10.1. Recomendações

- Utilize o menor número possível de equipamentos fora do horário de maior demanda;
- Situe as áreas de atendimento ao público no andar térreo, evitando o uso de elevadores;
- Analise a possibilidade de instalar controladores de tráfego para evitar que uma mesma chamada desloque mais de um elevador;
- Evite sobrecargas, limitando o número de usuários por vez, por meio de cartazes afixados com destaque;
- Identifique com clareza as diversas seções, explicitando suas atividades, para evitar transportes desnecessários;
- Implante medidas de conscientização dos usuários mediante cartazes explicativos, inclusive sugerindo que é mais prático utilizar a escada para chegar a andares próximos (para descer 2 andares ou subir 1 andar);
- Analise a possibilidade da instalação de sistemas mais eficientes para o acionamento dos elevadores, consultando os fabricantes ou firmas especializadas;
- Estude a possibilidade de instalar dispositivos de acionamento automático em escadas rolantes;
- Estude a possibilidade de ter os elevadores trabalhando alternadamente, ou seja, alguns atendendo andares ímpares e outros andares pares; ou ainda, atendendo a diferentes grupos de pisos;
- Estude a instalação de dispositivos de cancelamento de chamadas falsas. Eles fazem com que as chamadas sejam canceladas caso o elevador pare duas vezes consecutivas sem que haja movimentação de passageiros.

Para mais informações sobre como economizar energia nos elevadores e escadas rolantes de sua empresa, acesse:

**[www.procelinfo.com.br/main.asp](http://www.procelinfo.com.br/main.asp)**

*Eficiência Energética: Teoria & Prática*

*Guia Técnico: Gestão Energética*

*Manual de Eficiência Energética para Indústria e Comércio*

## II. FATOR DE POTÊNCIA

### 11.1. Principais Causas do Baixo Fator de Potência

#### Motores operando em vazio

Os motores elétricos consomem praticamente a mesma quantidade de energia reativa necessária à manutenção do campo magnético, seja operando a vazio ou à plena carga.

O mesmo não acontece com a energia ativa, que é diretamente proporcional à carga mecânica solicitada no eixo do motor. Assim, quanto menor a carga mecânica solicitada menor energia ativa consumida e, conseqüentemente, menor o fator de potência.

#### Motores superdimensionados

Este é um caso particular de motores operando em vazio, cujas conseqüências são análogas.

Geralmente, os motores são superdimensionados, apresentando um potencial de redução de perdas de energia.

O costume de substituir um motor por outro de maior potência é muito comum – principalmente nos casos de manutenção para reparos e a substituição transitória passa a ser permanente, não se levando em conta que um superdimensionamento provocará baixo fator de potência.

#### Transformadores operando em vazio ou com pequenas cargas

Analogamente aos motores, os transformadores, operando em vazio ou com pequenas cargas, consomem uma quantidade de energia reativa relativamente grande quando comparada com a energia ativa, provocando um baixo fator de potência.

## **Transformadores superdimensionados**

É um caso particular de transformadores operando em vazio ou com pequenas cargas: transformadores de grande potência são utilizados para alimentar, durante longos períodos, pequenas cargas.

### **11.2. Nível de tensão acima da nominal**

Tensão superior à nominal, quando aplicada aos motores de indução, ocasiona aumento do consumo de energia reativa e, portanto, diminui o fator de potência.

### **11.3. Lâmpadas de descarga**

As lâmpadas de descarga (vapor de mercúrio, vapor de sódio, fluorescentes etc.), para funcionarem, necessitam do auxílio de um reator. Os reatores, como os motores e os transformadores, possuem bobinas ou enrolamentos que consomem energia reativa, contribuindo para a redução do fator de potência das instalações.

Reatores com alto fator de potência ou reatores eletrônicos podem contornar, em parte, o problema de baixo fator de potência da instalação.

### **11.4. Grande quantidade de motores de pequena potência**

A grande quantidade de motores de pequena potência provoca baixo fator de potência (o correto dimensionamento desses motores às máquinas a eles acopladas é difícil, ocorrendo frequentemente o superdimensionamento dos mesmos).

### **11.5. Consequências para a instalação**

Uma instalação operando com baixo fator de potência apresenta os seguintes inconvenientes:

- Incremento das perdas de potência;
- Flutuações de tensão, que podem ocasionar a queima de motores;
- Sobrecarga da instalação, danificando-a ou gerando desgaste prematuro;
- Aumento do desgaste nos dispositivos de proteção e manobra da instalação elétrica;
- Aumento do investimento em condutores e equipamentos elétricos sujeitos à limitação térmica de corrente;
- Saturação da capacidade dos equipamentos, impedindo a ligação de novas cargas;
- Dificuldade de regulação do sistema.

## 11.6. Métodos de Correção do Fator de Potência

A correção do fator de potência deverá ser cuidadosamente analisada e não resolvida de forma simplista (isto pode levar a uma solução técnica e economicamente não satisfatória). É preciso critério e experiência para efetuar uma correção adequada.

Lembre-se que cada caso deve ser estudado especificamente e que soluções imediatas podem não ser as mais convenientes.

De modo geral, quando se pretende corrigir o fator de potência de uma instalação, surge o problema preliminar de se determinar qual o melhor método a ser adotado. Independentemente do método adotado, o fator de potência ideal no circuito elétrico, tanto para os consumidores como para a concessionária, é o valor unitário (1,0). Entretanto, esta condição nem sempre é conveniente e, geralmente, não se justifica economicamente. A correção efetuada até o valor de 0,95 é considerada suficiente.

A seguir são abordados os métodos utilizados na prática e que poderão servir como modelo para a orientação de cada caso específico.

## 11.7. Alteração das Condições Operacionais ou Substituição de Equipamentos

As primeiras medidas que devem ser aplicadas para correção de baixo fator de potência são aquelas relacionadas às condições operacionais e características dos equipamentos.

## 11.8. Correção por Capacitores

A correção do fator de potência por meio de capacitores constitui a solução mais prática adotada. Entretanto, alguns cuidados devem ser tomados para que os capacitores não sejam usados indiscriminadamente.

Os capacitores podem, a princípio, ser instalados em quatro pontos distintos do sistema elétrico:

- Junto às grandes cargas indutivas (motores, transformadores etc.);
- No barramento geral de Baixa Tensão (BT);
- Na extremidade dos circuitos alimentados;
- Na entrada de energia em Alta Tensão (AT). Cada situação merece um estudo da melhor alternativa. Em geral, no caso de motores, a opção é instalar o capacitor próximo da carga;
- No que se refere ao dimensionamento dos bancos de capacitores (isto é, na determinação da potência reativa em kVAr a ser instalada de modo a corrigir o fator de potência), verifica-se que tal problema não é suscetível de uma solução imediata e simples.

Cada problema exige um estudo individual e tem uma solução própria, devendo ser executado por profissional capacitado.

Para mais informações sobre como melhorar o fator de potência de sua empresa, acesse:

**[www.procelinfo.com.br/main.asp](http://www.procelinfo.com.br/main.asp)**

*Eficiência Energética: Teoria & Prática*

*Guia Técnico: Gestão Energética*

*Manual de Eficiência Energética para Indústria e Comércio*

## 12. REFERÊNCIAS GERAIS

**[www.copel.com/](http://www.copel.com/)**

*Manual de Eficiência Energética na Indústria*

**[www.celesc.com.br/](http://www.celesc.com.br/)**

*Manual Técnico: Eficiência Energética e Gestão de Energia Elétrica na Indústria*

**[www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp](http://www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp)**

**[www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp)**



**ENTRE NESTA**  
**CORRENTE.**

[www.portaldaindustria.com.br](http://www.portaldaindustria.com.br)

PRODUZIR COM MAIS  
EFICIÊNCIA SIGNIFICA  
GARANTIR MAIS  
SUSTENTABILIDADE  
ENERGÉTICA NA VIDA  
DOS BRASILEIROS  
E NA INDÚSTRIA.  
CONSUMA COM  
CONSCIÊNCIA E ENTRE  
NESTA CORRENTE.

**USANDO APENAS O NECESSÁRIO,  
É POSSÍVEL PRODUZIR CADA VEZ MELHOR.**



*Confederação Nacional da Indústria*

**CNI. A FORÇA DO BRASIL INDÚSTRIA**